



Handlingsplan 2007-2008

CONCEIVE DESIGN IMPLEMENT OPERATE





Indholdsfortegnelse

0. Introduktion	3
1. Udarbejdelse af læringsmål	5
2. Udarbejdelse af en kompetencematrix	7
3. Flerfaglige projekter	9
4. Design-Build-projekter	10
5. Etablering af lærerteams	11
6. Adjunkt- og efteruddannelse	11
7. Planer for evaluering af CDIO i uddannelsen	12
8. Implementeringsproces	13
Bilag:	
A1 Syllabus	15
A2 DTU-Syllabus	16
B Høring af visse institutdirektørers Advisory Boards	19
C CDIO Standards	20

0. Introduktion

Dette dokument udgør en handlingsplan for den gennemgribende revision af diplomingeniøruddannelserne på DTU, som skal finde sted i løbet af 2007 og 2008. Her beskrives de tiltag, studienævnene og studielederne skal sætte i værk, selve implementeringsprocessen samt ansvarsfordelingen. Dokumentet retter sig således primært til relevante studienævn, til studielederne på samtlige diplomingeniørretninger samt til de studieplanudvalg, der nedsættes til at løse opgaven. Sidst – men ikke mindst – retter denne rapport sig til alle undervisere på diplomuddannelsen.

0.1 Hvad er CDIO?

CDIO er et koncept for udvikling og kvalitetssikring af ingeniørudannelse. I sin grundsubstans tager konceptet udgangspunkt i den professionelle ingeniørs virkelighed, og bogstaverne CDIO karakteriserer den løbebane – eller livscyklus – som ingeniørens problemløsning gennemgår. CDIO er forkortelsen af de engelske ord: "Conceive, design, implement, operate". Begrebsafklaring (conceive) er første fase, hvor problemet belyses og forstås, eller ideer skabes og behov afdækkes. Dernæst følger design-fasen, hvor der udtænkes en løsning til problemet. Under implementeringen realiseres løsningen på et demonstrationsniveau, og der skabes eller bygges et produkt eller en proces. Til slut findes drift (operate), som repræsenterer den fase, hvor problemets løsning løbende bliver anvendt i praksis.

Filosofien bag CDIO-konceptet er at lade C, D, I, og O faserne blive synlige og udgøre en læringsramme i uddannelsesforløbet. Undervisningen skal afspejle den virkelige verden, og autentiske elementer skal bringes ind i undervisningen fra CDIO-virkeligheden. For at opnå dette arbejder CDIO-konceptet med en "CDIO-Syllabus", som beskriver, hvilke kompetencer de studerende skal have tilegnet sig, når de er færdige med uddannelsen. Slutkompetencerne er delt op i fire kategorier: 1) Naturvidenskabelig og teknisk viden, 2) personlige og generiske professionelle færdigheder, 3) sociale færdigheder og 4) professionsrettede ingeniørkompetencer (se bilagene A1 og A2).

CDIO-konceptet er baseret på 12 "CDIO Standards" (CDIO-normer), som beskriver i detaljer, hvorledes konceptet skal udmønte sig. De 12 standards beskriver CDIO-aspekterne inden for områderne:

1) Uddannelsesfilosofi, 2) Studieplansudvikling, 3) "Design-Build" og andre erfaringsgivende studieaktiviteter, 4) Nye metoder i undervisning og læring, 5) Efteruddannelse og 6) Evaluering og eksamensformer. CDIO er ikke et certificeringssystem, men for at kunne karakterisere uddannelserne som CDIO-uddannelser, skal de være tilpasset de 12 standards (se bilag C).

0.2 Baggrunden for indførelsen af CDIO på DTU

At uddanne diplomingeniører på et universitet frembyder en række fordele og rummer mange muligheder. Der er stor robusthed i forhold til økonomi, lærere, bygninger, administration etc., og der er god tilgængelighed til stærke faglige miljøer. Dette har studierne nydt godt af gennem integrationen mellem Danmarks Ingeniørakademi og Danmarks Tekniske Højskole (nu DTU).

Der er imidlertid også nogle forudsætninger, der skal være opfyldt, for at DTU skal kunne nå de uddannelsespolitiske mål, der bl.a. er beskrevet i uddannelsespolitikken. Disse mål hænger stærkt sammen med såvel de overordnede, bekendtgørelsesfastsatte kompetencekrav til de færdiguddannede diplomingeniører som DTU's egne ønsker og krav i disse forhold – ønsker og krav, der bl.a. er baseret på dialog med aftagerne. En væsentlig pointe for DTU er fastholdelsen af de betydelige forskelle, der må være mellem slutkompetencer for diplomingeniører hhv. civilbachelorer. Der er bl.a. tale om forskelle i det faglige indhold, i abstraktionsniveau, i praksiskompetencer i forholdet til erhvervslivet og dettes funktioner. Disse forskelle vil uundgåeligt præge studierne fra første dag. De vil afspejles i kompetencebeskrivelser på såvel uddannelses- som kursusniveau, i studieordninger, i de respektive studieplaner samt i valg af pædagogisk metode og studiemiljø i øvrigt. Hvis vi samler disse begreber under fællesbetegnelsen uddannelseskoncept, så er valget af dette afgørende i forhold til DTU's evne til en fortsat succesrig udvikling af diplomingeniøruddannelserne. DTU har derfor vedtaget, at CDIO-konceptet skal indføres på DTU's diplomingeniøruddannelser som et redskab til at sikre en fortsat udvikling af disse uddannelser på et anvendelsesorienteret og erhvervsrettet grundlag. Målet er, at DTU's diplomingeniøruddannelser fastholder deres position som uddannelser i verdensklasse af deres art.

Baggrunden for, at en række internationale universiteter har set et stort behov for at deltage i CDIO-initiativet, er en oplevelse af, at kandidaternes kompetencer ikke harmonerer i tilstrækkelig grad med erhvervslivets behov. Det er i høj grad tilkendegivelser fra væsentlige dele af erhvervslivet, der støtter denne opfattelse. Der opleves en stigende konflikt mellem de praksiskompetencer, erhvervslivet efterspørger, og en øget grad af teoretisering på uddannelserne på bekostning af disse kompetencer. CDIO-konceptet har som mål at udjævne et sådant gab – fastholde en høj faglighed, men samtidigt sikre kompetencer ud over de rent faglige. Konceptet tilbyder værktøjer til brug for arbejdet med kompetenceregnskaber, således at man kan tilsikre en klar og sammenhængende fordeling med en passende progression af de ønskede kompetencer helt ned på kursusniveau. De bagvedliggende mål og de virkemidler, konceptet arbejder med, passer særdeles godt til DTU's diplomingeniøruddannelser. Det bundne studium, ønsket om en praktisk og anvendelsesorienteret tilgang til de tekniske fag, er et særdeles godt udgangspunkt for indførelsen af CDIO. Med en vis ret kan man endda nok hævde, at en CDIO-tankegang har ligget bag ved uddannelsen lige fra ingeniørakademiets start i 1957, således at man måske snarere skal se på processen som en tydeliggørelse og præcisering af dette tankesæt end en helt ny, fuldstændig anderledes opfattelse af pædagogikken.

Handlingsplanen er udarbejdet af en arbejdsgruppe bestående af nedenstående personer, der også vil have det overordnede ansvar for implementeringen.

DELTAGERE FRA START (SEPT. 2006)	DELTAGERE TILTRÅDT FRA 2. FASE (PRIMO 2007)
GUNNAR MOHR (ADM. – DEKAN)	OLE MÆRSK MØLLER (BYGNING)
MARTIN E. VIGILD (KEMI- OG BIOTEKN.)	KIRSTEN CHRISTENSEN (BY- OG BYG)
JENS SPARSØ (IT)	KARSTEN CLEMENT (KEMI- OG BIOTEKN.)
PEDER KLIT (MASKIN)	CLAUS KJÆRGAARD (ELEKTRO)
MICHAEL MAY (LEARNING LAB)	
NINA THYE (POLYTEKN. FORENING)	
LOUISE E. WILLUMSEN (AUS)	

0.3 Handlingsplanens delelementer

Det pædagogiske grundlag for CDIO er i operationel form nedfældet i de såkaldte CDIO-Standards (som er vist i bilag C). Dette beskrives i CDIO således:

Disse CDIO-standarder definerer de karakteristiske kendetegn for et CDIO-program, tjener som retningslinjer for uddannelsesreformer og -evaluering, skaber en målestok og et mål for verdensomspændende udbredelse og opstiller en ramme for løbende forbedringer.

Omstillingen af uddannelserne manifesterer sig i store træk gennem følgende punkter, der uddybes efterfølgende. Gennem disse tiltag indfries kravene beskrevet i de nævnte CDIO-Standards, hvorved uddannelserne kan få prædikatet: CDIO-uddannelser.

1. Der udarbejdes detaljerede beskrivelser af læringsmål på kursusniveau.
2. Der udarbejdes en kompetencematrix for hver uddannelse.
3. Der indføres et flerfagligt projekt på hvert af de fire første semestre.
4. Der indføres to Design-Build-projekter på hhv. 1. semester og 4. semester eller senere.
5. For hvert semester (1-4) dannes et lærerteam (for hver uddannelse).
6. Rationalet bag CDIO-konceptet inddrages i adjunktuddannelsen.

Ad 1. Disse beskrivelser vil i løbet af foråret 2007 blive udarbejdet for samtlige DTU-kurser, hvilket i sig selv er et krav i forbindelse med overgangen til ny karakterskala. Der er udarbejdet et paradigme til støtte for dette arbejde. For diplomingeniørkurserne vil det være hensigtsmæssigt på sigt at få udarbejdet beskrivelser, der går ud over det nævnte paradigme. Gennem sådanne mere detaljerede beskrivelser kan der dels ske en tydeliggørelse af forskellen mellem diplomkurser og kurser på civilingeniøruddannelsen, og dels vil der kunne redegøres for, hvorledes de enkelte delmål tænkes evalueret.

Ad 2. Læringsmålene på kursusniveau skal samlet for uddannelsen reflektere de kompetencebeskrivelser, der er udarbejdet som slutmål for uddannelserne. Som et led i kvalitetssikringen af dette, og også med henblik på gennemførelsen af en fornuftig progression, udarbejdes for hver uddannelse en såkaldt kompetencematrix. Indgangssøjlen i denne er de enkelte kurser samlet semestervis. Indgangsrækken er de enkelte kompetencer. Ved en markering i matricen beskrives, i hvilke kurser og på hvilket niveau de enkelte kompetencer indgår i uddannelsen.

Ad 3. I CDIO-konceptet arbejdes med faste kurser bundet sammen af ét eller flere projekter. På hvert af de fire første semestre etableres mindst ét sådant projekt. Der er mange måder, disse kan udformes på, men det er væsentligt, at (de fleste af) kurserne på semestret på en eller anden måde fagligt indgår i projektet. I kapitel 3 foreslås forskellige modeller for disse projekter. Der vil i muligt og ønskeligt omfang inddrages hands-on-aktiviteter og virksomhedsbesøg.

Ad 4. Med et Design-Build-projekt menes her en aktivitet, hvor CDIO-faserne gennemløbes i muligt omfang. Der skal fremstilles et produkt – et produkt ment i bred forstand. Det kan eksempelvis være en kemisk proces eller produkt, et edb-program, en strømforsyning eller en gitterkonstruktion. Projektet kan være en del af eller udgøre et af de projekter, der er nævnt under pkt. 3.

Ad 5. For at sikre dels semesterprojektets succes, dels den almindelige koordination mellem kurserne på et semester etableres lærerteams på hvert semester. Lærere fra de institutter, der leverer undervisningen, mødes et par gange i løbet af semestret (herunder før semesterstart) og informerer, debatterer og planlægger undervisning og evalueringer.

Ad 6. For med tiden at opnå en lærerstab, der har den nødvendige forståelse af rationale bag diplomingeniøruddannelsen, indføres dette aspekt i Learning Labs adjunktuddannelse. Der arbejdes tillige med etablering af den nødvendige viden hos Learning Lab, således at man herfra vil kunne forestå videreuddannelse af det eksisterende lærerkorps i nødvendigt omfang.

1. Udarbejdelse af læringsmål

CDIO-konceptet handler grundlæggende om at bibringe de studerende de rette slutkompetencer, og det handler om en meget bevidst tilgang til, hvor og hvordan uddannelsen formidler disse. Det er derfor en helt nødvendig forudsætning, at der udarbejdes kompetencemål (læringsmål) på kursusniveau i uddannelsen, og det skal fremgå, hvorledes hvert enkelt kursus bidrager til kompetencebeskrivelsen på uddannelsens slutniveau.

Uafhængigt af arbejdet med indførelse af CDIO har vi på DTU arbejdet med disse ting. Hvad angår slutkompetencer, så foreligger der nu beskrivelser af disse for samtlige bacheloruddannelser på DTU. Og på kursusniveau vil de enkelte læringsmål blive skrevet ind i kursusbeskrivelserne i løbet af foråret 2007. Dette sker som en konsekvens af indførelsen af den nye karakterskala, og der ligger på Portalen (under Infosite om undervisning) vejledninger til de personer, der skal lave de nye kursusbeskrivelser. Vejledningerne drejer sig hovedsagelig om, hvorledes man formulerer og beskriver operationelle læringsmål, mens de ikke berører selve kursusindholdet.

Der er behov for en uddybende vejledning, når det vedrører diplomingeniøruddannelserne, idet læringsmålene bør reflektere de forventninger, der ligger beskrevet i CDIO-konceptet. Dette vedrører ikke mindst de ikke-faglige mål. CDIO-initiativet har opstillet en meget detaljeret kompetencenøgle benævnt CDIO-Syllabus, som i udgangspunktet skal kunne bruges som skabelon til at sætte slutkompetencer for en uddannelse (eller til senere at justere slutkompetencer ind i forhold til CDIO-Syllabus-kompetenceområderne). Arbejdsgruppen har oplevet den store detaljeringsgrad i den oprindelige CDIO-Syllabus som hæmmende for overblikket, og den har derfor udarbejdet en simplificeret version, som er bedre egnet til DTU's formål. Den benævnes: DTU-Syllabus, og den er gengivet i bilag A2.

Syllabus er opdelt i følgende kompetenceområder:

1. Matematisk-naturvidenskabelig og teknisk-ingeniørfaglig viden
2. Personlige og generiske professionelle færdigheder
3. Sociale færdigheder
4. Professionsrettede ingeniørkompetencer.

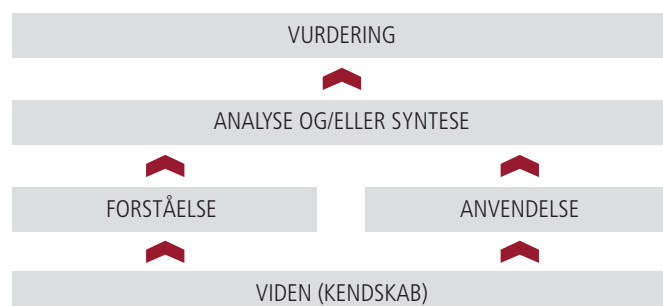
Kategori 1 beskriver de faglige kompetencer, som typisk vil være specifikke for den enkelte uddannelse, mens kategorierne 2, 3 og 4 beskriver mere generelle og personlige kompetencer, som givetvis vil være stort set identiske på alle DTU's diplomingeniøruddannelser. Det er vigtigt at undgå en liste med læringsmål, som blot er en slags teknisk-faglig indholdsfortegnelse for kurset baseret på kategori 1. Læringsmålene skal beskrive egenskaber og færdigheder, som de studerende vil opnå eller have forbedret ved at gennemføre kurset. Læringsmålene skal med andre ord beskrives operationelt, det vil sige som noget, der kan observeres og evalueres.

Hvert af de fire kompetenceområder er igen opdelt i delområder, hvortil er knyttet en række eksempler beskrevet gennem aktive verber, således at det skulle være overkommeligt at benytte DTU-Syllabus til formulering af operationelle læringsmål i kursusbeskrivelserne. Det er således forventningen, at hvert enkelt læringsmål kan knyttes til et (eller flere) af de nævnte delområder fra DTU-Syllabus.

For at få et indtryk af, hvilke forventninger omverdenen har til specielt de ikke-faglige slutkompetencer hos de færdiguddannede diplomingeniører, har der været en høring af 4 institutdirektørers Advisory Boards. Disse er blevet bedt om at give en prioritering af de forskellige kompetencekategorier beskrevet i Syllabus. Resultaterne af denne høring er beskrevet i bilag B.

Ved udarbejdelse af læringsmålene er det uomgængeligt nødvendigt, at der samtidigt tages stilling til en evalueringsform, der hænger sammen med de opstillede mål. For hvert læringsmål gælder, at det skal kunne evalueres (men ikke nødvendigvis altid vil blive det, da evalueringer i større eller mindre grad vil have stikprøvekarakter).

Endelig er det hensigten med den såkaldte kompetencematrix (se næste afsnit) at det forventede bidrag til uddannelsens slutkompetencer tillige vurderes med hensyn til opnået læringsniveau. Ethvert kursus vil bidrage til sine læringsmål på et bestemt læringsniveau, hvor der med læringsniveau refereres til en modificeret udgave af Blooms taksonomi.



Et læringsudbytte vurderes her i forhold til 5 kategorier, fra 1. Viden (kendskab) til 2. Forståelse, 3. Anvendelse (færdigheder) over 4. Analyse og/eller Syntese til 5. Vurdering, hvor det sidste niveau angiver det mest komplekse læringsniveau, der ofte først opnås gennem ingeniørens professionelle erfaring med at vurdere anvendeligheden af forskellige modeller og perspektiver. Forståelse og anvendelse er i denne modificerede model sideordnede, idet man har erfaret, at f.eks. beregningsfærdighed (en form for anvendelse) kan opnås uden dybere forståelse, ligesom en vis grad af forståelse kan opnås uden den tilsvarende anvendelseskompetence.

Formuleringen af læringsmål til kursusbeskrivelserne i foråret 2007 er første trin i en proces, hvor kursuskompetencerne skal rettes mod DTU-Syllabus, og der etableres klare sammenhænge mellem kursusbeskrivelserne og diplomretningernes slutkompetencer. Således skal der ved udgangen af 2008 efter de nødvendige studieplansjusteringer og kursusændringer foreligge et samlet sæt af kursusbeskrivelser, der afspejler sammenhæng mellem kurserne på de enkelte semestre såvel som progression gennem studiet. For at kunne danne sig en vurdering af disse forhold er der behov for et redskab, der sammenfattende kan give et overblik over, hvilke kurser der leverer de forskellige kompetencer. Næste afsnit beskriver en kompetencematrix som værende det redskab, CDIO anbefaler til dette formål. Det vil derfor være praktisk, hvis man allerede ved formuleringen af de enkelte læringsmål registrerer sammenknytningen af læringsmålene og delområderne af studieretningens slutkompetencer opstillet efter DTU-Syllabus.



Afsluttende bemærkninger

1. Som det fremgår af ovenstående, går CDIO-konceptet noget videre end DTU's igangværende arbejde med kompetencebeskrivelser og læringsmål. CDIO repræsenterer en samlende kontekst, og CDIO falder i tråd med, at vi på DTU fremover må forvente skærpede krav til kvalitetssikring, ligesom vi må forvente, at fremtidige akkrediteringer af vores uddannelser også vil fokusere på det faglige indhold. CDIO vil ruste os til at håndtere sådanne krav, og arbejdet med at indføre CDIO kan derfor ses som en proaktiv indsats.
2. Det vil være ønskeligt, at der med tiden udarbejdes mere detaljerede beskrivelser af læringsmålene, som vil kunne nås gennem links i kursusbeskrivelserne. Sådanne beskrivelser vil dels kunne tydeliggøre forskellen mellem DTU's to bacheloruddannelser, og dels tydeliggøre eksamenskravene over for de studerende.

2. Udarbejdelse af en kompetencematrix

CDIO-konceptet lægger op til en meget bevidst specifikation af læringsmål og herunder, (1) at læringsmålene på kursusniveau afspejler de overordnede læringsmål for den enkelte uddannelse og, (2) at slutmålene nås ved en passende progression gennem relevante kurser på studiet. Kompetencematrixen, som beskrives nedenfor, er et redskab til at skabe det fornødne overblik over disse forhold. Den er også et hjælpemiddel, der vil være værdifuldt i det kommende studieplanarbejde, og det vil derfor være nødvendigt at udarbejde en apriori matrix, der beskriver situationen her og nu. Ved afslutningen af arbejdet i 2008 skal der tilsvarende udarbejdes/foreligge en matrix, som afspejler de nye studieplaner og kurser, og som dokumenterer, at CDIO er fuldt ud implementeret.

CDIO-initiativet opererer med fire kompetenceområder, og der skal opstilles læringsmål inden for alle fire områder. Traditionelt fokuserer de fleste af DTU's undervisere mest på de faglige kompetencer, dvs. kompetenceområde 1 i DTU-Syllabus, mens læringsmål inden for kompetenceområderne 2, 3 og 4 ikke – generelt betragtet – er genstand for samme bevidste planlægning. Det må antages, at dette forhold vil afspejle sig i de læringsmål, som vil blive skrevet ind i kursusbeskrivelserne i løbet af foråret 2007. Det vil derfor være hensigtsmæssigt at afvente dette arbejde og i første omgang alene opstille en kompetencematrix omfattende kompetenceområderne 2, 3 og 4 for hver retning.

Kompetencematrixen udarbejdes af den relevante studieleder i samarbejde med de lærere, der underviser på studiets obligatoriske kurser. CDIO-arbejdsgruppen vil desuden stille et par personer til rådighed for arbejdet, der forventes at foregå som et 3-4-timers seminar.

Indgangssøjlen i kompetencematrixen er de enkelte kurser samlet semestervis. Indgangsrekken er de enkelte læringsmål som defineret i DTU-Syllabus (for overblikkets skyld er i denne rapport kun angivet hovedkategorierne og ikke de enkelte delkompetencer). I matrixens celler angives for hvert kursus, hvilke kompetencer kurset benytter og/eller formidler. Kompetencematrixen omfatter kun studiets obligatoriske kurser. For Diplom-IT-studiet kan matrixen eksempelvis for CDIO-kategorierne 2-4 se således ud (notationen forklares nedenfor).

	KURSUS		DTU-SYLLABUS KATEGORIER							
			2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	...	4.6
1. SEMESTER	01905	DIPLOMAT								
	31021	ELEKTRONIK				3,U				
	02311	DIGITALTEKNIK		1						
	02312	PROGRAMMERING			2,U					
2. SEMESTER								
3. SEMESTER								
4. SEMESTER								
.								

I hvert af matricens felter angives:

1) Om kurset formidler læring inden for den pågældende DTU-Syllabus-kategori. Er dette tilfældet, angives det med et af tallene 1-5, som betegner læringsniveauerne beskrevet i kapitel 1:

1. Viden
2. Forståelse
3. Anvendelse (færdigheder)
4. Analyse og/eller syntese
5. Vurdering (professionel kompetence).

Læringsniveauet angiver, hvilket kompetenceniveau det forventes, at en dygtig studerende vil nå frem til.

2) Om kurset forudsætter kompetencer inden for den pågældende DTU-Syllabus-kategori. Det angives med et "U" (eng. utilize).

Bemærk: Et givent felt kan altså være tomt, det kan rumme et "U", det kan rumme et af tallene 1-5 eller det kan indeholde både et af tallene 1-5 og et "U".

Den ovenfor beskrevne kompetencematrix for kompetenceområderne 2, 3 og 4 udgør – sammen med læringsmålene i kursusbeskrivelserne i det kommende kursuskatalog 2007/08, og sammen med de i 2005-06 udarbejdede kompetencebeskrivelser for de enkelte diplomingeniør-uddannelser – et godt udgangspunkt for det videre arbejde med at introducere CDIO-baserede diplomingeniøruddannelser. Dette arbejde vil givetvis kræve justeringer af studieplaner og kursusændringer, og der skal i sidste ende foreligge et samlet sæt af kursusbeskrivelser, der afspejler sammenhæng på de enkelte semestre og progression gennem studiet. Ved udgangen af 2008 skal der derfor for hver af de nye CDIO-baserede diplomingeniøruddannelser være udarbejdet en a posteriori kompetencematrix omfattende samtlige fire kompetenceområder.



3. Flerfaglige projekter

På de første fire semestre ligger studieplanen fast på diplomretningerne. Som en del af CDIO-konceptet skal der på hvert af disse semestre indføres et tværgående, flerfagligt projekt, som skaber sammenhæng mellem kurserne på semestret. Projektet skal tilgodese såvel faglige som ikke-faglige kompetencer og gerne have faglig fokus på det anvendelsesorienterede aspekt. Omfanget af projektet skal svare til mindst 5 ECTS point, hvoraf mindst halvdelen skal ligge i 13-ugers-perioden. Afhængigt af studieretningerne og fagkombinationen på de enkelte semestre findes der forskellige måder at tilrettelægge det flerfaglige projekt på. I det følgende vil 3 modeller blive diskuteret.

- Det flerfaglige projekt kan tilrettelægges som et selvstændigt projekt kursus på 5 point, som har sit eget skemamodul. Det er vigtigt, at projektet spiller sammen med og er koordineret med semestrets øvrige kurser og/eller foregående kurser. Når projektet har sit eget modul, opstår muligheden for, at det kan få sit eget liv. Dette kan være en fordel for studentermotivationen og holdningen til kurset, men det må ikke kunne opfattes som uafhængigt og løsrevet fra den øvrige undervisning. Projekter af denne art vil ansvarsmæssigt være knyttet til en bestemt underviser – og ikke i denne forbindelse relatere sig formelt til andre kurser.
- Den anden yderlighed i tilrettelæggelsen af det flerfaglige projekt er at lade dette være en del af et større, flerfagligt kursus (10-15 point), der så er eneansvarlig for projektet. Det er væsentligt at fremhæve, at projektet på linje med andre undervisningsaktiviteter skal kunne benyttes til formidling af nye faglige som ikke-faglige kompetencer.
- I de to foregående eksempler er der ikke særlige problemer med tilrettelæggelse, hvad angår eksaminering og omgængerproblematik. Enten er projektet bestået eller ikke. En tredje alternativ måde at tilrettelægge projektforløbet på er at lade et kursus være det projektbærende kursus. Dette kursus samler trådene og input fra nabokurserne og har ansvaret for det samlede projektforløb. Dette kan f.eks. gøres ved at blive enige om en "rammefortælling", et tema eller en fælles problemstilling i de forskellige kurser. Det skal være klart for de studerende, hvilke elementer i kurserne som indgår i denne rammefortælling, men hvert enkelt element bliver eksamineret

og evalueret på de enkelte kurser. Således er der ikke problemer med at skelne, hvilke dele af det flerfaglige projekt som er bestået i tilfælde af omgænger. Ulempen kan være, at projektet ikke fremstår tydeligt nok og heller ikke bliver evalueret/afsluttet som en særskilt studieenhed.

På uddannelsen skal der være to såkaldte Design-Build-projekter. To af de flerfaglige projekter kan eventuelt gennemføres som Design-Build-projekter. Dette stiller særlige krav til projektet, hvilket beskrives i det næste kapitel.



4. Design-Build-aktiviteter

De fire første semestre af diplomingeniøruddannelsen skal indeholde mindst to projekter, som giver den studerende erfaring med Design-Build-aktiviteter. Det første projekt bør være på et indledende niveau (1. semester), de (det) næste på et mere avanceret niveau (4. semester eller senere).

Begrebet Design-Build-projekter karakteriserer en række ingeniørmæssige aktiviteter, som er centrale i forbindelse med udviklingen af nye produkter og systemer. Inkluderet heri er også de aktivitetstrin, der er beskrevet i den helt grundlæggende CDIO-Standard 1, dvs. trinene Design, Implement og udvalgte dele af Conceive. Formålet er at udvikle de studerendes evne til at udvikle produkter og systemer og yderligere at udvikle deres evne til at anvende deres teknisk-teoretiske viden i Design-Build-projekter integreret i uddannelsesforløbet.

Design-Build-projekter kan karakteriseres som basale eller avancerede på grundlag af deres formål, kompleksitet og placering i uddannelsesforløbet. For eksempel kan der arbejdes med simple produkter og systemer tidligt i uddannelsesforløbet, mens mere komplekse Design-Build-problestillinger senere i uddannelsen kan inddrage faglig viden opnået i tidligere kurser og projekter. Der kan også være en mulighed for at arbejde med alle elementerne i CDIO-Standard 1 (Conceive, Design, Implement and Operate) på produkter og systemer i forbindelse med praktikken.

Design-Build-projekter skal være strukturerede og planlagte, så de giver de studerende en positiv (succesfuld) erfaring med ingeniørmæssig praksis. Integration af Design-Build-projekter på stigende kompleksitetsniveau styrker den studerendes forståelse for produkt- og systemudviklingsprocessen. Design-Build-projekterne skal give de studerende et fagligt fodfæste, som kan danne grundlag for en dybere konceptuel forståelse af de faglige discipliner.

Fokuseringen på at lave produkter og implementere dem i realistiske situationer giver den studerende mulighed for at reflektere over sammenhængen mellem de faglige discipliner, de lærer, og deres professionelle karriereinteresser.

Eksempler:

- Maskinområdet, DTU. 41841 Programmering og automatisering, 10 point, 4. semester. I kurset indgår et projekt med løsning af en styreteknisk opgave. Der udvikles et system fra ide til produkt, herunder planlægning, udvikling af algoritmer, fysisk opbygning, dokumentation, implementering og afprøvning. Som eksempler på opgaver kan nævnes: bilvaskemaskine, pakkesorteringsanlæg, pinball machine. Systemerne opbygges i nedskaleret størrelse, men alle styretekniske funktioner etableres med professionelt udstyr.
- Maskinområdet, DTU. 41431 Maskinteknisk termodynamik, 10 point, 2. semester. Opbygning af et forsyningsystem til varmtvandsforsyning i en etageejendom. Systemkomponenterne, f.eks. trykforøgere, varmevekslere etc. dimensioneres, og anlægget opbygges i laboratorium og idriftsættes. En alternativ opgave, som er overvejet, men endnu ikke realiseret, er bygning af et kølesystem baseret på CO₂ som drivgas.
- Elektroområdet, Linköping, 10 point, 3.-4. semester. Udvikling af "house-guard robot". En robot, der registrerer, at et objekt (en person, måske) nærmer sig det område, som robotten bevogter. Robotten giver et advarselssignal og begynder derefter at beskyde indtrængereren med softgun-kugler. Hvis indtrængereren kommer nærmere, øges affyringsfrekvensen. Se nærmere på [/www.lith.liu.se/civing/y/CDIO/cdio_uny_010517/elektronikprojekt_y3_maj.pdf](http://www.lith.liu.se/civing/y/CDIO/cdio_uny_010517/elektronikprojekt_y3_maj.pdf).
- Kemiområdet, Delft University of Technology. Vandrensning. De studerende fik besked på at hente en spand vand fra den nærmeste kanal. Opgaven gik ud på at rense vandet, således at de selv kan drikke det.
- Aeronautics, MIT, ~ 10 point, 1.-2. semester. Bygning af fjernstyret modelfly, som kan gennemflyve en fastlagt rute med forskellige manøvrekrav.
- Fordonsteknik, KTH. Opbygning af førersæde til lastvogn, justerbar affjedring, ventilation, massage.

5. Etablering af lærerteams

I forbindelse med overflytningen af diplomalærerne til faginstitutionerne etableredes i 2001 såkaldte halvårsråd. På hvert af de fire første semestre på hver diplomretning dannedes et halvårsråd bestående af de lærere, der underviste på det pågældende semester. Lærerne kom fra mange forskellige institutioner, og der blev hurtigt identificeret et behov for dialog blandt disse undervisere. Dette behov er ikke blevet mindre med tiden, og indførelsen af CDIO på diplomingeniørretningerne accentuerer behovet. Det vil derfor være en vigtig opgave for studielederen at varetage, at disse lærerteams – som vi herefter vil kalde dem – er oprettede og holder møder med en passende mødefrekvens.

Der gælder følgende forretningsorden for uddannelsernes lærerteams:

- Et lærerteam består af samtlige undervisere på det pågældende semester af uddannelsen.
- Studielederen udpeger en formand, der sørger for indkaldelse til møder, fastlæggelse af dagsorden samt mødeledelse.
- Der afholdes mindst 2 møder i løbet af semestret – et før semesterstart og et midtvejsmøde.
- Ved møderne diskuteres og planlægges forhold omkring
 - flerfaglige projekter og/eller Design-Build-projekter
 - tidspunkter for aflevering/afholdelse af opgaver/aktiviteter, der er særlig tidskrævende for de studerende
 - sammenhængen mellem semestrets kurser – nye/flere/bedre/mulige samarbejder
 - identificerede problemer i den første del af semestret (midtvejsmødet)
 - forslag til handling
 - andre spørgsmål
- Umiddelbart efter semestrets afslutning afholder studielederen et fællesmøde med de 4 formænd, hvor forløbet diskuteres og der aftales, hvilke handlinger der evt. skal sættes i værk.

De etablerede lærerteams skal varetage, at semesterprojekterne forløber tilfredsstillende. De skal sørge for at planlægge undervisningen på en måde, der sikrer, at de studerende oplever et rimeligt jævnt arbejdsbelastning hen over semestret. Og de skal sørge for, at der er en

faglig sammenhæng mellem semestrets kurser – og i muligt og relevant omfang udnytte de kompetencer, de studerende opnår gennem disse eller tidligere kurser. Endelig skal de vælge undervisningsformer, der tilsikrer de studerende en passende variation gennem semestret.

6. Adjunkt- og efteruddannelse

Adjunktuddannelsen ved DTU (UDtU) er allerede implicit orienteret mod CDIO. Adjunktuddannelsen er delt op i moduler, hvor det 1. modul (Teaching and Learning) introducerer og træner formuleringen af læringsmål, 2. modul (Teaching Methods and Planning) introducerer ingeniørkompetencer og træner kursusplanlægning, mens 3. modul (Feedback and Evaluation) introducerer og træner lærerteams og kollegavejledning.

Fra 2007 vil adjunktuddannelsen yderligere eksplicit introducere CDIO som koncept for udvikling af ingeniøruddannelser. Dette kan bl.a. gøres på 2. modul i forbindelse med diskussionen af ingeniørkompetencer og kursusplanlægning. Herunder kan progressionen af kompetencer belyses ved at undersøge sammenhængen mellem enkelte kurser inden for en uddannelse.

Ud over at varetage og gennemføre adjunktuddannelsen ved UDtU vil Learning Lab DTU sørge for, at alle dets medarbejdere vil blive inddraget i arbejdet med CDIO. Dette vil sætte Learning Lab i stand til at tilbyde andre kursus-, efteruddannelses- og konsulentopgaver, der kan støtte implementeringen og driften af CDIO på DTUs diplomingeniøruddannelser, herunder:

- Workshops om formulering af læringsmål (for undervisere, der ikke har gennemført adjunktuddannelsen)
- Introduktionsseminarer om CDIO for lærergrupper
- Ad hoc-konsulentbistand omkring implementeringen af CDIO (f.eks. til studieplansudvalgene).

7. Planer for evaluering af CDIO i uddannelsen

Evalueringen af CDIO understøttes af AUS og Learning Lab DTU i fællesskab. Evalueringen af CDIO på DTU falder i tre dele:

1. Evaluering af undervisernes opfattelse af implementeringen af CDIO, herunder de enkelte punkter i Syllabus'en.
2. En undersøgelse af, hvordan de studerende oplever CDIO i deres hverdag.
3. En gensidig evaluering mellem retningerne.

Ad 1. Der opsamles erfaringer fra de involverede undervisere generelt vedrørende implementeringen af CDIO. Til det formål anvendes et web-baseret spørgeskema.

Endvidere foretages en undersøgelse af, hvor de forskellige emner i Syllabus'en bliver indarbejdet i de nye kurser svarende til de undersøgelser, der bliver lavet i forbindelse med udarbejdelse af kompetencematrix på studieretningerne. Denne evaluering bør foretages i det tidlige forår 2009, så det er muligt at justere kursusbeskrivelserne, hvis det skønnes nødvendigt.

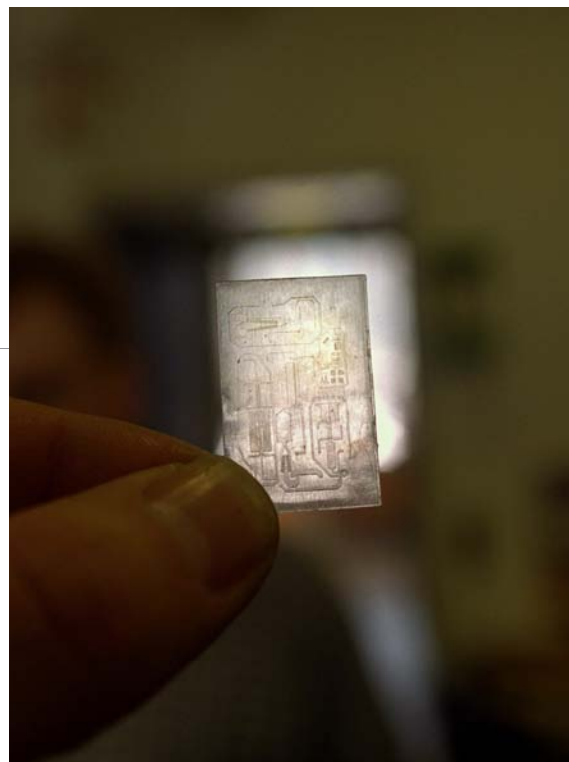
Ad 2. Evalueringen af CDIO-elementer i uddannelserne kan i nogen grad tænkes ind i allerede eksisterende evalueringselementer:

- **Nyoptagsundersøgelsen**

I forbindelse med det spørgeskema de nyoptagne udfylder, vil det være naturligt at spørge, om de har hørt om CDIO, før de startede på DTU. Disse spørgsmål kan indgå fra sommeroptagelsen 2008, forudsat CDIO er blevet markedsført inden da.

- **Kursusevalueringer**

I kursusevalueringerne kan man tilføje spørgsmål om CDIO-elementer i kurserne enten generelt for alle diplomkurser eller i det omfang, et studienævn/en underviser ønsker det. Det vil måske være muligt at implementere disse spørgsmål fra evalueringen i november 2007.



- **1. årsevaluering**

1. årsevalueringen kan indeholde spørgsmål, der omhandler CDIO-elementerne. Det vil først give mening at inddrage CDIO i 1. årsevalueringen i det akademiske år 2008-09.

Det er dog tvivlsomt, om de eksisterende evalueringer i tilstrækkelig omfang kan rumme specifikke CDIO-evalueringselementer. En mulighed vil være at supplere med en række fokusgruppe-interview med studerende, som kun har fokus på CDIO-relevante spørgsmål. Man kunne med fordel ansætte nogle studerende til at forestå interviewene på de enkelte uddannelser ud fra skemaer og retningslinjer, som udarbejdes af AUS/Learning Lab. Det vil øge de studerendes engagement i og viden om CDIO.

Ad 3. Et andet element kunne være gensidig evaluering mellem de forskellige retninger. En sådan undersøgelse vil tjene to formål. Den vil sige noget om, hvor langt implementeringen af CDIO er kommet på den enkelte retning, og så vil den formentlig give anledning til inspiration til den retning, som forestår evalueringen. Denne del af evalueringen skal afdække, om studieplaner og implementeringen i øvrigt lever op til kravene i de 12 CDIO-standarder.

AUS/Learning Lab er med til at planlægge og gennemføre evalueringen. Den gensidige evaluering kan placeres i efteråret 2009 og være en del af en samlet rapport, der bruger information fra de øvrige evalueringselementer.

8. Implementeringsproces

Det overordnede ansvar for indførelsen af CDIO på diplomuddannelserne påhviler uddannelsesdekanen. Implementeringen på de enkelte retninger er uddelegeret til studielederne, der hver for sig rådgives af et studieplansudvalg for den pågældende uddannelsesretning. Når det drejer sig om indholdsudfyldelsen af de enkelte kurser, er det ifølge DTU's vedtægt studienævnets ansvar, men for diplomingeniøruddannelserne er det af afgørende betydning, at studienævnene samarbejder med studielederne også om det indholdsmæssige. Hele CDIO-konceptet hviler på nøje indholdsmæssigt afstemte kurser på den obligatoriske del af studiet.

Uddannelsesdekanen udpeger studieplansudvalgene efter forslag fra studielederne samt konferering med institutdirektørerne. Studielederne

er formænd for de respektive studieplansudvalg, hvis arbejde gennemføres på baggrund af et kommissorium udarbejdet af uddannelsesdekanen. Eftersom studielederne indgår i CDIO-arbejdsgruppen, vil den løbende afrapportering foregå i regi af denne. Studieplansudvalgene kan nedsætte underudvalg efter behov. Learning Lab DTU vil kunne assistere i et vist omfang, såfremt studieplansudvalgene har behov derfor.

Universitetsadjunkt Kristina Edström fra Kungliga Tekniska högskolan, Stockholm, har stillet sig til rådighed som ekstern sparringspartner for DTU. Der vil blive afholdt et seminar sent i 2007, hvor studieplansudvalgene vil kunne møde Kristina Edström og diskutere de påtænkte studieplansændringer både med hende og indbyrdes. Opgavefordelingen og tidsplanen for de enkelte "milestones" er detaljeret vist i nedenstående skema.

OPGAVE	ANSVAR	DEADLINE
NEDSÆTTELSE AF STUDIEPLANSUDVALG:		
5-6 NAVNE TIL DEKANEN PÅ UDVALGSMEDLEMMER	STUDIELEDERNE	21/2-2007
AFTALE MED INSTITUTDIREKTØRER	DEKANEN (GM)	5/3-2007
SKRIVE KOMMISSORIUM FOR STUDIEPLANSUDVALG	GM	5/3-2007
KOMMISSORIUM FORELÆGGES CDIO-ARBEJDSGRUPPEN	GM	6/3-2007
INDKALDELSE TIL KICKOFF-MØDER MED UDVALG	MMF	6/3-2007
AFHOLDELSE AF KICKOFF-MØDER	GM, STUDIELEDERE	12-23/3 2007
LÆRINGSMÅL:		
FØRSTE VERSION AF LÆRINGSMÅL INDARBEJDET I KURSUSBESKRIVELSERNE	STN-FORMÆND	25/4-2007
LÆRINGSMÅL I KURSUSBESKRIVELSER REVIDERET I FORHOLD TIL CDIO	STN-FORMÆND STUDIELEDERE	APRIL 2008
KOMPETENCEMATRIX:		
APRIORI MATRIX (ØJEBLIKSILLEDE 2007)	STUDIELEDERE	BENCHMARKMØDER ULTIMO MAJ 2007
APOSTERIORI MATRIX (TILPASSET CDIO-NORMER)	STUDIELEDERE	APRIL 2008
STUDIEPLANER:		
CDIO INDARBEJDET I STUDIEPLANER	STUDIEPLANSUDVALG STUDIELEDERE STUDIENÆVN	FORÅR 2008
CDIO INDFØRT PÅ 1. SEMESTER	GM	SEPTEMBER 2008
CDIO INDFØRES RULLENDE	DEKAN	FRA SEPTEMBER 2008



DTU Roadrunners

DTU's studerende deltager hvert år i Shell Eco-marathon i Frankrig. De kalder sig DTU Roadrunners og har efter bedste CDIO-princip selv bygget de to øko-racere fra bunden. Det er DTU Innovator (tv), som kører på brint, og DTU Dynamo, der kører på det diesellignende brændstof dimetylæter (DME).

A1 Syllabus

Indledning og beskrivelse af CDIO-Syllabus

CDIO opererer med en såkaldt CDIO-Syllabus, hvor slutkompetencer for ingeniøruddannelsen er opdelt i fire hovedgrupper. Før denne Syllabus beskrives, skal det fra første færd slås fast, at filosofien i CDIO-konceptet er, at uddannelsesaktiviteterne er fast funderet på en teknisk og faglig kunnen. Som det vil fremgå, så fremhæver CDIO Syllabus også ikke-faglige kompetencer, men det skal forstås som overfaglige kompetencer, som indlæres og udøves i faglige, ingeniørmæssige sammenhænge. Det drejer sig med andre ord om "at blæse og have mel i munden" ud fra en opfattelse af, at det i denne sammenhæng ikke er umuligt – tværtimod, det er dét, som er ingeniørens dagligdag.

CDIO Syllabus opdeler kompetencer i fire kategorier:

1. Matematisk-naturvidenskabelig og teknisk-ingeniørfaglig viden

Herunder hører teknisk og videnskabelig faglighed og disciplinær viden, som er grundlaget for al ingeniøruddannelse. De forskellige retninger adskiller sig med hensyn til, hvilke fagligheder der lægges vægt på i denne kategori.

2. Personlige og generiske professionelle færdigheder

Denne kategori fokuserer på færdigheder og egenskaber, som afhænger af og karakteriserer det enkelte individ. Som eksempel på færdigheder kan nævnes: kreativitet, helhedstænkning, selvstændighed, forståelse af egne styrker og svagheder, analytisk sans, pålidelighed.

3. Sociale færdigheder

De sociale færdigheder vedrører alle de udadvendte aktiviteter, som en ingeniør beskæftiger sig med, hvad enten det drejer sig om passivt eller aktivt at være del af en organisation. Eksempelvis kan nævnes: Samarbejdsevne og -villighed, møde- og diskussionsdisciplin, evne til at forklare og formidle, kommunikationsfærdigheder (skriftlige og mundtlige) og fremmedsproglige færdigheder.

Kategori 2 og 3 er i andre sammenhænge kendt som "brede", "bløde" eller "skjulte" kompetencer. I CDIO betragtes de hverken som brede, bløde eller skjulte. De påpeges som vigtige elementer for den udøvende ingeniør, og derfor skal de studeres og indøves i løbet af ingeniørstudiet.

4. Professionsrettede ingeniørkompetencer ("CDIO-kompetencer")

I denne sidste kategori hører de praksisbaserede eller professionsrettede færdigheder. Det er i denne kategori, at vi finder de kompetencer, som er nødvendige i den ingeniørvirkelighed, som kan beskrives med bogstaverne i CDIO-akronymet. Udøvelsen af disse færdigheder hviler på den tekniske viden og indbefatter brug af personlige og sociale kompetencer. Der er her tale om at kunne gebærde sig og vide, hvad man skal gøre i forskellige arbejdsituationer – forventede som uventede. Denne kategori omfatter de kompetencer, som gør ingeniører til ingeniører. Kompetencerne skal indlæres i øvelser i ingeniørpraksis, som er så realistiske og virkelighedsnære som muligt.

A2 DTU-Syllabus

Kategoriene er lettere revideret i forhold til CDIO's oprindelige Syllabus, primært for at afklare nogle spørgsmål, der kan rejses til CDIO's oprindelige formulering.

Den DTU-reviderede Syllabus er karakteriseret ved at være

- kortere (ikke så dyb i hierarkiet)
- mere operationel (operationelle kompetencer)
- mindre bundet til mekanik/design ingeniørområder
- afstemt efter målene for en diplomingeniøruddannelse.

Som fremhævet af Ed Crawley (Creating the CDIO Syllabus: A Universal Template for Engineering Education. ASEE 2002) er begrundelsen for opdelingen i de fire kompetencekategorier det livscyklus-prægede helhedsperspektiv på ingeniørens faktiske problemløsning i samfundet og i virksomheder og dermed de krav, industrien stiller til ingeniøruddannelser. Eller rettere: Det begrundes de professionsorienterede CDIO-kompetencer (4), som de andre kompetencer (1-3) er forudsætninger for.

DTU Syllabus**En diplomingeniør fra DTU****1. Matematisk-naturvidenskabelig og teknisk-ingeniørfaglig viden**

- | | |
|--|---|
| 1.1 Viden og færdigheder i matematik og naturvidenskab | – har en solid anvendelsesorienteret viden om fundamentale matematiske og fysiske værktøjer |
| 1.2 Retningsspecifik og grundfaglig (teknisk) kerneviden | – besidder en fundamental ingeniørfaglig viden fælles for en retning |
| 1.3 Videregående ingeniørfaglig viden | – besidder en specialiseret ingeniørfaglig viden inden for den pågældende retning |

2. Personlige og generiske professionelle færdigheder

- | | |
|--|---|
| 2.1 Ingeniørfaglig problemløsning og modellering | <ul style="list-style-type: none"> – kan umiddelbart selvstændigt benytte sine faglige kompetencer ved løsning af praktiske, ingeniørmæssige problemer – kan arbejde med åbne problemstillinger – kan vælge og anvende relevante analysemetoder – kan vælge og anvende relevante modelleringsmetoder – kan vurdere modelantagelser og fejl – kan gennemføre overslagsberegninger og kvalitative ræsonnementer – kan håndtere usikker og ufuldstændig information – har kendskab til fagets informationsstrukturer og fagrelevante informationskilder og kan opstille en litteraturliste på korrekt form |
| 2.2 Eksperimentelle metoder | <ul style="list-style-type: none"> – har kendskab til målemetoder og færdigheder til at gennemføre målinger – kan designe eksperimenter |
| 2.3 Systemorienteret analyse | <ul style="list-style-type: none"> – er helhedsorienteret i løsning af konkrete, tekniske problemstillinger, hvilket bl.a. indebærer, at ingeniøren – kan anskue systemer og sammenhænge analytisk og som komplekse helheder – kan anvende tværfaglig viden og forskellige perspektiver på systemer og systematiske sammenhænge – har kendskab til den sociale, tekniske og forretningsmæssige kontekst for ingeniørarbejde – kan skelne mellem væsentlige og uvæsentlige faktorer – kan allokere ressourcer og afveje løsninger i forhold til forskellige systembetragtninger (livscyklus, optimering, fleksibilitet etc.) |
| 2.4 Flexibilitet og selvledelse | <ul style="list-style-type: none"> – udviser initiativ og fleksibilitet – kan arbejde selvstændigt og tage ansvar for egen læring og faglig fokusering – kan overskue og prioritere mange opgaver – er lydhør over for andre – udviser kreativ og kritisk tænkning |
| 2.5 Professionelle færdigheder og holdninger | <ul style="list-style-type: none"> – kender sin professions etik – kan anvende og vurdere teknologiske løsninger ud fra principper om etik og bæredygtighed – er ansvarlig og pålidelig – kan håndtere konflikter mellem arbejdsmæssige og etiske krav – kan lægge karriereplaner og bruge kollegiale netværk – holder sig ajour med professionens udvikling og vedligeholder sin faglige viden |

3. Sociale færdigheder

3.1 Samarbejdsevne (teamwork)	<ul style="list-style-type: none"> – kan indgå i (tværfaglige) team – kan planlægge og afholde møder – kan løse konflikter i samarbejdet – kan uddelegere opgaver – kan håndtere distribueret arbejde gennem anvendelse af elektroniske medier
3.2 Kommunikative færdigheder	<ul style="list-style-type: none"> – kan argumentere logisk og overbevisende – kan udtrykke sig klart (relevant, kortfattet, præcist) – kan fremlægge og præsentere resultater både skriftligt og mundtligt inden for givne rammer – kan benytte elektroniske kommunikationsværktøjer
3.3 Sproglige færdigheder	<ul style="list-style-type: none"> – behersker et teknisk fagsprog skriftligt og mundtligt på dansk – kan læse relevant teknisk litteratur på engelsk

4. Professionsrettede ingeniørkompetencer

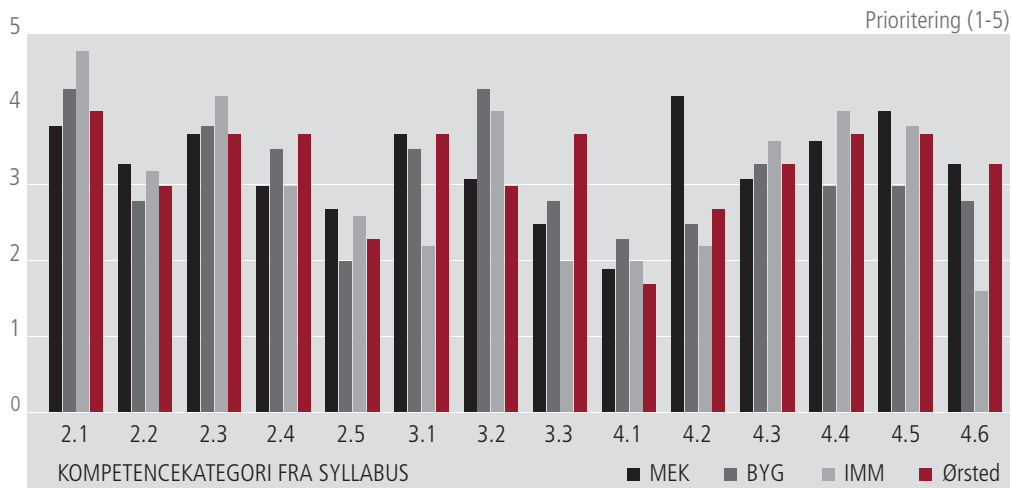
4.1 Samfundsforståelse	<ul style="list-style-type: none"> – har viden om ingeniørers roller og ansvar i samfundet – kan inddrage samfundsmæssige, økonomiske og miljømæssige forhold i ingeniørfaglige løsninger – har viden om relevante ingeniørfaglige selskaber og standarder – har kendskab til globaliseringens betydning for ingeniørarbejde
4.2 Forretningsforståelse	<ul style="list-style-type: none"> – har viden om innovation og innovative processer – har kendskab til forskellige forretningskulturer – har viden om forretningsmæssig ledelse og planlægning – har viden om markedsökonomi
4.3 Begrebsdannelse og systemforståelse	<ul style="list-style-type: none"> – har viden om livscyklus-modeller for produkter – kan planlægge og gennemføre ingeniørarbejde ud fra relevante forudsætninger og krav – har færdigheder i projektstyring
4.4 Systemdesign	<ul style="list-style-type: none"> – har viden om og metoder til udførelse af kravspecifikationer – har viden om designprocesser – kan anvende kreativ og kritisk tænkning på udviklingsarbejde og innovative processer – kan opstille modeller, simulere og teste – kan dokumentere sit arbejde
4.5 Implementering af systemer (retningspecifikke)	<ul style="list-style-type: none"> – har viden om implementering af ingeniørløsninger, herunder kvalitetssikring, allokering af ressourcer mv. – har viden om produktionsprocesser og deres planlægning – har viden om computersystemer til styring, kontrol og overvågning af processer
4.6 Drift af systemer (retningspecifikke)	<ul style="list-style-type: none"> – kan analysere driften af systemer med henblik på optimering – har viden om betjening, procedurer og træning med henblik på drift af systemer – kan udføre livscyklus-analyser og cost-benefit-analyser

Høring af visse institutdirektørers Advisory Boards

På 4 institutter er institutdirektørernes Advisory Boards blevet bedt om at give en vurdering af, hvilke forventninger de har til de færdige diplomingeniørers slutkompetencer målt på bestemte kompetencekategorier. Deltagerne blev bedt om at give en prioritering på en skala fra 1-5, og kompetencekategorierne var de 14 ikke-faglige kategorier fra Syllabus.

Svarerne er gengivet i nedenstående diagram, idet der anføres de enkelte Advisory Boards' gennemsnitlige vurderinger.

Forventning til kompetencer – Advisory Boards svar (gennemsnitsværdier)



CDIO Standards

The CDIO™ Standards

In January 2004, the CDIO Initiative adopted 12 standards that describe CDIO programs. These guiding principles were developed in response to program leaders, alumni, and industrial partners who wanted to know how they would recognize CDIO programs and their graduates. As a result, these CDIO Standards define the distinguishing features of a CDIO program, serve as guidelines for educational program reform and evaluation, create benchmarks and goals with worldwide application and provide a framework for continuous improvement.

The 12 CDIO Standards address program philosophy (Standard 1), curriculum development (Standards 2, 3 and 4), Design-Build experiences and workspaces (Standards 5 and 6), new methods of teaching and learning (Standards 7 and 8), faculty development (Standards 9 and 10), and assessment and evaluation (Standards 11 and 12). Of these 12 standards, seven are considered essential because they distinguish CDIO programs from other educational reform initiatives. (An asterisk [*] indicates these essential standards.) The five supplementary standards significantly enrich a CDIO program and reflect best practice in engineering education.

For each standard, the description explains the meaning of the standard, the rationale highlights reasons for setting the standard and evidence gives examples of documentation and events that demonstrate compliance with the standard.

Standard 1 – CDIO as Context*

Adoption of the principle that product and system lifecycle development and deployment – Conceiving, Designing, Implementing and Operating – are the context for engineering education.

Description:

A CDIO program is based on the principle that product and system lifecycle development and deployment are the appropriate context for engineering education. Conceiving-Designing-Implementing-Operating is a model of the entire product lifecycle. The Conceive stage includes defining customer needs; considering technology, enterprise strategy and regulations; and developing conceptual, technical and business plans. The second stage, Design, focuses on creating the design, that is the plans, drawings, and algorithms that describe what will be implemented. The Implement stage refers to the transformation of the design into the product, including manufacturing, coding, testing and validation. The final stage, Operate, uses the implemented product to deliver the intended value, including maintaining, evolving and retiring the system.

CDIO is considered the context for engineering education in that it is the cultural framework, or environment, in which technical knowledge and other skills are taught, practiced and learned. The principle is adopted by a program when there is explicit agreement of faculty to initiate CDIO, a plan of transition to a CDIO program and support from program leaders to sustain reform initiatives.

Rationale:

Recently graduated engineers should be able to Conceive-Design-Implement-Operate complex value-added engineering products and systems in modern team-based environments. They should be able to participate in engineering processes, contribute to the development of engineering products and do so while working in engineering organizations. This is the essence of the engineering profession.

Evidence:

- A mission statement, or other documentation approved by appropriate responsible bodies, that describes the program as being a CDIO program
- Faculty and students who can articulate the CDIO principle.

Standard 2 – CDIO Syllabus Outcomes*

Specific, detailed learning outcomes for personal, interpersonal, and product and system building skills, consistent with program goals and validated by program stakeholders.

Description:

The knowledge, skills and attitudes intended as a result of engineering education, i.e. the learning outcomes, are codified in the CDIO Syllabus. These learning outcomes, also called learning objectives, detail what students should know and be able to do at the conclusion of their engineering programs. In addition to learning outcomes for technical disciplinary knowledge (Section 1), the CDIO Syllabus specifies learning outcomes as personal, interpersonal and product and system building. Personal learning outcomes (Section 2) focus on individual students' cognitive and affective development, for example engineering reasoning and problem solving, experimentation and knowledge discovery, system thinking, creative thinking, critical thinking and professional ethics. Interpersonal learning outcomes (Section 3) focus on individual and group interactions, such as teamwork, leadership, and communication. Product and system building skills (Section 4) focus on conceiving, designing, implementing and operating systems in enterprise, business and societal contexts.

Learning outcomes are reviewed and validated by key stakeholders (groups who share an interest in the graduates of engineering programs) for consistency with program goals and relevance to engineering practice. In addition, stakeholders help to determine the expected level of proficiency, or standard of achievement, for each learning outcome.

Rationale:

Setting specific learning outcomes helps to ensure that students acquire the appropriate foundation for their future. Professional engineering organizations and industry representatives have identified key attributes of recently graduated engineers both in technical and professional areas. Moreover, many evaluation and accreditation bodies expect engineering programs to identify program outcomes in terms of their graduates' knowledge, skills and attitudes.

Evidence:

- learning outcomes that include knowledge, skills and attitudes of graduating engineers
- learning outcomes validated for content and proficiency level by key stakeholders (for example, faculty, students, alumni and industry representatives).

Standard 3 – Integrated Curriculum*

A curriculum designed with mutually supporting disciplinary subjects, with an explicit plan to integrate personal, interpersonal and product and system building skills.

Description:

A CDIO curriculum includes learning experiences that lead to the acquisition of personal, interpersonal and product and system building skills (Standard 2), integrated with the learning of disciplinary content. Disciplinary subjects are mutually supporting when they make explicit connections among related and supporting content and learning outcomes. An explicit plan identifies ways in which the integration of CDIO skills and multidisciplinary connections are to be made, for example by mapping CDIO learning outcomes to courses and co-curricular activities that make up the curriculum.

Rationale:

The teaching of personal, interpersonal and product and system building skills should not be considered an addition to an already full curriculum, but an integral part of it. To reach the intended learning outcomes in both disciplinary and personal, interpersonal and product and system building skills, the curriculum and learning experiences have to make dual use of available time. Faculty plays an active role in designing the integrated curriculum by suggesting appropriate disciplinary linkages as well as opportunities to address specific CDIO learning outcomes in their respective teaching areas.

Evidence:

- a documented plan that integrates CDIO skills with technical disciplinary content and that exploits appropriate disciplinary linkages
- inclusion of CDIO learning outcome in courses and co-curricular activities
- faculty and student recognition of CDIO learning outcome in the curriculum

Standard 4 – Introduction to Engineering

An introductory course that provides the framework for engineering practice in product and system building and introduces essential personal and interpersonal skills.

Description:

The introductory course, usually one of the first required courses in a program, provides a framework for the practice of engineering. This framework is a broad outline of the tasks and responsibilities of an engineer and the use of disciplinary knowledge in executing those tasks. Students engage in the practice of engineering through problem solving and simple design exercises, individually and in teams. The course also includes personal and interpersonal knowledge, skills and attitudes that are essential at the start of a program to prepare students for more advanced product and system building experiences. For example, students can participate in small team exercises to prepare for larger product based development teams.

Rationale:

Introductory courses aim to stimulate students' interest in and strengthen their motivation for the field of engineering by focusing on the application of relevant core engineering disciplines. Students usually elect engineering programs because they want to build things, and introductory courses can capitalize on this interest. In addition, introductory courses provide an early start to the development of the essential skills described in the CDIO Syllabus.

Evidence:

- learning experiences that introduce essential personal, interpersonal and product and system building skills
- student acquisition of CDIO learning outcomes described in Standard 2
- high levels of student interest in their chosen field of study, demonstrated for example in surveys or choices of subsequent elective courses.

Standard 5 – Design-Build Experiences*

A curriculum that includes two or more Design-Build experiences, including one at a basic level and one at an advanced level.

Description:

The term Design-Build experience denotes a range of engineering activities central to the process of developing new products and systems. Included are all of the activities described in Standard One at the Design and Implement stages plus appropriate aspects of conceptual design from the Conceive stage. Students develop product and system building skills, as well as the ability to apply engineering science in Design-Build experiences integrated into the curriculum. Design-Build experiences are considered basic or advanced in terms of their scope, complexity, and sequence in the program. For example, simpler products and systems are included earlier in the program, while more complex Design-Build experiences appear

in later courses designed to help students integrate knowledge and skills acquired in preceding courses and learning activities. Opportunities to conceive, design, implement and operate products and systems may also be included in required co-curricular activities, for example undergraduate research projects and internships.

Rationale:

Design-Build experiences are structured and sequenced to promote early success in engineering practice. Iteration of Design-Build experiences and increasing levels of design complexity reinforce students' understanding of the product and system development process. Design-Build experiences also provide a solid foundation upon which to build deeper conceptual understanding of disciplinary skills. The emphasis on building products and implementing processes in real world contexts gives students opportunities to make connections between the technical content they are learning and their professional and career interests.

Evidence:

- two or more required Design-Build experiences in the curriculum (for example, as part of an introductory course and an advanced course)
- required co-curricular opportunities for Design-Build experiences (such as research labs or internships)
- concrete learning experiences that provide the foundation for subsequent learning of disciplinary skills.

Standard 6 – CDIO Workspaces**Workspaces and laboratories that support and encourage hands-on learning of product and system building, disciplinary knowledge and social learning.****Description:**

The physical learning environment includes traditional learning spaces, for example classrooms, lecture halls and seminar rooms, as well as engineering workspaces and laboratories. Workspaces and laboratories support the learning of product and system building skills concurrently with disciplinary knowledge. They emphasize hands-on learning in which students are directly engaged in their own learning, and provide opportunities for social learning, that is settings where students can learn from each other and interact with several groups. The creation of new workspaces, or remodelling of existing laboratories, will vary with the size of the program and resources of the institution.

Rationale:

Workspaces and other learning environments that support hands-on learning are fundamental resources for learning the process of designing, building and testing products and systems. Students who have access to modern engineering tools, software and laboratories have opportunities to develop the knowledge, skills and attitudes that support product and system building competencies. These competencies are best developed in workspaces that are student-centered, user-friendly, accessible and interactive.

Evidence:

- adequate spaces equipped with modern engineering tools
- workspaces that are student-centered, user-friendly, accessible and interactive
- high levels of faculty, staff, and student satisfaction with the workspaces.

Standard 7 – Integrated Learning Experiences*

Integrated learning experiences that lead to the acquisition of disciplinary knowledge as well as personal, interpersonal and product and system building skills.

Description:

Integrated learning experiences are pedagogical approaches that foster the learning of disciplinary knowledge simultaneously with personal, interpersonal and product and system building skills. They incorporate professional engineering issues in contexts where they coexist with disciplinary issues. For example, students might consider the analysis of a product, the design of the product, and the social responsibility of the designer of the product all in one exercise. Industrial partners, alumni and other key stakeholders are often helpful in providing examples of such exercises.

Rationale:

The curriculum design and learning outcomes prescribed in Standards 2 and 3 respectively, can be realized only if there are corresponding pedagogical approaches that make dual use of student learning time. Furthermore, it is important that students recognize engineering faculty as role models of professional engineers, instructing the students in both disciplinary skills and personal, interpersonal and product and system building skills. With integrated learning experiences, faculty can be more effective in helping students apply disciplinary knowledge to engineering practice and better prepare them to meet the demands of the engineering profession.

Evidence:

- integration of CDIO learning outcomes and disciplinary skills into learning experiences
- direct involvement of engineering faculty in implementing integrated learning experiences
- involvement of industrial partners and other stakeholders in the design of learning experiences.

Standard 8 – Active Learning**Teaching and learning based on active experiential learning methods.****Description:**

Active learning methods engage students directly in thinking and problem solving activities. There is less emphasis on passive transmission of information and more on engaging students in manipulating, applying, analyzing and evaluating ideas. Active learning in lecture-based courses can include such methods as partner and small-group discussions, demonstrations, debates, concept questions and feedback from students about what they are learning. Active learning is considered experiential when students take on roles that simulate professional engineering practice, for example Design-Build projects, simulations and case studies.

Rationale:

Students remember less than a fourth of what they hear and only about half of what they see and hear. By engaging students in thinking about concepts, particularly new ideas, and requiring some kind of overt response, students not only learn more, they recognize for themselves what and how they learn. This process of metacognition helps to increase students' motivation to achieve program learning outcomes and form habits of lifelong learning. With active learning methods, instructors can help students make connections among key concepts and facilitate the application of this knowledge to new settings.

Evidence:

- successful implementation of active learning methods, documented, for example by observation or self-report
- a majority of instructors using active learning methods
- high levels of student achievement of all CDIO learning outcomes
- high levels of student satisfaction with learning methods.

Standard 9 – Enhancement of Faculty CDIO Skills***Actions that enhance faculty competence in personal, interpersonal and product and system building skills.****Description:**

CDIO programs provide support for faculty to improve their own competence in the personal, interpersonal and product and system building skills described in Standard 2. They develop these skills best in contexts of professional engineering practice. The nature and scope of faculty development vary with the resources and intentions of different programs and institutions. Examples of actions that enhance faculty competence include: professional leave to work in industry, partnerships with industry colleagues in research and education projects, inclusion of engineering practice as a criterion for hiring and promotion and appropriate professional development experiences at the university.

Rationale:

If faculty are expected to teach a curriculum of personal, interpersonal and product and system building skills integrated with disciplinary knowledge as described in Standards 3, 4, 5 and 7, they need to be competent in those skills themselves. Many engineering professors tend to be experts in the research and knowledge base of their respective disciplines with only limited experience in the practice of engineering in business and industrial settings. Moreover, the rapid pace of technological innovation requires continuous updating of engineering skills. Faculty needs to enhance their engineering knowledge and skills so that they can provide relevant examples to students and also serve as role models of contemporary engineers.

Evidence:

- majority of faculty with competence in personal, interpersonal and product and system building skills, demonstrated for example by observation and self-report
- high number of faculty with experience in engineering practice
- university's acceptance of professional development in these skills in its faculty evaluation and hiring policies and practices
- commitment of resources for faculty development in these skills.

Standard 10 – Enhancement of Faculty Teaching Skills

Actions that enhance faculty competence in providing integrated learning experiences, in using active experiential learning methods and in assessing student learning.

Description:

A CDIO program provides support for faculty to improve its competence in integrated learning experiences (Standard 7), active and experiential learning (Standard 8) and assessing student learning (Standard 11). The nature and scope of faculty development practices will vary with programs and institutions. Examples of actions that enhance faculty competence include: support for faculty participation in university and external faculty development programs, forums for sharing ideas and best practices and emphasis in performance reviews and hiring on effective teaching skills.

Rationale:

If faculty members are expected to teach and assess in new ways as described in Standards 7, 8 and 11, they need opportunities to develop and improve these skills. Many universities have faculty development programs and services that might be eager to collaborate with CDIO program faculty. In addition, if CDIO programs want to emphasize the importance of teaching, learning and assessment, they must commit adequate resources for faculty development in these areas.

Evidence:

- majority of faculty with competence in teaching, learning and assessment methods, demonstrated for example by observation and self-report
- university's acceptance of effective teaching in its faculty evaluation and hiring policies and practices
- commitment of resources for faculty development in these skills.

Standard 11 – CDIO Skills Assessment***Assessment of student learning in personal, interpersonal and product and system building skills, as well as in disciplinary knowledge.****Description:**

Assessment of student learning is the measure of the extent to which each student achieves specified learning outcomes. Instructors usually conduct this assessment within their respective courses. Effective learning assessment uses a variety of methods matched appropriately to learning outcomes that address disciplinary knowledge as well as personal, interpersonal and product and system building skills as described in Standard 2. These methods may include written and oral tests, observations of student performance, rating scales, student reflections, journals, portfolios and peer and self-assessment.

Rationale:

If we value personal, interpersonal and product and system building skills, set them as learning outcomes and design them into curriculum and learning experiences, then we must have effective assessment processes for measuring these skills. Different categories of learning outcomes require different assessment methods. For example, learning outcomes related to disciplinary knowledge may be assessed with oral and written tests, while those related to Design-Build skills may be better measured with recorded observations. Using a variety of assessment methods accommodates a broader range of learning styles and increases the reliability and validity of the assessment data. As a result, determinations of students' achievement of the intended learning outcomes can be made with greater confidence.

Evidence:

- assessment methods matched appropriately to CDIO learning outcomes
- successful implementation of assessment methods
- high number of instructors using appropriate assessment methods
- determination of student achievement based on reliable and valid data.

Standard 12 – CDIO Program Evaluation

A system that evaluates programs against these twelve standards and provides feedback to students, faculty and other stakeholders for the purposes of continuous improvement.

Description:

Program evaluation is a judgment of the overall value of a program based on evidence of a program's progress toward attaining its goals. A CDIO program should be evaluated relative to these 12 CDIO Standards. Evidence of overall program value can be collected with course evaluations, instructor reflections, entry and exit interviews, reports of external reviewers, and follow-up studies with graduates and employers. The evidence can be regularly reported back to instructors, students, program administrators, alumni and other key stakeholders. This feedback forms the basis of decisions about the program and its plans for continuous improvement.

Rationale:

A key function of program evaluation is to determine the program's effectiveness and efficiency in reaching its intended goals. Evidence collected during the program evaluation process also serves as the basis of continuous program improvement. For example, if in an exit interview a majority of students reported that they were not able to meet some specific learning outcome, a plan could be initiated to identify root causes and implement changes. Moreover, many external evaluators and accreditation bodies require regular and consistent program evaluation.

Evidence:

- a variety of program evaluation methods used to gather data from students, instructors, program leaders, alumni and other key stakeholders
- a documented continuous improvement process based on results of the program evaluation
- data-driven changes as part of a continuous improvement process.