

Institutt for teknisk kybernetikk

Eksamensoppgave i TTK4235 Tilpassede datasystemer

Faglig kontakt under eksamen: Øyvind Stavdahl

Tlf.: 930 59 363

Eksamensdato: 4. juni 2015

Eksamenstid (fra-til): 09:00-13:00

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler: C

- **Typegodkjent kalkulator**

Annen informasjon:

Målform/språk: Bokmål

Antall sider (uten forside): 4

Antall sider vedlegg: 0

Kontrollert av:

Dato

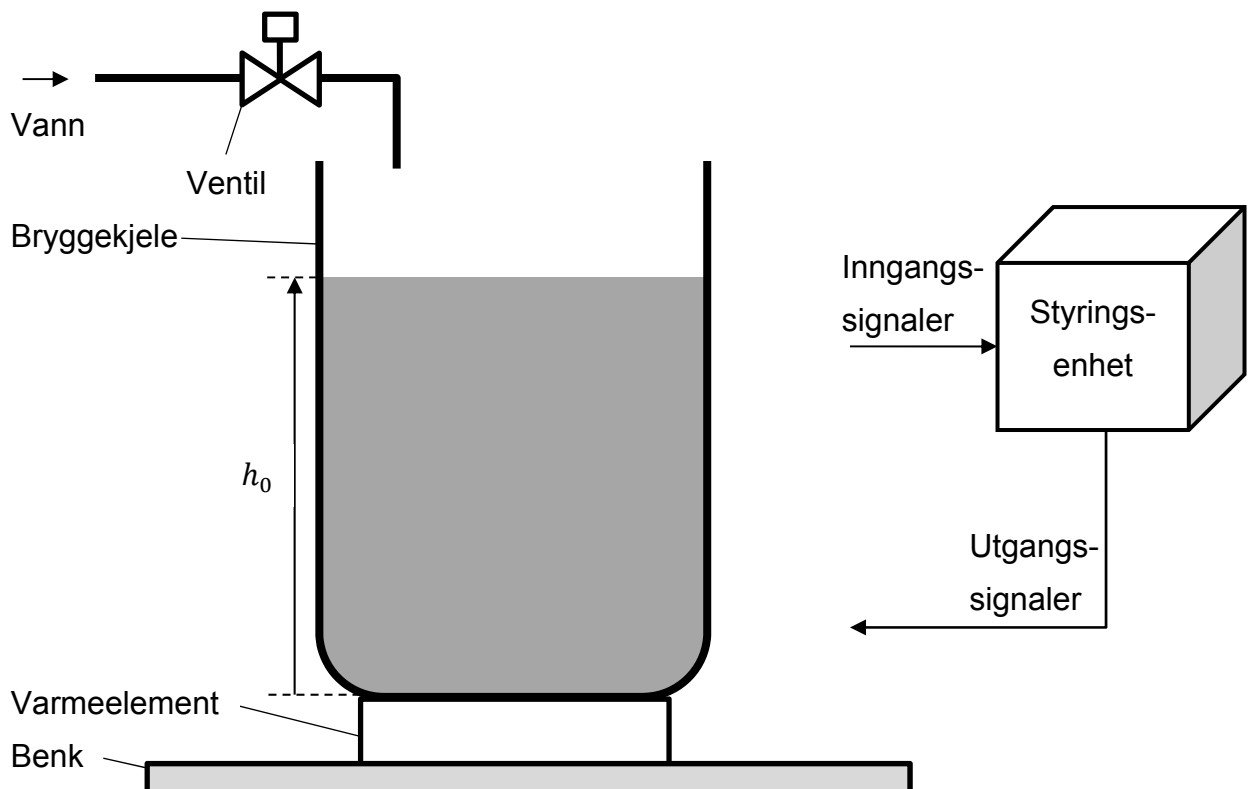
Sign

Utgangspunkt for oppgavene

På denne siden beskrives et tenkt system som danner utgangspunkt for de følgende oppgavene. Detaljer om de relevante delene av systemet angis i de enkelte oppgavene, hensikten med denne teksten er å gi en oversikt over systemet. Beskrivelsen gir ikke en komplett fremstilling av den aktuelle produksjonsprosessen, og det kreves ingen forhåndskunnskap om denne prosessen for å løse oppgavene.

Studentene Mette Mesk og Valdemar Vørter vil brygge sitt eget øl. De har gode kunnskaper om selve bryggeprosessen, men de ber deg om hjelp til å utvikle gode tekniske løsninger for å automatisere prosessen mest mulig. Målet med automatiseringen er at bryggeprosessen skal kreve minst mulig tilsyn underveis, slik at Mette og Valdemar kan bruke mest mulig av tiden på eksamensforberedelser og deretter feire sommerferien med perfekt hjemmebrygget øl.

Figur 1 viser en skisse av noe av utstyret, blant annet en bryggekjele og et varmeelement. Vann kan tilsettes via et vannrør med styrbar ventil. Figuren viser også en tenkt styringsenhet som skal samle inn målesignaler fra prosessen og styre pådragene til varmeelementet og ventilen.



Figur 1 Skisse av utstyr for ølbrygging

Oppgave 1 **Utviklingsmetodikk (12%)**

Hvis det ferdige systemet viser seg å fungere godt, vurderer Mette, Valdemar og du å tjene penger ved å selge tilsvarende utstyr til andre som vil brygge hjemme. Det er derfor viktig å utvikle «produktet» på en gjennomtenkt og systematisk måte for å sikre kvalitet i alle ledd, og du velger derfor å følge den såkalte V-modellen under utviklingsarbeidet.

- a) Forklar kort (gjærne ved hjelp av en figur) hva V-modellens venstre og høyre „gren” representerer.
Finnes det noen sammenheng mellom disse to grenene, og i så fall hvilke(n)?
- b) Begrepet *sporbarhet* forekommer i forbindelse med produkt- og systemutvikling. Forklar kort hva som ligger i dette begrepet og hvorfor det er viktig.

Oppgave 2 **Logikkstyring (16%)**

Bryggeprosessen består av flere trinn, der noen av trinnene må foregå ved en spesifisert temperatur. Starten på prosessen skal foregå som følger:

1. Mette og Valdemar tilsetter **malt** (en av råvarene) i den tomme bryggekjelen, og starter styringsenheten.
 2. **Vann** tilsettes automatisk opp til et forhåndsbestemt nivå (h_0 i Figur 1) via den styrbare ventilen. Resultatet er en grøt av bløtlagt malt som kalles *mesk*.
 3. **Varmebehandling**: Mesken varmes til 70°C og holdes på denne temperaturen.
 4. **Slutt**: Når temperaturen har vært 70°C i 2 timer, slår styringsenheten av varmeelementet og starter et lydsignal som angir at meskingen er ferdig.
- a) Hva ligger i begrepet *logikkstyring*?
 - b) Sekvensfunksjoner kan være *tidsbetingede* (dvs. *tidssekvenser*), *beregningsbetingede* eller *prosessbetingede*, eventuelt blandinger av disse kategoriene. Forklar kort hva som ligger i disse tre kategoriene, og angi for trinnene 2-4 ovenfor hvilke(n) av disse kategoriene som er involvert.

Anta at prosessen er instrumentert og har utstyr for registrering av:

- væskennivå
- temperatur

og følgende pådrag/utganger:

- styresignal til varmeelementet (binær utgang, 1=«på», 0=«av»).
- styresignal til vannventilen (binær utgang, 1=«åpen», 0=«lukket»)
- styresignal til alarmen (binær utgang, 1=«på», 0=«av»)

Anta nå at du skal lage en styringsenhet som kan styre prosessen i henhold til punktene 1-4 ovenfor. I første omgang skal temperaturreguleringen (punkt 3) gjøres ved at varmeelementet slås *på* så snart temperaturen faller under 70°C og av straks temperaturen stiger over denne verdien.

- c) Sett opp en Huffman-tabell som viser styresystemets spesifiserte virkemåte. Beskriv eventuelle antakelser, avledede logiske signaler og annet som du mener er nødvendig for å løse oppgaven.

Oppgave 3 **Modulasjon (16%)**

Varmeelementet kan i utgangspunktet bare være av eller på, men ved å benytte pulsbreddemodulasjon (PWM) kan vi i praksis likevel oppnå tilnærmet kontinuerlig regulering.

- a) Forklar hva som menes med begrepet *duty cycle* i sammenheng med pulsbreddemodulasjon.
- b) Hva menes med *demodulasjon*?
- c) Demodulasjon av PWM-signaler kan gjøres med et lavpassfilter, men i ølbryggesystemet trenger vi i praksis ikke noe slikt filter. Hvor, og hvordan, foregår demodulasjonen da? (Stikkord: svitsjefrekvens, prosessdynamikk, tidskonstanter.)

Oppgave 4 **Instrumentering (40%)**

Væskeni vået i bryggekjelen må kunne registreres for å unngå at den blir overfylt.

- a) Hva er forskjellen på en *nivåvakt* og en generell *nivåmåler*?
Hvilket av disse to alternativene ville du valgt i det foreliggende systemet, og hvorfor?

Ølbrygging krever meget god hygiene, og det er derfor ønskelig å unngå at måleutstyret kommer i fysisk kontakt med væsken («kontaktfri måling»).

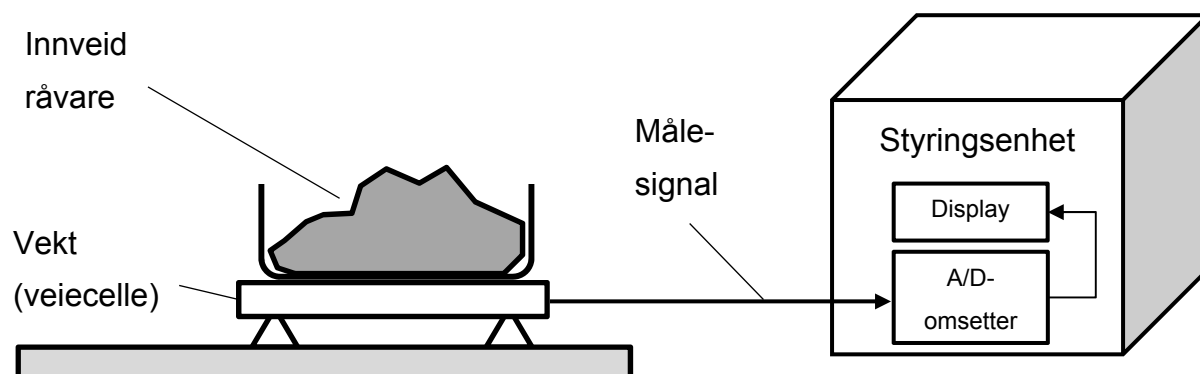
- b) Foreslå to fundamentalt ulike metoder for kontaktfri *nivåmåling*, og forklar kort hvordan de fungerer.
- c) Kontaktfri *temperaturmåling* kan gjøres via *strålingstermometri* («pyrometri»). Gjør kort rede for de fysiske prinsippene bak denne målemetoden.
- d) I løpet av bryggeprosessen vil innholdet i bryggekjelen gå fra å være transparent (gjennomsiktig) til gradvis å bli mørkere ettersom næringsstoffene fra malten løses opp i vannet. Hvorfor og hvordan vil dette påvirke pyrometermålingen?

Når varmebehandlingen er ferdig, fjernes mesken (den bløtlagte malten), og vi sitter igjen med ren *vørter*. For at gjæringsprosessen senere skal foregå optimalt er det viktig å vite nøyaktig hvor mye sukkerarter (karbohydrater) som finns i vørteren. Siden karbohydrater er tyngre enn vann, kan sukkermengden måles via vørterens massetetthet. Til dette brukes ofte et *hydrometer*.

- e) Forklar kort hvordan et hydrometer fungerer.
- f) Kan du tenke deg en måte å gjøre *kontaktfri massetetthetsmåling* på? Her kan du tenke kreativt og kombinere ulike teknikker for å oppnå det du ønsker.

Oppgave 5 **Signalomsetning (16%)**

I løpet av bryggeprosessen tilsettes ulike råvarer, blant annet malt, humle og gjær, og Mette og Valdemar ber deg derfor om hjelp til å skaffe en elektronisk vekt (veiecelle) for innveing av råvarer. Vekten skal koples til en analog-til-digital-omsetter (A/D-omsetter) i styringsenheten som illustrert i Figur 2, slik at denne fortløpende kan vise måleverdien på et display.



Figur 2 Elektronisk vekt tilkoplest styringsenhetens A/D-omsetter.

Anta at styringsenhetens A/D-omsetter har et analogt arbeidsområde på 0 – 5 V, og systemets måleområde skal dekke intervallet 0 – 20 kg.

a) På nettsiden til en vektprodusent finner du flere aktuelle produkter. Alle vektene gir et analogt målesignal som varierer lineært med målevariabelen, og de seks mest relevante modellene har følgende spesifikasjoner:

1. Måleområde 0 – 20 kg, målesignal 0 – 5 V
2. Måleområde 0 – 20 kg, målesignal 1 – 5 V
3. Måleområde 0 – 40 kg, målesignal 0 – 5 V
4. Måleområde 0 – 40 kg, målesignal 1 – 5 V
5. Måleområde 0 – 40 kg, målesignal 1 – 9 V
6. Måleområde 0 – 40 kg, målesignal 0 – 10 V

Hvilken av disse vektene vil du velge? Begrunn i hvert tilfelle hvorfor du forkaster de øvrige alternativene (det er tilstrekkelig å angi begrunnelsen med stikkord).

b) Anta at systemet skal registrere vektdata med en oppløsning på 10 g eller bedre. Hvor mange bits på A/D-omsetteren ha for at dette skal være oppfylt? (En overslagsberegning er tilstrekkelig, men besvarelsen skal vise hvordan du har resonnert.)

c) Anta at du kan velge hvilken type A/D-omsetter som skal brukes i det foreliggende systemet, og du kan velge mellom følgende alternativer:

- Tilbakekoplet A/D-omsetter (servoomsetter)
- Dobbelt-rampe-omsetter
- Parallellomsetter

Hvilken av disse typene vil du velge å bruke? Begrunn svaret.