

**SAM 610 Technical Safety Systems**  
**Examples of previous exams**



Universitetet  
i Stavanger

**20. February 2019**

**Task 1 (20%)**

Trevor Kletz discusses “friendly plants” and provides a set of principles for designing inherently safer plants in the process industry. Present and discuss Kletz’ principles and how they could be applied in a design process for a new process plant.

**Task 2 (30%)**

Nancy Leveson has developed and described an accident model called Systems-Theoretic Accident Model and Processes (STAMP).

- a) Present the main characteristics of the STAMP model.
- b) Discuss the main differences between the Leveson’s systems theoretical perspective, and traditional perspectives in regards to the design of technical safety systems.
- c) Explain how you would use the principles of STAMP in the design of technical safety systems. Provide examples.

**Task 3 (50 %)**

Safety Instrumented Systems (SIS) are common in the process industry. Safety Integrity Level (SIL) is a measure of the SIS’s reliability and availability. Lundteigen and Rausand, in their 2010 paper *Reliability of Safety Instrumented Systems: Where to Direct Future Research?*, discusses ten challenges associated with reliability modeling of SIS. The ten challenges are associated with 1) the modeling approach, 2) high-demand systems, 3) dependencies, 4) testing, 5) data acquisition, 6) human and organizational factors, 7) software reliability, 8) uncertainty, 9) spurious activation, and 10) security.

- a) Describe the concepts of SIS and SIL.
- b) Describe a selected SIS and explain how it works. Provide a sketch of your SIS, e.g. a process & instrumentation diagram (P&ID).
- c) Select five out of the ten challenges from Lundteigen & Rausand (2010). Describe what the authors are concerned about, and provide practical examples from your selected SIS from task 3b to illustrate the challenges.

\*\*\*END\*\*\*

## December 2018 (ordinary exam)

### Task 1

Choose one of the following safety systems; 1) Safety Interlock System (SIS), or; 2) a human controlled technical safety system on an offshore platform.

The authorities' raises concerns about the "goodness" of your system. You are asked by the system owner (of your case) to assess the performance of the system based on Nancy Leveson's systems theory.

In this task (task 1a), which is the major part of the exam, you shall present how you would carry out the performance assessment. Also (task 1b), discuss critical issues in such an assessment related to how this will influence the design of the system. (It is not expected that you carry out calculations or specific assessment of you system. The system shall be used as a recurrent example to show the recommended process).

Furthermore, as integrated issues in your presentation of the performance assessment, you must reflect on the following issues:

- Task 1c: Which design principles could improve the overall design and why? (Hint: Trevor Kletz article)
- Task 1d: How could learning be integrated in a performance assessment of the system? (Hint: Andrew Hopkins book section)
- Task 1e: How can you express and measure performance of your system? (Hint: Ove Njå book sections).
- Task 1f: How would you validate your performance assessment (present important principles, not the validation)? (Hint: Borg articles)

## **FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**EXAM IN: SAM 610 Technical Safety Systems**

**DATE: 20 February 2018**

**TIME AVAILABLE:** 4 hours  
**AID:** University approved calculator  
**LANGUAGE:** Norwegian or English  
**APPENDIX:** Project report

**The exam consists of two task on one page. The students shall answer both tasks.**

---

### **Task 1 (50 %)**

Road tunnels represent an important element in the Norwegian transport network. A major fire in a tunnel may have severe consequences for those directly involved and the society. According to Nancy Leveson, accidents results from inadequate control or enforcement of safety-related constraints on the development, design, and operation of the system. Safety then becomes a control problem. The control actions are to take place in a complex and dynamic socio-technical system. A fire situation in a road tunnel involves many actors, whose individual actions, and interaction with others, will determine the outcome of the incident. Based on the theory of Nancy Leveson, discuss the major elements of the system that should operate to control the process: “evacuation from road tunnel during a fire.”

### **Task 2 (50 %)**

You are responsible for providing decision support for the design of a longitudinal ventilation system in a single tube road tunnel. You have performed a literature study and written a report that includes important parameters for defining a design scenario (see appendix). You have decided to implement a scenario-based approach. Discuss how you would proceed to achieve decision support to the project. The discussion must include the following topics:

- Possible accident scenarios in a road tunnel and a relevant fire scenario.
- Fire characteristics, including the heat release rate.
- The purpose/function of the longitudinal ventilation system.
- The possible adverse effects on occupant safety by introducing fresh air supply to a major fire.

**\*\*\* THE END \*\*\***



Universitetet  
i Stavanger

FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

EXAM IN: SAM 610 Technical Safety Systems

DATE: 11 December 2017

**TIME AVAILABLE:** 4 hours  
**AID:** University approved calculator  
**LANGUAGE:** Norwegian or English  
**APPENDIX:** Two accident investigation reports

**The exam consists of two major task and seven subtasks on two pages. The students shall answer all subtasks under Task 1 and select one subtask under Task 2.**

---

**Task 1 (70 %)**

Attached to this exam you will find a summary of the accident investigation for a fire at the container vessel Maersk Eugen, June 2013, and a summary of the accident investigation after a fire in a nursing home in Hartford, Connecticut, February 2003. Select one of the documents and use it as a foundation for answering task 1.

According to Nancy Leveson, *functional requirements*, *hazard identification* and enforcement of *safety constraints* are central elements in obtaining system safety. These concepts are also a major part of the framework presented in Bjelland, Njå, Heskestad & Braut (2015) article, that also focus on *scenario analyses* as an important foundation for safety engineering. Based on the selected accident report:

- a) Provide a short description of the concept *functional requirements* and suggest *two functional requirements* to fire safety in the case presented in the selected accident investigation report.
- b) Provide a list of *at least two hazards* associated with each functional requirement from a) that need to be controlled in order to keep the selected fire safety system in a safe state.
- c) Provide a short description of the concept *safety constraints*, and provide an example of a safety constraint associated with each hazard identified in b).
- d) A scenario analysis could provide a foundation for dimensioning the fire water system at Maersk Eugen or the staffing situation in an evacuation situation at the Hartford Nursing home. Explain the concept *dimensioning scenario*, and discuss important issues that should be taken into account when defining a dimensioning scenario in one of these cases.

## Task 2 (30 %)

Select one of the following tasks:

- a) Based on the report “Brann til middag” (Sintef, 2011), provide a set of functional requirements for a kitchen stove guard, that in your opinion would be necessary when designing a reliable and efficient stove guard. Furthermore, Rasmussen (1997) argues that effective risk management is a function of the actions performed by a major social hierarchical system. Identify the important levels of such a hierarchical system in the context of an *operational* kitchen stove guard, and discuss whether the challenges of satisfying the functional requirements is associated with certain levels of the risk management hierarchy.
- b) Identify and discuss relevant functional requirements for a fixed fire extinguishment system for the car deck of a Ro-Ro ship, taking into account the known challenges of electrical vehicles. Present how you would carry out the performance assessment of the fixed fire extinguishment system.
- c) Identify and discuss the relevant functional requirement for a longitudinal ventilation system for a road tunnel. Given the expression  $Q_{vent} = kQ_{nat}$  [MW], where  $k > 1$  for any longitudinal ventilation velocity,  $v > 0$  [m/s], the activation of the ventilation system may represent a dilemma between different safety concerns during a tunnel fire. Discuss the dilemma from the perspectives of 1) the road users in the tunnel, 2) the fire department, 3) a single tube tunnel with bidirectional traffic, and 4) a twin tube tunnel with unidirectional traffic.

\*\*\* THE END \*\*\*



Universitetet  
i Stavanger

FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

EXAM IN: SAM 610 Technical Safety Systems

DATE: 7 December 2015

TIME AVAILABLE: 4 hours

AID: University approved calculator

THE EXAM CONSISTS OF 1 MAJOR TASK AND 5 SUBTASKS ON ONE PAGE

**REMARKS: Ove Njå can be contacted on telephone No. +47 915 21 404. In case that Njå cannot be reached, Henrik Bjelland can be contacted on No. +47 916 37 587.**

---

### Task 1

Choose one of the following safety systems; 1) fire water system in long and complex road traffic systems; 2) fire and rescue services for industrial facilities (might be Chinese); 3) gas detection system in an offshore oil & gas installation module.

Concerns are raised about the “goodness” of your system. You are asked by the system owner (of your case) to assess the performance of the system based on Nancy Leveson’s systems theory.

In this task (task 1a), which is the major part of the exam, you shall present how you would carry out the performance assessment. Also (task 1b), discuss critical issues in such an assessment related to how this will influence the design of the system. (It is not expected that you carry out calculations or specific assessment of your system. The system shall be used as a recurrent example to show the recommended process).

Furthermore, as integrated issues in your presentation of the performance assessment the following shall be reflected:

- Task 1c: Which design principles could improve the overall design and why? (Hint: Trevor Kletz article)
- Task 1d: How could learning be integrated in a performance assessment of the system? (Hint: Andrew Hopkins book section)
- Task 1e: How can you express and measure performance of your system? (Hint: Ove Njå book sections).
- Task 1f: How would you validate your performance assessment (present important principles, not the validation)? (Hint: Borg articles)



University of  
Stavanger

## **FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

SUBJECT: SAM 610-1 Technical Safety Systems

DATE: 6<sup>th</sup> December 2014

TIME: 09.00 – 13.00

AID: University approved calculator

THE EXAM CONSISTS OF: 2 pages and 3 tasks

REMARKS: The number in brackets indicates the weight of the task.

COURSE RESPONSIBLE: Audun Borg Henrik Bjelland

TELEPHONE NUMBER: 908 64 749 916 37 587

### **Task 1 (20%)**

Trevor Kletz discusses “friendly plants” and provides a set of principles for designing inherently safer plants in the process industry. Present and discuss Kletz’ principles and how they could be applied in a design process for a new process plant.

### **Task 2 (30%)**

Nancy Leveson has developed and described an accident model called Systems-Theoretic Accident Model and Processes (STAMP).

- d) Present the main characteristics of the STAMP model.
- e) Discuss the main differences between the Leveson’s **systems theoretical** perspective, and traditional perspectives in regards to the design of technical safety systems.
- a) How can STAMP be used in the design of technical safety systems? Provide examples.

### **Task 3 (50%)**

Design of technical safety systems is often dependent on some form of model that describes the loads placed upon the system at a given point of time in the future. One such load may be **the temperature exposure from a fire to a structural element**. In the design process a fire may be represented by e.g. a standardized temperature/time curve, an empirical model (e.g. the  $q = \alpha t^2$ -model) or a detailed physical model which is a function of fuel properties and situational circumstances.

Figure 1, shows the temperature vs. time relationship for a standardized temperature/time fire curve.

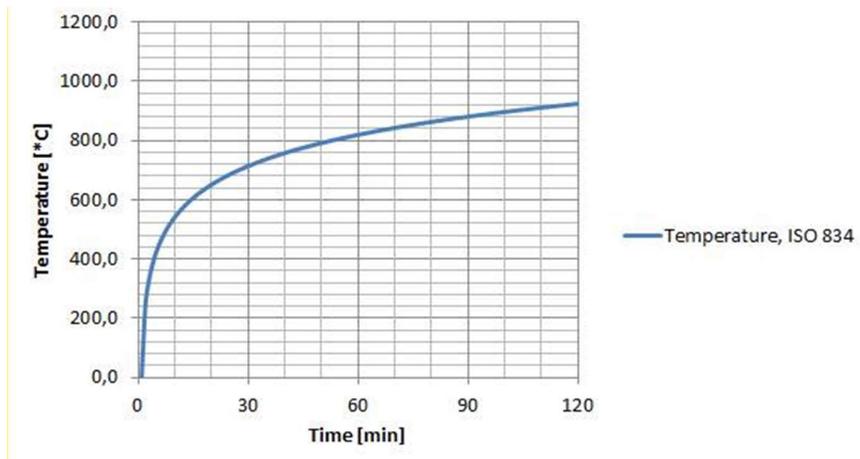


Figure 1: ISO 834 standard temperature/time fire- curve

- a) Describe the purpose of the standardized temperature/time curves and describe its limitations associated with real life design situations and the other forms of fire models mentioned in the text above.

In the project work associated with this course you have analysed a technical safety system. All of the projects included considerations of physical loads that the technical safety system should be designed to withstand. Use your project as a case when answering the following questions (if your project includes several loads you should pick one):

- b) Describe how the design load is included in your project. Is it a standard defined load, or a load explicit for the design in question?
- c) Describe the relevant properties required in order to develop an explicit design load for your project.



---

University of  
Stavanger

**FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

SUBJECT: SAM 610-1 Technical Safety Systems

DATE: 25<sup>th</sup> February 2015

TIME: 09.00 – 13.00

AID: University approved calculator

THE EXAM CONSISTS OF: 1 pages and 1 task

REMARKS: The number in brackets indicates the weight of the task.

COURSE RESPONSIBLE:     Audun Borg                     Henrik Bjelland

TELEPHONE NUMBER:     908 64 749                     916 37 587

---

**Task 1 (100%)**

**Write a text addressing the following issues: *Challenges in the planning, design and maintenance of technical safety systems.***

The basis for answering the task is the course curriculum, both your self-selected literature and the general literature for the course. You are free to organize the text as you wish, but in the evaluation we will emphasize your treatment of the following three elements:

**Element 1:** Understanding of the course literature

Emphasis will be put on your understanding of the course literature and how you manage to use this literature in examples in the text. You are free to select examples when answering the task, and you also have the possibility to refer to your own project in the response.

**Element 2:** The use of models, or calculation methodologies

In the text you should discuss the usage of relevant models and calculation methodologies in relation to your examples.

**Element 3:** Theoretical perspectives

In your text you need to discuss how various theoretical perspectives either support, or weaken your argumentation. Relevant terms in this regard could be (but not limited to): *design principles, design conditions, function, performance, scenarios, dependencies, uncertainty and validation.*

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: MOS 260 Tekniske sikkerhetssystemer

DATO: 12. desember 2012

TID FOR EKSAMEN: 4 timer

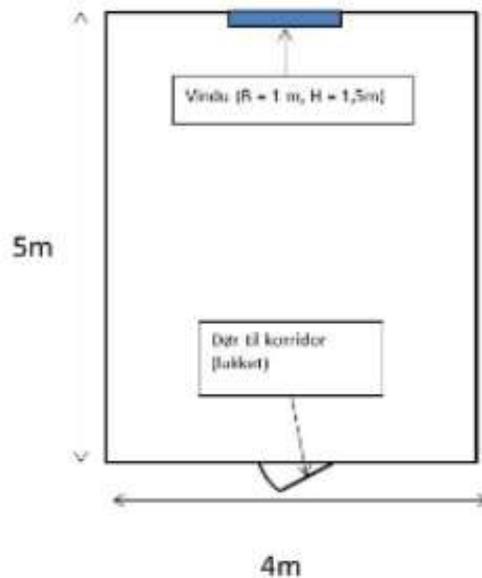
TILLATTE HJELPEMIDDEL: Godkjent kalkulator

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 3 OPPGAVER PÅ 3 SIDER + vedlegg

MERKNADER : Tallene i parentes gir vektningen av oppgavene

### Oppgave 1 (35 %)

Figur 1 viser plantegning av et hotellrom. Grunnflaten til rommet er 20 m<sup>2</sup> (lengde 5 m og bredde 4 m) og høyden er 2,5 m. På yttervegg er det et vindu til det fri med bredde 1,0 m og høyde 1,5 m. Døren til korridoren er utstyrt med selvlukker og er forutsatt lukket. Rommet har normal brannenergi for hotellrom. Beskriv hvilke eventuelle antagelser du gjør i forbindelse med oppgavene.



Figur 1: Plantegning hotellrom (ikke i målestokk)

- 
- a) En brann starter i sengen på hotellrommet. Beregn nødvendig varmeavgivelsesrate (heat release rate) for at overtenning skal inntreffe. Regn også ut hvor lang tid det tar for overtenning inntreffer. I beregningene forutsettes det at sengen er stor nok (har nok brannenergi) til at overtenning kan inntreffe og at vinduet er åpent/knust.
- b) Redegjør for de ulike fasene i et typisk brannforløp i en rom-brann (compartment fire) i for eksempel hotellrommet i spørsmål a. Følgende momenter skal redegjøres for i tillegg til de ulike fasene i brannforløpet:
- Flammespredning
  - Overttenning
  - Brenselskontrollert og ventilasjonskontrollert brann
- c) Redegjør for vanlig valideringspraksis for deterministiske modeller som benyttes i forbindelse med konsekvensanalyse (typisk brann- og eksplosjonsmodeller). Hvilke utfordringer møter man når formålet med modellen er prediksjon av konsekvens av en fremtidig hendelse? Redegjør også kort for forskjellen mellom validerings- og verifiseringsprosesser knyttet til evaluering av kvaliteten til denne typen modeller.

## Oppgave 2 (35 %)

Tenk deg at du er ansatt som rådgiver innenfor teknisk sikkerhet i en virksomhet som mottar, oppbevarer, videreforedler og sender ut på markedet brannfarlige væsker og gasser, en virksomhet av typen Skangass i Risavika, som er et anlegg i kjernen av Trevor Kletz sine observasjoner og erfaringer. Det forutsettes ikke at du kjenner til denne spesielle virksomheten. I denne oppgaven skal du fokusere på barrierebegrepet.

- a) Tekniske sikkerhetssystemer kan beskrives som barrierer. Hvordan vil du definere begrepet barriere, og nevnt 4 typiske eksempler på tekniske sikkerhetssystemer som kunne vært relatert til Skangass sin virksomhet i Risavika. Gi en anbefaling og kort begrunnelse for hvordan du ville prioritert mellom ulike typer barrierer.
- b) Når du skal regne på «godheten» (ofte kalt ytelsen) av barrierene vil du møte på flere problemer. Gi en oversikt over alternative metoder for å beregne godheten av en barriere, en barriere som er et teknisk sikkerhetssystem. Nevnt også noen typiske problemer du vil måtte påregne.
- c) Drøft hvorfor det er så vanskelig å avklare/beregne barrierenes avhengigheter.

## Oppgave 3 (30 %)

I denne oppgaven skal du besvare en av de syv deloppgavene.

- a) Vinnem hevder i en artikkel at: «... that risk acceptance criteria be abandoned and that risk-informed decision-making be based on the obligation to seek a risk level that is as low as reasonably practicable. For the non-petroleum onshore based hazardous facilities such an approach should in no way be considered. Risk acceptance criteria should certainly be retained and there should be regulations stating how such risk acceptance criteria should be formulated, for instance with respect to risk aversion, and the level at which such criteria should be aimed».

Hva skyldes Vinnem sin skepsis, og hvordan kunne hans syn påvirket utformingen av kravene til

store unike flytebroprosjekter?

- b) Terje Aven introduserer en ny tilnærming til å vurdere usikkerhet i risikoanalyse, for eksempel knyttet til brann. Drøft påstanden: «Avens tilnærming til usikkerhetsvurdering i brannrisikoanalyser (hvor FDS-simuleringer inngår) bidrar til økt byråkratisering av analyseprosessen og redusert beslutningsstøtte med hensyn til valg av branntekniske løsninger». Velg ditt eget perspektiv.
- c) DnV har skissert sammenhengen mellom lekkasjestørrelser og antatt lekkasjesannsynlighet, hvor volumbalanse-metoden som lekkasjedeteksjon er best egnet til store lekkasjer. Hvordan ville du utformet ytelseskrav for subsea-lekkasjedeteksjon for lekkasjer mindre enn et antatt nivå Y, hvor Y er en grenseverdi som skiller større og mindre lekkasjer?
- d) Timco & Dickins, Taber m.fl. og Brosnan er alle skeptisk til hvordan regelverk og evakueringsutstyr er tilpasset kaldt klima. Tenk deg at du er sikkerhetsleder om bord i et polart cruise-skip og har fått i oppgave å informere om disse svakhetene på et internt seminar i rederiet. Lag en oppsummering av funnene du ville tatt med.
- e) Bruk artikkelen til Lobato med flere til å redegjøre for vesentlige usikkerheter som bør inkluderes i en analyse av hydrogeneksplosjon i et åpent garasjeanlegg.
- f) *It was concluded that the use of this method should be restricted to the evaluation of base-loaded units which, on the average, undergo one shut-down per year or less.* Dette kravet stiller Liaw, Saxena og Schaefer til deres metode for å predikere levetider av damprør. Redegjør for hvorfor de stiller dette kravet og hvordan denne argumentasjonen kan benyttes til å reklassifisere gamle damprør.
- g) Bruce med flere lister flere svakheter knyttet til akustisk styring av BOP, og de er generelt skeptisk til bruk av dette. Hvordan ville du formulert kravene til et akustisk system for styring av BOP for at det skulle vært et signifikant teknisk sikkerhetssystem?



Universitetet  
i Stavanger

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: MOS 260 Tekniske sikkerhetssystemer

DATO: 12. desember 2011

TID FOR EKSAMEN: 4 timer

TILLATTE HJELPEMIDDEL: Godkjent kalkulator

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 3 OPPGAVER PÅ 3 SIDER + vedlegg

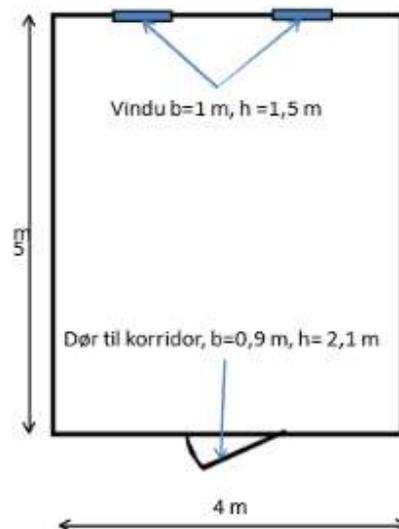
MERKNADER : Tallene i parentes gir vektingen av oppgavene

---

### Oppgave 1 (35 %)

Figuren viser plantegningen til et hotellrom. Grunnflaten til rommet er  $20 \text{ m}^2$  (lengde: 5 m og bredde: 4 m) og høyde: 2,5 m. På yttervegg er det to vinduer til det fri, bredde: 1,0 m høyde: 1,5 m. Døren til korridoren har bredde: 0,9 m og høyde 2,1 m. Rommet har normal brannbelastning for hotellrom.

Beskriv hvilke antagelser du gjør for å besvare oppgaven



- a) Vekstfase. Hvor stor brann kan det forventes i hotellrommet etter 5 minutter?
- b) Regn ut maksimal branneffekt (varmeavgivelsesrate) og temperatur i hotellrommet og gjør rede for om det dreier seg om brenselskontrollert eller ventilasjonskontrollert brann?
- c) Gjør rede for hvilke faktorer vil påvirke hastigheten for flammespredning.
- d) Forklar fenomenet overtenning (flashover) og gjør rede for følgende:
  - Hvorfor er overtenning et viktig fenomen knyttet til brannsikkerhet?
  - Hva kjennetegner en brann som går til overtenning?
  - Hvilke faktorer knyttet til hotellrommet vil ha innvirkning på om overtenning inntreffer eventuelt tid til overtenning ved en brann?

### Oppgave 2 (35 %)

Nancy Leveson har utviklet og beskrevet en ulykkesmodell som hun kaller STAMP.

- a) Redegjør for STAMP?
- b) Hvordan kan STAMP benyttes i design av tekniske sikkerhetssystemer? Gi konkrete eksempler.
- c) Drøft hovedforskjellene i Levesons perspektiv og mer tradisjonelle praksiser i design av tekniske sikkerhetssystemer.

### Oppgave 3 (30 %)

I denne oppgaven skal du besvare en av de seks deloppgavene.

- a) SINTEF angir i noen av sine rapporter begrepet "tilstrekkelig uavhengighet" mellom sikkerhetssystemer. Hvordan kan avhengigheter måles? Hva menes med "tilstrekkelig uavhengighet"? Drøft relevansen av "tilstrekkelig uavhengighet" som virkemiddel i sikkerhetsarbeidet i petroleumssektoren.
- b) Tenk deg at du skal investere i overlevningsdrakter for mannskap som skal jobbe på flytende installasjoner i Barentshavet. OLF, Thelam og A. Påsche har alle dokumentert klimatiske forhold, og tester av drakter. Drakten HH E 352-4 er testet utenfor Vesterålen. De offshoreansatte er skeptiske til om overlevningsdraktene er effektive. Gi en reflektert vurdering av underlagsdokumentasjonen som du ville presentert for de ansatte. Foreslå vesentlige svakheter å ta hensyn til i eksperimentelle oppsett av typen som er brukt her?
- c) K. Kaasen gjør en retrospektiv diskusjon av lovendringer i kjølvannet av Piper Alpha ulykken. Han konkluderer med at norske og britisk reguleringer konvergerer etter ulykken og at "goal-setting regime is desirable". Drøft begrunnelsene hans for denne konklusjonen og sett det gjerne i et lys av at oljeindustrien i Norge 10 år (i begynnelsen av 2000-tallet) etter denne artikkelen ble kraftig kritisert av Ptil for manglende sikkerhetsarbeid.
- d) For nye design av livbåter har Kauczynsky, Werenskiold og Narten drøftet operasjonelle betingelser som "Pressure loads", "Acceleration loads" og "Forward speed and sail away". På den samme

konferansen har en gruppe fra DnV og StatoilHydro (inkl. Narten), presentert rammen av en ny standard med følgende krav til sikkerhet: "(1) a requirement to the failure probability during a launch at an arbitrary point in time, and (2) a requirement to the failure probability during a launch in a specified 100-year sea state". Gi noen forslag til hva disse kravene kan innebære. Foreslå hvordan kan vi finne "failure probabilities" som beskrevet og hva vil de i så fall uttrykke?

- e) Redegjør for A. Beards risikobaserte tilnærming til tunneldesign. Hvordan kan en slik tilnærming åpne for at eksplosjonsscenarioer skal inngå som designforutsetninger? Foreslå hvordan usikkerhet i eksplosjonsanalyser kan inkluderes i prosjekteringen.
- f) *It was concluded that the use of this method should be restricted to the evaluation of base-loaded units which, on the average, undergo one shut-down per year or less.* Dette kravet stiller Liaw, Saxena og Schaefer til deres metode for å predikere levetider av damprør. Redegjør for hvorfor de stiller dette kravet og hvordan denne argumentasjonen kan benyttes for å reklassifisere gamle damprør.



Universitetet  
i Stavanger

**DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET**

**EKSAMEN I: MOS 260 Tekniske sikkerhetssystemer**

**DATO: 14. desember 2010**

**TID FOR EKSAMEN: 4 timer**

**TILLATTE HJELPEMIDDEL: Godkjent kalkulator**

**OPPGAVESETTET BESTÅR AV 2 OPPGAVER PÅ 2 SIDER + vedlegg (rapport)**

**MERKNADER : Tallene i parentes gir vektingen av oppgavene**

---

### **Oppgave 1 (70 %)**

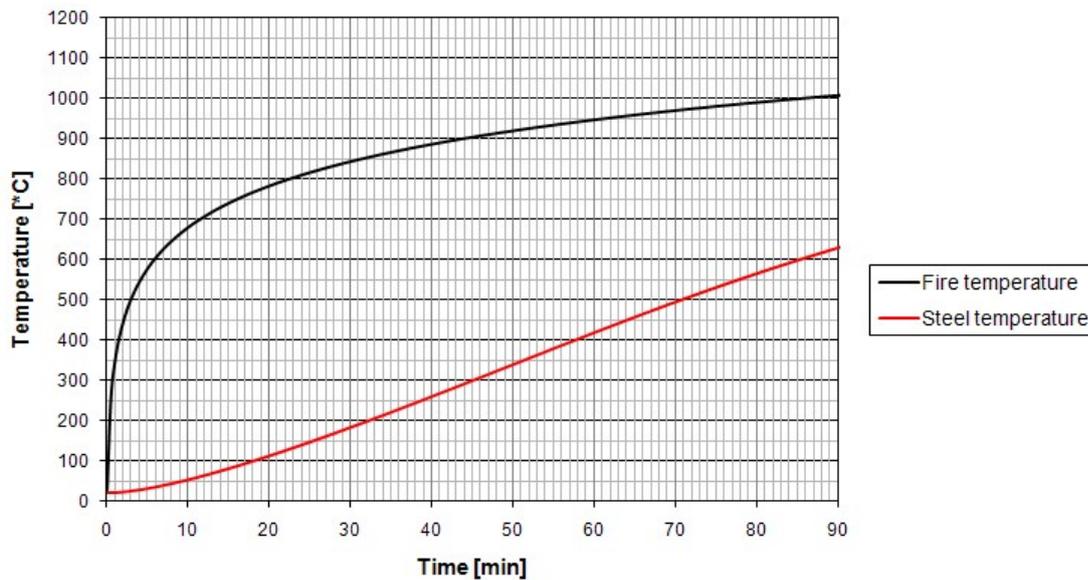
Granskningsrapporten "Livbåthendelser Veslefrikk B og Kristin" (heretter kalt granskningsrapporten) er vedlagt og skal brukes som underlag for din forståelse og drøfting av oppgavene b) – e) under. Bruk granskningsrapporten til å eksemplifisere og understreke ulike prinsipper, metoder og perspektiver fra pensum.

- a) Forklar hva du legger i begrepene; designprinsipper, teknisk sikkerhetssystem, ytelse og ytelseskrav/grenseverdier
- b) Hva er Trevor Kletz sin tilnærming til designprinsipper? Sammenlign funn i granskningsrapporten og Kletz sine perspektiver på årsaksmekanismer til ulykkeshendelser.
- c) Andrew Hopkins reiser kritikk mot risikobaserte beslutninger. Dette står i skarp kontrast til granskningsrapportens krav (kap. 6.5). Drøft Hopkins sine innvendinger i forhold til caset i granskningsrapporten.
- d) Trekk ut et teknisk sikkerhetssystem fra granskningsrapporten. Hvordan ville du målt godheten av dette systemet slik at det kunne dimensjoneres på en fornuftig måte.
- e) Beskriv kort hvordan de tekniske sikkerhetssystemene beskrevet i granskningsrapporten interagerer med andre systemer? Hvorfor er det viktig å forstå hvordan tekniske sikkerhetssystemer interagerer med andre systemer (vis gjerne til øvrige eksempler fra pensumlitteraturen)?
- f) Foreslå en fremgangsmåte for å utforme et teknisk sikkerhetssystem (velg selv eksempel for å illustrere dine anbefalinger).

## Oppgave 2 (30 %)

Figuren nedenfor viser temperaturøkning i en stålbjelke som følge av oppvarming fra en brann som følger ISO 834 tid-temperaturkurve.

- Hvorfor brukes slike standardiserte brannkurver?
- Hvilke begrensninger har slike brannkurver i forhold til å definere laster på en konstruksjon?



Figur 1: Oppvarming av stålbjelke (nederste kurve) som følge av brannpåvirkning fra en standard ISO 834 tid-temperaturkurve