

## KURS-PM – *Designprojekt i Grundläggande kemiteknik*

**KURS:** Grundläggande kemiteknik, GKT (10.5 hp) KAA146  
**LÄSÅR:** 2011/2012 Läsesperiod 4  
**FÖR:** Civilingenjörsprogram kemiteknik, 180p  
Civilingenjörsprogram kemiteknik med fysik, 180p

**EXAMINATOR och KURSANSVARIG:** Krister Ström

### FÖRKUNSKAPER

Kursen Grundläggande kemiteknik, GKT, bygger vidare på tidigare kurser i utbildningen. Inom ramen för kursen *Termodynamik* studerades ånga-vätskajämvikter samt termodynamik för reagerande system. Från kursen *Transportprocesser* rörande de fysikaliska enhetsförloppen med impuls-, värme och masstransport som grund, studerar vi nu några kemitekniska applikationer. Den rena kemin ingår från kursen *Fysikalisk kemi* där reaktionshastigheter (kinetik), jämviktsförskjutning, fasjämvikter osv. studerades. Detta designprojekt förutsätter kunskaper från teoridelen av kursen Grundläggande kemiteknik.

### SYFTE

I designprojektet integreras kunskaper från teoriavsnitten av kursen från läsesperiod 3 på en större projektuppgift. Syftet är att arbeta med ett större projekt som innefattar allt från att ta fram reaktionsvägar, flödesschema, bygga en simuleringsmodell samt genomföra en kostnadsuppskattning för en process.

### INNEHÅLL

Under kursen första del behandlades strategier för processdesign och vi började tidigt med att bygga ett flödesschema för en process. Därefter studerades olika typer av ideala reaktorer, separationsutrustningar med framförallt destillation samt energiutrustningar, framförallt värmeväxling. Detta bygger vi nu vidare på i ett designprojekt genom att studenter arbetar i projektgrupper och bygger en simuleringsmodell i MATLAB för en process. Vidare ingår att finna en lämplig reaktionsväg samt kostnadsuppskatta processen.

### ALLMÄN BESKRIVNING OCH ORGANISATION

Projektuppgiften behandlar framställning av en produkt från en given reaktant. Projektgruppen ska ge förslag till reaktionsväg samt flödesschema för processen. Baserat på dessa förutsättningar ska en reaktor modelleras tillsammans med olika reaktionssteg samt anordningar för värmning och kylning. Utifrån den modell som byggs upp studeras inverkan av olika processparametrar som t.ex recirkulationsgrad och val av temperaturnivåer. Inom ramen för projektet ingår också att uppskatta kapital- och driftkostnad för processen. Projektet rapporteras skriftligt och muntligt.

### Förutsättningar

I en processanläggning skall en produkt B framställas. Uppgiften är att utgående från en råvara A

1. ta fram relevant reaktionsväg
2. ett flödesschema för processen.

Baserat på dessa förutsättningar

1. skall en modell av reaktorn,
2. de olika separationsstegen
3. anordningar för värmning/kylning samt tryckhöjning för pumpar och kompressorer formuleras i MATLAB.

Med MATLABmodellen illustreras inverkan av t.ex. recirkulation och temperaturval. En uppskattning av kapital- och driftskostnad görs också.

### Rapportering

För godkänt i projektkursen krävs en tydlig skriftlig redovisning. Rapporten skall innehålla följande:

- Sammanfattning innehållande förutsättningar, bakgrund, syfte med uppgiften, max ½ sida.
- Innehållsförteckning
- Tydligt flödesschema över den tänkta processutformningen med angivna tryck, temperaturer och sammansättningar.
- En tydlig redovisning av de olika beräkningsstegen och tydlig redovisning av vilka antaganden som är gjorda.
- I resultat skall en tydlig tabell redovisa alla kostnader och storlekar på de olika utrustningarna.
- En tabell med angivande av flöden, temperatur, tryck och sammansättningar för strömmar anges i rapporten.
- I resultatet skall en tydlig tabell med driftskostnader och investeringskostnader för all utrustning beskrivas.
- Innan slutsatsen skall en diskussion finnas där resultatet diskuteras och hur antaganden ni gjort påverkar slutresultatet. Alternativa processutformningar skall även diskuteras och om det finns något som kan förbättra processen.
- Källhänvisning. En tydlig källhänvisning skall finnas i slutet av rapporten.
- Som bilaga skall MATLABkod bifogas (som bilaga i rapporten samt som m.fil i filinlämningen). Denna kod skall vara tydligt kommenterad och lätt att följa. Alla resultat som återfås i matlab skall finnas redovisade i rapporten. För att rätta rapporten skall man inte behöva köra m.filen för att få resultaten.

Rapporter som inte innehåller ovanstående blir inte godkända

Processalternativ

Anmälan till projektgrupper enligt nedan görs på kurshemsidan.

		Produktion [ton/år]
Grupp 1	Framställning av propen ur propan genom dehydrering	25 000
Grupp 2	Framställning av propen ur propan genom dehydrering	50 000
Grupp 3	Framställning av propen ur propan genom dehydrering	75 000
Grupp 4	Framställning av propylenglykol ur propylenoxid	25 000
Grupp 5	Framställning av propylenglykol ur propylenoxid	75 000
Grupp 6	Framställning av metanol ur kolmonoxid	25 000
Grupp 7	Framställning av metanol ur kolmonoxid	75 000
Grupp 8	Framställning av eten ur etan genom dehydrering	25 000
Grupp 9	Framställning av eten ur etan genom dehydrering	75 000
Grupp 10	Framställning av etylenglykol ur etylenoxid	25 000
Grupp 11	Framställning av etylenglykol ur etylenoxid	75 000
Grupp 12	Framställning av buten ur butan genom dehydrering	25 000
Grupp 13	Framställning av buten ur butan genom dehydrering	50 000
Grupp 14	Framställning av buten ur butan genom dehydrering	75 000

Förslag till uppdelning av arbetet inom grupperna - arbetsformer

1. Utse en samordnare. En person som håller ordning på att alla deluppgifterna görs och samordnas samt sänder delrapporteringar och rapportering via filinlämning på kurshemsidan
2. Fördela arbetet mellan gruppmedlemmarna t.ex. så att delgrupper löser uppgifter som
  - a. modell för reaktorn och ett MATLABprogram
  - b. modell för separationsstegen och ett MATLABprogram
  - c. modell för värmeväxling alt kylning/värmning och ett MATLABprogram
  - d. fysikalisk-kemiska data, jämviktsdata, kinetikdata, beskrivning av process
  - e. övergripande MATLABmodell och testar olika driftsfall
  - f. bestämmer designdata
  - g. bestämmer kapital- och driftskostnader
  - h. sammanställning skriftlig slutrapport
3. Presentationsmaterial för den muntliga redovisningen

Projektgrupperna föreslås arbeta efter en projektplan som gruppen fastlägger. Under läsperioden kommer schemalagda konsultationstillfällen finnas där projektgrupperna kan få råd hur man kan gå vidare med problemställningarna. Dessa tider finns presenterade nedan. I schema finns bokade lokaler så att grupperna under första veckan kan arbeta med planering av projektarbetet samt arbete med flödesplan och först och främst reaktor. Under första läsveckan genomförs arbetet i projektgrupperna. Konsultationerna startar läsvecka två. För att underlätta arbetet med MATLAB finns datasalar bokade, se schema i TimeEdit.

## KONSULTATIONSTIDER

Läsvecka	Måndag	Tisdag	Torsdag
Läsperiod 4	Separationer	Reaktorer Separationer Värmeväxling	Reaktorer Värmeväxling
2		Kl. 13 - 15	Kl. 13 - 15
3	Kl. 8 - 9	Kl. 13 - 15	Kl. 13 - 15
4	Kl. 8 - 9		Kl. 13 - 15
5	Kl. 8 - 9	Kl. 13 - 15	Kl. 13 - 15
6			Kl. 13 - 15
7	Kl. 8 - 9	Kl. 13 - 15	Kl. 13 - 15

Under läsvecka 1 i läsperioden arbetar grupperna självständigt med att utveckla processplan och reaktormodell vid schemalagda tillfällen. Lokal för samtliga konsultationer är seminarierummet på Avdelningen för kemiteknik, Forskarhus II, plan 2.

## LITTERATUR

Dokumentation och bakgrundsmaterial till projekten finns att tillgå på kurshemsidan under ”utdelat material” och fliken Designprojekt. Fysikalisk-kemiska data kan hämtas från exempelvis [www.nist.gov](http://www.nist.gov).

## EXAMINATION

För godkänd kursdel dvs designprojekt fordras godkänd projektuppgift, rapport samt presentation.

## PERSONAL

Examinator är Krister Ström och ansvariga för konsultationstillfällen är Xavier Auvray, Urban Grén och Erik Karlsson som träffas i seminarierummet på avdelningen för Kemiteknik.

## TIDPLAN

Syftet med delrapporteringarna är att följa upp vad som är genomfört och tidigt ge återkoppling på vad som behöver åtgärdas för att undvika förseningar och felaktiga ansatser i det fortsatta arbetet. För att underlätta inlämningen av del- och slutrapporter skall filerna namnges på formatet *GruppX\_RapportY.docx* för Wordfiler respektive *GruppX\_RapportY.m* för MATLABfiler. *X* är ditt gruppnummer och *Y* är D1, D2 alt S för delinlämning 1, delinlämning 2 och slutrapport.

### *Delrapportering*

Delrapportering 1: 30 mars – Preliminär skiss av flödesschema med angivande av tryck- och temperaturnivåer i strömmar samt vilka ämnen som finns i strömmarna. En redovisning av material- och värmebalanser som reaktormodellen är baserad på samt

MATLABkod. Filinlämning via kurshemsidan senast kl 17.00.  
Återkoppling på delrapporteringen ges på kurshemsidan.

*Ansvarig: Xavier Auvray*

Delrapportering 2: 27 april – Ett utvecklat flödesschema samt en redovisning av material- och värmebalanser som separationssteg och utrustning för värmning/kylning är baserad på samt MATLABkod. Uppdaterat flödesschema. Jämviktskurva samt MATLABkod för beräkning av jämviktskurva. Vidare skall tabell med angivande av flöden, temperatur, tryck och samman-sättningar för strömmar anges i rapporten. Kopplingen mellan strömmar och var de hör hemma i processplanen ska vara tydlig. Filinlämning via kurshemsidan senast kl 17.00. Återkoppling på delrapporteringen ges på kurshemsidan.

*Ansvariga: Urban Grén och Erik Karlsson*

#### *Slutrapportering*

Slutrapport: 10 maj – Inlämning av skriftlig rapport. Filinlämning via kurshemsidan senast kl 17.00.

Presentation: 15 maj – Presentation av arbetet i tvärgrupper. Detaljerat presentationsschema publiceras på kurshemsidan torsdagen den 7 maj.

Tiden mellan rapporteringarna används till att få en fungerande modell över processen samt kostnadsberäkning för olika fall. Delrapporteringarnas syfte är att tidigt ge tidig återkoppling så att eventuella fel kan rättas innan hela arbetet slutrapporteras. Returer på slutrapporten lämnas ut den 23 maj och korrigeringar i rapporten lämnas in senast 8 juni på kurshemsidan.

## FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR KOSTNADSUPPSKATTNING AV KAPITALKOSTNADER

Kostnadsuppskattningen kan göras baserat på data i nedanstående information, samt med att index (inflationsuppskrivning) kan beräknas på följande sätt

$$(\text{Index från 1958 till innevarande år}) / (\text{Index från 1958 till kostnadsåret})$$

om data hämtas från andra källor. Kostnadsindex finns i tidskriften Chemical Engineering (McGraw Hill).

Langfaktorn kan sättas lika med 4.0 och skall täcka kostnaden för montering, isolering, instrumentering, rördragning m.m. Total kostnad för processanläggningen blir

$$(\text{Reaktor-, värmeväxlar- och kolonnkostnad}) \cdot \text{pundkursen} \cdot \text{Langfaktorn}$$

Pundkursen kan sättas till 10.40 SEK/£ och dollarkursen till 6.50 SEK/\$ samt EURO till 8.80 kr/€.

### Reaktor

Reaktorn kan betraktas som en Process Vessel (där längd/diameterförhållandet kan sättas till 2) och kostnaden kan tas ur diagrammet nedan. Katalysatorkostnaden kan försummas i förhållande till övriga kostnader.

### Destillationskolonn

Kolonnverkningsgraden vid destillation kan sättas till 70 % (och bottenavståndet väljs till 0.45 eller 0.60 m). Då inget annat kan bestämmas sätts medeltemperaturdifferensen i destillationskolonnens återkokare och kondensor till 20 K.

### Kompressorer (ur Coulson & Richardson)

	<u>Konstant C: [£]</u>	<u>Index, n</u>
Centrifugalkompressor:	500	0.8

$\text{Investeringskostnad} = C \cdot S^n$  där S är kompressorns storlek, skall ges i kW.

### Ugnar (ur Coulson & Richardson)

	<u>Konstant C: [£]</u>	<u>Index, n</u>
Processugn (av standardmaterial, kolstål):	290	0.77

$\text{Investeringskostnad} = C \cdot S^n$  där S är ugnens storlek, skall ges i kW.

## Värmeväxlare

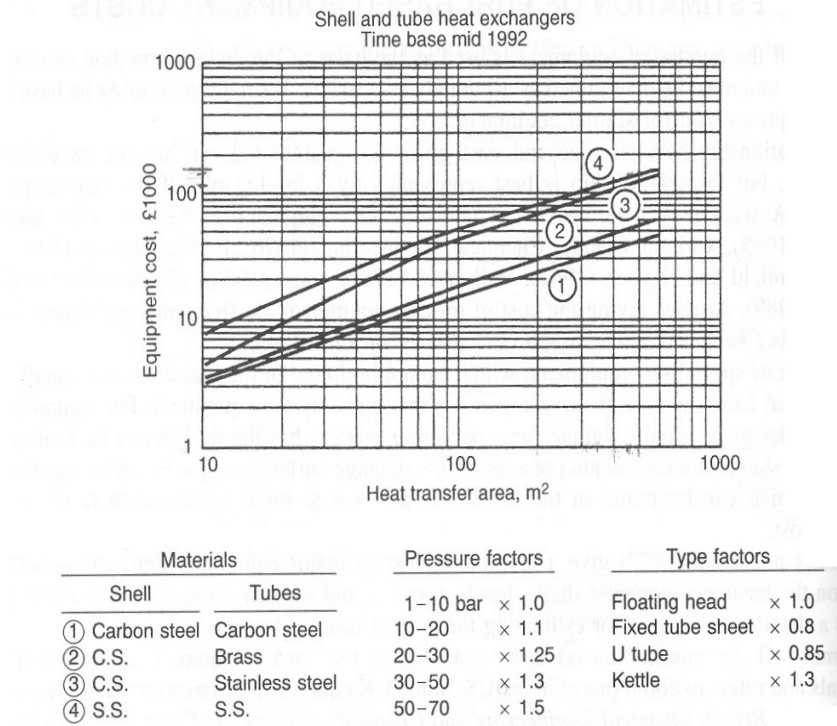


Figure 6.3. Shell and tube heat exchangers. Time base mid-1992  
Purchased cost = (bare cost from figure) × Type factor × Pressure factor

Räkna på "floating head" som värmeväxlartyp och vanligt kolstål som material.

## Destillationskolonn och reaktorkärl

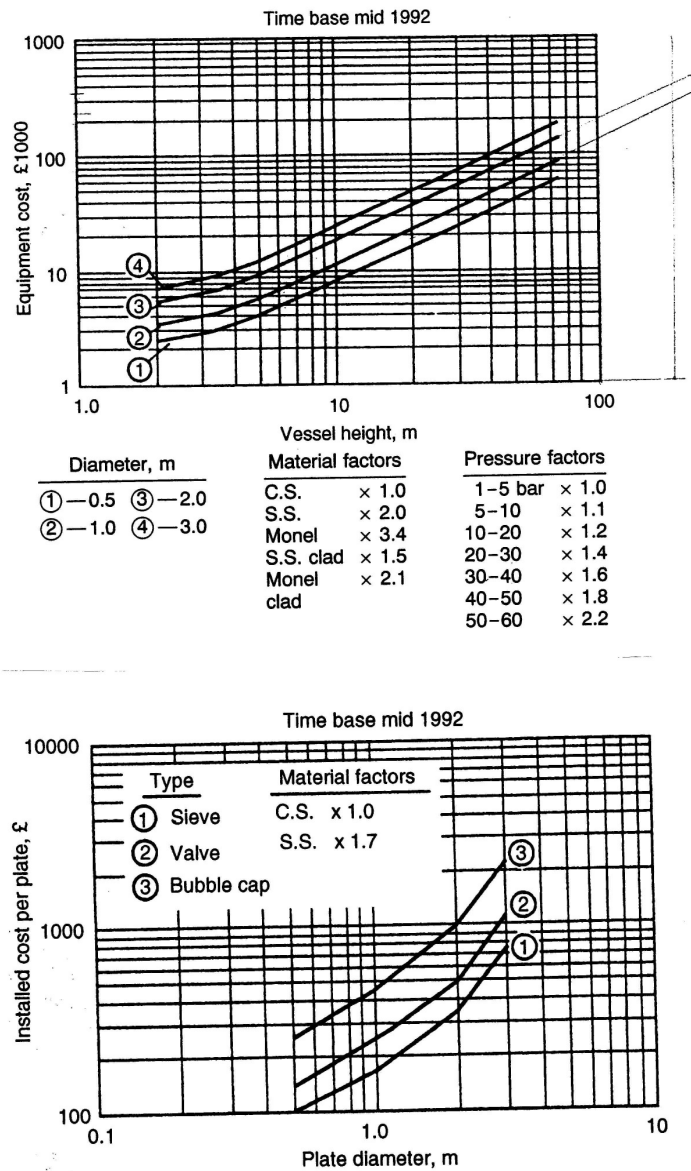


Figure 6.6. Column plates. Time base mid-1992 (for column costs see Figure 6.4)  
Installed cost = (cost from figure) × Material factor



## FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR KOSTNADSUPPSKATTNING AV DRIFTKOSTNADER

Drifttid:	8 000 h/år
Ekonomisk livslängd	10 år
Processförnödenheter:	Mättad ånga av 180 °C alternativt 210 °C Kylvatten av 14 °C som får värmas till 20 °C Kylmedium för temperaturer under 14 °C Kylmedium för temperaturer under -20 °C El av 380 V 50 Hz Naturgas

### Kostnader för förnödenheter

Ånga	0.16 kr/kWh (103 kr/ton)
Naturgas	0.20 kr/kWh
El	0.30 kr/kWh
Kylvatten	0.05 kr/ kWh
Kylmedium under 14 °C	1.00 kr/ kWh
Kylmedium under -20°C	2.25 kr/ kWh

### U-värden

Vid beräkning av värmeväxlarnas ytor kan följande värden på värmegenomgångstal, U, användas

Gas/gas-värmeväxling, nära atmosfärstryck	50 W/m <sup>2</sup> K
Gas/gas-värmeväxling, vid höga tryck	100 W/m <sup>2</sup> K
Gas/vätska-värmeväxling	200 W/m <sup>2</sup> K
Vätska/vätska-värmeväxling	2000 W/m <sup>2</sup> K
Kondensor/återkokare	1000 W/m <sup>2</sup> K
Gas/kondenserande ånga/förångning	885 W/m <sup>2</sup> K

### Temperaturverkningsgrader

I de fall temperaturverkningsgrad behöver utnyttjas kan den antas vara 80% för värmeväxlarna. Senare kan ni prova att variera temperaturverkningsgraden för att se vilken inverkan den har på värmeväxlarnas area.