

## **Kapitel 9**

**Den uddannelsesspecifikke del af studieordningen for uddannelsen til:**

# **CIVILINGENIØR, CAND. POLYT. I KEMI Master of Science in Chemical Engineering**

**Studieordning 2013, Version 1.0**

**Gældende for studerende optaget fra og med september 2013**

Studieordningen er delt op i generelle bestemmelser (kapitel 1-8), en uddannelsesspecifik del (kapitel 9) samt modulbeskrivelserne for uddannelsens fag. Den studerende bør orientere sig i alle tre dele for at få det fulde overblik over de regler, der gælder for uddannelsen i sin helhed.

## § 1 Jobprofiler

Civilingeniører i kemi uddannes til at varetage vigtige erhvervsfunktioner. Blandt typiske arbejdsområder kan nævnes

- Design, projektering og idriftsætning af nye procestekniske anlæg samt udvikling, optimering og drift af igangværende anlæg. Det være sig anlæg inden for kemisk og biokemisk produktion, miljøforbedring, fødevareproduktion, medicinalproduktion etc.
- Forskning i forbindelse med udvikling af produkter og processer, hvor kemiske eller bioteknologiske forhold har væsentlig betydning. Det være sig produkter og/eller processer til kemisk produktion, bioraffinering, energiomdannelse, fødevareforædling eller håndtering af rest- og spildprodukter fra industri og landbrug.
- Forskning i forbindelse med udvikling og optimering af kemiske synteseprocesser med tilhørende katalysatorer.
- Forskning i udvikling af nye materialer med specifikke funktionelle egenskaber.
- Rådgivning og konsulentarbejde i private og offentlige virksomheder indenfor kemi, miljø og biosystemer.

## §2 Uddannelsens kompetenceprofil

Fastsættelse af uddannelsernes kompetencemål tager udgangspunkt i love og bekendtgørelser på området. Desuden tages udgangspunkt i de erhvervsfunktioner, som de nyuddannede ingeniører forventes at skulle bestride og i de krav om personlig og faglig udvikling, der ligger i forlængelse af uddannelserne.

*Der stilles en lang række ikke-kemiingeniørspecifikke kompetencekrav til de nyuddannede ingeniører, som beskrevet i den generelle del af studieordningen.*

For civilingeniører i kemi gælder, at de:

- A. inden for uddannelsens faglige profiler skal have tilegnet sig specifik viden baseret på forskning med international forankring på et højt niveau
- B. skal kunne formidle og diskutere viden og resultater af videnskabeligt arbejde til modtagere med forskellige faglige kompetencer.
- C. skal kunne forstå og beskrive videnskabelige problemstillinger på baggrund af egen eller andres forskningsbaserede viden, herunder opstille arbejdshypoteser for videnskabeligt arbejde
- D. skal kunne anvende de metoder og redskaber der knytter sig til de specifikke fagområder i uddannelsens fagprofiler i relation til uddannelsens jobprofil beskrevet i §1
- E. skal kunne igangsætte og bidrage til faglige og tværfaglige samarbejder, herunder påtage sig ansvar for egne opgaver
- F. skal kunne planlægge og gennemføre egen faglig og personlig udvikling

Baseret på denne viden skal civilingeniører kunne løse komplicerede tekniske problemer, designe og implementere komplekse teknologiske produkter og systemer i en samfundsmæssig kontekst. For civilingeniører i kemi betyder dette at de skal:

- G. kunne udvikle, designe, planlægge, modificere og optimere kemiske og biotekniske procesanlæg og produkter på grundlag af kemitekniske, biotekniske, ressourcemæssige og miljømæssige overvejelser.
- H. kunne varetage forsknings- og udviklingsopgaver inden for uddannelsens faglige spidskompetencer: Bioteknologi og bioraffinering, Funktionelle Materialer, Kemiteknik eller Miljøeffektiv teknologi
- I. kunne forestå opbygning og ledelse af analytiske laboratorier og udvikle målemetoder til anvendelse ved forskning og udvikling
- J. kunne forestå udvikling og implementering af systemer til kvalitets- og risikostyring
- K. kunne varetage rådgivnings- og konsulentopgaver inden for uddannelsens spidskompetencer: Bioteknologi og bioraffinering, Funktionelle materialer, Kemiteknik eller Miljøeffektiv teknologi

Ovenstående slutkompetencer baserer sig på de generelle ingeniørfærdigheder fra DSMI og desuden på et fagligt fundament af kompetencer inden for en række tekniske, naturvidenskabelige og samfundsrelaterede discipliner herunder beskrevet ved uddannelsens fagsøjler.

### §3 Uddannelsens fagsøjler

De faglige kompetencer for civilingeniører i kemi kan primært henføres til følgende faglige søjler, der gælder for henholdsvis bachelordelen og kandidatdelen af uddannelsen.

For bachelordelen er der følgende otte faglige søjler:

- Kemiteknik
- Almen, uorganisk og organisk kemi
- Bioteknologi
- Fysisk kemi og materialer
- Miljø og ledelse
- Matematiske og fysiske modeller
- IT og eksperimentel metode
- Personlige og læringsmæssige kompetencer

som beskrevet i kapitel 9 for civilingeniør i kemi – bachelordel.

## §4 Uddannelsens fagprofiler

Kandidatdelen af uddannelsen består af konstituerende fag og fagprofilfag. De konstituerende fag danner tilsammen den fælles faglighed for civilingeniører i kemi.

På kandidatdelen udbydes der følgende 4 fagprofiler:

- Bioteknologi og bioraffinering
- Funktionelle materialer
- Kemiteknik
- Miljøeffektiv teknologi

## §5 Uddannelsens struktur og moduler (profilopdelt)

### 5.1 Fagprofil Bioteknologi og bioraffinering

Semester	STRUKTUR																													
4.	XC-SP30/XC-SP40 Speciale																													
3.	Valgfag / XC-SP40 Speciale					Valgfag					XC-VIM Methods in Science					XC-BIO3 Advanced Natural Product Chemistry														
2.	Valgfag					XC-RIS1 Risk Management in Chem. and Biochem. Engineering					XC-TM1 Technical Microbiology										Valgfag					Valgfag				
1.	XC-NUM Advanced Numerical Methods and Com- putational Fluid Dynamics					KC-MDA Multivariate Data Analysis and Chemometrics					XC-FYK1 Advanced Physical Chemistry					KC-KPBW Biowaste Manage- ment					XCM-BEM Business Econom- ics and Management					01007601 BMB506 – Protein Chemistry				
ECTS POINT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Forklaring	ECTS i alt
Konstituerende fag	30
Fagprofilfag	30
Valgfag	30

\*Ved et speciale på 40 ECTS

## 5.2 Fagprofil Funktionelle materialer

Semester	STRUKTUR																													
4.	XC-SP30/XC-SP40 Speciale																													
3.	Valgfag / XC-SP40 Speciale					Valgfag					XC-VIM Methods in Science					XC-MS4 Materials Characterization					XC-MS5 Advanced Solid State Chemistry									
2.	Valgfag					XC-RIS1 Risk Management in Chem. and Biochem. Engineering					XC-MS3 Chemical Metallurgy and Corrosion					Valgfag					10002801 KE801 – Inorganic Chemistry B					XC-MS2 Preparative Solid State Chemistry				
1.	XC-NUM Advanced Numerical Methods and Computational Fluid Dynamics					KC-MDA Multivariate Data Analysis and Chemometrics					XC-FYK1 Advanced Physical Chemistry					XCM-BEM Business Economics and Management					Valgfag					XC-MS1 Basic Solid State Chemistry				
ECTS POINT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Forklaring	ECTS i alt
Konstituerende fag	30
Fagprofilfag	30
Valgfag	30

\*Ved et speciale på 40 ECTS

### 5.3 Fagprofil Kemiteknik

Semester	STRUKTUR																													
4.	XC-SP30/XC-SP40 Speciale																													
3.	Valgfag / XC-SP40 Speciale					Valgfag					XCM-BEM Business Economics and Management					XC-VIM Methods in Science					XC-REG2 Process Control of Chemical and Biochemical Processes									
2.	Valgfag					XC-RIS1 Risk Management in Chem. and Biochem. Engineering					XC-SEP2 Industrial Separation Technology					XC-CRY1 Crystallization and Processing of Pharmaceuticals					Valgfag					XC-REA3 Modeling and Simulation of Non-ideal Reactors				
1.	XC-NUM Advanced Numerical Methods and Computational Fluid Dynamics					KC-MDA Multivariate Data Analysis and Chemometrics					XC-FYK1 Advanced Physical Chemistry					Valgfag					XC-MEM1 Industrial Membrane technology					XC-CAT1 Heterogeneous Catalysis				
ECTS POINT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Forklaring	ECTS i alt
Konstituerende fag	30
Fagprofilfag	30
Valgfag	30

\*Ved et speciale på 40 ECTS



### 5.4 Fagprofil Miljøeffektiv teknologi

Semester	STRUKTUR																													
4.	XC-SP30/XC-SP40 Speciale																													
3.	Valgfag / XC-SP40 Speciale					Valgfag					Valgfag					XCM-BEM Business Economics and Management					XC-VIM Methods in Science									
2.	Valgfag					X-IWT1 Industrial Water Technology										XC-WAM Waste Management – From Waste to Re- sources										XC-RIS1 Risk Management in Chemical and Bio- chemical Engineer- ing				
1.	XC-NUM Advanced Numerical Methods and Com- putational Fluid Dynamics					KC-MDA Multivariate Data Analysis and Chemometrics					XC-FYK1 Advanced Physical Chemistry					XC-SYS1 System Analysis/Consequential Life Cycle Assessment										Valgfag				
ECTS POINT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Forklaring	ECTS i alt
<b>Konstituerende fag</b>	30
<b>Fagprofilfag</b>	30
<b>Valgfag</b>	30

\*Ved et speciale på 40 ECTS

## §6 Fælles konstituerende faglighed

### FORMÅL

Formålet med den fælles konstituerende faglighed er tofold. For det første at bibringe den civilingeniørstuderende avancerede værktøjer inden for numeriske metoder, kemometri og videnskabelige arbejdsmetoder generelt. Disse værktøjer gør det muligt for dem, baseret på fysisk kemiske data, at løse komplicerede tekniske problemer inden for den valgte fagprofil og implementere den ofte komplekse tekniske løsning til problemet. For det andet at bibringe den civilingeniørstuderende de nødvendige værktøjer til på en økonomisk forsvarlig måde at kunne implementere løsninger med mindst mulig produktionsteknisk og miljømæssig risiko for det omgivende samfund.

Emner:

- Numeriske metoder og computational fluid dynamics
  - Numeriske metoder i lineær algebra.
  - Iterative procedurer til løsning af sæt af algebraiske ligninger.
  - Statistiske metoder til parameterestimering.
  - Metoder til datafiltrering og -behandling.
  - Numeriske metoder til løsning af systemer af ordinære og partielle differential-ligninger.
  - Grundlæggende struktureret programmering eksemplificeret ved brug af Mat-Lab
  - CFD-værktøjer til simulering og analyse af flow, varmeoverførsel og andre kemitekniske problemstillinger
- Kemometri
  - Multivariat dataanalyse.
  - Multipel lineær regression (MLR).
  - Principal komponent analyse (PCA).
  - Partial least squares regression (PLSR).
  - Datamodellering og modelvalidering.
  - Modeloptimering og bestemmelse af betydende parametre.
  - Experimentelt forsøgsdesign.
- Fysisk kemi
  - Statistisk termodynamik.
  - Blandingers termodynamik.
  - Makromolekylers termodynamiske egenskaber.
- Videnskabelige metoder
  - Arbejdshypoteser for forskningsopgaver.
  - Videnskabelig redelighed og etik.
  - Kritisk litteratursøgning og kildekritik.

- Udfærdigelse af videnskabelig review i artikelform.
- Udformning af arbejdsdokumenter: Metodebeskrivelser, forsøgs- og tidsplaner.
- Anvendelse af GLP i forbindelse med journalføring og videnskabelig dokumentation.
- Risikovurdering
  - Gældende dansk og EU-lovgivning og standarder vedrørende kemisk, biokemisk og fødevarereproduktion
  - Metoder til identifikation af risikomomenter i relation til produktionsanlæg
  - Opstilling af begivenhedstræer for identificerede uheldsscenerier
  - Opstilling af fejl/svigtræer for produktionsanlæg og processer
  - Beregning af sandsynligheder for identificerede uheldsscenerier
  - Udslipsberegninger
  - HAZOP-analyse af produktionsanlæg og laboratorier
  - Risiko- og sikkerhedsledelse og dennes integration i virksomhedens generelle ledelse
- Økonomi
  - Virksomhedsledelse og økonomi
  - Opstilling af forretningsplan
  - Metoder til sammenligning og vurdering af investeringsforslag
  - Metoder til sammenligning og vurdering af finansieringsmuligheder
  - Aktivitets-, kapacitets- og likviditetsbudgettering
  - Analyse af rentabilitet, indtjeningsevne, kapitaltilpasning og soliditet på baggrund af årsrapporter

## §7 Fagprofil Bioteknologi og bioraffinering

### FORMÅL

I kombination med de på bachelordelen erhvervede kompetencer skal fagprofilen i bioteknologi og bioraffinering sikre at civilingeniøren udvikler viden og kompetencer baseret på professionens videnskabelige fundament og praksis. Den studerende tilegner sig en høj forskningsfaglig viden og forståelse samt færdigheder til at beskrive og bidrage med teknologiske og systemtekniske løsninger inden for det biotekniske og miljøtekniske område. Specifikt kan kompetencerne anvendes i forbindelse med bioteknologisk og mikrobiel produktion, ved forædling af vegetabiliske råvarer til fødevarer og foder, ved farmaceutisk produktion, ved energiproduktion og til løsning af miljøopgaver.

Fagprofilen i bioteknologi og bioraffinering og de erhvervede kompetencer på bachelordelen sikrer at civilingeniøren baseret på professionens videnskabelige fundament og praksis kan

- Udvikle metoder og processer til bioteknologisk og mikrobiel produktion, herunder produktion af fødevarer og naturlægemidler og bioenergi.
- Udvikle processer og teknologier til energikonvertering der sikrer optimal udnyttelse af biomasser.
- Deltage aktivt i forskning til udvikling af nye produkter og teknologier inden for bioteknologisk produktion, energikonvertering og miljøforbedring.
- Udvikle og anvende modeller til udvikling og styring af procesanlæg til bioteknologisk produktion, energikonvertering og miljøforbedring.
- Rådgive myndigheder og virksomheder i relation til produktion af bioenergi og andre teknologier til miljøforbedring.

### FAGPROFILENS STRUKTUR

Udover de 30 ECTS konstituerende fag består fagprofilen Bioteknologi og bioraffinering af 30 ECTS fagprofilfag, der definerer fagprofilen, 30 ECTS valgfag samt et speciale på 30 ECTS.

Hvis den studerende vælger at udarbejde et speciale på 40 ECTS, påbegyndes specialet i 3. semester, hvor det erstatter valgfag for 10 ECTS.

Emner:

Proteinkemi

- Proteinstrukturer og foldningsmodeller for proteiner
- Post-translatoriske modifikationer af proteiner
- Sammenhænge mellem struktur og funktion af proteiner
- Nedbrydning af proteiner
- Proteinkemiske metoder til oprensning og karakterisering

Teknisk mikrobiologi

- Matematiske modeller for mikrobiel vækst og produktdannelse
- Batch, fed-batch, kontinuerlig, flertrins, recirkulerings og immobiliserede systemer
- Metabolisme og produktdannelse
- Oprensning af mikrobielle produkter

- Reguleringsmekanismer og genetisk modifikation
- Reaktorteknik: Opbygning, omrøring og beluftning, sterilisering, måling og regulering
- Fermentering i laboratorieskala: Opsætning af fermentorer med dataopsamling og styring, eksperimentelle målinger til karakterisering af vækst og produkt dannelse, beregninger ved anvendelse af computerbaserede modeller

#### Videregående naturstofkemi

- Biosyntese af sekundære metabolitter fra planter, mikroorganismer og akvatiske organismer
- Bioaktivitet af sekundære metabolitter
- Assay- og bioassaystyret fraktionering
- Isolering, karakterisering og kvantificering af sekundære metabolitter ved anvendelse af kromatografiske og spektroskopiske teknikker

#### Miljøteknologi til bioaffald

- Grundlæggende systemforståelse for plantenæringsstrømme og omdannelse til energi
- Anvende og validere modeller til beslutningsstøtte
- Valg af energikonverterings- og miljøteknologi ud fra beskrivelse af biomassen og kravspecificering
- Identifikation af gasemission og styring af indeklima (lugt, ammoniak og drivhusgasser)
- Identifikation og styring af udledning (plantenæringsstoffer, kulstof og tungmetaller)

### **PROGRESSION**

Den faglige progression i uddannelsen sikres gennem de konstituerende fag og fagprofilfagene.

Den biotekniske progression i fagprofilen bioraffinering udgøres primært af kurserne i proteinkemi, teknisk mikrobiologi, videregående naturstofkemi samt miljøteknologi til bioaffald. Kurset i proteinkemi udgør sammen med kompetencerne fra bachelordelens fagligheder i bioteknologi basis for kurserne i teknisk mikrobiologi og videregående naturstofkemi. Kurset i videregående naturstofkemi understøttes også af bachelordelens kurser i almen kemi og organisk kemi. Kurset i miljøteknologi til bioaffald understøttes endvidere af færdigheder i separationsprocesser og bioteknologi fra bachelordelen.

De konstituerende fag i numeriske metoder og multivariat dataanalyse danner basis for modellering, analyse og beregningsopgaver i kurserne teknisk mikrobiologi, miljøteknologi til bioaffald og i specialet.

Den biotekniske progression danner sammen med kurserne i videnskabelige arbejdsmetoder og økonomi basis for det afsluttende speciale.

Hvis der i udarbejdelsen af specialet indgår praktisk laboratoriearbejde vil det ofte være hensigtsmæssigt at den studerende udnytter muligheden for at udarbejde et speciale på 40 ECTS-point.

## §8 Fagprofilen Funktionelle Materialer

### FORMÅL

Fagprofilen skal sikre, at civilingeniører uddannet indenfor materialekemi på SDU er i stand til at udvikle og levere løsninger på komplicerede materialeteknologiske problemer indenfor den kemiske, petrokemiske, energiteknologiske og materialeteknologiske industri og implementere disse løsninger. Fagprofilen sigter mod en høj international faglig forskningsbaseret viden indenfor klassisk faststofkemi og metallurgi, teknisk elektrokemi og energikonvertering og at kandidaten kan anvende og videreudvikle de videnskabelige metoder indenfor disse områder.

I kombination med de på bachelordelen erhvervede kompetencer sikrer fagprofilen, at civilingeniøren baseret på professionens videnskabelige fundament og praksis kan:

- Designe, syntetisere og karakterisere materialer med specifikke katalytiske, elektrokatalytiske, ionledende, dielektriske, magnetiske eller optiske egenskaber.
- Foretage optimale materialevalg baseret på kemiske, økonomiske og teknologiske kriterier.
- Udvikle komponenter eller enheder som f.eks sensorer eller katalytiske reaktorer (incl. brændselsceller og batterier) som anvender disse materialer.
- Kunne opstille og implementere relevante karakteriserings- og testmetoder for disse komponenter og enheder.
- Bidrage til at opstille modeller for og gennemføre modelberegninger af disse enheder samt om nødvendigt tilvejebringe de fornødne inputparametre.
- Bidrage til at kunne integrere enhederne i større tekniske eller kemitekniske enheder samt lede driften af disse.

### FAGPROFILENS STRUKTUR

Udover de 30 ECTS konstituerende fag består fagprofilen Funktionelle Materialer af 30 ECTS fagprofilfag, der definerer fagprofilen, 30 ECTS valgfag samt et speciale på 30 ECTS. Hvis den studerende vælger at udarbejde et speciale på 40 ECTS, påbegyndes specialet i 3. semester, hvor det erstatter valgfag for 10 ECTS.

Emner:

- Materialekemi:
  - Økonomisk vigtige mineraler og råstoffer
  - Udvalgte teknologisk vigtige strukturtyper med elektriske, dielektriske, magnetiske eller optiske egenskaber
  - Udvalgte syntesemetoder for ovennævnte forbindelser
  - Faseligevægte
  - Defektkemi og transportegenskaber
  - Heterogen katalyse
- Kemisk metallurgi
  - Økonomisk vigtige mineraler og malme
  - Kemiske aspekter af ekstraktiv udvinding af Cu, Ni, Zn, Pb, Sn og Fe

- Kemiske og elektrokemiske principper bag fremstilling af passiverende letmetaller: Mg, Al, Ti, Zr, Hf, Ag, Au
- Korrosion og korrosionshastighed
- Karakterisering af faste stoffer
  - Røntgendiffraktion
  - Elektronmikroskopi
  - Overfladefysiske metoder
  - Elektrokemiske metoder
  - Termisk karakterisering
  - Partikelstørrelsesfordeling

## PROGRESSION

Den faglige progression i uddannelsen sikres gennem de konstituerende fag og fagprofilfagene.

Det konstituerende fag i fysisk kemi danner sammen med fagprofilfagene i uorganisk kemi og materialekemi en solid kemisk basis for de mere anvendelsesorienterede kurser i syntetisk faststofkemi og materialekarakterisering. Bacheloruddannelsens kurser i materialelære giver sammen med de indledende kurser i kemi de nødvendige forudsætninger for at forstå fagprofilens kemiske fag. De fælleskonstituerende fags indhold af matematik, statistik, risikovurdering og økonomi giver sammen med bacheloruddannelsens kemitekniske kurser de nødvendige forudsætninger for at kunne udvikle, modellere og implementere produkter og processer, der involverer faste stoffer med specifikke kemiske og fysiske egenskaber. Det konstituerende fag i videnskabelige arbejdsmetoder danner sammen med fagprofilens øvrige teoretiske og praktiske kurser basis for specialet.

Hvis der i udarbejdelsen af specialet indgår praktisk laboratoriearbejde vil det ofte være hensigtsmæssigt at den studerende udnytter muligheden for at udarbejde et speciale på 40 ECTS-point.

## §9 Fagprofilen Kemiteknik

### FORMÅL

Fagprofilen skal sikre, at civilingeniører uddannet indenfor kemiteknik på SDU er i stand til at udvikle og levere tekniske løsninger på komplicerede produktionsproblemer indenfor den kemiske, farmaceutiske, petrokemiske og biokemiske industri, og implementerer disse løsninger. Fagprofilen sigter mod en høj international faglig forskningsbaseret viden inden for klassisk separationsteknik, membranteknologi og reaktorteknik og at kandidaten kan anvende og videreudvikle de videnskabelige metoder inden for disse områder.

I kombination med de på bachelordelen erhvervede kompetencer sikrer fagprofilen, at civilingeniøren baseret på professionens videnskabelige fundament og praksis kan:

- designe nye anlæg og dele af nye anlæg til brug for den kemiske, biokemiske og farmaceutiske industri.
- udvikle nyt procesudstyr til den kemiske, biokemiske og farmaceutiske industri.
- lede driften af produktionsanlæg inden for den kemiske, biokemiske og farmaceutiske industri.
- deltage aktivt i forskning og udvikling inden for den kemiske, biokemiske og farmaceutiske industri.
- udvikle nye modeller baseret på kemiske, biokemiske, fysiske og matematiske principper til design af nye processer og procesudstyr.

### FAGPROFILENS STRUKTUR

Udover de 30 ECTS konstituerende fag består fagprofilen Kemiteknik af 30 ECTS fagprofilfag, der definerer fagprofilen, 30 ECTS valgfag samt et speciale på 30 ECTS. Hvis den studerende vælger at udarbejde et speciale på 40 ECTS, påbegyndes specialet i 3. semester, hvor det erstatter valgfag for 10 ECTS.

Emner:

- Separationsteknik
  - Udvælgelse og karakterisering af membraner til separation af væsker, gasser og mikropartikler
  - Beskrivelse, modellering og simulering af masse- og energitransport over membraner
  - Design, modellering og simulering af membranmoduler
  - Design, modellering og simulering af hele membranlæg
  - Modellering, simulering og design af anlæg til ikke-stationære separationsmetoder eksempelvis chromatografi, adsorption og ionbytning
  - Modellering, simulering og design af multikomponentdestillationsanlæg
  - Optimering og simulering af flerkolonedestillationsanlæg
- Katalyse
  - Heterogen katalyse
  - Metoder til undersøgelse af faste materialers overfladegenskaber
  - Metoder til beskrivelse af reaktionsmekanismer og reaktionskinetik



- Metoder til estimering af reaktionshastigheder
- Eksperimentelle metoder til bestemmelse af reaktionshastigheder.
- Intern og ekstern masse- og varmetransports indflydelse på reaktionshastigheden i heterogen katalyse.
- Krystallisation
  - Principper og mekanismer for krystallisation af farmaceutiske produkter
  - Termodynamik af faststoffaser (amorfe, polymorfe, salte) for farmaceutiske produkter
  - Principper og mekanismer for fasetransformation mellem faste faser
  - Analysemetoder til identifikation af rene faste stoffer og blandinger af faste stoffer
- Reaktorteknik
  - Metoder til modeludvikling for kvantitativ beskrivelse af omsætning og varmeudvikling i kemiske og biokemiske reaktorer.
  - Modellering af fixed og fluid bed reaktorer.
  - Modellering af flerfasereaktorer
  - Modellering af membranreaktorer
  - Opstilling og løsning af reaktormodeller
  - Brug af CFD-værktøjer i reaktorsimulering.
- Reguleringsteknik
  - Opstilling af modeller til beskrivelse af reguleringssløjfer for kemitekniske anlæg
  - Linearisering af ulineære systemer af differentialligninger
  - Løsning af lineære differentialligninger ved Laplacetransformation
  - Brug af overføringsfunktioner og tilstandsmodeller i reguleringssystemer
  - Opstilling af blokdiagrammer for reguleringssløjfer
  - Optimering og indstilling af fremad- og tilbagekoblet regulering
  - Stabilitetsanalyse for reguleringssløjfer
  - Simulering af reguleringssløjfer

## PROGRESSION

Den faglige progression i uddannelsen sikres gennem de konstituerende fag og fagprofilfagene.

De konstituerende fag inden for numeriske metoder og computational fluid dynamics samt statistik danner den matematiske basis for fagprofilfagene i rektorlære, separationsprocesser og reguleringsteknik. Tilsvarende udgør kurserne i fysisk kemi og heterogen katalyse sammen med de i bachelordelen lærte færdigheder basis for kurset i rektorlære. Udover disse fagligheder understøttes kurset i separationsprocesser af kurset i membranteknologi og krystallisation. Kurset i reguleringsteknik samler endelig færdighederne fra numeriske metoder,

reaktorlære og separationsteknik i en dynamisk modelleringsdel, der muliggør regulering af de enkelte kemitekniske procesenheder. Denne faglige kemitekniske progression danner sammen med de konstituerende fag i videnskabelige metoder, økonomi og risikovurdering basis for specialet.

Hvis der i udarbejdelsen af specialet indgår praktisk laboratoriearbejde vil det ofte være hensigtsmæssigt at den studerende udnytter muligheden for at udarbejde et speciale på 40 ECTS-point.

## §10 Fagprofilen Miljøeffektiv teknologi

### FORMÅL

Fagprofilen i miljøeffektiv teknologi skal sikre at civilingeniører med denne fagprofil kan udvikle og levere løsninger til kemitekniske og miljøtekniske problemstillinger inden for den kemiske, farmaceutiske og biokemiske industri, samt medvirke til planlægning, problemløsning og rådgivning i den offentlige sektor. Den studerende tilegner sig en høj forskningsfaglig viden og færdigheder inden for vandteknologi, systemanalyse samt affaldshåndtering, og kandidaten kan anvende og videreudvikle de videnskabelige og systematiske metoder der er knyttet til disse områder.

I kombination med de på bachelordelen erhvervede kompetencer sikrer fagprofilen, at civilingeniøren baseret på professionens videnskabelige fundament og praksis kan:

- Analysere og vurdere miljømæssige problemstillinger, samt udvikle løsningsmodeller ved anvendelse af forskningsbaserede metoder
- Udvikle processer og teknologier til kemiteknisk og bioteknologisk produktion med fokus på miljø- og energieffektivisering, herunder teknologier til vandbehandling
- Anvende systemanalyse, herunder kunne planlægge og gennemføre en LCA samt udføre en simpel energisystemanalyse
- Udvikle og anvende modeller til beslutningsgrundlag for affaldshåndtering og recirkulering

### FAGPROFILENS STRUKTUR

Udover de 30 ECTS konstituerende fag består fagprofilen i Miljøeffektiv teknologi af 30 ECTS fagprofilfag, der definerer fagprofilen, 30 ECTS valgfag samt et speciale på 30 ECTS. Hvis den studerende vælger at udarbejde et speciale på 40 ECTS, påbegyndes specialet på 3.semester, hvor det erstatter valgfag for 10 ECTS.

Emner:

#### Systemanalyse

- Livscyklusanalyse (LCA) af produkter og systemer ved anvendelse af avancerede metoder
- Energisystemanalyse (ESA), metoder og værktøjer
- Fastsættelse af mål og afgrænsning, samt finde data til systemanalyse

#### Vandteknologi

- Fysiske metoder (filtrering, sedimentation, bestråling, fordampning)
- Kemiske metoder (oxidation, separation, adsorption)
- Biologiske metoder
- Håndtering af slutprodukter fra vandbehandling

#### Affald

- Systemer og hierarki for affaldshåndtering
- Innovative metoder til affaldsbehandling
- Anvendelse af LCA til analyse af affaldshåndtering og -behandling

## **PROGRESSION**

Den faglige progression i uddannelsen sikres gennem de konstituerende fag og fagprofilfagene.

De konstituerende fag i numeriske metoder og multivariat dataanalyse giver kompetencer til løsning af matematisk problemstillinger og analyse af komplekse data. Fagprofilkurserne i systemanalyse og affaldshåndtering muliggør at den studerende på baggrund af de kemiske og kemitekniske kurser fra kandidat- og bacheloruddannelsen kan løse miljøtekniske problemstillinger og udføre livscyklusanalyser på systemer og produkter. Kurset i vandteknologi bidrager sammen med uddannelsens kurser i proces teknologi og separationsprocesser til kemiingeniørens kompetencer i procesudvikling. Den faglige progression i miljøteknologi og systemanalyse danner sammen med de konstituerende fag i videnskabelige metoder, risikoanalyse og økonomi basis for udfærdigelse af specialet.

Hvis der i udarbejdelsen af specialet indgår praktisk laboratoriearbejde vil det ofte være hensigtsmæssigt, at den studerende udnytter muligheden for at udarbejde et speciale på 40 ECTS-point.

## §11 Uddannelsens sprog

Uddannelsens fælleskonstituerende fag og fagspecifikke fag udbydes på engelsk. Er der undervisningshold, hvor samtlige studerende og underviseren behersker dansk, kan undervisningen foregå på dansk, men undervisningsmaterialet vil foreligge på engelsk. Enkelte valgfag kan, hvor særlige forhold taler herfor, udbydes alene på dansk.

## §12 Adgangsgivende uddannelser

### 1. Retskravsbachelor

#### **Bachelorer i kemi, (civilingeniøruddannelsen) fra Institut for kemi-, bio- og miljøteknologi, SDU**

Bachelorer i kemi fra Institut for kemi-, bio- og miljøteknologi, SDU, er umiddelbart optagelsesberettigede til kandidatdelen af civilingeniøruddannelse i kemi. For alle fagprofiler gælder at modulet X-REA1 Design of Ideal Reactors skal være bestået på bachelordelen. For optagelse på fagprofilen i kemiteknik gælder, at modulerne KE524 Kvantekemi og KE525 Uorganisk kemi A skal være bestået på bachelordelen. For optagelse på fagprofilen i bioteknologi og bioraffinering gælder, at modulet KE525 Uorganisk kemi A skal være bestået på bachelordelen. For optagelse på fagprofilen i Miljøeffektiv teknologi gælder, at modulet X-ENAP Environmental Assessment of Products skal være bestået.

### 2. Andre adgangsgivende bacheloruddannelser fra Syddansk Universitet

#### **Diplomingeniører i kemiteknik fra Institut for kemi-, bio- og miljøteknologi, SDU**

Diplomingeniører i kemiteknik fra Institut for kemi-, bio- og miljøteknologi, SDU, er umiddelbart optagelsesberettigede til kandidatdelen af civilingeniøruddannelsen i kemi, såfremt forudsætningerne er sikret gennem valgfag under diplomingeniøruddannelsen eller senere. For samtlige fagprofiler gælder, at kurset X-REA1 Design of Ideal Reactors skal være bestået. For optagelse på fagprofilen i kemiteknik, at modulerne KE524 Kvantekemi og KE525 Uorganisk kemi a skal være bestået (eller gennemføres på 1.semester af kandidatuddannelsen). For optagelse på fagprofilen i bioteknologi bioraffinering skal modulet KE525 Uorganisk kemi A været bestået (eller gennemføres på 1.semester i kandidatuddannelsen).

### 3. Andre adgangsgivende uddannelser i øvrigt

#### **Bachelorer eller diplomingeniører i kemi fra andre universiteter**

Bachelorer og diplomingeniører fra andre universiteter (danske og udenlandske) kan umiddelbart optages på uddannelsen, såfremt deres faglige forudsætninger svarer til optagelsesberettigede bachelorer eller diplomingeniører uddannet på Institut for kemi-, bio- og miljøteknologi, SDU. Optagelse sker efter vurdering.

#### **Andre uddannelser**

Diplomingeniører fra andre end kemirelaterede uddannelser kan optages efter vurdering. Bachelorer i kemi kan optages på fagprofilen organisk syntese og katalyse såfremt de gennem valgfag på bachelordelen har forudsætningerne for fagprofilfagene og gennemfører modulet X-REA1 Design of Ideal Reactors eller tilsvarende. Bachelorer i biokemi eller mikrobiologi kan optages på fagprofilen bioteknologi, såfremt de gennem valgfag på bachelordelen har forudsætningerne for fagprofilfagene og gennemfører modulet X-REA1 eller tilsvarende.

## §13 Censorkorps og studienævn

Uddannelsen hører under Studienævnet for Uddannelserne ved det Tekniske Fakultet og Ingeniøruddannelsernes landsdækkende censorkorps. Moduler, der udbydes af det Naturvidenskabelige Fakultet, hører under det naturvidenskabelige censorkorps.

## §14 Ikrafttræden

1. Godkendt af Studienævnet for Uddannelserne ved Det Tekniske Fakultet samt Uddannelsesdirektøren på vegne af Dekanen for Det Tekniske Fakultet d. 14. september 2010.
2. Studieordning 2012 godkendt af Studienævnet for Uddannelserne ved Det Tekniske Fakultet samt Uddannelsesdirektøren på vegne af Dekanen for Det Tekniske Fakultet d. 13. september 2012 (Version 1.0).
3. Ændringer godkendt af Studienævnet for Uddannelserne ved Det Tekniske Fakultet samt Uddannelsesdirektøren på vegne af Dekanen for Det Tekniske Fakultet d. 13. december 2012 (Version 1.1).
4. Ændringer godkendt af Studienævnet for Uddannelserne ved Det Tekniske Fakultet samt Uddannelsesdirektøren på vegne af Dekanen for Det Tekniske Fakultet d. 15. maj 2013 (Version 1.2).
5. Studieordning 2013 godkendt af Studienævnet for Uddannelserne ved Det Tekniske Fakultet samt Uddannelsesdirektøren på vegne af Dekanen for Det Tekniske Fakultet d. 19. juni 2013 (Version 1.0).