

## Matematisk modellering ved den naturvidenskabelige basisuddannelse udvikling af et kursus

Blomhøj, Morten; Højgaard Jensen, Tomas; Kjeldsen, Tinne Hoff; Ottesen, Johnny Tom

*Publication date:*  
2001

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

*Citation for published version (APA):*  
Blomhøj, M., Højgaard Jensen, T., Kjeldsen, T. H., & Ottesen, J. T. (2001). *Matematisk modellering ved den naturvidenskabelige basisuddannelse: udvikling af et kursus*. Roskilde Universitet. Tekster fra IMFUFA Nr. 402 <http://milne.ruc.dk/lmfufaTekster/pdf/402.pdf>

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact [rucforsk@ruc.dk](mailto:rucforsk@ruc.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

**TEKST NR 402**

**2001**

**Matematisk modellering ved den  
naturvidenskabelige basisuddannelse  
- udvikling af et kursus**

Morten Blomhøj,  
Tomas Højgaard Jensen,  
Tinne Hoff Kjeldsen og  
Johnny Ottesen

**TEKSTER fra**

**IMFUFA** **ROSKILDE UNIVERSITETSCENTER**  
INSTITUT FOR STUDIET AF MATEMATIK OG FYSIK SAMT DERES  
FUNKTIONER I UNDERVISNING, FORSKNING OG ANVENDELSER

IMFUFA, RUC, Postboks 260, 4000 Roskilde, Danmark

Matematisk modellering ved den naturvidenskabelige basisuddannelse – udvikling af et kursus.

Af: Morten Blomhøj, Tomas Højgaard Jensen, Tinne Hoff Kjeldsen og Johnny Ottesen.

IMFUFA-tekst nr. 402/01, 83 sider.

---

Abstract:

Denne rapport omhandler udviklingen af et kursus i matematisk modellering ved den Naturvidenskabelig Basisuddannelse på Roskilde Universitetscenter.

I rapporten gør vi rede for den grundlæggende filosofi bag kurset: Det at kunne opstille, anvende, analysere og kritisere matematiske modeller rummer en række kompetencer, der har matematisk viden og kunnen som grundlag, men som ikke kan udvikles alene gennem arbejde med matematiske teorier og metoder. Vi sammenfatter disse kompetencer i begrebet ”matematisk modelkompetence”. Dette begreb er anvendt som ledetråd ved udvikling af kurset.

Pædagogisk er kurset tilrettelagt ud fra den antagelse, at modelkompetence bedst udvikles gennem at praktisere den i tilrettelagte modelleringsforløb. Svarende hertil er kurset bygget op omkring en række mindre modelleringsforløb.

Indholdsmæssigt er kurset koncentreret om modellering inden for det naturvidenskabelige og specielt det biologiske område. Hvad angår det matematiske indhold ligger hovedvægten på modellering af dynamiske fænomener ved hjælp af differentialligninger og differentialligningssystemer.

Ud fra en spørgeskemaundersøgelse, undervisningsobservationer, interview af udvalgte studerende og vores erfaringer fra kursusundervisningen og evaluering af de studerendes udbytte har vi identificeret en række principielle vanskeligheder ved at udvikle modelkompetence gennem kursusundervisning.

Som altid når det drejer sig om udvikling af et kursus i en bestemt undervisningsmæssig kontekst er refleksioner og erfaringer i nogen grad bundet til netop denne kontekst. Vi mener imidlertid, at dette udviklingsarbejde rummer en række begrebsafklaringer, pædagogiske refleksioner og erfaringer, der er relevante for matematikundervisere på indledende trin af universitære studier inden for det naturvidenskabelige områder. Rapporten er skrevet med denne målgruppe for øje.

# Indhold

<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Baggrund</b>	<b>7</b>
2.1	RUC, NAT-BAS og BASE . . . . .	7
2.2	Hvorfor et kursus i modellering? . . . . .	9
2.3	Kursets formål og tidsmæssige rammer . . . . .	11
2.4	Hvad er matematisk modelkompetence? . . . . .	11
2.5	Modelkompetence og kursusundervisning . . . . .	18
<b>3</b>	<b>Kursets struktur og indhold</b>	<b>25</b>
3.1	Miniprojekter som omdrejningspunkt . . . . .	25
3.2	Valg af kursets indhold . . . . .	26
3.3	Kursusnoterne . . . . .	31
3.4	Arbejdsformer . . . . .	34
3.5	Feedback og evalueringsformer . . . . .	35
3.6	Evalueringkriterier . . . . .	36
3.7	Eksempler på delforløb fra kurset . . . . .	40
<b>4</b>	<b>Refleksioner</b>	<b>49</b>
4.1	De studerendes oplevelse af kurset . . . . .	49
4.2	Analyse af de studerendes tilbagemelding . . . . .	55
<b>5</b>	<b>Sammenfatning og konklusion</b>	<b>61</b>
5.1	Forhold der er ændret . . . . .	61
5.2	Kursusafviklingen i studieåret 2000/2001 . . . . .	61
5.3	Fortsatte vanskeligheder . . . . .	62
5.4	Konklusion . . . . .	64
<b>A</b>	<b>Spørgeskema-besvarelser</b>	<b>65</b>
	<b>Litteratur</b>	<b>83</b>

# 1 Indledning

Med denne rapport afsluttes arbejdet med udvikling af et kursus i elementær matematisk modellering (kaldet BASE) ved den Naturvidenskabelige Basisuddannelse (NAT-BAS) på Roskilde Universitetscenter (RUC). Sammen med undervisningsmaterialet til kurset (nyeste version kan rekvireres ved henvendelse til IMFUFA@ruc.dk) er det sigtet med rapporten at give en samlet dokumentation for udviklingen af kurset både indholdsmæssigt og pædagogisk.

Udviklingsarbejdet har i studieårne 99/00 og 00/01 været støttet af Dansk Center for Naturvidenskabsdidaktik (DCN), og DCN har desuden bevilget midler til en forskningsmæssig bearbejdelse og formidling af erfaringerne fra udviklingsarbejdet. Denne del af projektet afsluttes med udgangen af 2001. Vi vil gerne benytte lejligheden til at takke DCN for denne støtte.

Den grundlæggende filosofi eller idé bag kurset er, at det at kunne opstille, anvende, analysere og kritisere matematiske modeller rummer en række kompetencer, der ikke udvikles alene gennem arbejdet med de matematiske teorier og metoder som modellerne er baseret på. Matematisk viden er naturligvis en vigtigt forudsætning for matematisk modellering. Men matematisk modellering kræver også kompetence til skabe forbindelse mellem forskellige fænomener og formelle matematiske repræsentationer, samt kompetencer til at kunne analysere, reflektere over og formidle forholdet mellem model og virkelighed. Pædagogisk er kurset tilrettelagt ud fra den antagelse at sådanne kompetencer udvikles gennem at praktisere dem i tilrettelagte modelleringsforløb. Indholdsmæssigt er kurset koncentreret om modellering inden for det naturvidenskabelige og specielt det biologiske område. Hvad angår det matematiske indhold ligger hovedvægten på modellering af dynamiske fænomener ved hjælp af differentiaalligninger og differentiaalligningssystemer.

Som altid når det drejer sig om udvikling af et kursus i en bestemt undervisningsmæssig kontekst er refleksioner og erfaringer i nogen grad bundet til netop denne kontekst. Vi mener imidlertid, at dette udviklingsarbejde rummer en række begrebsafklaringer, pædagogiske refleksioner og erfaringer, der er relevante for matematikundervisning på indledende trin af universitære studier inden for det naturvidenskabelige områder. Rapporten er således

skrevet med denne målgruppe for øje.

I kapitel 2 beskriver vi de institutionelle rammerne for kurset og vi klargør, hvad vi mener med begreberne matematisk modellering og modelkompetence. Endvidere diskutere vi mulighederne og begrænsningerne i at udvikle de studerendes modelkompetencer gennem kursusundervisning. Kapitel 3 giver en nærmere præsentation af kursets indhold og struktur, kursusnoternes opbygning, den konkrete organisering af undervisningen og evalueringen af de studerendes udbytte af kurset. I kapitel 4 præsenterer og diskuterer vi de studerendes oplevelser af kurset i studieåret 99/00 som de er kommet til udtryk i undervisningen, i en spørgeskemaundersøgelse og gennem interview af udvalgte studerende i den sidste del af kurset. Afsluttende giver vi i kapitel 5 en kort status over udviklingen af kurset.

## 2 Baggrund

I dette kapitel beskrives kort den institutionelle kontekst og det pædagogiske grundlag for udviklingen af BASE-kurset.

### 2.1 RUC, NAT-BAS og BASE

Den Naturvidenskabelige Basisuddannelse (NAT-BAS) er et toårigt forløb, der giver adgang til RUC's overbygningsstudier. Efter NAT-BAS gennemfører langt de fleste studerende en kombinationsuddannelse med et eller to fag fra det naturvidenskabelige hovedområde. Der optages årligt omkring 160 studerende ved NAT-BAS.

NAT-BAS er – som alle andre studier ved RUC – projektorganiseret. Projektarbejdet er normeret til halvdelen af studietiden. Uddannelsen omfatter fire semestre, og i hvert semester gennemfører de studerende et problemorienteret projektarbejde i grupper af typisk 4-8 studerende. Projekterne gennemføres under vejledning af en lærer, men det er en central del af projektgruppernes arbejde at formulere og afgrænse det problem, der skal arbejdes med i projektet.

Projekterne i de tre første semestre er tematisk bundne af semesterbindinger. I første semester er det anvendelsen af naturvidenskab i teknik og samfund, der skal belyses gennem projektarbejdet. I andet semester skal projektarbejdet belyse brugen af teorier, modeller og eksperimenter i naturvidenskaberne. I tredje semester skal der arbejdes med naturvidenskab som kulturelt og samfundsmæssigt fænomen. I fjerde semester skal projektarbejdet inddrage og omhandle naturvidenskabelige teorier, metoder og fænomener, men er derudover frit. Mindst et af projekterne på basisuddannelsen skal indeholde eksperimentelt arbejde – dvs. at man skal tilvejebringe og behandle egne måleresultater.

Den anden halvdel af studietiden er afsat til kursusarbejde. Hver studerende skal i løbet af NAT-BAS gennemføre syv fagligt organiserede kursusforløb – fordelt med to i hver af de tre første semestre og et i det sidste. Hertil kommer et særligt kursus, der består af tre mindre introduktionsforløb til projektarbejdet og semesterbindingerne i hver af de tre første semestre.

Kursusundervisningen er organiseret således, at den studerende i hvert semester kan vælge to kurser ud af en kursusvifte på ca. 25 kurser. Der er kurser i matematik, fysik, kemi, biologi, datalogi, geologi, geografi, miljøplanlægning, videnskabsteori, og naturvidenskabernes uddannelsesteori. Hvert kursus har et ugentligt omfang på 2 gange 3 timer og omfatter i alt 26 kursusgange per semester. I løbet af NAT-BAS skal man gennemføre mindst to matematikbaserede kurser.

Projekterne og kurserne udfylder to forskellige funktioner i uddannelsesforløbet på NAT-BAS.

Kurserne har til hensigt at præsentere de studerende for centrale teorier og metoder inden for de fag, der er repræsenteret ved NAT-BAS. Kurser tilrettelægges med henblik på at støtte de studerendes tilegnelse af systematisk organiseret fagligt stof. Et vigtigt sigte er naturligvis, at de studerende tilegner sig begreber og teorier, som de konkret kan bygge på i deres overbygningsstudier. Kursusudbudet på NAT-BAS skal imidlertid også tjene til at give de studerende grundlag for at træffe et kvalificeret valg af overbygningsstudier, og til at de studerende er bredt orienterede inden for det naturvidenskabelige område uanset deres efterfølgende valg af overbygningsstudie. Sidst men ikke mindst er det et selvstændigt formål med kurserne at kvalificere projektarbejdet ved at præsentere teorier og metoder, som de studerende kan trække på i deres projektarbejde.

Kurserne udbydes af de overbygningsfag, der er repræsenteret ved NAT-BAS. De er typisk beskrevet ved de faglige emner, som behandles i undervisningen, og ofte er indholdet givet i form af en lærebog, der gennemgås på kurset. Det er i høj grad de lærere, der underviser på kurset – typisk gennem mange semestre – der bestemmer kursets indhold og form.

Projektarbejdet sigter på, at de studerende skal udvikle en eksemplarisk indsigt i at formulere og behandle naturvidenskabelige problemstillinger. De tre første semesterbindinger repræsenterer en ambition om, at de studerende kommer til at arbejde med naturvidenskabelige problemstillinger ud fra forskellige perspektiver.

Projekter og kurser varetager altså forskellige funktioner i NAT-BAS, og samspillet mellem disse to elementer er af afgørende betydning for kvaliteten af uddannelsen. Derfor foregår der også løbende drøftelser heraf i studienævnet og på uddannelsen generelt.

Netop fordi kurserne udbydes og udvikles af fagmiljøerne er der en indbygget tendens til, at det enkelte kursus udvikler sig efter det enkelte fags egen logik. Dette er hensigtsmæssigt ud fra en praktisk organisering af kursusundervisningen og ud fra mange af formålene med kursusundervisningen på NAT-BAS. Men sigtet om at kursusundervisningen skal bidrage til at kvalificere projektarbejdet varetages ikke nødvendigvis på denne måde. Samtidig



kan der være centrale faglige kompetencer for en naturvidenskabelig basisuddannelse, der ikke naturligt varetages af kurser, der er udviklet med udgangspunkt i de enkelte fag.

I 1997 tog studienævnet ved NAT-BAS initiativ til at overveje det samlede kursusudbud, specielt med henblik på at vurdere, om der var behov for udvikling af nye kurser, der kunne styrke den faglige identitet ved uddannelsen og bidrage til at øge kvaliteten i projektarbejdet. Der blev iværksat to udviklingsarbejder. Et, der rettede sig mod at udvikle et kursus, der kunne støtte de studerendes kompetencer til at designe, gennemføre, behandle data fra og kritisere naturvidenskabelige eksperimenter. Og et, der sigtede på at udvikle et kursus, der kunne støtte de studerendes kompetencer til at opstille, analysere og kritisere matematiske modeller.

Det var tanken, at man med disse to kurser kunne identificere centrale transdisciplinære faglige kompetencer i en naturvidenskabelig basisuddannelse. Foruden at bidrage til, at de studerende udvikler vigtige kompetencer vedrørende eksperimentelt arbejde og matematisk modellering, var det altså også tanken, at disse kurser kunne tjene til at udpege centrale elementer i NAT-BAS og dermed bidrage til at styrke den faglige identitet såvel internt som eksternt.

Udviklingsarbejdet vedrørende et kursus i eksperimentelt arbejde er af forskellige grunde – blandet andet ressourcemæssige – endnu ikke realiseret. Det andet udviklingsarbejde er det, der beskrives i denne rapport.

## 2.2 Hvorfor et kursus i modellering?

Matematiske modeller spiller en væsentlig rolle i projektarbejdet på NAT-BAS. Mange projekter i første semester inddrager analyse af matematiske modeller, der er blevet anvendt i forbindelse med samfundsmæssige problemstillinger. I anden semester er det almindeligt, at de studerende selv opstiller, analyserer eller anvender en eller anden form for matematisk model i deres projektarbejde, og i fjerde semester forekommer der ofte projekter, hvor brugen af en matematisk model eller matematisk modellering indgår som et centralt element. Erfaringerne fra sådanne projekter viser, at selvom de studerende ofte har en god forståelse af de modeller, de arbejder med, og for modellernes relation til projektets overordnede problemstilling, så har mange studerende ofte meget svært ved selv at anvende matematik til at opstille og analysere matematiske modeller. Det gælder også i situationer, hvor de studerende i teknisk forstand faktisk besidder de nødvendige faglige matematiske forudsætninger.

Erfaringer fra overbygningsstudier, hvor der i opbygningen og i anven-

delsene af teorierne indgår matematiske modeller, viser, at der er mange studerende, der har vanskeligt ved selv at opstille, analysere og ræsonnere ved hjælp af simple matematiske modeller. Dette tyder på, at matematisk modellering og brugen af matematiske modeller involverer en særlige kompetence, der ikke i tilstrækkelig grad udvikles gennem traditionelle matematikkurser. I projekterne kan den enkelte studerende få eksemplariske erfaringer med modeller og modellering, men ikke træning i selv at udføre matematisk modellering.

Erfaringerne fra NAT-BAS og matematikoverbygningen tyder på at det kræver en særlig målrettet undervisningsindsats at støtte udviklingen af modelkompetence hos de studerende.<sup>1</sup>

Med termen modelkompetence referer vi til det at kunne gennemføre en matematisk modelleringsproces samt at kunne anvende, analysere og kritisere en matematisk model.<sup>2</sup> I afsnit 2.4 gennemgår vi en matematisk modelleringsproces, og på grundlag heraf udpeger vi centrale elementer i matematisk modelkompetence.

Modelkompetence er i mange sammenhænge af afgørende betydning ved studiet af naturvidenskab, og det er derfor naturligt at fokusere herpå, når man ønsker at udvikle kvaliteten af en naturvidenskabelig basisuddannelse. Samtidig er det en transdisciplinær kompetence. Modelkompetence hører ikke naturligt hjemme inden for et enkelt fagområde. Matematik spiller naturligvis en særlig rolle, men når det drejer sig om modellering af problemer eller fænomener uden for matematik, er der altid involveret viden og kompetencer fra andre fag. Inden for naturvidenskab er dette samspil ofte så tæt og kompliceret, at det er vanskeligt og ikke særligt frugtbart at forsøge at afgøre, hvor demarkationslinien mellem fagligheder der vedrører anvendelsesområdet og matematikken skal trækkes. NAT-BAS, der er tværfaglig i sin natur, er derfor en oplagt institutionel ramme for udvikling af modelkompetence, men også i NAS-BAS regi er det nyt at udvikle et kursus ud fra en kompetencebeskrivelse.

---

<sup>1</sup>Dette understøttes af matematikdidaktisk forskning vedr. modellering. Det kræver en målrettet indsats at udvikle kompetence til at kunne opstille, analysere og kritisere matematiske modeller. Se f.eks. Blum & Niss (1991).

<sup>2</sup>Kompetencebegrebet anvendes i stigende omfang i den pædagogisk debat, fordi det giver mulighed at referere direkte til det der er endemålet med al undervisningen; nemlig det at bringe mennesker er i stand til på indsigtsfuld måde at bemestre bestemte former for virksomhed i forskellige kontekster (Jørgensen; 1999).

## 2.3 Kursets formål og tidsmæssige rammer

På baggrund af ovenstående kan formålet med BASE-kurset formuleres således:

Kurset skal støtte udviklingen af modelkompetence hos de studerende således at de bliver i stand til at opstille, anvende, analysere og kritisere matematiske modeller i simple problemsituationer.

På forhånd var kurset dimensioneret som et dobbeltkursus. Det vil sige, at kursets skulle løbe over to semestre og omfatte i alt ca. 52 kursusgange af 2 gange 3 timer. Det lå også i rammebetingelserne, at kurset skulle rette sig mod de studerende, der har de svageste faglige forudsætning i matematik, når de starter på NAT-BAS. Det var fra starten studienævnets intention, at BASE-kurset med tiden skulle være den naturlige måde at opfylde kravet om to matematikbaserede kurser for de studerende, der ikke havde tænkt sig at læse matematik og/eller fysik på overbygningen. I praksis betyder det, at kurset i teknisk matematisk henseende skulle bygge på B-niveau i matematik fra gymnasiet. Men det lå samtidig klart, at kurset ikke skulle have en egentlig suppleringsfunktion i forhold til de studerendes matematiske forudsætninger.

Dette tegner i store træk baggrunden for beslutning om at udvikle et kursus i matematisk modellering ved NAT-BAS.

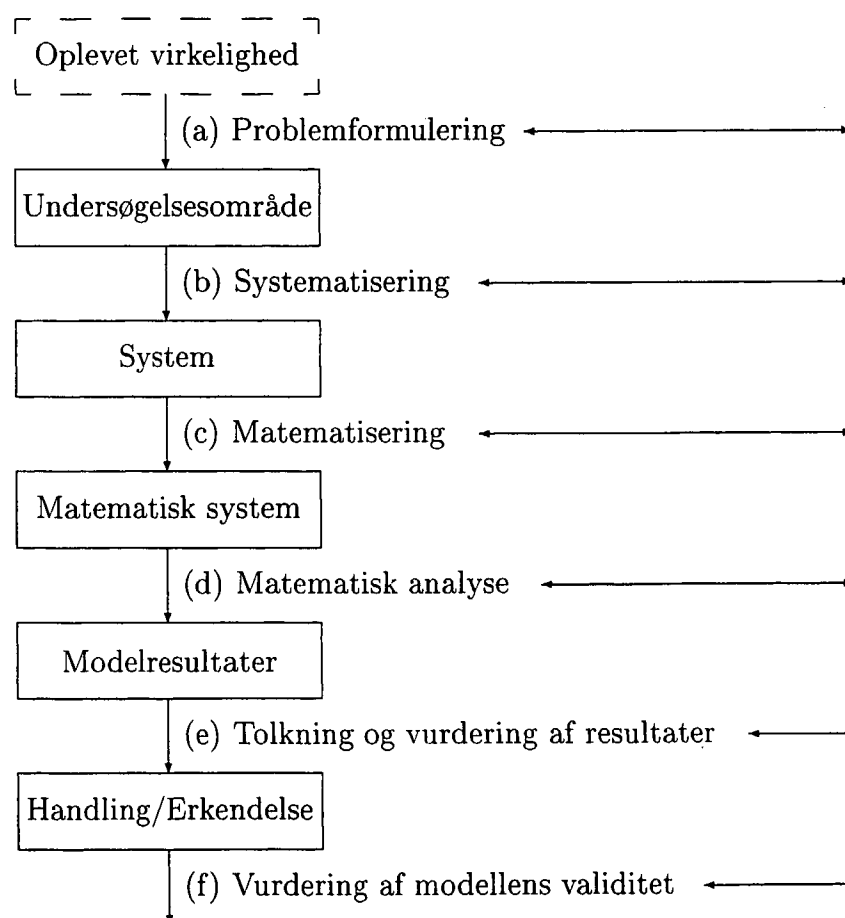
## 2.4 Hvad er matematisk modelkompetence?

Bag udviklingsarbejdet og formuleringen af formålet med kurset ligger der som nævnt en grundlæggende tese om, at det er muligt at beskrive en kompetence som knytter sig specifikt til matematisk modellering, og som er potentielt brugbar inden for et bredt spektrum af naturvidenskabelige områder, samt at det er muligt at støtte udviklingen af en sådan modelkompetence gennem kursusundervisning. For at kunne udfolde og diskutere denne tese lidt nærmere er det nødvendigt med en kort fremstilling af, hvad en matematisk modelleringsproces er, og hvad vi mener med modelkompetence.

Først og fremmest må det præciseres, hvad begrebet en matematisk model dækker over. En matematisk model er ikke en ting, men derimod en relation mellem to ting; nemlig en relation mellem et ikke-matematisk objekt og en samling af matematiske objekter, der kan fortolkes som repræsentationer af visse træk ved objektet. En matematisk model er således altid en model af noget - i modsætning til f.eks. en fotomodel - og kan derfor kun forstås som sådan under en synsvinkel, der rummer både modellens objekt og dens matematiske repræsentation. Allerede dette forhold konstituerer et pædagogisk problem, når man ønsker at undervise i matematisk modellering.

Når matematik anvendes uden for matematikken selv, er der altid tale om opstilling eller brug af en matematisk model. Matematisk modellering omfatter altså al anvendelse af matematik uden for matematikken. Selvom det ved anvendelsen af matematiske modeller - både i samfundsmæssige og videnskabelige sammenhænge - ofte er svært at få øje på, ligger der en modelleringsproces til grund for enhver matematisk model. Analytisk kan en matematisk modelleringsproces beskrives som et cyklisk udviklingsforløb, der omfatter følgende seks delprocesser: (a) Problemformulering, (b) Systemafgrænsning, (c) Matematisering, (d) Analyse af modellen, (e) Tolkning og vurdering af modellens resultater, (f) Vurdering af modellens validitet. Figur 2.1 viser en grafisk model af en matematisk modelleringsproces.

**Figur 2.1** En model af den matematiske modelleringsproces



Modelkompetence omfatter en række delkompetencer, der er knyttet til delprocesserne i en matematisk modelleringsproces. Derfor vil vi i det følgende beskrive disse delprocesser lidt nærmere. Men det er vigtigt at understrege, at modelkompetence ikke kan reduceres til summen af disse delkompetencer.

I mange modelleringsprocesser er enkelte af de seks delprocesser imidlertid kun implicit tilstede; men processerne (a)-(e) er principielt tilstede i enhver modelleringsproces. En modelleringsproces forløber typisk heller ikke trinvis fremadskridende fra (a) til (f). Ofte indebærer processen en tilbagevenden til de enkelte delprocesser (a)-(f) således, at modellen revideres og udvikles på baggrund af erfaringer og resultater fra (d), (e) og (f). Det gælder i høj grad også formuleringen af det problem der arbejdes med. Også når det drejer sig om anvendelse af matematiske standard modeller er delprocesserne (a)-(e) involveret, selv om systemafgrænsningen her foretages implicit ved valg af model - tænk f.eks. på eksponentiel vækst.

Proces (f) har en særlig karakter, fordi den involverer refleksion over hele modelleringsforløbet og over erfaringerne med processerne (d) og (e) i forbindelse med flere forskellige anvendelser af modellen. Derfor er der særlige pædagogiske problemer forbundet med at lære de studerende at vurdere en models validitet.

### 2.4.1 Ad (a) Problemformulering

Udgangspunktet for opstilling af en matematisk model er et oplevet virkelighedsudsnit og en interesse i at beskrive, forklare, forstå eller beherske forhold eller fænomener der indgår heri.

Den eller de interesser, der motiverer en modelleringsproces vil i høj grad præge formuleringen af det problem, der bliver udgangspunkt for modelleringsprocessen. Modelbyggerne har altid en forhåndsviden/opfattelse angående de sammenhænge, problemet vedrører. Denne viden kan være af vidt forskellig karakter, spændende lige fra personlige forestillinger over mere eller mindre empirisk begrundede erfaringer til veletablerede videnskabelige teorier. Allerede valg og formulering af det problem, der danner udgangspunkt for en matematisk modelleringsproces, er således påvirket af hvilke interesser, der ligger bag ønsket om at opstille og/eller anvende en matematisk model samt af det vidensgrundlag, modelleringsprocessen kan bygge på. Hermed er det klart, at en matematisk modelleringsproces allerede i sit udgangspunkt er af tværfaglig karakter. Med denne beskrivelse af problemformuleringsprocessen bliver det også tydeligt, at der er gode pædagogiske argumenter for at fremme udvikling af matematisk modelkompetence. En sådan kompetence er i høj grad bestemmende for, hvilke problemer man overhovedet har mulighed

for at formulere.

### 2.4.2 Ad (b) Systemafgrænsning

Sammen med den oplevede virkelighed udgør formuleringen af eller forestillingen om det problem modellen skal belyse, objektet for modelleringsprocessen. Men objektet lader sig typisk ikke umiddelbart beskrive matematisk. Det er som oftest uklart afgrænset i forhold til konteksten. Objektet for modelleringsprocessen er simpelthen ikke veldefineret og derfor vanskeligt at fremstille i en sproglig eller symbolsk repræsentation, der muliggør en matematisk behandling. Det er nødvendigt at afgrænse og konstruere et system, der reducerer og strukturerer det objekt, der skal modelleres. Denne vigtige proces kalder vi for systemafgrænsning, fordi den fører frem til et system, der kan modelleres. Dette system er altså ikke en del af virkeligheden, men derimod netop konstrueret og afgrænset til lejligheden. Det er selvfølgelig sigtet, at systemet har så tæt en relation til virkeligheden, at en model af systemet kan belyse problemet. Systemafgrænsning må derfor baseres på viden om og erfaring med det objekt, der skal modelleres. Nogle gange kan der bygges på veletableret teoretisk viden om og konkrete empiriske undersøgelser af, hvad der bør være de centrale elementer og sammenhænge i systemet; men som oftest må man som modelbygger også inddrage mere ad hoc prægede og svagt erfaringsbaserede forestillinger om, hvilke størrelser og sammenhænge der kan være af central betydning for problemets belysning.

Systemafgrænsningen sigter på at føre frem til et system, der principielt er matematisk modelbart. Under denne proces bortskærer og idealiserer man - mere eller mindre bevidst - en række forhold, som har indflydelse på problemet. Der kan være flere grunde hertil. For det første ønsket om at etablere et overskueligt system, der kan undersøges med de til rådighed stående midler - herunder modellørens matematiske beredskab. Dernæst er der måske belæg for at antage, at nogle forhold er af underordnet betydning for problemet og derfor ikke skal repræsenteres i systemet. Endelig er det et vigtigt kriterium for afgrænsningen af systemet, at man skal have kendskab til de årsagssammenhænge, der virker mellem systemets forskellige elementer.

Resultatet af systemafgrænsningen søges som regel fastholdt i en sproglig form og/eller ved hjælp af en diagramteknik (f.eks. et strukturdiagrammer, Systems Dynamics eller kompartmentsdiagrammer). Herved bliver det lettere at underkaste systemet og systemafgrænsningen en kritisk refleksion. Systemafgrænsning er ikke en proces, der gennemføres en gang for alle, men sker netop i vekselvirkning med de andre delprocesser i modelleringsprocessen.

Også her bliver det tydeligt, at en modelleringsproces kræver et samspil mellem viden inden for forskellige fagområder. Matematisk viden spiller en

central rolle som grundlag for valg af, hvilken type matematisk model systemafgrænsningen skal lede frem imod, og for vurdering af hvilke sammenhænge det er muligt at repræsentere matematisk. Faglig viden om det fænomenområde som problemet tilhører er naturligvis også en vigtig del af grundlaget for systemafgrænsningen. Men det afgørende er samspillet mellem disse to former for viden.

Afgrænsningen af det system, der skal modelleres, adskiller en gang for alle modellen og dens resultater fra problemet, som det forelå for modelbyggerne i den oprindelige kontekst. Det er derfor helt afgørende for en efterfølgende vurdering af modellens anvendelighed at analysere relationerne mellem systemafgrænsningen og den teoretiske viden om det pågældende virkelighedsudsnit.

Resultatet af en sådan analyse vil placere modellen i en af følgende to kategorier.

- (1) Systemafgrænsningen kan konsekvensberegnes inden for rammerne af en videnskabelig teori. (I disse tilfælde er der som regel tale om fysiske eller evt. kemiske teorier). Eksempler kunne være modeller for radioaktivt henfald, bilers opbremsning, enzymkinetik og planeters omløbstider i solsystemet. Vi kan kalde sådanne modeller for teori-baserede.
- (2) Systemafgrænsningen kan ikke begrundes inden for rammerne af en sammenhængende teori, men må baseres på en række mere eller mindre velbegrundede antagelser om objektets strukturelle sammenhænge eller på rene ad hoc antagelser. Eksempler kan her være modeller for økologiske systemer (f.eks. rovdyr-byttedyr), fysiologiske systemer og økonomiske systemer (f.eks. de større makro-økonomiske modeller ADAM (Annual Danish Aggregate Model) og SMEC (Simulation Model of the Economic Council)). Vi kan kalde sådanne modeller for ad hoc modeller.

Det er naturligvis ikke sådan, at teori-baserede modeller nødvendigvis giver rigtigere resultater end ad hoc modeller. Den afgørende forskel ligger i den måde, hvorpå man kan vurdere gyldigheden af en model. For teori-baserede modeller er det muligt ud fra en teoretisk analyse at afgrænse deres gyldighedsområde. Man kan altså for en teori-baseret model fastlægge et anvendelsesområde, inden for hvilket det er godtgjort en gang for alle (under forudsætning af teoriens gyldighed), at modellen giver pålidelige resultater. Løst teori-tilknyttede og rene ad hoc modeller kan derimod kun vurderes ud fra en analyse af hele modelleringsprocessen set i forhold til en given anvendelse af modellen. I denne forbindelse spiller muligheden for at underkaste modellen empirisk kontrol en afgørende rolle.

### 2.4.3 Ad (c) Matematisering

Matematisering vil sige at give de årsagssammenhænge, som er medtaget i systemet, en matematisk repræsentation. Også her gælder det, at den matematiske beskrivelse kan have vidt forskellig erkendelsesmæssig status. I nogle tilfælde kan matematiseringen hentes direkte fra en veletableret teori for det pågældende område. I andre tilfælde kan der designes eksperimenter, til belysning af de udvalgte sammenhænge. I mange situationer er dette imidlertid heller ikke muligt, og man er her henvist til - mere eller mindre velbegrunderet - at antage, at sammenhængen kan beskrives med en eller anden matematisk standard sammenhæng. Den nærmere fastlæggelse af de medtagne parametre må i disse tilfælde foregå ved eksperimenter eller ved at ændre på parametrene ind til modellens output i rimelig grad svarer til kendte dataserier for det pågældende system. Denne proces kaldes også at "fytte parametre".

Matematisering virker ofte tilbage på systembeskrivelsen. Under indtryk af vanskelighederne med at beskrive de udvalgte sammenhænge matematisk foretager modelbyggeren typisk ændringer i systemet. Matematiseringsprocessen forløber således i samspil mellem modelbyggernes viden om systemets sammenhænge, deres matematiske ekspertise og modelbyggerens grundlæggende interesse bag opbygningen af modellen. Det vil sige, at der heller ikke mellem system og model består nogen entydig relation.

### 2.4.4 Ad (d) Matematisk analyse af modellen

Matematiseringen resulterer i en model, der er formuleret i et matematisk sprog, og som derfor kan analyseres ved hjælp af matematik. Formålet med analysen af modellen er naturligvis på den ene eller den anden måde at belyse det problem, der oprindeligt var udgangspunktet for opstillingen af modellen. Alt afhængig af dette formål og modellens karakter kan en sådan analyse foregå på mange forskellige måder. For simple systemer kan modellen f.eks. bestå af et ligningssystem, der kan løses analytisk. Ved hjælp af en sådan løsning har man så fastlagt, hvordan modellen opfører sig i en lang række situationer afhængig af begyndelses- og parametreværdier.

Når det drejer sig om autentiske anvendelser, der ikke er tilrettelagt med henblik på en undervisningssituation, er det imidlertid sjældent, at de opstillede modeller kan løses analytisk. Særligt når det drejer sig om dynamiske systemer (systemer, der beskriver en tidsmæssig udvikling) og/eller stokastiske systemer (systemer med tilfældige hændelser) er det undtagelsen frem for reglen, at det er muligt at løse modellerne analytisk. Sådanne modeller analyseres oftest ved hjælp af numeriske metoder eller ved hjælp af computersimulering. Fælles for disse metoder er, at de kræver edb-kraft.



Numerisk analyse af en model kan rette sig mod enten at løse modellens ligninger under ganske bestemte situationer for herved at få grundlag for at forudsige systemets udvikling kvantitativt, eller den kan rette sig mod at afdække systemet kvalitative egenskaber - det vil sige hvordan systemet overhovedet kan opføre sig.

Forsøg på at forudsige systemets udvikling forbinder sig ofte med interesser, der går i retning af at ville styre systemet gennem konsekvensberegninger af forskellige mulige indgreb i systemet. I forbindelse med sådanne anvendelser af matematiske modeller må der stilles store krav til dokumentation for fastlæggelse af begyndelsesbetingelser og parameterverdier for de simulerede forløb, samt til analyse af modelresultaternes følsomhed over for usikkerhederne på sådanne størrelser. Ønsket om at afdække systemets kvalitative egenskaber forbinder sig derimod snarere til en erkendelsesmæssig interesse i at forstå systemet. Sådanne anvendelser af matematiske modeller kan således spille en vigtig rolle ved udvikling af ny teori inden for det pågældende fagområde. Det gælder f.eks. inden for økologi og fysiologi.

I praksis kan man naturligvis ikke skelne skarpt mellem kvantitative og kvalitative resultater af en given model; men analytisk er denne skelnen vigtig, fordi jagten på kvantitative modelresultater ofte fører til, at modellerne udbygges og detaljeres langt udover vidensgrundlaget. Dette skyldes, at man i offentlige debatter og i erhvervsmæssige sammenhænge i høj grad godtager en given models store detaljeringsgrad som et argument for rigtigheden af dens resultater. Kvaliteten af modellens beskrivelse af de enkelte sammenhænge i systemet indgår så godt som aldrig i debatten. Modelleringsprocessen afskæres og bliver ikke gjort til genstand for refleksion. Det er alene modellens resultater, der vurderes. Svarende hertil er det næsten altid modellernes kvantitative resultater, der bruges til at fremme bestemte interesser i en offentlige debat.

### 2.4.5 Ad (e) Tolkning og vurdering af modelresultater

Resultaterne af en matematisk model må naturligvis fortolkes og vurderes i forhold til modelleringsprocessen og det oprindelige problem. For det første skal resultaterne fortolkes i forhold til systemet - hvad siger de om systemet og det oprindelige problem. For det andet må resultaternes gyldighed vurderes. Det kan dels ske inden for rammerne af modellen, og angå f.eks. følsomheds- og stabilitetsanalyse af modellens resultater. Dels kan resultaterne vurderes i forhold til den eksisterende viden om det modellerede system - er modellens forudsigelser troværdige og kan modellen producere resultater, der er i overensstemmelse med kendt viden om systemet.

Endelig kan modellens resultater i nogle tilfælde sammenlignes med ob-

serverede data for det system, modellen beskriver. Også her indgår der ofte matematik, f.eks. i form af statistiske test.

Sådanne vurderinger må indgå som grundlag for, hvordan modellens resultater kan anvendes – evt. som grundlag for indgreb i det “virkelighedsudsnit” systemet repræsenterer.

Denne proces fører imidlertid ofte til ændringer i en eller flere delprocesser i modelbygningen, jf. figur 2.1. Og først efter adskillige revisioner af modellen indgår dens resultater måske som grundlag for bestemte beslutninger eller som evidens for ny erkendelse om systemet.

#### 2.4.6 Ad (f) Vurdering af modellens validitet

Som tidligere nævnt rummer en (idealiseret) matematisk modelleringsproces en kritisk refleksion over hele processen og dens gyldighed. Den må bygge på en kritisk analyse af hele modelleringsprocessen og sigte på at afklare, i hvilken grad og inden for hvilket anvendelsesområde modellen kan forventes at belyse/besvare spørgsmål vedrørende det pågældende “virkelighedsudsnit”. En sådan undersøgelse kaldes en validitetsvurdering.

Tilgængelig dokumentation for forløbet af modelleringsprocessen og for de overvejelser, der ligger til grund for de mange valg, der er foretaget undervejs, er derfor afgørende for at udenforstående kan vurdere validiteten af en matematisk model. Validitetsvurdering bygger i høj grad på viden om det problemfelt, som modellen angår, men i høj grad også på en generel viden om matematisk modellering.

### 2.5 Modelkompetence og kursusundervisning

Modelkompetence kan nu defineres som den kompetence, der ligger i at kunne gennemføre en matematisk modelleringsproces som den er beskrevet i det foregående, og herunder altså også det at kunne anvende en matematisk model i en given sammenhæng.

Det er tydeligt, at en sådan kompetence trækker på mange forskellige typer af viden, bl.a. viden om det faglige område der modelleres indenfor og om de for opstilling og analyse af modellen relevante matematiske begreber og teknikker. Udvikling af modelkompetence må derfor ske med udgangspunkt i et nærmere afgrænset domæne. Ved tilrettelæggelsen af et kursus i matematisk modellering må det derfor overvejes nøje, hvordan der kan etableres hensigtsmæssige øvelsesbaner til støtte for de studerendes udvikling af modelkompetence, og hvordan man gradvist kan udvide domænet for de studerendes modelleringsaktiviteter. Det gælder med hensyn til, hvilke dele af

modelleringsprocessen der skal arbejdes med, og med hensyn til den matematik der inddrages i arbejdet samt de anvendelsesområder modelleringen angår.

I den type af undervisningsforløb som det er muligt at gennemføre inden for rammerne af et to semestres kursus på NAT-BAS vil det ikke være muligt eller hensigtsmæssigt at arbejde konsekvent med hele modelleringsprocessen. Den pædagogiske pointe, der ligger i at gennemføre hele modelleringsprocessen omfattende alle seks delprocesser realiseres langt bedre gennem det problemorienterede projektarbejde, hvilket også er baggrunden for semesterbindingen for 2. semester på NAT-BAS. Det ville simpelthen tage for lang tid, hvis der i kursusundervisningen skulle tilvejebringes ekstra-matematiske forudsætninger for, at de studerende kunne arbejde med hele modelleringsprocessen i hvert tilfælde. I modsætning til et kursusforløb er der i projektarbejdet mulighed for, at de studerende kan opbygge en faglig viden om det anvendelsesområde, indenfor hvilket modelleringen foregår, og derved få grundlag for at reflektere over de enkelte delprocesser i modelleringsprocessen. Sådanne refleksioner rummer en afgørende kvalitet i forhold til læreprocessen, hvad enten det drejer sig om selve det at gennemføre en matematisk modelleringsproces eller om at analysere anvendelsen af en model og den bagved liggende modelleringsproces.

I et kursus i matematisk modellering vil der imidlertid være gode muligheder for at støtte udviklingen af en række af de delkompetencer, der er nødvendige elementer i modelkompetence. Det drejer sig specielt om de delkompetencer, der knytter sig til processerne (c), (d) og (e). Disse processer er kognitivt krævende, fordi der her skal skabes en relation mellem abstrakte matematiske begreber og deres repræsentationer og ikke-matematiske sammenhænge. Specielt matematiseringsprocessen er vanskelig og forudsætter en relativ dyb forståelse af de matematiske begreber der anvendes. Udviklingen af sådanne delkompetencer fremmes gennem arbejde med mange forskellige modelleringsprocesser, hvor de studerende med støtte fra undervisningen selv kan være aktive.

Ud fra et teoretisk synspunkt er det derfor oplagt at tilrettelægge et modelleringskursus med henblik på, at de studerende får mulighed for mange gange at gennemføre processerne (c), (d) og (e) i modelleringsprocessen.

Det er således heller ikke intentionen, at BASE-kurset alene skal varetage udviklingen af modelkompetence i fuldt flor hos de studerende på NAT-BAS. Kurset er netop tænkt i sammenhæng med den rolle matematisk modellering spiller i projektarbejdet. Men det er selvfølgelig afgørende, at der i kurset nu og da arbejdes med den samlede modelleringsproces og at matematisk modellering som sådan diskuteres med de studerende. Herved øges mulighederne for, at de studerende kan almengøre de delkompetencer, de udvikler gennem

kurset. Strukturen af modelleringsprocessen bør så at sige blive en del af et kognitivt skelet som de studerende kan indordne deres erfaringer i.

Ved tilrettelæggelsen af et kurset er det således en vigtig pædagogisk afvejning på den ene side at sikre, at det bliver klart for de studerende, hvad en matematisk modelleringsproces er, og hvordan deres aktiviteter indgår i sådanne processer, og på den anden side at sikre at de studerende får tilstrækkelig tid og støtte til selv at opstille og analysere matematiske modeller i mange forskellige sammenhænge.

Som grundlag for den nærmere planlægning af kurset har vi derfor beskrevet, hvilke delkompetencer inden for matematisk modellering, der specielt skal sigtes på i undervisningen. Disse delkompetencer kan beskrives med reference til modelleringsprocessen som den er gengivet i figur 2.1.

### 2.5.1 Problemformulering

Det er oplagt, at det at kunne opdage og formulere et problem, der kan belyses ved hjælp af matematisk modellering er et vigtigt element i modelkompetence. Det er imidlertid vanskeligt at støtte udviklingen heraf gennem systematisk kursusundervisning. Det kræver langstrakte forløb, hvis de studerende selv skal arbejde med problemformulering. Hertil kommer at delkompetencerne (b), (c), (d) og (e) bedst udvikles ved, at de studerende arbejder med særligt tilrettelagte modelleringsproblemer, hvor de selv kan styre processen. Derfor skal de studerende ikke selv i kurset formulere modelleringsproblemer. Overvejelser vedrørende hvilke typer af naturvidenskabelige problemer, der kan belyses ved hjælp af matematisk modellering skal dog indgå ved gennemgang af eksempler og i diskussionerne af de studerendes modelleringsarbejde.

### 2.5.2 Systemafgrænsning

Det at kunne afgrænse og strukturere (konstruere) et system med henblik på efterfølgende matematisering betragter vi som en meget central delkompetence, der i høj grad kan udvikles og trænes gennem systematisk kursusundervisning.

En sådan kompetence kræver, at man kan anlægge og fastholde en synsvinkel på en kompleks problemstilling, og hermed gøre det muligt at strukturere og simplificere et problem uden at negligere afgørende sammenhænge. Det er oplagt, at en sådan kompetence er tæt knyttet til det specifikke anvendelsesområde, men vi mener samtidig, at den har et generelt element, der trænes og udvikles gennem kursusundervisning. Antagelsen er, at den der har arbejdet med systemafgrænsning inden for forskellige områder har lettere ved

at overføre kompetencen til nye anvendelsesområder. Derfor har vi ved tilrettelæggelsen af kurset søgt at udvikle mange forskellige problemstillinger, der gør det muligt for de studerende at arbejde med systemafgrænsning ud fra deres tidligere erfaringer.

### 2.5.3 Matematisering

Kompetencen til at kunne matematisere et system af ikke matematiske sammenhænge er naturligvis afgørende for modelkompetence. Men også det at kunne matematisere skal ses i sammenhæng med de øvrige delkompetencer, som matematisk modellering trækker på. I matematikdidaktiske sammenhænge reduceres modellering ofte til matematisering. En af pointerne med vores afklaring af indholdet i modelkompetence er netop at modvirke en ensidig fokusering på matematisering. Det er gennem indlejringen i modelleringsprocessen, at matematisering får mening for de studerende og dens udvikling afhænger af tæt samspil med de andre delkompetencer.

Kompetencen til matematisering indebærer for det første, at man kan vælge et hensigtsmæssigt matematisk begrebsunivers for modelleringen. Dette valg virker naturligvis tilbage på systembeskrivelsen. For det andet skal man kunne repræsentere systemets sammenhænge inden for dette begrebsunivers. Denne proces kræver ofte, at der foretages yderligere idealiseringer af nogle af systemets sammenhænge og matematiseringen spiller derfor tæt sammen med kompetence til at strukturere et system.

Kompetence til matematisering er i sit udgangspunkt bundet til det matematiske univers, der udvikles inden for. For at kunne matematisere må man naturligvis beherske de matematiske begreber, der indgår i den matematiske model, der opstilles. Beherskelse af et matematisk begrebsapparat i en matematisk kontekst er imidlertid ikke i sig selv tilstrækkelig som grundlag for matematisering. Det selv at kunne opstille en hensigtsmæssig matematisk repræsentation af en given sammenhæng rummer en selvstændig og afgørende delkompetence, der ikke kan reduceres til matematisk viden. Også her mener vi, at personlige erfaringer med matematisering inden for et matematisk område i en vis udstrækning kan overføres til matematisering ved hjælp af andre typer af matematik. Omvendt kan kompetence til matematisering i høj grad bruges som kriterium for en dyb og veludviklet forståelse af involverede matematiske begreber. Arbejde med matematisering kan opfattes som et pædagogisk middel til tilegnelse af matematik men ikke omvendt. Derfor er vi ved udviklingen af kurset meget opmærksomme på, hvilke matematik-faglige emner vi inddrager i arbejdet med matematisk modellering.

### 2.5.4 Matematisk analyse af modellen

At analysere en matematisk model handler om at opnå matematiske resultater ud fra analyser af modellen. Heri ligger både det at analysere modellen for at klarlægge hvilke relevante resultater, der kan opnås ud fra den, samt det at udføre de matematiske manipulationer, der skal til for konkret at opnå resultaterne. Et vigtigt element i denne kompetence er at kunne udnytte evt. data for systemets opførsel til fastlæggelse af begyndelses- og parameterværdier for relevante modelberegninger.

Viden om de relevante matematiske teorier og metoder (f.eks. forskellige transformationer) er naturligvis en grundlæggende forudsætning for udvikling af denne delkompetence, men den indebærer også evnen til at anvende en sådan viden i en given modelleringsproces. Det er f.eks. væsentligt at kunne glemme alt om virkeligheden og koncentrere sig om rent matematisk at udlede eller beregne konsekvenser af modellen. Delkompetencen omfatter også det at kunne benytte en computer til at opnå resultater ved hjælp af numerisk analyse eller simulering. Heri ligger der både det, at have kendskab til forskellige programmer og være i stand til at bruge dem samt den mere avancerede kompetence selv at kunne programmere. Det betyder, at algoritmisk tankegang er vigtig ved analyse af matematiske modeller.

Disse overvejelser har bl.a. betydet, at vi i kurset har valgt at integrere brugen af et avanceret grafisk og numerisk edb-værktøj i arbejdet med modellering.

### 2.5.5 Tolkning og vurdering af modellens resultater

Det handler om at kunne tolke modelresultater i forhold til det modellerede system og i forhold til det oprindelige problem, samt det at kunne vurdere resultaterne ud fra hvad der i øvrigt vides om systemet. I sin udbyggede form omfatter denne delkompetence også det at kunne forestille sig, hvilke andre typer af modelresultater, der kunne være relevante for belysning af det oprindelige problem samt en første vurdering af de enkelte modelresultaters gyldighed. F.eks. illustreret ved, at der stilles spørgsmål som: Hvilken betydning har de aktuelle begyndelses- og parameterværdier for modellens resultater? Hvilke kvalitativt forskellige resultater kan modellen producere? Hvordan opfører modellen sig i dens grænser, og hvad er fortolkningen heraf.

Denne delkompetence rummer en teknisk håndværksmæssig side, der kan udvikles gennem kursusundervisning, men den er samtidig et første skridt på vejen mod en kompetence til validering af matematiske modelleringsprocesser mere generelt. En sådan valideringskompetence kræver for de fleste formentlig en omfattende personlig erfaring med matematisk modellering i

mange forskellige situationer og skal derfor ikke forventes udviklet alene gennem deltagelse i to semesters modelleringskursus. I BASE-kurset arbejdes med analyse af modeller og fortolkning af modelresultater, mens kritisk validitetsvurdering kun indgår lejlighedsvis.

Hermed er der redegjort for de grundlæggende pædagogiske overvejelser bag udviklingen af BASE-kurset.





## 3 Kursets struktur og indhold

I dette kapitel præsenterer vi BASEs struktur og indhold samt de tilrettelæggelsesmæssige overvejelser, der ligger til grund herfor. Specielt redegøres for kursets forløb i studieåret 1999/2000. Vi beskriver noternes opbygning, de anvendte arbejdsformer samt feedback- og evalueringsformer, og diskuterer disse elementers betydning for kurset. Eksempler på opgaver og problemstillinger fra kurset præsenteres og diskuteres i forhold til sigtet med at udvikle de studerendes modelkompetence.

### 3.1 Miniprojekter som omdrejningspunkt

Alle de i kapitel 2 omtalte delkompetencer knytter sig specifikt til delprocesser af matematisk modellering. Hvis et kursus skal bidrage til at udvikle sådanne delkompetencer og dermed støtte udviklingen af modelkompetence, er det nødvendigt, at de studerende tilstrækkeligt ofte får lejlighed til selv at arbejde med disse elementer af matematisk modellering.

For at tilgodese dette behov har vi valgt at bygge kurset op om en række modelleringsproblemstillinger. Arbejdet med disse problemstillinger er organiseret som såkaldte miniprojekter, det vil sige gruppearbejde, hvor 3-4 studerende i fællesskab opstiller, analyserer, fortolker og kritiserer en matematisk model.

Arbejdet med miniprojekterne dokumenteres ved skriftlige rapporter, der rettes og kommenteres af lærerne og som på forskellig måde gøres til genstand for evaluering. I kurset får den enkelte studerende lejlighed til selv at arbejde med 5-6 miniprojekter, og deltager herudover i evalueringen af et tilsvarende antal miniprojekter som andre grupper har lavet. På denne måde får den enkelte studerende indgående kendskab til 10-12 modelleringsproblemstillinger, der er bearbejdet i miniprojekter.

Arbejdet med miniprojekterne er fordelt ud over hele kursusforløbet således, at de studerende i ca. 75% af tiden er engageret i at udføre eller evaluere et miniprojekt. Der afsættes samlet ca. 2 hele kursusgange (oftest fordelt på f.eks. 3 eller 4 kursusgange) til arbejdet med et miniprojekt. Derudover forventes det, at den enkelte studerende afsætter 8-10 timer til arbejdet med

et miniprojekt uden for kursustiden – inklusive rapportskrivning.

miniprojekterne skal også ses som en understregning af betydningen af skriftlig og mundtlig formidling i forbindelse med matematisk modellering. Det har efter vores opfattelse selvstændig værdi, at udvikle de studerendes kommunikative evner i forbindelse med matematisk modellering. Både i forhold til videre studier og senere professionel karriere er det af stor betydning, at de studerende trænes i at kommunikere klart og nuanceret om modeller og modelleringsprocesser.

Sideløbende med og mellem perioderne med miniprojekter gennemgås matematiske begreber og metoder herunder også numeriske metoder. miniprojekterne trækker i høj grad på disse teori-elementer. Fra starten af kurset introduceres til den numeriske software pakke MatLab og dette kraftfulde værktøj anvendes løbende af de studerede gennem kurset – specielt i forbindelse med miniprojekterne.

Rækken af miniprojekter repræsenterer progression både med hensyn til, hvilke dele af modelleringsprocessen de studerende skal arbejde med og med hensyn til de matematiske begreber og metoder, der er involveret i modelleringsarbejdet, jf. kapitel 2.

Valget af miniprojekter som omdrejningspunkt for kursets organisering er som nævnt begrundet i ønsket om, at de studerende på kurset i videst muligt omfang arbejder med modellering. Samtidig har det dog også været sigtet at bruge miniprojekterne til at tydeliggøre over for de studerende, hvad modelkompetence er, og hvad der er målet for deres deltagelse i kurset. I denne sammenhæng spiller lærernes skriftlige kommentarer til rapporterne samt forskellige former for fremlæggelser og diskussioner af miniprojekterne en afgørende rolle – mere herom i afsnit 3.6.

I forhold til samarbejdet i lærergruppen omkring udviklingen af BASE har organiseringen af miniprojekter også haft klarer positive konsekvenser. Gennem udvikling og diskussion af forslag til miniprojekter har lærerne fået lejlighed til at afklare deres opfattelse af modelkompetence. Samtidig har miniprojekterne været et konkret udgangspunkt for didaktiske overvejelser af, hvordan man bedst tilvejebringer forudsætninger for, at de studerende selv kan styre modelleringsarbejdet, og af hvordan man som lærer kan støtte og udfordre de studerendes virksomhed.

## 3.2 Valg af kursets indhold

Ved tilrettelæggelsen af det matematik-faglige indhold i kurset har der kunnet trækkes på erfaringer fra tidligere kurser ved NAT-BAS. Der har tidligere været afholdt kurser, der har haft et egentligt suppleringssigte (fra B-

til A-niveau) i matematik og fysik, og disse kurser har i nogen grad omfattet matematisk modellering, dog primært af fysiske systemer. Der har også tidligere været afholdt et matematikkursus i modellering af biologiske systemer – udviklet af Viggo Andreasen, IMFUFA. Materiale og erfaringer fra disse kurser er blevet udnyttet i udviklingen af BASE.

Med hensyn til valg af fagligt indhold i BASE er flere forhold taget i betragtning. For det første er det af pædagogiske grunde vigtigt, at de modelleringsprocesser, der skal arbejdes med på kurset, kan gøres forståelige og vedkommende for de studerende. For det andet er det nødvendigt, at problemstillingerne afstemmes i forhold til udviklingen af de studerendes matematiske beredskab. For det tredje er det vigtigt, at de delkompetencer der udvikles gennem kurset, er brugbare for de studerende i deres videre studier og senere i deres arbejdsliv. Derfor har vi udvalgt modelleringsproblemstillingerne under hensyn til følgende tre kriterier:

- (1) De skal være repræsentative for brugen af matematiske modeller i naturvidenskab,
- (2) De skal være autentiske i den forstand, at man skal kunne forestille sig ikke-undervisningsituationer, hvor den enkelte modellering er relevant og
- (3) Behandlingen af de enkelte problemstillinger skal afspejle en vis realisme i forhold til, hvordan der arbejdes med matematiske modeller i naturvidenskabelige sammenhænge. Det gælder blandt andet samspillet mellem tilgængelige data og modelleringsprocessen samt mellem analytiske og numeriske metoder herunder brugen af edb, når det kommer til analyse af modellerne.

De problemstillinger der arbejdes med – i miniprojekterne og i opgaver og eksempler – er endvidere udvalgt fra et bredt spektrum af matematikkens anvendelsesområder inden for blandt andet biologiske, fysiske, geologiske, kemiske, medicinske og økonomiske systemer. En stor del af de studerende, som kurset er tiltænkt, har imidlertid biologiorienterede interesser, og derfor er modellering af biologiske og medicinske problemstillinger relativt stærkt repræsenteret. Men dette valg kan i høj grad også begrundes med det forhold, at der inden for disse områder findes mange autentiske eksempler på matematiske modeller – og dermed tilgængelige data – samt at modellerne her ofte spiller eller har spillet en rolle for den videnskabelige forståelse af de pågældende fænomener.

Det matematiske indhold i kurset falder i tre dele. Ved tilrettelæggelsen af kurset har det været afgørende, at de studerende skulle kunne arbejde

med modellering lige fra den første dag på kurset. Vi har derfor været meget optaget af at finde og udvikle modelleringsproblemstillinger, som kan behandles ved hjælp af matematiske begreber og metoder, som de studerende kan formodes at have et godt kendskab til, når de starter på NAT-BAS. I den første del af kurset har vi valgt at fokusere på modellering ved hjælp af lineære funktioner, lineær regression, eksponentialfunktioner, potensfunktioner og transformationer af disse funktioner. Der bliver her mulighed for, at de studerende på grundlag af egne erfaringer kan forholde sig til vigtige aspekter af matematisk modellering, f.eks. samspillet mellem modelopstilling og datagrundlag, spørgsmål om bestemmelse og fortolkning af parameterværdier og vurdering af henholdsvis deskriptive og teoretiske modeller, jævnfør eksemplerne i afsnit 3.7.

Et vigtigt sigte med denne første del af kurset er at give de studerende en fornemmelse af hvad matematisk modellering er, og at det at kunne bruge sin matematik i forbindelse med modellering trækker på andre kompetencer end dem der skal til for at løse standardopgaver inden for de enkelte matematiske emner. Der er med andre ord noget at lære, når drejer sig om matematisk modellering.

I anden del arbejdes med modellering inden for differential- og integralregning. Her er der i høj grad tale om, at arbejdet med modellering kan ses som et pædagogisk middel. Sigtet er at de studerende gennem arbejdet med modellering oplever en personlig mening med de matematiske begreber, og at de herved bliver motiveret for at tilegne sig begrebernes betydning mere dybtgående end de har haft mulighed for i deres tidligere matematikundervisning.

I sidste del af kurset, der omfatter hele det andet af de to semestre, er fokus på modellering af dynamiske fænomener ved hjælp af kompartmentsmodellering<sup>1</sup>, differentialligninger samt differentialligningssystemer.

De studerende møder her en række nye matematiske begreber og metoder vedrørende analytisk og numerisk behandling af differentialligninger og -systemer. Ideen er at de studerende får mulighed for at opleve at kompartmentsmodellering og differentialligninger som et særdeles kraftigt værktøj, når det drejer sig om modellering af dynamiske fænomener inden for naturvidenskab. Og at de herigennem bliver motiveret til at tilegne sig de matematiske begreber og metoder de skal bruge i modelleringsarbejdet. Samtidig kan

---

<sup>1</sup>Kompartmentsmodellering bygger på det princip, at man kan holde regnskab med en mængde af en eller anden form for stof ved at beregne ændringshastigheden i mængden som summen af til- og afstrømnings hastigheder regnet med fortegn. Anvendelse af kompartmentsmodellering kræver generelt, at man kan bygge på et princip om bevarelse af det "stof" man holder regnskab med, det være sig f.eks. individer, molekyler, masse eller energi.

modellering af dynamiske fænomener også bidrage til at give mening til abstrakte matematiske begreber som differentiallyigning og analytisk, numerisk, partikular og fuldstændig løsning samt egenværdi. F.eks. opleves det som ny erkendelse, at en førsteordens differentiallyigning kan udtrykke sammenhængen mellem en størrelse og den hastighed, hvormed størrelsen ændrer sig. Det gælder også for de studerende, der har A-niveau fra gymnasiet.

Valget af kompartmentsmodellering af dynamiske fænomener er begrundet dels i at denne tilgang giver mulighed for at arbejde med differentiallyigninger, der er et vigtigt matematisk begrebsområde, og dels i at kompartmentsmodellering er yderst anvendelig i mange naturvidenskabelige problemstillinger, hvor man i modeldannelsen netop ofte kan bygge på en eller anden form for bevarelsesprincip.

### 3.2.1 Vekselvirkning mellem teori, model og brug af edb

Forud for arbejdet med de enkelte miniprojekter har relevant teoristof i form af matematiske begreber og metoder været bearbejdet, bl.a. i form af traditionelle forlæsninger (højst ca. 45 minutter per kursusgang.) Også teori-gennemgangen tager typisk udgangspunkt i matematisering eller modellering af et virkelighedsområde, således at de studerende fra starten opnår en anvendelsesorienteret indsigt i, hvordan teori og begreber vekselvirker med omverdenen, hver gang der introduceres nye begreber.

Det er en pædagogisk pointe, at de studerende kan være med til aktivt at diskutere disse anvendelser inden de har tilegnet sig den matematik anvendelserne bygger på. I forhold til begrebsdannelsesprocessen er det vigtigt, at de studerende får lejlighed til selv at læse mening ind i de symbolske repræsentationer af de matematiske begreber, der indgår i en anvendelsessammenhæng. Mange studerende har ikke tidligere mødt anvendelser af matematik som pædagogisk middel i læreprocessen. På sigt åbner dette for en yderligere og dybere forståelse af de matematiske begreber og teorier. Derudover er det en selvstændig pointe at give de studerende en indsigt i "en ny verden" af matematikanvendelser. En stor del af de studerende får faktisk en "aha-oplevelse", når de erfarer, at matematik kan anvendes til at få indsigt og forståelse af problemer inden for andre fagområder<sup>2</sup>.

Teoristoffet understøttes af et stort antal opgaver, der svinger fra forståelse- og fortolkningsopgaver til egentlige matematiseringsopgaver. En

---

<sup>2</sup>En stor del af de studerende, og ikke mindst af den gruppe af studerende som BASE har som målgruppe, har ikke tidligere opnået et forhold til anvendelser af matematik. Dette skyldes formentlig at kun få vælger fysik på højt niveau i gymnasiet, og at de andre naturvidenskabelige fag ikke påtager sig denne opgave.

del opgaver og alle problemstillinger til miniprojekterne lægger op til brug af computeren til numeriske beregninger.

Som omtalt i kapitel 2 er der tæt forbindelse mellem modelkompetence og brug af computer til data-behandling, -præsentation og numerisk modelberegning. Derfor er det naturligt at integrere brugen af et edb-værktøj i BASE. Hertil kommer, at den faglige ambition om, at de studerende skal udvikle kompetence til at opstille og analysere differentiallyigningsmodeller, der har relevante anvendelser inden for det naturvidenskabelige område, har som direkte konsekvens, at der skal arbejdes med computerbaseret numerisk analyse af differentiallyigningssystemer. De relevante modeller kan simpelthen ikke løses analytisk.

Arbejdet med miniprojekterne i kursets anden semester har vi i forlængelse heraf valgt at gøre afhængig af, at de studerende kan bruge et avanceret matematikprogram til grafisk og numerisk analyse af differentiallyigninger.

Ud fra disse overvejelser har vi i BASE valgt at integrere brugen af MatLab, der er en avanceret numerisk og grafisk matematikprogrampakke.<sup>3</sup>

Matlab er et professionelt matematikprogram som rummer utroligt mange faciliteter. Det er blandt andet et fuldt programmeringssprog. Pædagogisk har MatLab derfor også en relativ høj indgangstærskel. Det er svært at komme i gang med at bruge programmet. Dette skyldes programmets avancerede karakter og specielt det forhold, at programmets numeriske algoritmer er vektorbaseret. På sigt opvejes disse vanskeligheder imidlertid fuldt ud af programmets styrke og fleksibilitet. På BASE får de studerende naturligvis kun lejlighed til at arbejde med en lille del af MatLab, men de får indsigt i programmets struktur og virkemåde og dermed grundlag for senere – f.eks. i projektarbejde – at kunne anvende MatLab i andre sammenhænge.

I tilrettelæggelsen af BASE har vi derfor nøje overvejet, hvornår og hvordan MatLab skal introduceres. Vores erfaringer tyder på, at den bedste strategi er at introducere MatLab fra starten af kurset. Det er imidlertid vigtigt, at det sker gennem de studerendes arbejde med modelleringsproblemstillinger, hvor MatLab kan vise sin styrke i forhold til kursets indhold og mål. Vi har ikke gode erfaringer med et særligt intensivt forløb, der introducerer de studerende til de MatLab faciliteter, de senere skal anvende i modellerings-sammenhæng. Det er meget vigtigt, at de studerende oplever MatLab som et redskab til matematisk modellering, og ikke som noget der skal læres ved siden af kursets egentlige indhold.

Et andet afgørende moment i denne forbindelse er tilgængeligheden til computere under kursusundervisningen. Ved afholdelsen af BASE er der di-

---

<sup>3</sup>Ved kurset 99/00 brugte vi MatLab version 5.3.1, se <http://education.mathworks.com> og Ottesen & Frommelt (2000)

rette adgang fra undervisningslokalet til et computerrum med 12 maskiner, og det store hold (60 studerende) har adgang til yderligere et tilsvarende computerrum i en nabo-bygning. Denne kapacitet har ikke været fuldt ud tilstrækkelig. Det er vigtigt, at der er fri adgang for de studerende til at anvende computeren i forbindelse med opgaverne, og ved miniprojekterne der det nødvendigt, at grupperne kan sidde og diskutere implementeringen af deres model og analysere resultaterne af deres beregninger i fællesskab rundt om computeren. Dette kræver plads rundt om den enkelte computer. For at imødekomme dette behov har BASE-lærerne søgt studienævnet ved NATBAS om at få installeret computere i nogle af grupperummene – de rum der bruges til projektarbejde – således at de kan anvendes til arbejdet med miniprojekterne på BASE. Ved kursusafholdelsen 00/01 er dette blevet realiseret.

### 3.3 Kursusnoterne

Det skriftlige undervisningsmateriale til kurset består af noter, specielt udviklet til formålet af BASE-lærerne. Noterne er udgivet på RUC-notecentralen (Blomhøj et al.; 2000a,b). Desuden trækkes der i nogen grad på MatLab-noter af Thomas Frommelt og Johnny Ottesen, ligeledes udgivet på RUC-notecentralen (Ottesen & Frommelt; 2000). Som supplerende litteratur anbefales, at de studerende har matematikbøger samt en matematisk formelsamling for det almene gymnasiums matematiske linie, A-niveau.

Arbejdet med at skrive noterne har været en væsentlig del af udviklingsarbejdet. Noterne er fortsat under revision og videre udvikling i forhold til erfaringerne med brugen af dem på BASE. Det er sigtet, at noterne på et tidspunkt kan udgives i bogform.

Ligesom kurset er noterne organiseret og struktureret med udgangspunkt i en række modelleringsproblemstillinger, der karakteriserer forskellige fænomener som kan belyses ved hjælp af matematisk modellering. Hver gang nye matematiske begreber og metoder introduceres sker det med udgangspunkt i et eller flere modelleringsproblemer.

Undervejs er det nødvendigt at repetere og udbygge dele af differential- og integralregning som de studerende har mødt i matematikundervisningen på gymnasialt niveau, men også det sker med udgangspunkt i modellering. Sigtet er – som nævnt – at de studerende skal tilegne sig en dybere forståelse af denne matematik med henblik på selv at kunne bruge begreberne til opstilling og analyse af matematiske modeller.

Som nævnt i kapitel 2 er der grund til at forvente – både ud fra teoretiske overvejelser og praktiske erfaringer – at specielt matematiseringsprocesser

volder de studerende store vanskeligheder. Derfor rummer noterne mange opgaver, der lægger op til at man selv skal opstille matematiske modeller af relativt simple prestrukturerede systemer og efterfølgende analysere modellerne. Disse opgaver fokuserer primært på delprocesserne (c) og (d) i modelleringsprocessen, jf. figur 2.1. Men også her er det vigtigt, at noterne og ikke mindst undervisningen giver de studerende mulighed for at arbejde med opgaverne som en del af en matematisk modelleringsproces. Vi har allerede fundet og lavet mange velegnede opgaver, men det er fortsat en vigtig opgave at udvikle opgaver, der kan fungere som øvelsesbane for udvikling af de studerendes matematiseringskompetence.

I fremstillingen i noterne har vi bevidst søgt at anvende sproglige, symbolske og grafiske repræsentationsformer, og i mange opgaver forsøger vi svarende hertil at udfordre de studerende til at læse mening ind i de forskellige repræsentationer og til at reflektere over, hvordan de spiller sammen. Vi lægger generelt stor vægt på grafiske repræsentationer. Det gælder f.eks. brugen af residualplot i forbindelse med lineær regression, brugen af kompartmentsdiagrammer og brugen af faseplot til kvalitativ analyse af differentiaallignings-systemer. For mange studerende er det lettest at tage udgangspunkt i grafiske repræsentationer – specielt dem de selv har frembragt – når det drejer sig om at analysere en matematisk model.

Noterne omfatter også problemstillingerne til miniprojekterne. I særskilte kapitler præsenteres problemstillingerne i en kontekst og på en sådan måde, at de studerende får mulighed for at forstå de principielle aspekter, der ligger til grund for problemet. Oplæggene rummer samtidig en række forslag til nærmere overvejelse vedrørende opstilling og analyse af en matematisk model. De er udformet med henblik på at give tilstrækkelig støtte til, at de studerende kan arbejde med problemet ud fra deres aktuelle forudsætninger. Men samtidig skal oplæggene også være åbne og lægge op til, at de studerende selv kan være kreative i modelleringsarbejdet. Ved udarbejdelse af problemstillinger til miniprojekter er det ofte vanskeligt at foretage denne afvejning i praksis, og det viser sig som regel, at det er muligt at forberede de enkelte oplæg på baggrund af erfaringer med at bruge dem i praksis.

Det er p.t. 14 forskellige problemstillinger til miniprojekter i noterne og der udvikles løbende flere. Af disse kommer den enkelte studerende i et kursusforløb selv til at arbejde med 5-6 i form af miniprojekter. Og derforuden forholder den enkelte studerende sig aktivt som opponert til 5-6 tilsvarende problemstillinger i forbindelse med parvis evaluering af miniprojekterne (se afsnit 3.4 om arbejdsformer).

I forbindelse med afholdelsen af BASE i 99/00 og 00/01 har vi - blandt andet ud fra de pædagogiske overvejelser, der er præsenteret i kapitel 2 - valgt at formulere oplæg til miniprojekter og større modelleringsopgaver inden for



følgende anvendelsesområder: skovbrug, geologisk alder og datering, populationsvækst (skarvpopulationen i Danmark og verdens befolkning), allometri i fysiologi, ø-biologi, planetsystemet, enzymkinetik, fartkampagnen "10=44", reaktionskinetik, modellering af krig, medicindosering, radioterapi af cancer, anæstesi, rovdyr-byttedyr systemer, epidemiforløb (virusinfektioner og gonorré).

Generelt fokuseres der i noterne meget på det at "oversætte" fra en repræsentation til en anden, f.eks. mellem hhv. algebraiske, geometriske og forskellige verbale forklaringer af begrebet differenskvotient. Dette gøres både rent matematisk og i forhold til en række anvendelsesammenhænge. Det skal bemærkes, at de studerende ikke blot finder dette meget vanskeligt, men ofte også afslørende for begrænsningerne i deres forståelse af de matematiske begreber. De studerendes erkendelse af disse vanskeligheder er vigtig for læringsprocessen og det er sigtet, at noterne kan støtte en sådan refleksion hos de studerende.

### 3.3.1 Kapitlernes hovedoverskrifter

Strukturen af noterne, der består af to bind, fremgår af nedenstående oversigt over kapiteloverskrifterne:

#### Bind 1:

- Lineær regression.
- Transformation af ikke-lineære sammenhænge<sup>4</sup>.
- Differentialregning.
- Integralregning og stamfunktionsbegrebet.
- Problemstillinger (til miniprojekter).

---

<sup>4</sup>Hermed menes følgende: Hvis der formodes at være en ikke-lineær sammenhæng mellem et sæt af afhængige og uafhængige variable som kan beskrives vha. udtryk bygget op af de elementære funktioner, så kan man i visse tilfælde (og ofte de der benyttes i anvendelser) transformere de variable på en sådanne måde, at der opstår en lineær sammenhæng mellem de nye (transformerede) afhængige og uafhængige variable og således at de indgående parametre herefter kan estimeres vha. lineær regression (vel vidende at dette hverken er optimalt eller problemfrit).

**Bind 2:**

- Differentialligninger vha. kompartments-tankegang<sup>5</sup>.
- Differentialligningssystemer vha. kompartments-tankegang.
- Problemstillinger (til miniprojekter)

En detaljeret liste over de matematik-faglige emner i noterne fremgår af indholdsfortegnelserne i BASE-noterne (Blomhøj et al.; 2000a,b). I afsnit 3.7 beskrives mere detaljeret to delforløb fra kurset.

### 3.4 Arbejdsformer

Undervisningen er bygget op om et vekselspil mellem forskellige organiseringer. Teorigennemgang foregår som klasserumsundervisning, forstået som forelæsning med indspil af spørgsmål til gennemgangen, plenumdiskussion og studenter fremlæggelser af opgavebesvarelser. Denne form fungerer fint med et hold på 35 studerende, men giver problemer på hold med op mod 60 studerende. Her er det nødvendigt at anvende andre organiseringer f.eks. opdeling i to mindre hold eller summegrupper ved opgavegennemgang og diskussion af teori og eksempler.

Ved opgaveregning arbejdes, der i grupper af 3-4 studerende. Ofte anvendes en såkaldt matrixorganisering, hvor et antal stamgrupper regner hver deres opgave, hvorefter der dannes tværgrupper, hvor der for hver opgave er mindst en repræsentant i hver gruppe, der har regnet opgaven. I tværgrupperne fremlægger man så opgaverne for hinanden. Under opgaveregning cirkulerer lærerne og hjælper eller udfordrer de studerende. Ofte er det vanske-

<sup>5</sup>Et kompartmentssystem består af et antal komponenter (kompartments), som hver især indeholder velblandet stof, og som udveksler stof med hinanden efter bestemte regler. I generelle kompartmentmodeller benyttes termen "stof" i en abstrakt forstand, nemlig som betegnelse for en mængde af noget man ønsker at holde regnskab med (en tilstandsvariabel), dvs. noget der opfylder en bevarelsessætning. Det grundlæggende princip ved opstilling af kompartmentmodeller er bevarelsessætninger, f.eks. loven om massebevarelse. Man kan sige, at en kompartmentmodel består af et antal generaliserede massebalancer. For hvert kompartment gælder, at forskellen mellem indstrømmende og udstrømmende stof er lig med mængden af ophobet stof. Det skal understreges, at man ikke skal tænke på kompartment som afgrænsninger, hvor man efterfølgende frit kan vælge, hvad det er, man vil holde regnskab med, eller hvad det er, der strømmer fra og til de forskellige kompartment. Man skal tænke på kompartmentet, som repræsenterende den størrelse der holdes regnskab med (tilstandsvariablen), og strømme til og fra kompartmentet som uadskillelige, sammenhørende begreber. Det er således modelløren, der på konsistent vis, skal vælge disse elementer. Kompetence til at foretage et sådant valg er indeholdt i det vi har beskrevet som delkompetence (b) i kapitel 2

ligt at dække de studerendes behov for hjælp, der som regel er meget differentieret. Matrixorganisering løser tildels dette problem, men fungerer kun, når tilstrækkeligt mange studerende er godt forberedt. Der forestår fortsat et vigtigt pædagogisk arbejde med at udvikle opgaver og systemer af opgaver, der kan tilgodese behovet for differentiering – specielt i forbindelse med matematisering, men også med at udvikle arbejdsformer, der kan støtte arbejdet med opgaveregning.

Under miniprojekterne arbejdes der som nævnt i grupper af 3-4 studerende. Disse forløb afsluttes med udarbejdelse af en rapport over gruppens arbejde, og grupperne fremlægger deres arbejde enten i plenum (i to tilfælde i løbet af kurset) eller over for en anden gruppe, der fungerer som opponenter.

Under miniprojekterne fungerer lærerne som vejledere for grupperne. De enkelte grupper rekvirerer selv bistand, når de har behov for det. Denne organisering fungerer godt når oplæggene til miniprojekterne er tilpas strukturerede, mens det kan være svært at efterkommet behovet for vejledning, hvis oplæggene er meget åbne. Her har vi altså identificeret et pædagogisk dilemma. Hvis vi formulerer problemstillingerne så åbne, at de udfordrer modelkompetence i fuldt flor kan vi ikke honorere behovet for vejledning. Derfor er det nødvendigt at give mere hjælp i formuleringen af problemstillinger og så tilgængæld udnytte muligheden for at udfordre nogle af grupperne undervejs i forløbet. Det skal nævnes, at det er muligt at spore en progression gennem kurset, med hensyn til i hvilken grad grupperne selv overtager styringen af deres modelleringsarbejde og deres behov for vejledning.

Spørgsmålet om gruppesammensætning (forudsætningshomogene over for -inhomogene) har været overvejet, men det er vanskeligt at realisere i praksis. De studerende ønsker som oftest selv at bestemme gruppesammensætningen, hvilket i det store hele fungerer tilfredsstillende.

Valget af arbejdsformer afspejler naturligvis ønsket om at tilgodese kurssets formål, nemlig at støtte udviklingen af de studerendes modelkompetence som den er beskrevet i kapitel 2, men samtidig har vi specielt ønsket at udvikle de studerendes evne til at kommunikere mundtligt og skriftligt om opstilling og anvendelse af matematiske modeller. Derfor lægger arbejds- og evalueringsformerne i høj grad op til, at de studerende skal formulere sig såvel skriftligt som mundtligt om deres modelleringsarbejde.

### 3.5 Feedback og evalueringsformer

Der gives løbende feedback til den enkelte studerende igennem hele kursusperioden. I praksis udmøntes det i diskussion og tilbagemelding af den enkeltes arbejdsindsats og arbejdsform i forbindelse med opgaveregning, fremlæggelse,

deltagelse i miniprojekter og de mundtlige test. Den enkelte studerende får tilbagemelding i form af kritik af individuelle afleveringsopgaver og kritik af grupperapporterne såvel det skriftlige som det mundtlige bidrag ved fremlæggelsesseancerne. Denne kritik gives primært af læreren og med særligt henblik på forbedringsmuligheder. Men de studerende modtager også en mere indirekte form for feedback i forbindelse med gruppearbejdet og fremlæggelse af deres miniprojekter over for en opponentgruppe. Denne type fremlæggelse har form af en undervisningssituation, hvor opponentgruppen undervises af den anden gruppe i det miniprojekt, som denne gruppe har arbejdet med. I disse situationer bliver det ofte klart for den enkelte studerende, hvor vedkommende har stærke og svage sider i forbindelse med forståelsen af besvarelsen af den problemstilling, der er arbejdet med. Endelig modtager hver enkelt studerende en individuel studievejledende evaluering, som gives i tilknytning til de mundtlige tests.

Generelt sker bedømmelsen først og fremmest i relation til den enkeltes udbytte af kurset, men samtidig bruger lærerne enhver lejlighed til vise de studerende, hvad det er for en kompetence der kræves for at bestå kurset – og her spiller miniprojekterne og den individuelle mundtlige evaluering af dem en vigtig rolle.

### 3.6 Evalueringskriterier

De formelle evalueringskriterier for beståelse af BASE ved afholdelsen 99/00 var:

- 100% aflevering af de skriftlige rapporter inden for den for aflevering fastsatte tidsfrist.
- Gennemførelse af de to mundtlige test med et tilfredsstillende resultat. Testene tager udgangspunkt i de udførte miniprojekter.

Hensigten med at lade rapporterne over miniprojekterne udgøre et væsentligt element i evalueringsgrundlaget, er naturligvis at afspejle miniprojekternes centrale rolle i BASE. Rapporterne dokumenterer gruppernes arbejde med de enkelte problemstillinger, og kan derfor bedømmes i forhold til intentionerne om, hvilke dele af modelleringsprocessen, der skal arbejdes og i relation til modelkompetence som den er beskrevet i kapitel 2. I forlængelse af denne bestemmelse af modelkompetence har vi i kursusnoterne angivet nogle generelle krav som rapporterne over miniprojekterne bliver evalueret i forhold til. Disse krav gennemgås og diskuteres i øvrigt med de studerende på kurset.

Rapporterne over miniprojekterne skal indeholde følgende elementer:

- Sproglig beskrivelse af det system, der søges modelleret. Systembeskrivelsen kan evt. være ledsaget af et diagram, der fremstiller dynamikken i systemet skematisk. Det skal endvidere fremgå, hvorledes systemet er afgrænset og hvilke overvejelser der ligger til grund herfor.
- Beskrivelse af en matematisk model af systemet. Det vil sige opstilling af modellens ligninger, samt en ledsagende forklaring på, hvad de indgående symboler står for, og hvilke enheder de måles i.
- Specielt skal modellens parametre gennemgås, og det skal overvejes, hvilke muligheder der er for at estimere parametrene værdi.
- Ved eventuel brug af computerprogrammer skal den numeriske behandling af modellen dokumenteres med og forklares ud fra en udskrift fra programmet.
- Numerisk analyse af modellen. Den konstruerede model kan ofte anvendes til at simulere bestemte udviklingsforløb, jævnfør de enkelte problemstillinger. Der kan evt. foretages en analyse af modellens følsomhed over for ændringer i parametre og begyndelsesbetingelser. Resultaterne dokumenteres i form af kommenterede kurver og tabeller fra programmet.
- Matematisk analyse af modellen, jævnfør de enkelte problemstillinger.
- Samlet afsluttende fortolkning af modellens/modellernes status og anvendelighed.

Det er naturligvis også hensigten med denne del af evalueringskravet at bidrage til at de studerende engagerer sig i arbejdet med miniprojekterne og den tilhørende rapportskrivning.

Vi har tidligere haft som et evalueringskriterie at rapportererne skulle godkendes, hvilket da også var en forudsætning for, at den studerende kunne gå til mundtlig evaluering. Ved kursus afholdelsen 99/00 har vi imidlertid fjernet kravet om godkendelse af rapportererne. For at kunne gå til mundtlig evaluering skulle man have afleveret rapportererne til tiden og den enkelte rapport skulle dokumentere at gruppen havde udført et seriøst arbejde af passende omfang. Men det faglige indhold skulle ikke godkendes i teknisk forstand.

Baggrunden for denne ændring var vores erfaringer med de u hensigtsmæssige studenterreaktioner, der opstod, når godkendelse af grupperapporterne over miniprojekterne var en del af evalueringskravet. De studerende reagerede

efter et "er det godt nok"-mønster, som ikke fremmede hverken selvstændig refleksion over arbejdet med matematisk modellering eller ansvar for egen læringsproces. Da vi fjernede dette krav viste det sig, at de studerende i de fleste tilfælde selv påtog sig at udbedre de mangler og fejl ved deres rapporter, som blev påpeget fra lærerside. De studerende fik et tilbud om, at kunne genafleverer rapporter, hvis de vil have feedback på deres efterbearbejdning af rapporten. Dette tilbud var de studerende glade for, og mange benyttede sig af det.

De mundtlige tests er individuelle og består af 15 minutters mundtlig prøve. 15 minutter før prøven vælger den studerende ved lodtrækning en af de modelleringsproblemstillinger, som den pågældende har været med til at lave eller som vedkommende har været med til at evaluere. Der gives altså 15 minutters forberedelse.

Ved selve prøven starter den studerende med en fremlæggelse af den valgte problemstilling. Der er ca. 7 minutter til denne del, og der bliver lagt vægt på, at den studerende kan trække hovedideen i problemstillingen frem, samt er i stand til at fokusere på principielle aspekter af modelleringsarbejdet. Resten af prøven har karakter af en samtale om faglige spørgsmål, der har relation til problemstillingen, men som også kan inddrage det øvrige kursusstof, hvis læreren finder det hensigtsmæssigt. Ved bedømmelse af præstationen lægges der vægt på den mundtlige fremstilling, forståelsen og præsentationen af problemstillingen, overvejelser vedr. modellens forudsætning, opbygning, resultater og anvendelser, samt brugen af analytiske, numeriske og kvalitative metoder til analyse af modellen. Bedømmelsen af præstationen indgår i den samlede bedømmelse af den enkelte studerendes udbytte af kurset, der, efter den mundtlige test i juni, sammenfattes med vurderingen bestået/ikke bestået.

I forbindelse med prøven i januar gives der – i de tilfælde hvor der er behov herfor – en studievejledning i, hvordan den enkelte studerende kan forbedre sit udbytte af kurset i det sidste semester.

De individuelle tests tjener to hovedformål. For det første giver tilstedeværelsen af disse test en positiv tilbagevirkning på studenteraktiviteten på kurset i almindelighed og på arbejdet med problemstillingerne i miniprojekterne i særdeleshed. Det er helt tydeligt, at de individuelle mundtlige test har stor betydning for den måde, de studerende griber arbejdet med miniprojekterne og rapportskrivningen an. Det har haft den meget positive tilbagevirkning, at de studerende i højere grad forsøger at opnå et "ejerskab" over behandlingen af problemstillingerne. De fokuser ikke længere på om rapporten "er god nok", i stedet er det blevet vigtigt for dem, at de "ejer" problemstillingen på en sådan måde, at de selv kan forklare og redegøre for de forskellige elementer, der indgår. For det andet fremmer det de studerendes

refleksioner over deres egen læring.

Både i forbindelse med de mundtlige tests, fremlæggelseseancerne og i den løbende evaluering af kurset er vi som lærere meget opmærksomme på adfærd hos de studerende som kan fortolkes som udtryk for (udvikling af) modelkompetence. Foruden at opmuntre de studerende med positiv feedback, har vi hermed søgt at tydeliggøre over for de studerende, hvad modelkompetence er og hvad der er sigtet med kurset. Til hjælp herfor har vi i fællesskab opstillet følgende kriterier for kvalitet i de studerendes udbytte af BASE. Det er et udtryk for kvalitet, hvis de studerende

- kan formulere sig om formålet med BASE
- har en forståelse for elementerne i en matematisk modelleringsproces
- kan anvende en sådan forståelse til strukturering af deres eget arbejde
- kan formulere sig om hensigten med at opstille og analysere en given matematisk model
- udnytter deres viden om/erfaringer med et givet problemområde i deres arbejde med opstilling af en matematisk model
- anvender empiriske data som grundlag for modelopstilling eller parameterestimation
- sammenholder modelresultater med relevante data
- anvender MatLab på egen foranledning og relevant vis
- anvender lineær regression og data-transformation på relevant vis
- anvender residualplot på relevant måde
- forholder sig kritisk til data
- forholder sig kritisk til modelresultater
- overvejer gyldigheden af de afgrænsninger de foretager
- anvender principperne i kompartmentsmodellering
- formulerer sig i klart sprog om forudsætningerne for deres modelopstilling
- kan opskrive et differentialligningssystem ud fra et kompartmentsdiagram

- kan fortolke modellernes struktur, modelparametre og begyndelsesbetingelser i forhold til en given problemsituation
- anvender faseplansanalyse, når det er relevant
- anvender analytiske metoder til analyse af differentiallyigningssystemer
- anvender numeriske metoder og MatLab til ditto
- kan formulere sig i et klart sprog om modellens resultater
- fortolker resultater i forhold til den givne kontekst
- forholder sig til gyldigheden af resultaterne af en matematisk model
- kan føre en diskussion om de mulige anvendelser af en matematisk model

Det skal understreges at listen naturligvis ikke er udtømmende og at formuleringen af de enkelte punkter er til stadig overvejelse og diskussion med de studerende ved de enkelte kursusforløb.

### 3.7 Eksempler på delforløb fra kurset

For at give et lidt nærmere indtryk af, hvordan kursets forløber i praksis redegør vi i dette afsnit for indhold og organisering af to forløb fra BASE. Det drejer sig om det første forløb de studerende møder, når de starter på BASE og om et forløb omkring kompartmentsmodellering, der omfatter det 4. miniprojekt<sup>6</sup>.

#### 3.7.1 Eksempel 1: Introduktionsforløbet

**1. kursusgang.** Det diskuteres grundigt, hvad der er de studerendes forudsætninger for at deltage i kurset, og hvad der er deres forventninger til kurset. Desuden redegør læreren for kursusformålet og specielt for matematiserings- og modelleringsaspekterne. De studerende inddeles i grupper á ca. 4 studerende. Hver gruppe arbejder med en af nedenstående opgaver, helt uden forberedelse (opgave 1.5, 1.6, 1.7, og 1.8. Blomhøj et al. (2000a)) Det eneste oplæg til de studerende er, at de skal overveje, hvordan opgaverne løses bedst muligt og, at de den efterfølgende kursusgang skal fremlægge deres overvejelser for resten af holdet.

<sup>6</sup>For flere detaljer om kursets program og organisering henvises til kursets hjemmeside, <http://mmf.ruc.dk/~johnny/Base/>



**OPGAVE 1**

En ukendt væske skal identificeres i et laboratorieforsøg. Væsken hældes op i et reagensglas, som efterfølgende vejes. Tabel 3.1 viser de målte, sammenhørende værdier af væskens volumen (rumfang) og masse. Undersøg hvilken væske der er tale om. Som hjælp oplyses det, at der er tale om en af de seks væsker, som optræder i tabel 3.2. Diskuter kvaliteten af den valgte løsningsmetode gerne i forhold til alternative løsningsmetoder.

Volumen [mL]	10	20	30	40	50	60
Masse [g]	130,7	137,6	148,5	154,4	162,3	170,2

**Tabel 3.1** Sammenhørende værdier af væskens volumen og masse (inklusive reagensglas).

Væske	Æter	Sprit	Benzen
Massefylde [g/mL]	0,715	0,791	0,878
Væske	Vand	Glycerol	Svovlsyre
Massefylde [g/mL]	1,00	1,264	1,841

**Tabel 3.2** Massefylde af seks forskellige væsker.

**OPGAVE 2**

Et fem centimeter langt stykke silikoneslange, der er lukket i begge ender, pumpes op med vand. Sammenhørende værdier af tryk og volumen måles.<sup>7</sup> I tabel 3.3 ses de målte data. Hvor stor er radius af slangen, når denne ikke er pumpet op med vand? Diskuter kvaliteten af den valgte løsningsmetode gerne i forhold til alternative løsningsmetoder.

Tryk [ $N/cm^2$ ]	3,9	5,9	7,9	9,8	11,8	13,7	15,7	17,7
Volumen [ $cm^3$ ]	1,0	11	21	31	41	50	61	71

**Tabel 3.3** Sammenhørende værdier af volumen og tryk for et stykke silikoneslange.

**OPGAVE 3**

Når man arbejder med eller studerer det humane blodkredsløb, er det vigtigt at tage hensyn til årenes elasticitet. Elasticiteten defineres oftest af læger som trykændring

<sup>7</sup>Denne problemstilling er taget fra studenterprojektet "Bestemmelse af flowretning i et lukket, elastisk kredsløb", 2. semester, 2000. Formålet var at studere, hvad det ville betyde for det humane blodkredsløb, hvis hjerte- og veneklapperne ikke var til stede.

per volumenændring. I stedet for at måle på en human åre er der blevet målt på et stykke af en slange. Et fem centimeter langt stykke PVC-slange, der er lukket i begge ender, pumpes op med vand. Sammenhørende målte værdier af tryk og volumen ses i tabel 3.4. Hvor stor er PVC-slangens elasticitet. Diskuter kvaliteten af den valgte løsningsmetode gerne i forhold til alternative løsningsmetoder.

Tryk [ $N/cm^2$ ]	7,9	9,8	11,8	13,7	15,7
Volumen [ $cm^3$ ]	5	8	10	12	13
Tryk [ $N/cm^2$ ]	17,7	19,6	21,6	23,6	25,5
Volumen [ $cm^3$ ]	15	17	19	20	23

**Tabel 3.4** Sammenhørende værdier af volumen og tryk for et stykke PVC-slange.

#### OPGAVE 4

I tabel 3.5 er angivet sammenhørende værdier af højde og vægt for 15 mennesker (i forskellig alder.)

Højde [ $m$ ]	0,86	0,95	1,08	1,12	1,26	1,35	1,51
Vægt [ $Kg$ ]	12,0	15,0	17,0	20,0	27,0	35,0	41,0
Højde [ $m$ ]	1,55	1,60	1,63	1,67	1,71	1,78	1,85
Vægt [ $Kg$ ]	48,0	50,0	51,0	54,0	59,0	66,0	75,0

**Tabel 3.5** Sammenhørende værdier af højde og vægt for 15 mennesker.

Estimer på baggrund af data, hvor meget højere man bliver, når man tager et kilo på i vægt. Diskuter kvaliteten af den valgte løsningsmetode gerne i forhold til alternative løsningsmetoder. Diskuter endvidere de antagelser, som I gør, samt konklusionens begrænsning.

**2. kursusgang.** Ved fremlæggelserne får de studerende indsigt i på hvilken måde deres opgave og overvejelser er eksemplariske (mht. anvendelsesområde, den involverede matematik, deres metode, modeldiskussion (gyl-dighedsområde mv.), optimeringsdiskussion, etc.). Desuden diskuteres selve fremlæggelsen og formidlingen med henblik på at udvikle de studerendes kommunikationskompetencer. Herefter gennemgås lineær regression, først med udgangspunkt i et konkret eksempel (se Blomhøj et al. (2000a), kapitel 3) dernæst generelt<sup>8</sup>.

<sup>8</sup>Problemstillingen er: Hvordan kan man bedst estimere tømmermængden i et stykke skov på baggrund af pålidelige estimater af enkelte træers højde eller omkreds. Bemærk, at

**3. kursusgang.** Edb-værktøjet MatLab introduceres. Der arbejdes ved computerne med "køgebogsopgaver" (se Blomhøj et al. (2000a), opgave 3.1). Desuden arbejdes der videre med de tidligere bearbejdede og fremlagte opgaver. Der skal laves punktplot af data, lineær regression, residualplot, modellen skal beskrives både algebraisk og grafisk. Bearbejdningen skal fremlægges på overheads næste kursusgang for hele holdet.

**4. kursusgang.** De bearbejdede overvejelser fremlægges sammen med overheads af punktplot, lineær regression og residualplot. Desuden diskuteres modellen og modelleringsprocessen. Eventuel manglende indsigt i de elementære funktioner eller lignende tages op hvis der er behov for det.

**5. kursusgang.** Der arbejdes videre men nu med data der synes og/eller formodes relateret på ikke-lineær vis. Der opstilles simple hypoteser for ikke-lineære sammenhænge. Data transformeres således at hypotesen overgår i en lineær sammenhæng på en sådanne måde, at parametrene kan estimeres ved lineær regression af de transformerede data<sup>9</sup>. Dette træner de studerende i at udføre simple algebraiske manipulationer og - nok så væsentligt - at læse mening ind i symbolske udtryk i forhold til en given kontekst. Herefter sammenholdes modellen (dvs. den tilbagetransformerede sammenhæng, givet ved estimator og den oprindelige hypotese) med rådata, bl.a. ved hjælp af residualplot. Modellens gyldighed og gyldighedsområde diskuteres. Herefter diskuteres modellens antagelser, idealiseringer og evt. problematiske anvendelser. Der lægges vægt på kritik af metodevalg, og herunder det problematiske i at udføre lineær regression på de transformerede data (da residualerne jo forvrænges under transformationen), ligesom der fokuseres på det faktum, at empiribaserede (deskriptive) modeller ikke giver en forklaringssammenhæng, i modsætning til teoribaserede modeller. De studerende arbejder i grupper med en række opgaver, hvoraf en skal forberedes til fremlæggelse til den efterfølgende kursusgang.

**6. kursusgang.** De problemstillinger der skal arbejdes med i miniprojekterne de næste uger præsenteres. På "slagordsform" lyder disse

- Hvordan vokser en bakteriestamme, og hvordan er en celledens aktivitet afhængig af ligander?
- Hvilken sammenhæng er der mellem stofskifte og masse hos varmblodede dyr?

---

problemstillingen indeholder mindst tre klare delproblemstillinger: Skal man benytte træernes høje eller omkreds? Kan man - og i givet fald hvordan kan man - estimere tømmermængden bedst muligt ud fra f.eks træernes omkreds? Hvordan kan hele tømmermængden i skovstykket estimeres på baggrund af estimator af enkelte træers tømmermængde.

<sup>9</sup>Det er naturligvis ikke alle ikke-lineære sammenhænge, der muliggør en sådan transformation. Dette diskuteres på kurset.

- Hvilken sammenhæng er der mellem antallet af dyrearter på en ø og øens størrelse?
- Hvad er sammenhængen mellem planeternes afstand til solen, deres nummer og omløbstid?

Problemstillingerne findes i udfoldet form i Blomhøj et al. (2000a, kap. 7). Kravene til disse miniprojekter og til rapporterne diskuteres grundigt igennem, jævnfør afsnit 3.6. Rapporter over arbejdet med miniprojekterne afleveres på 10. kursusgang. I den mellemliggende periode (3 kursusgange) benyttes samlet ca. 1½ kursusgang til arbejdet med miniprojekterne sideløbende med at nyt kursusstof gennemgås og bearbejdes blandt andet ved hjælp af opgaver. Rapporterne læses grundigt igennem af en lærer og kommenteres oftest både skriftligt og mundtlig den følgende kursusgang. De studerende bearbejder tilbagemeldingerne ved bl.a. 11. kursusgang og forbereder samtidig en mundtlig fremlæggelse af deres rapport. Denne mundtlige fremlæggelse sker enten over for hele kusskolen eller over for en opponentergruppe, som har arbejdet med en anden problemstilling. Herved øver de studerende sig i mundtligt at kommunikere om modeller og modellering, og den matematik, der indgår i modellerne. Samtidig får de øvelse i at forholde sig til andres modeller og modelleringsarbejde samt at give kritik på dette og på den mundtlige fremlæggelse.

### 3.7.2 Eksempel 2: Modellering med koblede differentiaalligninger

I forbindelse med det 4. miniprojekt behandles de sidste matematiske emner i kurset. Det drejer sig om analytisk løsning af to koblede lineære differentiaalligninger og numerisk analyse af differentiaalligningssystemer. Sammen med kvalitativ analyse ved hjælp af faseplansanalyse, der er behandlet tidligere, udgør disse elementer kernen i de studerendes matematiske beredskab over for modelleringsproblemstillingerne i 4. og 5. miniprojekt. Nedenfor redegøres nærmere for kursets indhold i denne fase og dermed for de studerendes forudsætninger forud for arbejdet med 4. miniprojekt. Dernæst beskriver vi de væsentlige indholdsmæssige aspekter af problemstillingen "Anæstesi", der er den ene af de to problemstillinger som de studerende kan vælge at arbejde med i det 4. miniprojekt<sup>10</sup>.

På "slagordsform" lyder de to problemstillinger således:

- Hvordan skal anæstesisoffer doseres under en operation?

<sup>10</sup>Dette projekt er analyseret uddybende i Blomhøj & Jensen (2001) og i Ottesen (2000)

- Hvordan er den grundlæggende dynamik i samspillet mellem rovdyr og byttedyr?

Problemstillingerne findes i udfoldet form i Blomhøj et al. (2000b), kapitel 4. Forud for arbejdet med disse problemstillinger er en stor del af stoffet i noterne bearbejdet via forelæsninger, opgaveregning, og de forudgående miniprojekter. Emnemæssigt omfatter forløbet om differentiaalligningssystemer følgende overskrifter,

Motivation

Vandgennemstrømning og opblanding

En fysiologisk kompartmentsmodel

Vigtige begreber og pointer

Kvalitativ – grafisk – analyse

Diagram og model for våbenkapløb

Hvad betyder det, at et system er autonomt

Faseplan og banekurver

Nulhædningskurver

Ligevægtsløsninger og -punkter

Stabile og ustabile ligevægtsløsninger

Faseportræt

Fortolkning

Vigtige begreber og pointer

Hovedresultater inden for differentiaalligningssystemer

Numerisk behandling

MatLab differentiaalligningssystemløseren "ode45"

Plot af løsnings- og banekurver

Analyse af lineære systemer

Egenverdier og karakteristisk polynomium

Løsningsformlen

Analytisk løsning af begyndelsesværdiproblemer

Karakterisering af faseportrætter for lineære systemer.

Se evt. indholdsfortegnelsen i Blomhøj et al. (2000b). Det er på denne baggrund arbejdet med problemstillingerne i 4. miniprojekt skal ses.

Følgende gennemgang af indholdet i kursusgangene omkring det 4. miniprojekt kan give en fornemmelse af, hvordan vi forsøger at integrere gennemgangen af de matematiske begreber og metoder med miniprojekterne.

**37. kursusgang.** Der dannes grupper og vælges problemstilling til det 4. miniprojekt. Dette gøres ved først at danne klynger af ca. 8 studerende. Af

hver af disse klynger skal der dannes to grupper, de såkaldte makkergrupper, som skal arbejde sammen videre i forløbet bl.a. i forbindelse med en gensidig opponering ved slutningen af dette miniprojektforløb. Makkergrupperne arbejder med forskellige problemstillinger. Hver klynge finder selv ud af at inddele sig i grupper og at dele de to problemstillinger mellem sig.

**38. kursusgang.** Der arbejdes ikke med miniprojekterne, kun med teoretisk baggrundsstof, nemlig ligevægtspunkter, nulhædningskurver og faseportrætter samt opgaver der er relateret til dette stof. Som tidligere tages der udgangspunkt i modeller og først efterfølgende uddrages den principielle matematiske essens.

**39. kursusgang.** Lineære differentiallyigningssystemer præsenteres med udgangspunkt i modelleringsanvendelser. Der arbejdes med tilhørende øvelser. Der afsættes en time til at stimulere og perspektivere det indledende arbejde med miniprojektet.

**40. kursusgang.** Analytisk behandling af lineære differentiallyigningssystemer gennemgås og der arbejdes med relevante opgaver. Cirka halvdelen af tiden bruges på miniprojekterne.

**41. kursusgang.** Numerisk behandling af differentiallyigningssystemer præsenteres (metoden er kendt på forhånd fra arbejdet med enkelte førsteordens differentiallyigninger) og der arbejdes med relevante opgaver. Cirka halvdelen af tiden bruges på miniprojekterne.

**42. kursusgang.** Hele kursusgangen bruges på miniprojekterne.

**43. kursusgang.** Grupperne færdiggør rapporterne over arbejdet med miniprojekterne. Samtidigt startes på 5. og sidste miniprojekt (se Blomhøj et al. (2000b), kapitel 4 for en nærmere præsentation.) Der arbejdes med det sidste miniprojekt resten af denne kursusgang.

**44. kursusgang.** Makkergrupperne fremlægger deres miniprojekter for hinanden og giver hinanden kritik dels af den skriftlige rapport og dels af den mundtlige fremlæggelse. På baggrund af denne fremlæggelse og opponering forbedres rapporterne. Hvis der bliver tid til overs arbejdes videre med det sidste miniprojekt.

**45. kursusgang.** De forbedrede rapporter afleveres til lærerne. Der arbejdes videre med det sidste miniprojekt.

**46. kursusgang.** Rapporterne fra det 4. miniprojekt returneres med såvel skriftlige som mundtlige kommentarer fra læreren.

Arbejdet med 4. miniprojekt er nu færdigt, dog arbejder de studerende ofte videre med at imødekomme kritikken fra læreren. Til den mundtlige test i juni bearbejdes miniprojekterne atter af de enkelte studerende ligesom noterne repeteres. Det er slående for mange studerende, hvor meget de får ud af at repetere deres miniprojekter som forberedelse til den mundtlige test.

Ud over problemstillingen på slagordsagtig form har de studerende 1-2 sider tekst, der udfolder situationen. Denne tekst giver en væsentlig hjælp til den del af modelleringsarbejdet der har at gøre med systemafgrænsning og beskrivelse. Udfoldningerne er medtaget i erkendelse af, at det vil være tidskrævende, hvis de studerende først på egen hånd skal søge oplysninger om de fagområder, der er involveret, og det virkelighedsområde, der er genstand for modelleringen. Og det vil betyde, at der vil blive mindre tid til at de studerende kan arbejde med selv at matematisere, anvende og analysere matematiske modeller. Tilgængæld betyder formuleringen og udfoldningen af problemstillingerne, at der er vigtige aspekter af den matematiske modelleringsproces som de studerende ikke kommer til at arbejde med, jf. afsnit 2.5.

Problemstillingerne til miniprojekter er således valgt bl.a. ud fra et kriterium om, at de skal være umiddelbart forståelige for de studerende. Til hver problemstilling er der en række støttespørgsmål. Det er ikke tanken at de studerende nødvendigvis skal svare på disse spørgsmål. Deres rolle er først og fremmest at indikere kravet til det indholdsmæssige omfang og samtidig sørge for at ingen studerende kan forvildes til at tro, at de kan "snyde sig gennem" uden brug af matematisk modellering. Det er naturligvis en del af kursusundervisningen at tale med de studerende om ideen bag udformningen af oplæggene til miniprojekterne og om forventningerne til arbejdet med miniprojekterne.

Følgende elementer forventes (og forekommer rent faktisk også hyppigt i rapporterne) i en tilfredsstillende bearbejdning af problemstillingen om anæstesi.

Det forventes at de studerende beskriver virkelighedsområdet, systemafgrænsningerne, og de gjorte antagelser med egne ord. Det afgrænsede system skal skitseres, gerne i form af et kompartmentsdiagram (bestående af kasser, repræsenterende tilstandsvariable, og pile repræsenterende ind- og udstrømme). Denne del af matematiseringen oplever de studerende som vanskelig. Derimod volder det normalt ikke de store kvaler at oversætte et kompartmentsdiagram til et sæt af differentiallyigninger efter princippet: "ændringsrate er lig med indstrømningsrate minus udstrømningsrate". Fortolkning af startbetingelserne som henholdsvis den mængde anæstesistof der gives patienten til at starte med, og den mængde der på forhånd er ophobet i patientens muskelvævet, er det - interessant nok - ofte svært for de studerende at få inddraget i deres modellering.

Når differentiallyigningssystemet er opstillet forventes de studerende på baggrund af hvad de har lært på kurset selv at kunne gennemføre en analytisk og numerisk analyse af ligningssystemet. Der er tale om et lineært differen-

ti ligningssystem med to ligninger og konstante koefficienter. På baggrund af analysen skal de studerende bestemme systemets egenverdier og relatere disse til modellens parametre.

Til hver problemstilling følger et sæt autentiske data, der oftest skal benyttes til at estimere modelparametrene. I nærværende tilfælde er det målinger af koncentrationen af et bestemt anæstesistof (pankuron), målt i blodet til forskellige tidspunkter efter at et bestemt dosis blev givet en person ved injektion. Alene på baggrund heraf kan de tre modelparametre estimeres. Dette gøres ved transformation af data og efterfølgende lineær regression. Bemærk at modellen er teoribaseret selv om parametrene fittes. Da virkningen af anæstesistoffer typisk sker i vævet og ikke i blodbanen, er det koncentrationen af stoffet i vævet, der er interessant. Ud fra modellen og de estimerede modelparametre kan koncentrationen af stoffet i vævet (dvs. i gennemsnit over resten af organismen) beregnes som funktion af tiden. Faseplan og faseportræt kan laves, men i nærværende problem er de dog relativt trivielle. Bemærk, at de studerende herved har løst et inverst problem, nemlig det at estimere modelparametrene. Faktisk vil dette problem (spørgsmål) ikke give mening uden brug af matematik, da definitionen af parametrene ligger i selve modellen. Af teksten i den udfoldede problemstilling fremgår det, at man under operationen ønsker at holde koncentrationen af det pågældende anæstesistof i vævet konstant (f.eks. omkring  $250 \mu\text{gram}$ ). Dette kan gøres ved kontinuerligt at tilføre patienten stoffet ved hjælp af et drop. De studerende formodes at kunne modellere denne situation ved at tilføje et konstant led i differentiaalligningen for anæstesikoncentrationen i blodet.

Problemstillingen kan herefter besvares ved at undersøge, om der findes en ligevægtsløsning til det udvidede systemet, og i givet fald bestemme hvor meget af stoffet patienten skal tilføres per tidsenhed, via droppet, for at koncentrationen af stoffet i vævet har den ønskede værdi i ligevægtstilstanden. Til sidst bør hele modelleringsprocessen samt dens enkelte dele diskuteres kritisk, ligesom modellens rækkevidde og gyldighed bør vurderes.



## 4 Refleksioner

I dette kapitel evaluerer og analyserer vi de studerendes udbytte af BASE i studieåret 99/00. Det sker på baggrund af tre forskellige slags indtryk: For det første det generelle indtryk af de studerendes oplevelse af kurset, som vi har fået ved at undervise på kurset og gennem de løbende evalueringer både på holdene og i lærergruppen. For det andet besvarelserne af et spørgeskema uddelt til samtlige 74 studerende i forbindelse med afslutningen af kurset. De 23 indkomne besvarelser er gengivet i rå form i appendix A. For det tredje resultatet af at have haft en ekstra lærer (Tomas) til at fungere som observatør af to grupper studerende i deres arbejde med det sidste mini-projekt, samt efterfølgende individuelle interview med de syv involverede studerende.

I afsnit 4.1 sammenfattes de studerendes oplevelse af kurset under en række overordnede temaer, der er udkrystaliseret fra gennemlæsning af besvarelserne af spørgeskemaet. Hvor det er relevant uddybes og suppleres fremstillingen ved inddragelse af interview og observationer.

I afsnit 4.2 analyserer vi de studerendes oplevelse af kurset. Det sker under inddragelse af de studerendes faglige udbytte af kurset som det er kommet til udtryk i undervisningen, de skriftlige afleveringsopgaver, rapporterne fra mini-projekterne og de mundtlige tests.

### 4.1 De studerendes oplevelse af kurset

#### 4.1.1 Kursusafviklingen i studieåret 1999/2000

I 99/00 startede 74 studerende på BASE fordelt på to hold med henholdsvis 53 og 21 studerende. På det store hold var der 47 studerende, der fik kurset godkendt mens dette tal var 19 på det lille hold. Samlet set var gennemførelsesprocenten således knapt 90.

På det store hold blev undervisningen varetaget i fællesskab af to lærere. I efterårssemesteret var det adjunkt Tinne Hoff Kjeldsen og en ekstern lektor, mens det i forårssemesteret var lektor Morten Blomhøj og Tinne Hoff Kjeldsen. På det lille hold blev undervisningen i begge semestre varetaget af

lektor Johnny Ottesen.

De to hold fulgte samme undervisningsplan, og der blev igennem hele året afholdt et ugentligt lætermøde (ca. 1/2 time), hvor planerne blev justeret og forskellige aktuelle didaktiske problemstillinger diskuteret.

#### 4.1.2 Kursets formelle og reelle krav

Generelt oplever de studerende de formelle krav i BASE som meget overkommelige sammenlignet med andre kurser ved NAT-BAS. Nogle studerende omtaler kurset som "slapt", løst struktureret og havende en afslappet undervisningsform. Det anføres, at det er for nemt at "snyde" sig gennem kurset. Specielt i første semester opleves som meget let at følge.

Samtidig oplever så godt som alle studerende mini-projekterne som meget krævende, og flere giver udtryk for et tidsmæssigt pres i forbindelse med mini-projekterne i andet semester. Det anføres af flere studerende, at det kræver en dyb forståelse af de matematiske begreber at skulle anvende dem i modellerings-sammenhæng, og at det kræver en stor indsats, hvis man som studerende skal have det fulde udbytte af kurset. Disse umiddelbart modstridende synspunkter er endda i flere tilfælde fremført af den samme studerende.

Det generelle forberedelsesniveau har været lavt. Mere end halvdelen af de studerende anfører, at de har forberedt sig højst en halv time i gennemsnit per kursusgang.

Nogle foreslår flere individuelle afleveringsopgaver som del af evalueringsgrundlaget. I interviewene, hvor denne tilbagemelding er gennemgående, begrundes det med, at løbende afleveringsopgaver gør én opmærksom på om man er "med" eller ej, hvilket igen kan motivere en til at få regnet nogle flere opgaver hjemme.

Der er generelt stor tilfredshed med de mundtlige prøver i mini-projekterne. Flere studerende anfører, at de mundtlige tests har virket motiverende for arbejdet med mini-projekterne. Man har lagt en ekstra indsats i modelleringsarbejdet, fordi man vidste at man skulle redegøre for arbejdet til de mundtlige test. I forbindelse med eksamensforberedelsen fremprovokerede det ventende mundtlige forsvar mange tidskrævende, men frugtbare diskussioner i de to grupper, som blev fulgt særlig tæt i deres sidste mini-projekt, og den mere generelle tilbagemelding er, at en sådan positiv tilbagevirkning af den mundtlige evalueringsform var reglen mere end undtagelsen. Mange anfører, at formen ved selve forsvaret af det udtrukne mini-projekt var afslappet og venlig. Nogle ser det som et positivt træk, mens andre mener der blev taget lidt for let på tingene, og at kravene til den faglige forståelse burde præciseres og strammes.

Der er generel enighed om, at det er urimeligt, at man kan komme op i et

mini-projekt som man ikke selv har lavet, men kun opponeret imod. Nogle studerende anfører, at de godt kan se en pædagogisk pointe i ordningen, da den fremmer, at man tager fremlæggelserne og opponeringen af mini-projekterne alvorligt. Men også disse studerende mener, at det er urimeligt, at man kan være afhængig af kvaliteten af andre studerendes arbejde i en prøvesituation.

### 4.1.3 Relevans og udbytte

Næsten alle giver udtryk for, at kurset er meget relevant i forhold til deres øvrige uddannelse. Mange angiver, at de har fået nogle redskaber, de kan bruge i de andre kurser og i deres semester-projekter. MatLab, kompartmentsmodellering, analyse af differentialligningssystemer og erfaringer med modellering af biologiske systemer nævnes som noget, der konkret har kunnet bruges i andre kurser eller i semester-projekterne. Selve det at forstå, hvad en matematisk model kan være og det at kunne tænke i matematisk modellering fremhæves også som et væsentligt udbytte af kurset. Specielt opleves mini-projekterne som spændende og lærerige. Kursets fokusering på modellering af biologiske systemer er tilsyneladende i fin overensstemmelse med de studerendes interesser.

Flere studerende siger endvidere, at kurset har betydet, at de har fået øjnene op for, at matematik faktisk bruges/kan bruges i mange sammenhænge inden for naturvidenskab. Samtidig er der også enkelte, der giver udtryk for, at der har været en del spildtid på kurset i forbindelse med præsentationerne af problemstillinger, generel modelsnak og brugen af MatLab.

Den grundige behandling af differential- og integralregningens grundbegreber får ligeledes delte kommentarer med på vejen. Nogle synes, at der blev brugt for megen tid til repetition af kendt stof, mens andre fremhæver det som en kvalitet ved kurset, at man har mulighed for at "stå på" matematikken igen selv om man kommer med B-niveau fra gymnasiet. Nogle siger direkte, at det først er gennem BASE, at de rigtigt har forstået, hvad differential- og integralregning går ud på.

### 4.1.4 Undervisningsformen

De studerende udtrykker generelt stor tilfredshed med den afvekslende undervisningsform på BASE. Vægtningen mellem tavlegennemgang, opgaveregning (i grupper og matrix-grupper<sup>1</sup> og mini-projekterne i kursets to semestre får

---

<sup>1</sup>Matrix-grupper betyder, at man først lave en gruppeinddeling, hvor hver gruppe forbereder fremlæggelse af en eller flere tildelte opgaver, og at man derefter i nye grupper

dog en del forskellige kommentarer med på vejen. I forbindelse med opgaveregning i grupper anfører flere studerende, at der var for lidt vejledningstid til den enkelte gruppe – specielt på det store hold. Der gik ind imellem for lang tid inden man kunne få hjælp, når gruppen var gået i stå med en opgave. I interviewene foreslår flere, bla. ud fra en sammenligning med det parallelt kørende kursus Kemi A, at dette problem løses ved at afsætte mere tid til tavlegennemgang af teori og eksempler inden problemløsningen i grupper igangsættes.

Enkelte studerende har oplevet det varierende forberedelsesniveau hos deres medstuderende som frustrerende i forbindelse med gruppearbejdet på kurset. Nogle anfører, at der var for lidt disciplin omkring gruppearbejdet, når det lå til sidst i den enkelte kursusgang. Som uddybning fortæller to af de interviewede studerende, at der desværre spredte sig en lidt "lallet" indstilling til BASE blandt mange af deltagerne, hvilket hurtigt kom til at virke selvforstærkende.

#### 4.1.5 Mini-projekterne

Mini-projekterne fremhæves i besvarelserne som en kvalitet ved kurset. Problemstillingerne blev oplevet som spændende, relevante og fagligt udfordrende. Arbejdet med rapportskrivningen, de skriftlige lærerkommentarer til rapporterne, fremlæggelserne for holdet og evalueringen af mini-projekterne ved de mundtlige tests får også positive kommentarer. Dog med den markante undtagelse, at det som nævnt opleves som helt urimeligt, at man kunne komme til mundtlig prøve i et mini-projekt man ikke selv har lavet.

Mini-projekterne opleves generelt som havende afgørende betydning for udbyttet af BASE. Det er i arbejdet hermed, at de studerende oplever, hvordan de enkelte elementer i kurset spiller sammen i udviklingen af modelkompetence. I flere af interviewene peges der på, at skabelsen af dette overblik for en stor dels vedkommende sker ifm. forberedelsen til den mundtlige eksamen. Også gruppearbejdet med mini-projekterne nævnes som noget der generelt fungerer godt, og det ses som en stor fordel, at man har kunnet udnytte hinandens stærke sider.

I flere af interviewene nævnes det, at mini-projekterne rent indholdsmæssigt har virket som en integreret del af kurset. Flere studerende mener dog, at der var for lidt tid til de sidste mini-projekter i andet semester. Spredning af arbejdet med mini-projekterne henover semesteret, som det var tilfældet i første semester, omtales som langt at foretrække frem for andet semesters to sammenpressede forløb umiddelbart i forlængelse af hinanden.

---

fremlægger de forskellige opgaver for hinanden.

### Om oplæggene til mini-projekterne

I udviklingen af BASE og specielt ved bearbejdelsen af oplæggene til mini-projekterne har vi i lærergruppen løbende diskuteret, hvordan vi finder den rette balance mellem at udfordre og støtte de studerende. På den ene side ønsker vi, at de studerende lærer selv at opstille og analysere og kritisere matematiske modeller. Derfor er det vigtigt at de i mini-projekter udfordres til at arbejde med hele modelleringprocessen. På den anden side er det også vigtigt, at de studerende gennem kurset arbejder med passende mange forskellige eksempler på matematiske modeller og at de får lejlighed til at tilegne sig nogle generelle værktøjer til opstilling og analyse af matematiske modeller. Ved udformningen af oplæggene til mini-projekterne har vi på baggrund af denne afvejning valgt at støtte de studerende i specielt de indledende faser af modelleringsprocessen gennem en serie af hjælpespørgsmål. I den forbindelse er det naturligvis afgørende, at de studerende faktisk oplever, at de arbejder med matematisk modellering og ikke blot besvarer en række mere eller mindre sammenhængende hjælpe-spørgsmål. Vi har derfor været særligt opmærksomme på, hvordan de studerende har reageret på oplæggene til mini-projekterne, og vi har også valgt at spørge direkte hertil i interviewene.

Generelt er der tilfredshed med oplæggene til mini-projekterne. De opleves som realistiske i forhold til de studerendes forudsætninger og interesser. Hovedindtrykket er, at der har været en passende grad af udfordring til selv at foretage valg og vurderinger i de forskellige trin af modelleringsprocessen: "Jeg kan meget godt lide det der med at man bare skal svare på spørgsmålene, og så selv få det til at hænge sammen på en eller anden måde til sidst", som det udtrykkes i et af interviewene.

Forelagt muligheden for korte, mere åbne og dermed også mere udfordrende oplæg til mini-projekter giver de fleste studerende udtryk for, at de godt kan se en pædagogisk pointe i også at arbejde med helt åbne modelleringsproblemer, men de mener at det vil være for tidskrævende og kræve megen assistance fra læreren undervejs i processen.

Følgende udpluk fra interviewene viser, at de studerende i høj grad har reflekteret over formuleringerne af mini-projekterne:

"Spidsformuleringer er en dårlig ide, fordi ingen ville komme i nærheden af at arbejde med alle de ting fra kompendiet, som der spørges til i de nuværende projekt-oplæg. Hvis man skulle nærme sig en mere kortfattet formulering ville det kræve længere tid til arbejdet, som det er tilfældet med de mere selvstændige semesterprojekter. Jeg kan meget godt lide det der med at man bare skal svare på spørgsmålene og så selv få det til at hænge sammen på en eller anden måde til sidst."

“Spidsformuleringer ville nok være lidt for svært, men hvis det lykkedes på eget initiativ selv at komme rundt om de ting, der nævnes i de nuværende oplæg, ville det være en fantastisk oplevelse.”

“Med de nuværende formuleringer – specielt epidemi-projektet – får man ikke lov at tænke selv. Den korte form, hvor man får lov til at tænke tanken selv, vil være at foretrække, men det kræver mange vejlederressourcer.”

#### 4.1.6 Brugen af MatLab

Brugen af MatLab er det element i BASE, hvor der er størst variation i de studerendes vurderinger. Flertallet giver udtryk for, at MatLab har været integreret i kursusforløbet på en god måde, og at de føler, at de har fået et kraftfuldt edb-redskab til rådighed. Mange nævner konkret, at de har brugt MatLab i andre kurser og i deres arbejde med semester-projekterne. I interviewene foreslår flere, at der oprettes et separat kursus i brugen af MatLab. I projektarbejdet har de oplevet, at mange som ikke har BASE, har kunnet se, at MatLab er et nyttigt værktøj at have til rådighed.

Et mindretal giver udtryk for frustration over for brugen af MatLab. Flere forskellige forhold nævnes som årsag til den enkeltes dårlige forhold til programmet: tekniske vanskeligheder med programmet i starten af kurset; at MatLab er et meget vanskeligt program, når man ikke har erfaringer med programmering og ikke kender vektor- og matrixbegrebet og de tilhørende notationer fra matematik; manglende eller for svag støtte i undervisningen til de tekniske aspekter ved brugen af MatLab. Generelt er der enighed om, at der bør laves et særligt kompendium til brugen af MatLab på BASE.

#### 4.1.7 Kursusnoterne

De studerendes vurdering af kursusnoterne er også noget varierende. De fleste finder, at noterne er gode, og at de giver en pædagogisk fremstilling af de matematiske emner, der er rettet mod kursets formål. Mange mener dog, at noterne bør struktureres klarere, og at der bør være flere eksempler og opgaver til at støtte tilegnelsen af de matematiske begreber og metoder samt til brugen af MatLab. Konkret efterlyses bedre indholdsfortegnelse, et stikordsregister og som nævnt et særskilt MatLab-kompendium samt en mere omhyggelig korrekturlæsning. Der er også ønsker om, at noterne samles i to bind – et til brug for hvert af de to semestre kurset løber over.

### 4.1.8 Betydningen af lærernes engagement

Næsten alle giver i spørgeskemaet udtryk for stor tilfredshed med lærernes indsats. Generelt har de studerende oplevet lærerne som velforberedte pædagogiske formidlere med stort engagement i de studerendes læreprocesser og med stor tålmodighed over for alle former for forståelsesspørgsmål. Mange studerende angiver, at lærernes engagement i deres læringsproces og den positive og afslappede stemning på kurset har været en stærkt medvirkende årsag til, at de har fået et godt udbytte af kurset.

En ekstern lektor, der var hjælpelærer på kurset i efteråret 1999, får dog ikke samme positive bedømmelse. Dette forhold illustrerer en generel vanskelighed i forbindelse med, at et kursus overgår fra at være et udviklingsarbejde til at skulle være et etableret element i en uddannelse. Hvis denne proces skal lykkes skal kursets idégrundlag fasttømmres igennem kursets struktur og det undervisningsmateriale, der benyttes på kurset, men under alle omstændigheder er det afgørende, at de lærere, der skal undervise på kurset kan personliggøre kursets idégrundlag. Det bliver den næste fase i udviklingen af BASE.

## 4.2 Analyse af de studerendes tilbagemelding

Som det fremgår af afsnit 4.1 vedrører de studerendes refleksioner over kurset dels en række praktiske organisatoriske forhold og dels nogle mere overordnede didaktiske problemstillinger. I dette afsnit analyserer vi først og fremmest de sidste. På det praktiske niveau er de studerendes overvejelser i høj grad blevet indarbejdet i den fortsatte udvikling af kurset. Det fremgår af afsnit 5.1 på hvilke områder det konkret er sket.

### 4.2.1 Betydningen af kursets formelle evalueringskrav

Det er meget tydeligt i besvarelserne og i interviewene, at de studerende skelner skarpt mellem de formelle og de reelle krav til deres indsats i kurset. Langt de fleste studerende tilslutter sig plottet i kurset og udtrykker erkendelse af, at det kræver en målrettet og engageret indsats fra deres side at udvikle modelkompetence. Når det kommer til at prioritere studieindsatsen mellem forskellige studieaktiviteter, er det imidlertid i høj grad de formelle krav, der er styrende. Det virker som om de studerende egentlig ønsker sig en situation, hvor opfyldelse af de formelle krav automatisk medfører tilegnelse af modelkompetence. Flere studerende siger direkte, at de skal holdes til ilden af formelle krav og en stram kursusstyring undervejs i forløbet for at få det optimale udbytte af kurset.

Denne indstilling viser sig bl.a. ved, at den gennemsnitlige forberedelsestid per kursusgang er omkring en halv time, hvilket er kritisk lavt ud fra en pædagogisk vurdering. Flere af de interviewede studerende forklarer det lave forberedelsesniveau med henvisning til de formelle evalueringskrav, som på mange punkter ligger under de forventninger til indsatsen, som alle godt er klar over, at lærerne har.

De studerendes overvejelser angående prioriteringen af deres studieindsats kan illustreres med følgende citater fra interviewene:

“Forberedelsen vurderes ud fra en nødvendigheds-betragtning; da gennemgangen på tavlen var god og forståelig, og da miniprojekterne baseret på erfaringerne fra første semester godt kunne klares uden, var opgaveregning hjemme ikke nødvendig.”

“Oplevelsen i første semester var et lidt løst kursus med et kerneindhold som umiddelbart betragtet var velkendt fra gymnasiet. Det satte en uheldig standard for indsatsen og koncentrationen, som gjorde det svært at “geare op”, da kurset kort inde i andet semester blev markant sværere og mere forberedelseskrævende.”

“Samtidig blev der ikke boret i hjemmeopgaverne i timerne – man skulle fx. ikke gennemgå dem på tavlen –, hvorfor man ikke oplevede nogen forskel på, om man havde regnet dem eller ej.”

“Indholdet af miniprojekterne styrer indsatsen. Når dele af teorien – fx. integralregning – ikke er nødvendig at beherske for at kunne lave mini-projekterne, nedtones indsatsen på disse områder tilsvarende.”

Disse refleksioner rummer flere interessante pædagogiske problemstillinger, som vi her giver en kommentar med på vejen.

### **Hvordan underviser man i autonomi?**

Kursisternes høje vægtning af de formelle evalueringskrav og deres temmelig sporadiske forberedelse kan fortolkes som et symptom på, at førsteårsstuderende ved NAT-BAS i høj grad opfatter sig selv som “elever”. De deltager i et færdigpakket uddannelsesprogram med en klar forventning om, at deres udbytte kan sikres alene ved, at de lever op til systemets formelle krav. Det virker som om, at netop fordi BASE er et matematikkursus har de studerende i udgangspunktet en særlig forventning om, at undervisningen følger en bestemt didaktisk kontrakt med gennemgang af teoristof, opgaveregning og afsluttende skriftlig prøve, der tester beherskelse af standardmetoder overfor typeopgaver (se evt. Blomhøj; 1995). Som en af de interviewede studerende er



inde på, kan den selvforstærkende sløve indstilling til kurset i almindelighed og opgaveregningen i særdeleshed ses som et resultat af, at mange studerende simpelthen ikke magter den høje grad af selvforvaltning, som undervisnings- og evalueringsformerne på BASE lægger op til. En anden af de interviewede studerende refererer direkte til det vanskelige ved at bryde med tidligere arbejdsvaner i forsøget på at forklare, hvorfor opgaveregning er en svær form for lektier: "Folk opfatter det som gymnasiet; man behøver ikke tænke så meget igen, for man får nok svaret næste gang."

Ethvert universitetsstudium må imidlertid have som ambition, at de studerende lærer *selv* at anlægge relevante faglige kriterier for deres studiearbejde, og derved netop udvikler sig fra "elever" til "studerende". At gøre noget ved de studerendes manglende autonomi er derfor en af de centrale udfordringer ifm. tilrettelæggelsen og afviklingen af BASE.

En første og let gennemførlig reaktion på denne udfordring er fra starten af BASE i endnu højere grad end det allerede har været tilfældet at betone, at kurset sigter på at udvikle de studerendes kompetence til selvstændigt at opstille, analysere, anvende og kritisere matematiske modeller, og at dette er noget andet og mere krævende end at regne standardopgaver. En sådan indledende "besværgelse" opløser imidlertid ikke et grundlæggende tilrettelæggelsesmæssigt dilemma: Hvordan underviser man i autonomi, som er et centralt element i udviklingen af matematisk modelkompetence, i en situation hvor de studerende – måske pga. overfokusering på de formelle evalueringskrav – ikke i tilstrækkelig grad tager imod opfordringen til selvforvaltning?

Det umiddelbare svar – at indrette de formelle evalueringskrav så det kun er godt, hvis de studerende navigerer efter dem – kan mindske de ovennævnte uheldige konsekvenser, som dilemmaet afstedkommer. F.eks. er indførelsen af det mundtlige forsvar af et tilfældigt udtrykket projektarbejde som en central del af evalueringskriterierne på BASE et succesfuldt tilrettelæggelsesmæssigt indgreb af denne art. Men det ændrer ikke på det forhold, at udviklingen fra elev til autonom studerende bl.a. forudsætter, at de formelle evalueringskrav ikke står som det dominerende pejlemærke. I den forbindelse er samspillet mellem BASE og semesterprojekterne på NAT-BAS vigtigt at inddrage i overvejelserne.

### Uhensigtsmæssig konkurrence mellem forskellige studieelementer

De studerendes fokusering på de formelle krav giver en anden interessant pædagogisk problemstilling. Dette betyder nemlig, at evalueringsbetingelserne for et nyt kursus som BASE må fastsættes ikke bare ud fra, hvad der er hensigtsmæssigt i forhold til målet for de studerendes læring, men i høj grad også ud fra hvilke øvrige formelle krav, der møder de studerende i parallelle

studieaktiviteter. De enkelte kurser kommer i praksis til at kæmpe om de studerendes tid, og i denne kamp er håndfaste og krævende evalueringskrav åbenbart et effektivt middel.

Som det fremgår af følgende citater interviewene sammenligner de studerende i høj grad kravene på de enkelte kurser:

“På mat A blev alle de foreslåede opgaver forsøgt regnet hjemme, fordi det oplevedes som en forudsætning for at kunne regne afleveringsopgaverne, hvilket igen var en forudsætning for at bestå kurset. Løbende afleveringsopgaver, som skal godkendes, vil være en god ide på BASE.”

“På kemi A blev der – bl.a. i kraft af afleveringsopgaver – holdt et konstant højt og malende tempo, som ofte oplevedes som lige lovlig hektisk. I sammenligning hermed var BASE langt mere nemt og overkommeligt; man kunne give den en skalle når man havde tid og lyst, og så ellers tage det roligt resten af tiden.”

“Det oplevedes som noget der holdt en til ilden at Kemi A var mere målrettet, havde et større læsepensum og i det hele taget holdt et højere tempo.”

“Man kan klare det hvis man har kemi A og så BASE ved siden af, men hvis man havde to kemi A-kurser ville man køre helt træet.”

“BASE og Kemi A er meget forskellige, hvilket er helt fint – afveksling er rart.”

Flere af de interviewede studerende fortæller, at når de med en vis mængde tid til rådighed sad og skulle forberede sig til næste kursusdag, startede man altid med det andet kursus, hvorefter BASE fik hvad der eventuelt var tilbage af tid, jf. den tidligere skitserede stemning af “BASE – det går nok”.

En mulig reaktion på sådanne tilbagemeldinger er naturligvis at stramme de formelle evalueringskrav. En sådan strategi fører imidlertid til uhensigtsmæssig suboptimering i systemet, og til en skævvridning af NAT-BAS som grunduddannelse i retning af stort fokus på kurserne på bekostning af projektarbejdet. BASE er netop tænkt som et kursus, der skal bidrage til at udvikle kvaliteten i projektarbejdet, hvad angår matematisk modellering. Der er derfor en særlig forpligtigelse til at fastsætte evalueringskravene på BASE under hensyntagen til projektarbejdet. Der er med andre ord et begrænset spillerum for en stramning af evalueringskravene.

### 4.2.2 Vurdering af de studerendes udbytte

Det faglige udbytte af kurset er naturligvis meget varieret fra studerende til studerende, men vi mener alligevel, at det er meningsfuldt at forsøge at give en karakteristik af udbyttet for den typiske studerende. Grundlaget herfor er vores erfaringer vedrørende de studerendes deltagelse i undervisningen, rapporterne om og de mundtlige fremlæggelser af mini-projekterne, samt præstationerne ved de mundtlige tests.

Overordnet set vurderer vi tre ud af fire af de studerende der startede på BASE i 99/00 er blevet i stand til at gennemføre en matematisk modeleringsproces i præstrukturerede problemsituationer. Vel og mærke inden for en undervisningskontekst, der i høj grad definerer, hvilke modelmæssige og matematiske metoder det kan være hensigtsmæssigt at bringe i spil.

Konkret lærer de studerende at skelne mellem empiriske data, deres anvendelse til estimation af modelparametre og begyndelsesværdier og modelresultater. De fleste studerende er i simple situationer i stand til at diskutere kvaliteten af forskellige matematiske modeller ved bl.a. at vurdere de årsagssammenhænge, der er repræsenteret i modellen, og at sammenholde modelresultater med empiriske data.

Når det drejer sig om selv at matematisere sammenhænge, der er beskrevet i et ikke-matematisk sprog, er der stor variation i de studerendes udbytte. De fleste bliver i stand til at anvende kompartmentsteknikken til at opstille differentiaalligningsmodeller (med flere koblede ligninger) for simple dynamiske fænomener. Og de udvikler tillige et beredskab til analytisk og numerisk – ved hjælp af MatLab – at kunne analysere sådanne differentiaalligningssystemer kvalitativt og kvantitativt gennem løsning af relevante begyndelsesværdiproblemer.

Når det gælder det mere overordnede sigte om at støtte udviklingen af de studerendes kompetence til at reflektere over og kritisere opstilling og anvendelse af matematiske modeller er det vores klare opfattelse, at BASE for langt de fleste studerende har givet et væsentligt bidrag hertil. Samtidig er det vores vurdering, at erfaringerne med modelopstilling og modelkritik skal støttes af andre erfaringer fra mere omfattende modelleringsarbejde, hvis de skal tjene som grundlag for modelkompetence i fuldt flor.

Det er endvidere et væsentligt udbytte af BASE, at de studerende har fået styrket og udbygget deres forståelse af centrale matematiske begreber og metoder, samt fået grundlæggende erfaringer med et avanceret numerisk og grafisk edb-værktøj til analyse af matematiske modeller. En del studerende har desuden gennem BASE fundet eller genfundet glæden ved at arbejde med matematikken og dens anvendelse, og det betyder at de selv benytter matematik og modellering i projektarbejdet og i forbindelse med andre

kurser. Endelig er det et generelt udbytte af BASE, at de studerende har fået et mere nuanceret billede af matematikkens rolle og funktion inden for naturvidenskab.

For mange studerende har BASE - efter vores vurdering - også givet væsentlige bidrag til udvikling af en hensigtsmæssig studieadfærd. I forbindelse med mini-projekterne har vi således kunnet se, at de studerende har udviklet en stigende grad af autonomi i modelleringsarbejdet og i arbejdet med rapporterne.

## 5 Sammenfatning og konklusion

### 5.1 Forhold der er ændret

Der er foretaget to væsentlige ændringer fra kurset 99/00 til kurset 00/01. For det første er miniprojekterne blevet fordelt mere jævnt over de to semestre. Det har betydet, at de studerende kom hurtigere igang med at arbejde med modellering i efterårssemestret og at der blev bedre tid til at arbejde med de mere omfattende modelleringsproblemstillinger i de to sidste miniprojekter i forårssemestret.

For det andet har vi foretaget to væsentlige ændringer af evalueringskriterierne. Der er blevet tilføjet et krav om aflevering og godkendelse af to individuelt besvarede opgavesæt. Dette skyldes et ønske om at opprioritere arbejdet med de mindre opgaver vedrørende matematisering og de matematiske aspekter af modelanalyserne, samt en erkendelse af, at nogle studerende havde behov for at blive holdt til ilden i forhold til arbejdet med opgaverne på kurset. Endvidere har vi ændret den mundtlige test således, at man kun kan komme op i miniprojekter man selv har været med til at lave og altså ikke i de projekter man kun har opponeret på. Den ændring er foretaget for at imødekomme kritikken fra de studerende.

### 5.2 Kursusafviklingen i studieåret 2000/2001

I studieåret 2000/2001 er BASE med de ovenfor anførte ændringer blevet gennemført efter samme model som i studieåret 1999/2000. Der var 53 studerende tilmeldt kurset i 00/01 fordelt på et hold med 35 og et hold med 18 studerende. I alt 47 studerende deltog i den sidste mundtlige prøve, og heraf var der 44 studerende der fik kurset godkendt.

De skriftlige kursusevalueringer fra de studerende viste at ændringerne i fordelingen af miniprojekterne, de ændrede evalueringskriterier og indførelsen af individuelle afleveringsopgaver havde den tilsigtede virkning. Der var næsten udelukkende positive kommentarer fra de studerende til evalueringskravene. Kurset blev ikke oplevet som "slapt".

Fremlæggelsesseminarerne, hvor grupperne parvis giver kritik af hinandens miniprojekter, blev taget seriøst, selvom man kun blev stillet til ansvar for sine egne projekter ved de mundtlige tests.

### 5.3 Fortsatte vanskeligheder

Som undervisere på kurset, ud fra observationerne af de studerendes arbejde og på baggrund af interviewene, har vi identificeret en række forskellige typer af læringsmæssige vanskeligheder som de studerende møder på kurset, og som dermed udgør pædagogiske udfordringer til kursusundervisningen.

Vanskelighederne angår såvel kognitive som affektive aspekter af læreprocessen, og kan i hovedsagen opsummeres i følgende punkter:

**Tilegnelse af begrebet matematisk model:** Selve begrebet matematisk model er vanskeligt for de studerende at tilegne sig. For de fleste tager det lang tid og kræver mange personlige erfaringer. I starten af kurset har mange således svært ved at forstå og personliggøre formålet med kurset. De studerende opfatter ikke umiddelbart deres arbejde med de forskellige dele af modelleringsprocessen som noget, der bidrager til udvikling af en mere omfattende modelkompetence. Og dermed bidrager aktiviteterne ikke af sig selv til udvikling af de studerendes begreb om matematisk modellering. Det er derfor afgørende fra starten af kurset, at tydeliggøre for de studerende, hvad der er formålet med kurset.

**Autonomi i modelleringsarbejdet:** Det er svært for de studerende selv at tage styringen over deres modelleringsarbejde. Det viser sig f.eks. i miniprojekterne, hvor nogle grupper arbejder sig slavisk gennem hjælpespørgsmålene uden at forholde sig til den samlede modelleringsproblemstilling. Vanskelighederne med at udvikle autonomi i forhold til modelleringsarbejdet er både af kognitiv og affektiv karakter. Det er kognitivt vanskeligt at fastholde hele den kæde af ræsonnementer og argumentation, der er indeholdt i en matematisk modelleringsproces, og det er nødvendig, hvis man selv skal kunne styre processen. På den affektive side handler det om, hvorvidt de studerende er villige til at påtage sig ansvaret for deres egen læreproces og levere den nødvendige arbejdsindsats. Noget kan gøres i undervisningen ved hele tiden at invitere og udfordre de studerende til selv at overtage problemstillingerne, men i sidste ende er det en forudsætning at de studerende vil lære.

**Integrering af de studerendes erfaringer:** Også senere i kursusforløbet er det svært for de studerende at integrere erfaringerne fra deres

arbejdet med matematisk medllering i de forskellige kontekster. For mange studerende er det først ved afslutningen af kurset, at de ser de enkelte miniprojekter som forskellige eksempler på matematisk model-  
lering. Det er derfor vigtigt, at der gennem hele kurset bruges tid til at diskutere og almengøre de studerendes erfaringer.

**Manglende viden:** Nogle studerende oplever tydeligvis deres begrænsede forhåndsviden om de forskellige ikke-matematiske problemstillinger, der danner udgangspunkt for modelleringsarbejdet på kurset, som begrænsende for deres tilegnelse af modelkompetence. Der er tale om følelsesmæssige vanskeligheder, der typisk knytter sig til det at skulle foretage en systemafgrænsning eller simplificering uden at have en tilstrækkelig faglig viden til at bedømme kvaliteten heraf. Nogle studerende har meget vanskeligt ved at benytte ræsonnementsformen: "hvis vi skal kunne regne på denne situation, må vi antage at ....". En svag baggrundsviden virker naturligvis også begrænsende på mulighederne for at reflektere over en models status og mulige anvendelser. Dette problem bør medtænkes ved udvikling af opgaver og miniprojekter, men samtidig kan og bør man også i undervisningen støtte de studerende i at udvikle et "gå på mod" over for nye og uvante problemstillinger.

**Vanskeligheder med MatLab:** Brugen af MatLab opleves af nogle studerende som en vanskelighed i læreprocessen. Selvom vi ser bort fra de trivielle tekniske og organisatoriske problemer - som vi relativt nemt kan og vil afhjælpe - er der tilbage en væsentlig kerne af læringsmæssige vanskeligheder knyttet til brugen af MatLab. Anvendelsen af MatLab på BASE kræver, at de studerende selv koder små programmer i et formelt sprog, og det er kognitivt krævende - specielt for dem uden erfaringer med programmering. MatLab's opbygning og brugen af vektorvariable er nyt for alle og kræver en målrettet pædagogisk indsats. Selv i en indledende universitetsundervisning er der også studerende, der har et følelsesmæssigt meget anstrengt forhold til det at bruge en computer til andet end tekstbehandling. Afhjælpning af sådanne vanskeligheder kræver en særlig individuel vejledning.

**Matematik-faglige vanskeligheder:** I forbindelse med arbejdet med delprocesserne (c) og (d) i modelleringsprocessen oplever mange studerende alvorlige vanskeligheder. Ofte er årsagen, at det deres begrebsmæssige forståelse af de involverede matematiske begreber er for svage til, at de kan bruge dem til matematisering. Håndtering af sådanne læringsvanskeligheder er imidlertid integreret i tilrettelæggelsen af BASE og kræver derfor ingen særlige initiativer.

**Problemløsning er svær:** Ved arbejdet med problemløsning enten som led i modelleringsarbejdet eller ved opgaveregning oplever så godt som alle studerende vanskeligheder. At arbejde med et problem – forstået som en opgave man ikke på forhånd kender metoder til at løse – er i sigens natur en kognitiv belastende proces. Det gælder specielt hvis man arbejder alene. Det er således karakteristisk, at alle de interviewede studerende giver udtryk for, at de har oplevet det som frustrerende, når de har arbejdet med problemløsning på egen hånd som led i deres forberedelse. Men også i forbindelse med opgaveregning i grupper og i forbindelse med miniprojekterne oplevede de studerende det ind imellem som frustrerende at arbejde med problemløsning – bl.a. fordi det var for vanskeligt at få vejledning, når man "kørte fast". Det kræver tilvænning, at arbejde med problemløsning og modellering. Man skal lære at det er ok at være frustreret undervejs, at det kan være hensigtsmæssigt at afprøve flere forskellige løsningsstrategier, og at der ikke nødvendigvis kun er én rigtig tilgang til modellering af en situation.

Disse læringsvanskeligheder kan beskrives og forstås som problemer, der har at gøre med indsocialisering til matematisk problemløsning og modellering som særlige virksomhedsformer. Det er netop sigtet med BASE at bidrage til en sådan indsocialisering. Den pædagogiske udfordring bliver derfor dels at udvikle opgaver, der er passende udfordrende for de studerende, og dels at diskutere og almengøre de studerendes erfaringer med problemløsning og modellering undervejs i kurset<sup>1</sup>.

## 5.4 Konklusion

Konklusionen på udviklingsarbejdet er, at BASE har fundet en hensigtsmæssig grundstruktur, der faktisk støtter udviklingen af modelkompetence hos de studerende. Det er samtidig oplagt - jf. de ovenfor nævnte vanskeligheder - at kurset løbende skal udvikles og justeres for også fremover at kunne fungere hensigtsmæssigt.

Som afsluttende bemærkning skal det fremhæves, at udviklingsarbejdet har haft stor betydning for de deltagende lærere. Specielt har det været meget udbytterigt at undervise to lærere på det samme kursus samt at have lejlighed til at diskutere indhold, tilrettelæggelse, undervisningsform og konkrete didaktiske problemer med kollegaer på grundlag af fælles erfaringer. Denne arbejdsform har i høj grad bidraget til udviklingen af kurset.

---

<sup>1</sup>Om gradvise udfoldninger som en mulig vej til modellering kan man læse i Blomhøj & Jensen (2001)



# A Spørgeskema-besvarelser

Det følgende er en fuldstændig gengivelse af de "rå" data som blev resultatet af en spørgeskemaundersøgelse, som alle BASE-kursister pr. maj 2000 blev bedt om at deltage i. Den eneste redigering der er foretaget er, at alle besvarelser af hvert spørgsmål er gengivet umiddelbart efter spørgsmålet for lettere at kunne danne sig et overblik over tendenser i besvarelserne, samt at slå- og stavfejl er rettet. Desuden optræder de 23 indkomne besvarelser anonymiseret med et nummer, men identiteten bag hvert nummer er forfatterne bekendt.

## Generelt

Nævn mindst *tre gode ting* ved kurset:

1. Lineær regression (MatLab); Integral/differential (genopfriskning); Kompartmentsdiagrammer. Det er ting, jeg har og vil få glæde af på andre kurser og projekter. Det er en god måde at få modellering ind og lære at tænke i de baner.
2. Utrolige søde og tålmodige lærere som samtidig har været vanvittig gode formidlere; Jeg kan bruge MatLab, selv i andre kursussammenhænge – hvilket jeg aldrig ville have troet de første par uger vi arbejdede med det; En rar stemning og atmosfære på holdet. Jeg var utrolig glad for at det var base, og ikke et andet kursus der lå fredag eftermiddag. De andre kursers arbejdsform er anstrengende, med ofte kun forelæsninger.
3. Jeg har lært at bruge matematikken i det "virkelige liv", ikke kun til opgaveregning, jeg har lært, at matematikken kan bruges til noget fornuftigt; Vi har i vores projekt lavet en kompartmentmodel over fosfor-kredsløbet, base har hjulpet mig til, at forstå dette.
4. Det er hyggeligt, lærerigt og giver en et lidt anderledes syn på matematik end man er vant til i gymnasiet. Man kan faktisk bruge base i "virkeligheden".
5. Pædagogisk velovervejet, god analogi i opbygning, Tinne og Morten er skide gode til at formidle viden, forklare sig og skabe forståelse.
6. Grundigheden i 1. semester; der er flere end en forlæser (en fordel hvis man har svært ved at forstå den enes formuleringer); meget gruppearbejde.
7. 1. Vejlederens engagement; 2. Arbejdsformen; tavle/opgaver/diskussion; 3. Indholdet. De tanker der ligger bag opgaver og kompendier. Det lærte stof kan anvendes inden for mange forskellige fagområder.
8. Gode kompendier (men desværre ofte lidt for skøjttende over emnerne å la det vil vi ikke gennemgå her); I er gode til at forklare det så alle er med; God idé at skulle arbejde i grupper til afleveringsopgaver (man støtter og komplimenterer hinanden – bare ærgerligt for dem der prøver at "fede" sig igennem; da de slipper nemmere igennem).
9. 1) Vi har lært at modellere, det har jeg haft brug for i mine projekter; 2) Godt at lave matematik i grupper, man supplerer hinanden dvs. opvejer hinandens svagheder; 3) det bedste ved kurset er at man direkte lærer at bruge matematik som redskab, i stedet for bare lære det teoretisk.
10. Dejligt at have et matematikkursus der fokuserer på brugen i stedet for bevisførelsen. Det bekræfter at man altså kan bruge alle de der abstrakte "ting" til noget virkeligt. (så var højniveau i gymnasiet måske ikke helt spild af tid?); Rar stemning og godt underviser/studerende "forhold", altså en behagelig time at komme til; Godt og forståeligt materiale til undervisningen (kompendierne).

11. At man kan bruge det til biologiske forhold, at det er overstået!
12. Meget pædagogiske undervisere, dansk og redigeret læsestof.
13. Omhandlede modellering med biologiske fænomener, og ikke tørt terperi; Kompetente undervisere, der havde tid til diskussion af relevante matematiske problemer udover de skematiserede timer; Gruppearbejdet i 3-4 personers grupper, der til en vis grad kompenserede for undervisere. Dette gav også en mulighed for diskussion af problemer, der ikke ville være trukket frem ved selvstændigt arbejde; MatLab-arbejde var godt.
14. I er som undervisere meget gode til formidlingen; Grupperne til miniprojekterne; Eksamen (I var meget søde).
15. Det faglige indhold; Miniprojekterne; Jeg kan godt lide at differentiering og integrering blev gennemgået grundigt – dog kunne man nok bruge mindre tid på det, hvis det skal stå i forhold til det øvrige af kurset.
16. MatLab; At kurset og diverse opgaver relaterer til "virkeligheden"; Evalueringskravene er ganske gode, dem bør der ikke strammes op på. Det er selve semesterforløbet der bør strammes op på.
17. Kompendiernes udformning, de meget disponible lærere, gennemgang af nyt stof ved tavlen.
18. Matematisk modellering, vejlederne og interessante problemstillinger.
19. 1: gode undervisere; 2: god stemning; 3: man har lært nogle gode redskaber.
20. I 2. semester har det været to rigtig gode lærere der har været tilknyttet kurset; Man har lært mange nyttige ting – der har været mulighed for at bruge til andet end BASE – eks. kemi.
21. Gode lærere, god notesamling, og når man spurgte om noget blev tingene altid grundigt og forståeligt forklaret.
22. Vi har arbejdet med mange reelle problemstillinger og har derved opnået en del forståelse for hvordan disse kan løses (et godt værktøj); Haft mulighed for både at arbejde i grupper og individuelt.
23. Kendskab til MatLab; Brugen af matematik i andre fag; Matrixgrupper var godt fordi man skulle forklare for andre.

### Nævn mindst *tre dårlige ting* ved kurset:

1. For "slapt" i 1. semester; Der skulle have været afleveringssæt i 2. semester; "Gensidig ansvar" i miniprojekter. En måde at løse det problem på, kunne være at man efter 1. semester kom op i et af afleveringssættene og efter anden semester kom på i (på dette kursus) i alt 4 miniprojekter man selv havde været med til at udarbejde. Nå, nu må vi se, hvordan det går. Det skal jo nok gå alt sammen, men hele den proces med at tænke/regne den ud, får man ikke med i de to projekter, man ikke selv har udarbejdet. Nu har vi svarerne og må så selv tænke os til "de dybere meninger bag".
2. Den sidste evaluering – det kan simpelthen ikke passe, at vi kan komme op i andres projekter!; Tankerne bag det hele er ikke blevet gjort af os selv, og yderligere har jeg indtryk af at mange, ikke kun jeg, har haft en "dårlig" opponentgruppe, som ikke selv har forstået halvdelen, og derfor har umådeligt svært ved at formidle det til os! Det havde været ok, hvis man havde forelagt os det sådan som det er blevet gjort, så man virkelig prøvede at sætte sig så godt ind i opponentgruppens projekt som muligt, og man så derefter fik at vide at man kun skulle op i sine egne!; Evalueringen var for let; Tidspres på projektperioder.
3. Der er for meget spildtid, for meget opgaveregning hvor vi kan sidde og vente i 20 minutter på hjælp og derfor opgiver, mere teori i timerne og mere opgavegennemgang. Fordelingen af første og andet semester – for meget på andet semester; At jeg skal forsvare et projekt jeg ikke har gjort mig tanker bag - det er sgu' for langt ude, det der er fedt ved en fremlæggelse er at forklare sine tanker bag.
4. Presset miniprojekt forløb, for store hold og irriterende MatLab, der lige pludselig går ned.
5. For lidt studerende "til tavlen", manglende register/ordliste til kompendium, fredag eftermiddags base drukner i café.
6. Et for stort hold i forhold til undervisningsmetoden (f.eks. ved gruppearbejde/gennemgang); Af og til for meget gruppearbejde; Ikke nok gennemgang af stoffet i 2. semester hvor det blev sværere.

7. 1. Forløbet miniprojekt/opponering i foråret; dette var u hensigtsmæssigt da der er stor forskel på det arbejde der lægges i opgaverne, de studerende imellem; 2. Det havde været rart med en manual til MatLab, så man kunne slå op og se hvordan diverse manøvre gennemføres mest hensigtsmæssigt; 3. Opstarten var lidt for langsom i efterårssemesteret.
8. For store hold, MatLab hjælpefunktionen (dos baseret giver styrke og svagheder), for svingende sværhedsgrad i gruppeafleveringsopgaverne, for få "småafleveringer" flere af den slags fra første semester vil give folk en bedre fornemmelse af hvor de står rent fagligt.
9. 1) der blev brugt for lang tid på at lære MatLab, det havde været nemmere med et rent MatLab kompendie; 2) ikke nok tvungne afleveringsopgaver i andet semester; 3) det ville være bedre med to hold hvor der er en lærer pr hold.
10. For store svingninger i niveau; Gruppearbejde er en dårlig afslutning på en time, da det "fiser" ud i sandet og folk render hjem før tid.....Det er selvfølgelig deres eget ansvar... men det kunne vel gøres mere fornuftigt for at få timerne til at fungere godt i en klasse sammenhæng; Holdene på 60 eller hvor meget det nu var, vi startede på er ALT for store!!!
11. Ikke nok opgaver, totalt dårlige forhold ved computerne, for lidt tid til projekter + rettelser af samme, for mange elever til kun to vejledere. Flere afleveringer så man kan se om man overhovedet fatter noget af det der står i kompendiet.
12. MatLab har ikke fungeret, for slappe evalueringskrav i forhold til andre kurser, undervisningen har ikke været målrettet nok mod miniprojekterne undervisningen for simpel og miniprojekterne for svære.
13. Holdet var for stort; Heraf følger ønsket om en mere grundig gennemgang på tavlen, da underviserne var svære at få i tale; Nogle fejl i kompendier, der kunne føre til misforståelser; Savner et decideret hæfte med MatLab programmer og funktion (evt. bare som bilag) for overskuelighedens skyld.
14. Det efter min mening for brede faglige spænd mellem deltagerne; Juleeksamen hvorfor ikke udelade den eller give et e-kryds der. Kompendiet er dårligt formidlet og selv om det er muligt at have en højniveau bog ved siden af tager det 100000 gange længere tid Mindst!!!!!! at skulle finde tingene eller at opklare kompendiet vha. af dem.
15. Ej tid nok til miniprojekter – dog hænger dette også sammen med, at man er presset i andre fag samtidigt; Man føler der burde bruges længere tid på differentiallyigninger i kurset, dog vil jeg sige man har en OK fornemmelse af at kunne stoffet, når man har været til endelig evaluering, men det er altså svært at følge med i undervisningsprocessen; MatLab var for svært at bruge i starten og til de første miniprojekter; Kompartiment begrebet blev der brugt for meget tid på.
16. Det er alt for løst. Forstået på den måde at der mangler bl.a. nogle små skriftlige opgaver. Det ville tvinge os til at forberede os bedre, og til at sætte os ind i stoffet; Der er en alt for stor afstand mellem 1. og 2. base semester rent fagligt. Der mangler en lidt mere flydende overgang; Det fungerer overhovedet ikke optimalt med matrix grupper. Hverken når det gælder opgaver eller miniprojekter. Man får nu engang mest ud af en opgave ved selv at opleve tankeprocessen man kommer igennem under forløbet. Det er især kritisk når man kan komme til eksamen i et projekt man ikke selv har lavet.
17. evalueringsformen af 2. semester, gennemgang af opgaverne, uordenen i planlægningskemaet i 2.semester.
18. Går for langsomt, gennemgår kendt teori og for mange studerende i forhold til vejledere hvis I ønsker at køre kurset på samme måde som hidtil.
19. 1: der bliver brugt for meget tid på "elementær" matematik, i stedet for at lægge mere vægt på hvordan en model opsættes; 2: tavleundervisningen er for meget lige efter kompendiet, det ville måske hjælpe med flere indslag fra studerende; 3: en dårlig ide at man kan komme op i projekter man ikke selv har skrevet.
20. MatLab undervisningen. Programmet i sig selv har været rigtig godt at kende til og kan bruges til mange andre ting, men især i 1. semester var undervisningen i programmet yderst særdeles mangelfuld og det gav anledning til mange unødige frustrationer; Eksamensformen – at man kan komme op i et projekt man ikke selv har været med til at lave.
21. Der blev nogen gange brugt lidt for meget tid på de simple ting - fx selve opstillingen af kompartiment og så var der ikke så meget tid til gennemgangen af løsningen af differentiallyigningerne; Når der til sidst i en kursusgang skulle regnes opgaver var man let tilbøjelig til at gå før tid fordi man gik i stå med spørgsmålene og der jo kun var 2 lærere.

22. Kompendierne er dårlige idet de virker meget rodede, og det er svært at finde frem til lige præcis det man skal bruge. (En bedre indholdsfortegnelse (og evt. flere eksempler) ville være godt!!); MatLab er håbløst... i alt fald i starten!!.. Det kunne være et hit med et mini-komp. over diverse kommandoer og programmer/opsætninger i MatLab!!; Med hensyn til eksamen; Rigtig irriterende at kunne komme op i to projekter man ikke selv har arbejdet med!!!
23. Vi var for mange mennesker på kurset; For meget spildtid på MatLab.

### Hvordan vil du karakterisere *BASE* ift. de øvrige kurser på nat.bas.?

1. Da jeg ikke har haft andre pulje M fag, kan jeg ikke sammenligne med dem, men for mig var det en god løsning til at få opfyldt pulje M. Base har "oppet" sig meget i forhold til efterårssemestret. Der er kommet mere kød på og flere udfordringer her i 2. semester. Jeg er meget glad for de ting, jeg har lært på base, men det har været et let fag sammenlignet med kemi A + B. Men på den anden side, har det været rart ikke at have to totalt krævende læsefag i samme semester. Dvs at der har været god tid til at sidde med MatLab hjemme og prøve sig frem og eksperimentere. Hvis der havde været et stort læsepres, var den del nok røget væk. Men som skrevet ovenfor havde 3-4 afleveringssæt i 2. semester ikke været i vejen.  
Base har været det bedste kursus jeg har haft indtil nu.
2. Base har et langt mindre lektiepres. Forstår man hvad der foregår i kursusgangene er det stort set ikke nødvendigt at læse. Base er dog et kursus, hvor man er nødt til at dukke op til samtlige kursusgange for på den ovennævnte måde at kunne følge med, hvilket måske ikke er nødvendigt på visse andre kurser.  
Base har været det bedste kursus jeg har haft indtil nu.
3. Det virker som om der bliver taget nemmere på det end de andre kurser og der er ikke nogle af de andre kurser hvor jeg skal op i en andens opgave.
4. Ikke specielt tidskrævende, hvad angår forberedelse. Mere personligt forhold til lærerne og utrolig venlige og hjælpsomme lærere, der giver sig tid.
5. Primært langt mere pædagogisk minded, "tidssvarende undervisere".
6. At og til for afslappet, mange tager ikke faget alvorligt og det præger stemningen.
7. Sværhedsgraden på første semester er ikke så stor, og selve kursus-indholdet er anderledes end de øvrige matematikkurser. Det virker derfor "nemt" til at starte med. Men på andet semester accelererer niveauet, specielt med de omfattende miniprojekter. Her skal der "lægges kræfter i" for at få et ordentligt udbytte af kurset. Jeg vil mene at niveauet er "medium". Jeg synes evalueringsskravene er gode med opgaveaflevering og mundtlige tests.
8. Niveauet en kende for lavt.
9. Måske lidt for nemt at komme igennem.
10. Undervisningsformen er meget mere fri, næsten som gymnasiet med alt det gruppearbejde.  
Underviserne engagerer sig meget i de studerende.
11. Der er en slappere disciplin, fordi der ikke er afleveringer nok. Der er for mange studerende på kurset, teori, teori, teori. (men det gælder *desværre* alle vores kurser).
12. Jeg synes ikke der kræves ret meget. Der mangler de selvstændige afleveringsopgaver på 2. semester
13. Er et kursus der giver os matematikidioter en chance, da gruppearbejdet, for mit vedkommende, har fungeret godt.  
Giver desuden et bedre indblik i brugen af de tillærte metoder ved biologiske problemstillinger, end andre kurser.
14. Jeg synes det er høje krav at stille, hvis man virkelig ønsker at forstå stoffet skal man jo forstå højniveau samtidig og det er lidt vildt.
15. Det er et supplement til bedre at kunne klare sig i de øvrige kurser.
16. Generelt er der stor forskel på de kurser jeg har haft. Base hører uden tvivl til blandt de, om ikke nemme, så i hvert fald lidt før løse kurser. Det er for let at bare "hustle" sig igennem to semestre. Rent fagligt synes jeg nu egentlig at det er ganske interessant.
17. Base er i forhold til de andre kurser jeg har haft i de første to semestre et fag, hvor man godt kan tage det lidt med ro. Jeg synes, det har været til at overskue.

18. Ikke så målrettet som andre kurser.
19. Meget afslappende, man går ikke glip af det helt store hvis man ikke er der en gang.
20. Meget mere frit. Lektiebyrden har ikke været nær så krævende.  
Undervisningen har været helt anderledes end de traditionelle forelæsninger, men det har været rigtig godt. Der har været en del gruppearbejde men det har ligeledes været udbytterigt.
21. Ret afslappet, det kræver ikke 1/10 arbejdsindsats i forhold til øvrige kurser.
22. BASE har været en af de mest ringe kursus jeg har haft på NATBAS! (Det slår dog Bio A)!!  
Jeg har selvfølgelig fået en del ud af tage BASE, som nok vil gavne mig videre hen, men opbygning/struktur samt kompendiekaos har irriteret mig en del!!
23. Et godt kursus når der kommer forbedringer. Godt der er et kursus for dem som ikke er så glade for matematik så de har mulighed for at få 2 M-krydser.

## Tilrettelæggelse

**Hvad synes du om *arbejdsformen og tidsforbruget*? Skulle vægtningen af tavlegennemgang, opgaveregning, projektføreløb mv. have været anderledes? Hvad synes du om vekslingen mellem disse arbejdsformer set under året som helhed?**

1. Jeg synes, der har været god veksling mellem de forskellige arbejdsformer. Dog har der været for meget tid med gruppearbejde af opgaver, der ikke skulle "bruges til noget", så folk bare er gået. Ærgerligt for dem, men også demotiverende for andre (ikke at jeg skal være overhellig), men der kunne man måske have arbejdet med nogle opgaver, der skulle bruges til noget – eller en forberedelse til aflevering. En anden mulighed er mere arbejde med matrix-grupper. Det fungerede ganske godt at man skulle fremlægge for en anden lille gruppe.  
En ting, der har undret mig er, at det er frivilligt at gå op til tavlen. Det er simpelthen så pinligt, at der er ingen, der vil op. Det kan heller ikke passe, at det er de samme, der skal op hele tiden. Men selvfølgelig er det universitetet og man har ansvar for sin egen uddannelse, men jeg synes godt man kunne lave sådan en "tvangs-ordning". Så var der også flere, der gjorde mere ud af opgaverne.  
Som der også blev snakket om til evalueringen før påske, har de sidste to miniprojekter været for tæt på hinanden. Det var virkelig svært at mane sig selv op til at arbejde dybt med det sidste miniprojekt.
2. Jeg synes man skiftevis i smågrupper skulle have opgaver for, som så gruppevis skulle gennemgås for de andre på tavlen. Ellers har jeg været yderst tilfreds med arbejdsformen, da en kursusgang var overskuelig.  
Man går ikke "død" som på andre kurser, selv ikke fredag eftermiddag!  
Der kunne godt have været flere opgaver for til aflevering.  
Sidste semester har været lidt for opdelt med første 2/3 teori, hvor man næsten gik "død" og sidst med 2 (4) miniprojekter, som var alt for presset.
3. Se de andre afsnit.
4. Gerne lidt mere opgaveregning i 2. del. Længere tid til miniprojekter.
5. Jeg synes det har fungeret fint med en sådan vekslen, dog synes jeg 1. semester kørte lige træt nok set udfra den betragtning, at det hovedsageligt er stoffet fra 2. semester, der er af videre relevans.
6. Der var for lidt afleveringsopgaver i det vi gennemgik; vi fik for travlt med de sidste to miniprojekter der lå lige efter hinanden; tavlegennemgangen var OK – den skulle bare være gennemført mere konsekvent i starten, hvor vi ikke kendte hinanden, da det er lettere at "dumme" sig foran nogen man ikke kender.
7. Jeg synes at arbejdsformen er god, jeg kan godt lide den måde tingene veksler på. Jeg mener dog, at sværhedsgraden i de skriftlige opgaver bør stige mere gradvist, så der er en bedre sammenhæng de to semestre imellem. Mht. tidsforbruget mener jeg, at der godt kan "klemmes" mere undervisning ind i efterårssemesteret. Jeg synes, at opstarten tager for lang tid (jeg har personligt ikke udført et ærligt regnestykke i tre år før jeg startede på BASE). Men ellers er det o.k.
8. Større del skulle være brugt til opgave hjælp, da miniprojekterne krævede at man havde fuldstændig styr på begreberne.

9. Første semester var godt opbygget, idet man lavede afleveringsopgaver hver gang man lærte et nyt redskab at kende, det manglede i andet semester.
10. Ja, fx: (og her går jeg så ud fra at der max. er 30 stud. eå holdet) start med tavlegennemgang, derefter gennemgang af eksempler, 1/2 times gr. arb. med løsning af en for problemet og det gennemgåede rep. opg. og så fælles gennemgang af denne derefter gennemgang af hjemme opg. Det med fri gruppe opgaveløsning i den sidste time af modulet holdet *ikke!*
- Men ellers er ideen med gruppearbejde fin som arbejdsform, og også det at undervisningsformen skifer i løbet af de 3 timer. Ellers så falder man sgu' i søvn.
11. Meget mere opgaveregning da det giver mere forståelse for stoffet! *Alle* skulle havde været tvunget op til tavlen mindst én gang! Der var alt for lidt tid (*ingen tid!*) til at rette vores projekter, når vi fik dem tilbage. Der blev brugt for meget tid på gennemgang, mens folk sad og gloede og ikke fattede en skid, men bare nikkede og smilte!
12. Der mangler afleveringsopgaver på 2. semester. Selv opgaveregningen har været for svær i forhold til det der er blevet gennemgået på tavlen.
13. Tidsforbruget i de skemalagte timer var ikke optimalt (holdets størrelse). Mere slavisk tavlegennemgang.
14. For min del ville jeg foretrække mere gennemgang af opgaver på tavlen.
15. Ingen bemærkninger.
16. Jeg mener at fordelingen af tavlegennemgang, opgaveregning og projektførelse har været meget rimelig. Miniprojekterne bør dog fordeles lidt anderledes rent tidsmæssigt. Det var et problem at de overlappede hinanden. Fornuftigt at opgaveregningen blev lagt teorigennemgang i 2. semester.
17. Vægtning af tavlegennemgangen synes jeg har været fint, til gengæld synes jeg, at opfattelsen af opgaveregningen har været for løst! På en måde blev opgaveregningen ikke taget alvorligt nok, og måske ville det hjælpe, hvis lærerne udøvede et lidt større tryk over for eleverne, selv om jeg godt ved at studerende ikke længere bør betragtes som skoleelever, der hele tiden skal holdes i ørene, men jeg tror nu alligevel, at det ville hjælpe.
18. Der bliver brugt for meget tid på opgaveregning, det er en hjemmeopgave!
19. Det er godt at der er den vekslen, men jeg synes at det i højere grad skulle være elevgennemgang ved tavlen af hjemmeopgaver.
- Der bliver brugt for meget tid på generel tavlegennemgang.
20. 2. semester var meget mere kompakt og krævende end 1. semester. Vægtningen kunne helt klart have været gjort anderledes. Der er gået meget spildtid ved opgaveregning fordi man skulle vente på læreren for at komme videre og det har mange gange gjort at man ikke har nået det man skulle. Derfor har det virket rigtig godt at opgaverne blev gennemgået på tavlen næste gang.
21. Igen, ideen med at regne opgaver herhenne er god, men det fungerede ikke så godt i praksis.
- Ellers har det været godt tilrettelagt med grundige og forståelige tavlegennemgange, både af teori og regneeksempler.
22. Jeg synes det har været godt at have arbejdet både individuelt og i grupper... Evt. nogle flere mindre individuelle opgaver!!
- Tavlegennemgang og opgaveregning har været meget godt fordelt.
- Projektarbejde burde være mere jævnt fordelt over de to semestre. Det var som om vi pludselig fik rigtig meget fart på i andet semester. Desuden burde der være samme mængde tid til hver opgave ( i alt fald gruppeopg.).
23. Rigtig godt med miniprojekter!!! Men som sagt før synes jeg det var irriterende at skulle til eksamen i projekter man ikke selv havde arbejdet med.
24. 1. semester skulle gå hurtigere så man har mere tid til det svære på 2. semester.

## Hvad synes du om at have *miniprojekter* som en del af et kursusforløb?

1. Ganske god måde at arbejde med et større problem.
2. Utrolig god arbejdsform, hvor jeg flere gange først helt fik fat i teorien!
3. Det er en god ide, jeg har personligt lært meget og jeg har haft tid til, at gøre mig tanker bag. Dog har de sidste 2 været for pressede og for svære i forhold til det teori vi har fået gennemgået.
4. Ok, hvis mere tid, og ikke nær så presset. Man er ikke blevet sat ordentlig ind i de andres projekter, og dette ville nok blive afhjulpet med mere tid.
5. Rigtig god idé
6. Det var godt, gruppearbejde er altid godt til at få alle med og samtidig lærte vi nogle af de andre at kende.
7. Jeg synes at miniprojekterne er en rigtig god ide. Man tænker meget mere over hvad det er man arbejder med end ved almindelige opgaver. Dog kunne de godt trænge til en revision; her tænker jeg på, at de har været stillet dårligt op, således at man har skullet svare på det samme spørgsmål flere gange, hvor der bare har været brugt andre ord til at beskrive spørgsmålet. Eller spørgsmål og tekst har væltet rundt mellem hinanden, så man ikke har vidst hvad man skulle svare på. Man skulle måske også forberedes lidt på hvor omfattende de er, i hvert fald til den første gang man stilles over for et miniprojekt.
8. Et af de helt store plusser; da de er mere krævende end småopgaver.
9. God ide, men de skulle hellere fordeles ud over hele kursusforløbet.
10. Det er helt genialt. Det er bare blevet planlagt meget dårligt rent tidsmæssigt, desuden var der for stor niveau forskel på de sidste fire opgaver. Desuden har det betydet at jeg ikke ønsker at komme op i min makkergruppes opgaver da de er dårlige og uforståelige, og jeg syntes at det er trist at jeg skal bøde for deres fejl og mangler! Groft sagt. Det har for mit vedkommende skabt en del frustration.
11. Det er en god ting også at bruge det som udgangspunkt til eksamen, men vi skal have lidt mere tid til dem og meget mere tid til at diskutere og rette i det, inden en evt. genaflevering.
12. God ting. Det er det jeg har fået noget ud af.
13. Godt (kunne dog have ønsket en stor fremlægning i plenum af de for 2. semester relevante miniprojekter, da ikke alle kan klarlægge hele problemstillingen).
14. Jeg fik mit udbytte gennem dem i 2. semester.
15. Det var rart at få en chance til at bruge de næsten lærte ting i en problemstilling. Det var desuden med til at få opklaret problemer omkring teorien. Det kunne dog være frustrerende, at man ikke kunne komme videre enten fordi MatLab ikke fungerede efter (vores) hensigt eller fordi man ikke var teoretisk forberedt.
16. Uden miniprojekterne ville jeg have fået minimalt ud af kurset. Det er i arbejdsprocessen med disse man får en sammenhængende forståelse af den teori man har gennemgået. I øvrigt ville det ikke give nogen mening at have MatLab som en del af kurset hvis ikke der var nogen miniprojekter.
17. Generelt synes jeg, at miniprojekter er en god ide. Kun løsningen af projektarbejdet i 2. semester har ikke været så godt. Man ville bedre få fat på matematikken i opgaverne, hvis man selv regnede alle fire.
18. Godt bortset fra den famøse opdeling hvor man laver to, men kan komme op i fire.
19. Det har været godt, man har været tvunget til at sætte sig ind i tingene.
20. Hvis der havde været lidt mere tid især til de sidste to havde det været at foretrække. Ellers har ideen været god og det har været udbytterigt.
21. Det har været meget godt, men til de sidste miniprojekter blev det for presset pga. tidnød..
22. En god ide at arbejde sammen med andre. Man kan give og tage fra hinanden.

## Hvad synes du om brugen af *MatLab* ift. kurset som helhed?

1. Jeg synes *MatLab* er ganske nyttigt, men noget ged at arbejde med på selve kurset. Jeg har programmet hjemme og har siddet her og kørt de forskellige ting igennem. Når vi sidder inde i pc-rummet, så bryder de ned, så er der det ene galt og så det andet. Til sidste droppede jeg helt at deltage i pc-rummet, men sad så med det hjemme i stedet for. Det fik jeg meget mere ud af.
2. Har været fint integreret, men et *MatLab*kompendium med de simpleste kommandoer ville have været rart. Evt. også med lineær regression som et afsnit, hædningsfelt osv. skrevet ind i. Det ville være rart at have det samlet i stedet for spredt i forskellige kompendier, (uden indeks så det i det mindste ville være let at finde!).
3. Der var ikke tjek på det i starten, men i 2. semester kørte det godt, der burde være et *MatLab* kursus i starten af første semester som alle kunne melde sig til, også for studerende der ikke har base.
4. Godt, at I begynder med *MatLab*, så man kan bruge det i andre sammenhænge. Et værktøj, der er blevet brugt i både projektføløb og andre kurser. Det hele ville blive lidt lettere, hvis der var et kompendium til *MatLab* med de vigtigste kommandoer.
5. Fungerer fint. God idé at integrere *MatLab* så tidligt i undervisningen som mulig!
6. I skulle overveje at bruge et andet program der ikke er forbundet med så mange vanskeligheder og problemer. I starten af det 1. semester skulle der gerne ligge et lille kursus i brugen af *MatLab* med en indførelse i hvad det egentlig er programmet gør.
7. Jeg har ikke været så begejstret for *MatLab*. Det skyldes bl.a. at jeg aldrig har brugt regne/matematik programmer før, og at jeg ikke var så dus med brugen af computer, da jeg startede. Det havde været en stor hjælp for mig, hvis jeg i bogladen havde kunnet købe et kompendium, der beskrev selv den mindste kommando jeg skulle udføre, nogle af de fejlmeldinger man nogle gange får (hvis man dummer sig), og var stillet op så jeg i indholdsfortegnelsen kunne slå op under regressionsligning, differentiaalligninger efter lindif-metoden osv.
8. Personligt foretrækker jeg Mable (calculus); Gør evt. ligesom DTU hvor de (på kemi i hvert fald) har en reel mable eksamen.
9. *MatLab* er godt, men det er svært at lære og skrive kode når man aldrig har gjort det før, der skal bruges nogle undervisningstimer hvor læreren sidder og koder på storskærm og eleverne følger trop, så kommer det ind under huden.
10. Det har været for forvirrende og forbundet med for mange tekniske fejl og mangler og desuden har vi brug for et kompendie, vi kan slå op i og finde programmer og kommandoer da "help" funktionen ikke har været til meget hjælp!
11. Det fungerede ikke en skid, systemet gik hele tiden ned, programmet fungerede sikkert udemærket men vi blev aldrig sat ordentlig ind i det, og kan derfor i dag ikke bruge det til særligt meget.  
Som situationen har været, har det være en fiasko, men med en del arbejde, f.eks. et selvstændigt kompendie om systemet og dets muligheder + nogle eksempler kunne det vendes til succes.
12. Da det har været en nødvendighed for besvarelse af vores miniprojekter er det jo nødvendigt i undervisningen.
13. Godt / Savner et decideret hæfte med *MatLab* programmer og funktion (evt. bare som bilag) for overskuelighedens skyld.
14. Rigtig dårlig ide fordi dem, der ikke er stærke i mat sjældent er computer nørder. Men jeg kan godt forstå formålet med at give modelredskaber.
15. Det er helt klart et fedt program når det virker og når man kan harmonere med det. Det kræver dog god tid at blive fortrolig med programmet.
16. Godt, især i forbindelse med miniprojekter og andre opgaver.
17. Jeg synes brugen af *MatLab* har været meget irriterende ift. kurset. Det skyldes nok, at *MatLab* ikke er det mest velegnede program til undervisningen. Hvis man f.eks. har brug for hjælp skal man kende den nøjagtige kommando for at få det, og det kan ikke være meningen. Så i stedet for at arbejde med *MatLab* har jeg tit prøvet mig frem med min lommeregner i stedet for, så længe det var muligt.
18. Er en vigtig del og et godt redskab også inden for andre områder.
19. Det har været lærerigt, men det krævede meget arbejde samt tålmodighed i starten. Det har været et nyttigt redskab.



20. Det har jeg vist svaret på !!
21. Der har helt klart manglet en slags notesamling/manual der beskrev de vigtigste kommandoer, for der er blevet spildt meget tid med at vente på hjælp til løsning af MatLab-problemer. Men det har været et godt og meget tidsbesparende værktøj som jeg også har haft glæde af i forbindelse med andre kurser.
22. MatLab er et rigtig godt program. Jeg synes bare ikke jeg kan bruge det til ret meget, da jeg hver gang, bliver nødt til at rode rundt i kompendierne, gamle projekter og hjælp-funktionen!!  
Mini-komp. i MatLab ville være et HIT!!
23. Et introducerende kursus med tilhørende kompendie/noter, så man ikke skal sidde og spille tid.

### Hvad synes du om *evalueringsformen*? Har det været for nemt eller for svært? Hvordan har evalueringsformen påvirket dit arbejde ifm. kurset?

1. Den mundtlige evaluering er ok. Jeg synes det er en god måde at gøre det på, at man kommer op i et projekt (man selv har lavet!). I forbindelse med udarbejdelsen af miniprojektet gør det også at man lægger et ekstra stykke arbejde i det.
2. 1. evaluering var for nem, men gav alligevel en god opsamling på semestret (måske fordi jeg var en af de første der kom op og ikke havde fået at vide at I alligevel ikke ville "grave" i noget uden for miniprojekterne!).  
2. Evaluering – det kan simpelthen ikke passe, at vi kan komme op i andres projekter! Tankerne bag det hele er ikke blevet gjort af os selv, og yderligere har jeg indtryk af at mange, ikke kun jeg, har haft en "dårlig" opponent gruppe, som ikke selv har forstået halvdelen, og derfor har umådeligt svært ved at formidle det til os! Det havde været ok, hvis man havde forelagt os det sådan som det er blevet gjort, så man virkelig prøvede at sætte sig så godt ind i opponentgruppens projekt som muligt, og man så derefter fik at vide at man kun skulle op i sine egne!!
3. Den er OK for mig, bare ikke op i andres projekter!!!!
4. Ok evalueringsform, dog kunne man måske godt overveje, at man kan dumpe efter første semester. Man fik i hvert fald det indtryk, at man ikke kunne dumpe ved første prøve, og dette bevirkede, at nogle ikke gad tage sig sammen.
5. For let evaluering. Kriterierne ang. præstation er for svævende. Evalueringsformen har ikke påvirket mit arbejde i forbindelse til base.
6. Tilpas – man anstrænger sig for ikke bare at få tingene godkendt, men samtidig at opnå en vis forståelse for det.
7. Som før nævnt synes jeg godt om evalueringsformen. Jeg kan godt lide at man bliver bedømt både mundtligt og skriftligt, og jeg kan godt lide at have muligheden for at rette/lave en opgave om, hvis den ikke er tilfredsstillende udført. Specielt opgaverne taget i betragtning – der kan godt ske misforståelser.
8. Første semester lægger ikke op til den store forberedelse hvorimod det virker bedre og mere afgørende dette semester.
9. sidste evaluering var relativt nem, så det har nok gjort at man har taget kurset afslappet.
10. En skriftelig evaluering ville nok få folk lidt mere op på mærkerne og er efter min mening en nødvendighed for at få skærpet interessen i timerne hos de enkelte elever og for at hæve kravene op på et lidt højere niveau, som det er lige nu er det for let!  
Men ellers er de mundtlige prøver også gode da det er fint for forståelsen at skulle sætte ord på det man ser og laver.
11. Det har slet ikke påvirket mig, har der været nogen evaluering på nær til sidst? Det hjælper ikke man får at vide at man skal tage sig sammen, når man prøver alt hvad man kan, men ikke forstår noget og der ikke er nogen der kan sige hvordan man kan arbejde sig ud af det hul man sidder i!
12. Jeg synes jeg kan gå op til eksamen hvis bare jeg har lavet miniprojekterne og ikke nødvendigvis har fulgt kurset.  
Der blev lovet at miniprojekternes indhold lå meget tæt op ad hinanden så det ikke ville være noget problem at trække et projekt man ikke selv havde lavet. Det synes jeg ikke holder. Man mangler den tankeproces som man kommer igennem under udarbejdelsen af projektet.

13. Blev besværlig pga. 2 miniprojekter man ikke selv kunne stå inde for.
14. Jeg blev nok for påvirket af Tines oplæg om hvor god eksamens gennemgangen skulle være.
15. Det har bestemt været en god evalueringsform, den sørger for, at man bliver ved med at være engageret i kurset. Det eneste jeg synes skulle laves om var, at man fik chance for selv at lave alle de miniprojekter man kunne komme op i. Eksempelvis kunne enten gonoré eller epidemi slettes, da de er meget ens, og så kunne man få tid til at lave alle tre.
16. Jeg synes godt om denne lidt afslappede evalueringsform, men hvis ikke kurset bliver strammet lidt op, kommer den uvilkaarligt til at virke lidt for slap. Selvom det er en dejlig ide med et så åbent og frit kursus, så skal der altid lidt "pisk og krav" for at man yder sit yderste. Jeg er ked af det, men sådan er det altså.
17. Evalueringsformen med den mundtlige prøve har været tilpas. Det eneste jeg ikke brød mig om var opdelingen af miniprojekterne i 2.semester, men det har jeg allerede nævnt.
18. Mundtlig evaluering var lidt for vag. Man burde måske sætte kravene op, specielt til første del af kurset.
19. Generelt god, men det har ikke været særlig godt at vi har kunnet komme op i projekter vi ikke selv har lavet. Det har givet meget arbejde ved evalueringslæsningen at skulle sætte sig ind i de to projekter man ikke selv havde været med til.
20. Selve måden at lave eksaminationen på har været helt fin. Det at man kunne komme op i andres projekter var rent ud sagt noget ..... !!
21. Evalueringsformen er generelt fin nok, men jeg synes der har været alt for stor forskel i sværhedsgraderne på miniprojekterne på 1. og 2. semester.
22. Har ikke været nemt, men kunne alligevel godt strammes lidt mere op. Der burde være mere præcise aftaler/regler om hvordan eksamen skal foregå. Desuden virker det underligt at der skal gå en måned mellem kursets afslutning indtil eksamen, hvor man arbejder intensivt med semesterprojektet. (Man kommer lidt ud af kurs).
23. Jeg synes evalueringsformen er god og det har gjort at man har sat sig meget ind i de miniprojekter man ikke selv havde lavet.

## Indhold

### Hvad synes du om *emnevalget*? Er der ting du har savnet, eller ting du har oplevet som overflødige?

1. Ganske godt at arbejde med naturvidenskabelige problemstillinger. Det gør det mere spændende, at man kan relatere matematikken til mere jordnære emner som "skarven", "befolkningsudvikling" og "epidemiforløb".
2. Jeg har været fint tilfreds. Jeg havde behov for opsamlingen i 1. halvdel af 1. semester, og ellers har niveauet været hel ok.
3. Noget af teorien i første semester.
4. Gerne lidt længere til integralregning, og lidt kortere tid til differentialregning, dette har man dog haft i 2. g i gymnasiet.
5. Nej, alt i alt ok.
6. De mere lette ting i starten blev gennemgået meget grundigt, hvor de sværere ting til sidst manglede at blive gennemgået grundigt nok – man kunne måske skrotte lidt af starten og der gennemgå MatLab bedre.
7. Jeg synes generelt at indholdet har været godt. De ting vi har lært på kurset, er ting vi kan bruge i andre fag, og i projektarbejdet. Måske skulle man koble starten af differentialregningen sammen med kompartment modellerne, for at få en større forståelse for den del der ikke har brugt det før.
8. Rigtig godt med kompartment modeller, kan bruges i stort omfang i projekterne.
9. Godt emnevalg, især er det rart med al den biologiske modelering.
10. Hmmmmmmm?

11. Næh, det har været godt nok, havde ingen særlige forventninger, andet end at jeg kunne bruge sådan noget som rovdyr-byttedyrs forhold til noget, men det ser ikke meget sådan ud, systemerne er vist meget mere komplicerede end som så, og må derfor i realiteten som regel forkastes. *Surt!*
12. Da jeg selv søger ind på medicinstudiet synes jeg der har været nogle interessante emner.
13. Relevant.
14. Første 2 kompendier var overflødige i forhold til 3 og 4 og jeg savnede er MatLab kompendium.
15. Perfekt.
16. Eneste kritik er at selve prioriteringen af emnerne nogen gange var forkert rent tidsmæssigt. F.eks. blev der brugt enormt meget tid på forklaring af kompartment modeller i forhold til de efterfølgende diff. ligninger. Jeg er klar over at de hører sammen men der var for meget tidsspil.
17. Nej, jeg synes emnevalget har været tilpas, og jeg har ikke savnet noget.
18. Man burde gå ud fra at ALLE har mat. på B-niveau fra gymnasiet.
19. godt.
20. Alt er kommet i en rækkefølge der har virket naturlig, det ene emne førte til det andet osv. Der er ikke noget der som sådan har været overflødigt, men 1. semester kunne have været overstået lidt hurtigere.
21. Emnerne har vel været okay, jeg har ikke specielt savnet noget..
22. Godt emnevalg. Stadig lidt for intensivt i anden semester.
23. Jeg synes det var passende.

### Hvad synes du generelt om *kursusnoterne*? Hvilke ændringer ville efter din mening være en forbedring?

1. De har været okay. Godt med supplerings fra tavleundervisning.
2. Et indeks til opslag ville være fedt. Et MatLabkompendie med de simpleste kommandoer. Evt. også med lineær regression som et afsnit, hældningsfelt osv. skrevet ind i. Det ville være rart at have det samlet i stedet for spredt i forskellige kompendier, (uden indeks så det i det mindste ville være let at finde!). Tydeligere opdeling evt. med ramme for de forskellige metoder til beregning, "hvornår separerer man" osv.
3. Flere eksempler.
4. Generelt gode, de har været godt forklaret. Der mangler dog lidt, et slags "opslagsværk", så man hurtigt kan danne sig et overblik.
5. Som sagt ville et stikordsregister være temmelig behageligt.
6. Gode noter, dog af og til lidt for uoverskuelige, jeg savnede flere MatLab noter, evt. samlet.
7. Noterne har ikke været specielt pædagogiske, men der har været mange gode eksempler i dem. Måske kunne nogle af dem slås sammen, således at man kun skulle købe et kompendium pr. semester.
8. Som nævnt tidligere er der nogle opklarende spørgsmål som i vælger ikke at gå i dybden med; men det er vel en balance mellem kvantitet/kvalitet.
9. *lav et MatLab kompendie, please!!*
10. De er nu meget fine, en lidt større overskuelighed og så kun to hæfter tak! Et til hvert semester + et MatLab hæfte.
11. Flere opgaver, mere om MatLab.
12. De er pædagogiske og lette at forstå men er ikke gode nok når man skal lave miniprojekt. Man burde kunne hente hjælp derfra.
13. Mindre stavfejl. MatLabhæfte, huske forklaring til de mere avancerede matematiske formuleringer.
14. De er for flyvske, hvis man ikke er kendt i højniveau bliver man kun forvirret.

15. Gode noter – de opfordrer til at man tænker lidt selv.  
Et MatLab kompendium, som indfører én til brugen af MatLab samt en kommando samling.
16. Ved ikke.
17. Generelt synes jeg, at kursusnoterne har været gode. Det eneste jeg en gang imellem savnede (i 2.sem.) var en indholdsfortegnelse, der ville gøre kompendiet mere overskueligt.
18. De er gode. Ingen ændringer behøvet.
19. Et MatLab kompendie ville være en stor hjælp. De generelle kursus noter har været okay, men kunne godt gøres mere overskuelige.
20. En forbedring kunne være at få sat en spiral i ryggen så de ikke falder fra hinanden !!! Ellers har indholdet været godt, let at læse og forstå. Der kunne dog godt have været en lille opsummering efter hvert afsnit som var lettere at slå op i senere. Det har været problemet med noterne, hvis man hurtigt skulle finde noget var man nødsaget til at bladre stort set det hele igennem.
21. De har været ret gode og forklaret stoffet rimelig klart og meget bedre end i en egentlig matematikbog.
22. Komp. er som tidligere sagt meget rodet. Bedre indholdsfortegnelse, flere eksempler.
23. Nogle få eksempler ville være godt + MatLab-noter.

**Hvad synes du om opgaverne? For meget/lidt "ren" matematik? For meget/lidt anvendelsesorientering? For få/mange? For lette/svære?**

1. Opgaveformuleringen har tit været dårlig, med fejl eller mangelfuld. Men jeg ved Tinne er opmærksom på det. Godt at arbejde med matematikken i naturvidenskabelige problemstillinger. Der var mange lette og så nogle der var kanonsvære. Her vil det være en ide, at lave nogle, der er middelsvære, så man stadigvæk kan få en "aha"-oplevelse og ikke opgiver.
2. Opgaverne har jeg ofte oplevet at jeg ved læsning til følgende kursusgang har forsøgt at regne men har måttet opgive. De har været for kringledede, men når man så har været til kursusgangen går det fint. Derfor endte det med at jeg slet ikke læste til kursusgangene, da jeg først forstod hvad det stod når det var forklaret ved tavlen, og dette var lige forståeligt om man havde læst eller ej.
3. Mere anvendelig matematik.
4. Udmærket. Der var dog ret stor forskel sværhedsmæssigt i 1 miniprojekt i 2. semester.
5. Lige i vinkel.
6. For lidt opgaveaflevering, for meget anvendelsesorientering. Miniprojekterne lå for langt fra hinanden i niveau.
7. Det har indimellem været svært at gennemskue opgaverne, ligheden til den tekst, man lige har læst og gennemgået, skinner ikke særlig godt igennem. Kompartment opgaverne har dog været rigtig gode. Man skulle måske have lidt færre opgaver, og så have en tilfældig kursist til at gennemgå en "tilfældig" opgave hver gang. Det tror jeg de studerende ville have et godt udbytte af. Det kunne så være rart, hvis det var vejlederen, der gennemgik miniprojekterne. Evt. efter oplæg fra en kursusgruppe. Man kunne også have tre-fire opgaver pr. gang der dækkede den læste tekst, for at sikre at man har fået det optimale udbytte ud af teksten/gennemgangen.
8. Det har I ramt perfekt, men flere småafleveringer ville være godt og utvivlsomt hæve det faglige niveau. Nogle gange savner man lidt matematik for matematikkens skyld, der behøver ikke altid være en baggrundshistorie.
9. Mat og bio var godt balanceret, god anvendelsesorientering, for få i andet semester, pludselig bliver de svære.
10. I 2. semester syntes jeg problemet var størst, tempoet var højt og der var mere svær matematik, det betød at man hurtigt kunne blive hægtet af, hvis man troede at arb.niveauet var det samme som tidligere. Som tidligere nævnt er anvendelsesorienteringen vigtig, ellers kunne folk have taget et af det teoretiske kurser i diff.mat. i stedet.
11. For få, eksemplerne blev hurtigt alt for svære, det startede på meget lavt niveau og eksploderede lige pludseligt, det var ikke sjovt!

12. Ingen bemærkninger.
13. En anelse i underkanten med opgaver. Anvendelsesorientering god. Sværhedsgrad passende, men bedre hjælp til forståelse. Blev forsøgt fredag eftermiddag, men gik op i hat og briller.
14. De minder for lidt om hinanden, men det er rart at kunne hænge det op på det biologiske.
15. Har ikke fået lavet særlig mange opgaver – måske skulle der bygges mere motivation ind i opgavereregningen.
16. Rimeligt.
17. Opgaverne har været fine i forhold til de gennemgåede emner. Måske ville det dog have hjulpet lidt en gang i mellem at have haft et par eksempler til, der orienterede sig mere efter de nye opgavestillinger.
18. De er generelt gode, specielt miniprojekterne kan svinge meget i kvalitet, det er ærgerligt fordi det er forskellige grupper der skal lave dem. Endnu en grund til at man burde være involveret i udarbejdelsen af alle miniprojekter.
19. Generelt tilpas.  
Der måtte gerne have været lidt mere anvendelsesorientering – mere fokus på selve tilblivelsen/opstillingen af modellen. Lægges mere vægt på at man selv skulle træffe nogle valg ved opstillingen af modellen.
20. Der var for meget fortolkning inden man kunne komme rigtig i gang med opgaverne. Tit fik man bare at vide at det ene var proportionalt med det andet osv. Hvis man havde lidt svært ved at fortolke dette til at komme videre nåede man ikke ret mange opgaver, da lærehjælp tog uendelig lang tid at få fat i.
21. Opgaverne har været lidt svære, men rent matematisk har de været tilpas.
22. Gode, en god kombination af ren matematik og MatLab. Der kunne godt være flere for min skyld!!
23. Jeg synes man hurtigt gik i stå og derefter opgav. Det er godt det ikke er "ren" matematik.

**Hvad synes du om *oplæggene til miniprojekterne*? Hvad ville du foretrække som udgangspunkt for det sidste miniprojekt (epidemi/gonorré); det nuværende oplæg eller den helt korte formulering "Hvordan udvikler en epidemi/antallet af gonorré-tilfælde sig?" Begrund svaret.**

1. Det er godt med lidt baggrundviden, der som nu præsenteres i starten af et miniprojekt oplæg. Men det er bedre at nummerere opgaverne alfabetisk derned af i stedet for at dele dem op i øvelser.
2. Jeg ville foretrække den nuværende. Jeg tænkte godt nok undervejs at det var en meget detaljeret og vejledende opgaveformulering, men at jeg samtidig ikke ville kunnet have løst projektet ellers.  
Tinne foreslog til mundtlig evaluering, at grupperne imellem kunne foreslå og diskutere, hvad man skulle undersøge og at vi dermed selv kom frem til, hvad der ville være fornuftigt at undersøge og ikke bare fik stukket et punkt opstillet vejledning i hånden. Den ide synes jeg om. Samtidig ville I jo yderligere kunne komme med forslag og supplere så vi alligevel ville komme rundt om alt. På den måde ville vi også selv skulle strukturere rapporten og den ville blive mere sammenhængende (også for evt. opponentergrupper!) end fra a) til r).
3. ?
4. Ganske udemærket det nuværende, da man derved bliver sat mere ind i projektet end ellers.
5. Idéen med at splitte den korte formulering op i 2 er fint, da de 2 projekter i dette tilfælde vil supplere og støtte hinanden. Problemet ligger et helt andet sted; de studerendes evne til at formulere sig forståeligt ved fremlæggelse af projekt synes ofte at være mangelfuld, dette skyldes muligvis fraværet af deres overblik.
6. Det nuværende oplæg er godt, dog er miniprojektet epidemi langt sværere end gonorré – hvilket godt kunne fremgå af oplæggene.

7. Enten skulle opgaverne stilles præcist, så man ved hvad der skal svares på, eller man skulle sige her er et emne og nogle data, de og de ting skal i komme rundt om (her tænker jeg på brugen af de værktøjer vi har fået gennem forløbet), I må selvom hvordan, I skal bare kunne forsvare hvorfor I har gjort som I har. Der vil så ikke være nogen endegyldig løsning til opgaven, og der skal også være lagt op til en sådan måde at løse opgaver på fra starten. Personligt synes jeg den bredere opgave som vi har løst er mest interessant, men den mere præcise opgave er vi vant til at løse.
8. Man føler bedre at man har noget at rive i når der er nogle spørgsmål man kan se projektet skal indeholde; den negative effekt er bare at de fleste ikke vil gå ud over spørgsmålene som den sidstnævnte formulering ligger op til hvilket stiller større krav til de studerende. Så begge dele har desværre fordele og ulemper.
9. Det sidste, det er nemmest at gennemskue.
10. Hvad mener du?
11. Jeg kan slet ikke huske der har været noget oplæg beklager, det var sgu nok ikke spændende nok til at jeg kunne holde mig vågen.
12. Ingen bemærkninger.
13. De to sidste (epidemi/gonorré) lidt tynde. De nuværende oplæg åbner for en slavisk gennemgang af spørgsmålene, der gør det mere overskueligt for opponentgruppen at danne sig et overblik. Så skal der indgå 2 miniprojekter, man ikke selv har udfærdiget, er den nuværende form bedst.
14. Ingen bemærkninger.
15. Ingen bemærkninger.
16. Jeg foretrækker de nuværende oplæg, fordi de både belyser problemet matematisk og f.eks. biologisk set. Det foretrækker jeg fordi jeg ikke er den store matematik elsker (hvilket jeg ikke tror der er mange basekursister der er). Jeg opfatter base som et kursus der også skal belyse hvordan man kan bruge matematikken i andre fag. Hvis man valgte den korte formulering, ville det blive meget mere ren matematik, hvilket heller ikke er i vejen, men det tror jeg bare hører mere hjemme på nogle af de andre mat kurser.
17. Oplæggene til miniprojekterne har været tilpas, og jeg vil mene, at det nuværende oplæg til det sidste miniprojekt var O.K., fordi jeg altid godt kan lide at få lidt baggrundsviden til en opgave jeg skal beskæftige mig med.
18. Det nuværende, da vi ikke er trænede matematikere og derfor er det godt at i på denne måde leder vores tankegang i den rigtige retning.
19. Jeg ville foretrække et kortere oplæg, så man i højere grad selv bliver tvunget til at tænke over opstillingen og de antagelser man bliver nødt til at gøre sig. Det ville også give mere individuelle projekter, der i højere grad ville afspejle de enkeltes tankegang.
20. Det i Basekompendiet. Det fik os til at tænke på flere forskellige modeller og arbejde via én model frem til en anden med andre antagelser.
21. Som den er nu, for jeg synes ikke at man i løbet af kurset har lært nok om selve modelleringen af en opgave og det er derfor svært at vide hvilke aspekter af en problemstilling der er relevante.
22. Jeg foretrækker det nuværende oplæg. Den helt korte ville betyde mere tidsforbrug og evt. research på emnet, som jeg ikke synes er videre relevant i forståelsen af problemløsningen!!
23. Jeg synes det er godt som det har været. Jeg ville have mistet modet med den korte formulering.

## Indsats

**Hvad synes du om lærerens/lærernes indsats? Er der ting han/de kunne have gjort anderledes, som efter din mening ville have gjort kurset mere udbytterigt eller på andre måder bedre?**

1. Vi skulle have haft Morten koblet på kurset fra start. Det har virkelig hjulpet, at vi har fået ham. Tinne har gjort det virkelig godt. Altid tid til at hjælpe og forklare. Stor ros til dem begge.

2. De studerende skal hives mere til tavlen. Jeg synes man skulle have opgaver for i smågrupper på tur til gennemgang af gruppen for de andre på tavlen den følgende kursusgang. Ellers har jeg været yderst tilfreds med de meget tålmodige og vanvittig gode formidlende lærere (bortset fra Bent!).
3. De har gjort det godt.
4. Rigtig gode til at formidle og putte "virkelighed" på stoffet. Generelt meget hjælpsomme og søde.
5. De har generelt været helt i top.
6. De gik for let over den sidste del og gennemgangen af MatLab, ellers var de gode til at gennemgå og svare på spørgsmål.
7. Jeg synes at vejlederen har gjort det rigtig godt, det var bare synd at det var et lille, meget stille hold han underviste. Måske en fordeling på 30-40 mennesker pr. hold, fra start, hvis der altid er så mange der falder fra. Så skulle det kunne lade sig gøre at få nogle diskussioner i gang, og at lave noget gruppearbejde på tværs.
8. I har sgu gjort det godt.
9. Nej, meget gode lærere.
10. De har været engagerede, men de har i visse tilfælde virkede lidt magtesløse da kurset jo har været under udvikling og at de derfor har været lidt lost og frustrerede over de problemer der er opstået undervejs. Men de har gjort et fint stykke arbejde ingen tvivl om det.
11. Mere tid til den enkelte, er der lærere på RUC? Så var det derfor, de skal nok opføre sig mere som vejledere end lærere! Man lærer 125% mere af projekterne end kurserne.
12. Jeg synes de har været godt forberedte og inde i stoffet, ingen problemer der.
13. God under de givne forhold. 2. semester var der to gode lærere der supplerede hinanden godt.
14. Der skulle være færre studerende på holdet eller flere undervisere.
15. Jeg kunne godt lide der var to lærere = stort hold.
16. Det at jeg synes at kurset har været for løst har bestemt intet med lærernes indsats at gøre. De har gjort hvad de kunne også med hensyn til at lære os MatLab. Der har dog ofte været en del ventetid når der var opgaveregning eller miniprojekter. Det har mange gange været årsagen til at man bliver træt af at vente på hjælp, og stopper arbejdet. Det betyder at man ikke udnytter tiden optimalt.
17. Lærernes indsats har været virkelig godt. Man kunne altid hente hjælp hos dem, når det var nødvendigt. Det eneste jeg som før sagt manglede, er en lille opstramning omkring opgaveregningen.
18. Nej, de var engagerede.
19. Lærerne har været gode, især på 2. semester.
20. Lærerne har været rigtig gode (dog *ikke* Bent fra 1. semester). Det var bare synd at de ikke havde mere tid til den enkelte studerende. De har gjort meget til at udbyttet af kurset for mit vedkommende er blevet så stort som det er.
21. Lærerne har været virkelig gode til at forklare tingene på en ligetil måde.
22. Lærerne har været rigtig gode til at hjælpe, forklare og fortælle!!
23. Bedre udnyttelse af to lærere, måske dele kurset op i to. Skal have begge lærere.

## Hvad synes du om *din egen indsats* ifm. kursusgangene på RUC? Har du været "fylder" eller "tapper"?

1. Jeg synes, den har været okay. Jeg har været ved tavlen og jeg har svaret på spørgsmål og hjulpet andre, hvis de har spurgt. Har jeg været i tvivl om opgaver, har jeg selv spurgt. Jeg synes selv, jeg har fået noget ud af at følge base.
2. Jeg synes jeg på det forberedende plan har været så aktiv som påkrævet for at kunne bestå godt. Dvs. at jeg mener jeg selv har forstået klart størstedelen af hvad der er foregået men at det samtidig for at opnå dette ikke har været nødvendigt at lave det store hjemme!
3. Tapper.
4. Lidt af begge dele alt efter, hvilket emne, der er blevet behandlet.
5. Sidestillet med mine medstuderende på kursusgangene har jeg været "fylder", men fx i relation til de dybere diskussioner i miniprojekterne har det naturligvis været en vekselvirkning.
6. Jeg har fået meget ud af det 1. semester, dog tabte jeg terræn i det 2. hvor jeg var tæt på at opgive.
7. Jeg har været en "fylder". Jeg har prøvet at få noget ud af kurset, selv om jeg er usikker på matematik i almindelighed.
8. Jeg har gjort, hvad jeg har ment været nødvendigt for at forstå stoffet. Dette indbefattede mange timer med en af mine gode venner der studerer matematik på KU fremfor at søge hjælp hos underviserne, hvorved at jeg ikke har haft de store spørgsmål til forelæserne.
9. Tapper tror jeg nok, hvad mener du? jeg forstår det som en der har behov for at suge viden til sig.
10. Lidt af hvert, min indsats har været meget svingende af forskellige årsager.
11. Forstår ikke! Jeg har været der!
12. Min egen indsats har ikke været så god fordi det har været lidt kedeligt og da jeg har haft matematik på højt niveau var der mange af tingene jeg kunne huske og kom let henover, men det viste sig alligevel ikke at være tilstrækkeligt da vi skulle lave miniprojekter.
13. Svingende hvad angår hjemmeopgaver. Projekter større motivation. Interessen større på 2. semester.
14. I miniprojekterne fylder ellers tapper.
15. Jeg ville på nogle punkter ønske jeg havde deltaget bedre i undervisningen.
16. Min egen indsats har været meget ringe. I hvert fald her i 2. semester. Jeg tror at det er fordi man bare har fulgt den lidt "lallende" stil fra 1. semester hvor jeg rent fagligt ikke havde nogle problemer med at følge kurset. Det kom derfor som lidt af et chok da niveauet blev hævet ikke så lidt i 2. semester. Min indsats ved teorigennemgang og opgaveregning har været minimal. Miniprojekterne er man dog derimod mere tvunget til at putte noget arbejde i.
17. Min egen indsats mundtlig har nok ikke været, det man ville kalde for det mest aktive, men det bryder jeg mig heller ikke om. Til gengæld har jeg altid læst noterne og prøvet på at løse opgaverne udover at frembyde et regelmæssigt fremmøde.
18. Den har været slap!
19. Jeg synes at min egen indsat har været tilfredsstillende. Mit fremmøde kunne have været større, men meget af tavle gennemgangen har været overflødig når man har mat på a niveau fra gymnasiet. Til gengæld mener jeg at jeg har arbejdet meget med projekterne.
20. Min indsats kunne helt klart have været bedre. Jeg har gjort tilstrækkeligt for at få et godt udbytte af kurset, men direkte bidraget til undervisningen har jeg ikke.
21. Jeg har ikke været specielt aktiv, men kun lavet det der var nødvendigt for at kunne følge med nogenlunde.
22. Egen indsats kunne have været bedre i første semester, hvor jeg synes det hele trak meget ud (det var meget gymnasiet stof der blev gennemgået) 2. semester var mere spændende, og jeg var helt klart mere opmærksom!!
23. Ingen bemærkninger.



Har din *forberedelse* pr. kursusgang i gennemsnit været timer  $0 - 1/2$ ;  $1/2 - 1$ ;  $1 - 2$ ;  $2 - \dots$ ? Hvordan har den været ift. de øvrige kurser på nat.bas.? Har den været tilfredsstillende?

Forberedelsestid (t.)	0 - 1/2	1/2 - 1	1 - 2	2 - ...
Antal studerende	12	6	4	0
Relativ fordeling (%)	55	27	18	0

- 1/2-1 timer. Base har ikke været særlig læse/opgavekrævende i forhold til kemi A + B. Jeg synes jeg har fået noget ud af min forberedelse.
- I forhold til de andre kurser har der været meget lidt forberedelse i teoriperioderne, da jeg erfarede at jeg forstod lige meget ved kursusgangene om jeg havde læst og regnet eller ej! Jeg gjorde det dog når jeg fandt det nødvendigt, hvilket ikke var ofte! Jeg har i snit brugt 15 min. i teoriperioderne, men i miniprojektperioderne væsentligt mere!  
Andre kurser har jeg været nødt til at forberede mig væsentligt mere til, men det er nok også fordi jeg har mere flair for matematik end biologi!
- 1/2 time, jeg har brugt mere tid på mine øvrige kurser.
- Mindre end de andre kurser til hver time, men miniprojekterne har selvfølgelig været tidskrævende.
- Min forberedelse har varieret meget fra gang til gang alt afhængig af den nødvendighed jeg har følt for yderligere forberedelse, generelt 1/2-1 times forberedelse.
- I gnsn. 1/2-1 time; mindre end til de andre kurser, dog tilfredsstillende da gennemgangen for det meste var ret god.
- Jeg synes jeg har gjort mit ved læsningen, men har sprunget en del opgaver over, da det er helt uoverskueligt at regne alle de opgaver der er listet op. Jeg har forberedt mig lige så godt på base, som på mine øvrige kurser - for mig har det ikke kun været pulje-m krydser.
- Skiftende i og med at noget af stoffet har været nemt at forstå hvorved forberedelsen har ligget på en time; andre gange omkring de 3 timer ligesom på andre kurser.
- lille i forhold til andre kurser, ikke tilfredsstillende.
- Næhhhh.
- Næ det har nok ikke været tilfredsstillende, men det var en kamp bare at komme til kursusgangene, de føltes lange og uden noget særligt mål.
- Jeg synes ikke jeg havde behov for den store forberedelse da dagens tekst hver gang blev gennemgået meget grundigt.
- En anelse mindre end andre kurser. Gik for mange gange kold i opgaverne.
- Nogenlunde den samme.
- I 1. sem lavt prioriteret. I 2. sem højest ift. andet kursus. Dog skulle jeg stadig have forberedt mig bedre.
- 0-1/2 times forberedelse.
- Base har været det af mine kurser, hvor jeg kunne slappe lidt af ved siden af det andet kursus, og det var lige tilpas.
- Nej jeg har generelt ikke forberedt mig godt nok.
- Jeg har ikke læst meget, dette skyldes at det der står i kompendiet er nøjagtig det samme som bliver gennemgået. Så hvis man er der til gennemgangen er det overflødig at læse. Jeg ville godt have haft brugt mere tid på at regne opgaver hjemme, det burde der være tid til idet arbejdsmængden på dette kursus er meget mindre end på de andre jeg har haft.
- Det har taget meget mindre tid end til mine andre kurser i og med at byrden ikke er så stor. Men det har været rart og man fik læst det grundigere det der var at læse.
- Min forberedelse har været meget større i de andre kurser, for selvom man ikke havde forberedt sig så grundigt kunne man sagtens følge med.
- Gym. 1/2-1. NATBAS 1-2. Ja.
- Jeg har læst mere til de andre kurser end til BASE.

## Afrunding

I nogle få tilfælde vil jeg nok være interesseret i *uddybende kommentarer*. Skriv dit navn og tlf.-nr. her, hvis jeg må ringe dig op i den anledning:

Nummer 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17 og 19 svarede bekræftende.

### Eventuelt yderligere bemærkninger:

2. Jeg har været meget glad for kurset og dets tålmodige, dejlige og vanvittigt gode formidlende lærere.
7. Jeg tror ikke jeg har mere på hjertet nu.
8. Mere opmærksom på MatLab problemer udgiv evt. MatLab kompendie brug mere tid i starten på at få *alle* med da det er vigtigt.
9. Nej jeg tror det hele er sagt, måske godt kursus der trænger til et par års gennemløb før det helt finder sin plads.
11. Ja, hvorfor *skal* man have de 2 pulje M kurser, det kan suge kraften ud af hvem som helst der ikke syntes matematik er det fedeste i verdenen.
15. Jeg er glad for at jeg valgte BASE. Det virkede i starten noget kedeligt, men viste sig senere at være ret interessant. Jeg har brugt en del af mine BASE-kundskaber i 2. sem projektet – det var ret fedt.
16. Generelt er ideen bag BASE-kurset god, det kræver bare en opstramning for at jeg kunne få det optimale ud af det. Jeg indrømmer dog blankt at min egen indsats har været enormt ringe, men det har simpelthen bare været for nemt at klare sig igennem alligevel.

# Litteratur

Blomhøj, M. (1995). Den didaktiske kontrakt i matematikundervisningen, *Kognition og pædagogik* **3**: 16–25.

Blomhøj, M. & Jensen, T. H. (2001). Developing mathematical modelling competence: Conceptual clarification and educational planning, *Technical Report 32*, Center for Forskning i Matematiklæring, Danmarks Pædagogiske Universitet, Roskilde Universitetscenter og Aalborg Universitet. Kan rekvireres ved henvendelse til IMFUFA@ruc.dk.

Blomhøj, M., Kjeldsen, T. H. & Ottesen, J. (2000a). BASE, Note 1. Kan rekvireres ved henvendelse til IMFUFA@ruc.dk.

Blomhøj, M., Kjeldsen, T. H. & Ottesen, J. (2000b). BASE, Note 2. Kan rekvireres ved henvendelse til IMFUFA@ruc.dk.

Blum, W. & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects – state, trends and issues in mathematics instruction, *Educational Studies in Mathematics* **22**: 37–68.

Jørgensen, P. S. (1999). Hvad er kompetence? – og hvorfor er det nødvendigt med et nyt begreb?, *Uddannelse* **9**: 4–13.

Ottesen, J. (2000). *Do not ask what mathematics can do for modelling. Ask what modelling can do for mathematics!*, IMFUFA-tekst 389, RUC.

Ottesen, J. & Frommelt, T. (2000). Introduktion til MATLAB, anden udgave. Kan rekvireres ved henvendelse til IMFUFA@ruc.dk.

Liste over tidligere udsendte tekster kan ses på IMFUFA's hjemmeside: <http://mmf.ruc.dk> eller rekvireres på sekretariatet, tlf. 46 74 22 63 eller e-mail: [imfufa@ruc.dk](mailto:imfufa@ruc.dk).

- 332/97 ANOMAL SWELLING AF LIPIDE DOBBELTLAG  
Specialrapport af: Stine Korremann  
Vejleder: Dorthé Posselt
- 333/97 Biodiversity Matters  
an extension of methods found in the literature on monetisation of biodiversity  
by: Bernd Kuemmel
- 334/97 LIFE-CYCLE ANALYSIS OF THE TOTAL DANISH ENERGY SYSTEM  
by: Bernd Kuemmel and Bent Sørensen
- 335/97 Dynamics of Amorphous Solids and Viscous Liquids  
by: Jeppe C. Dyre
- 336/97 Problem-orientated Group Project Work at Roskilde University  
by: Kathrine Legge
- 337/97 Verdensbankens globale befolkningsprognose  
- et projekt om matematisk modellering  
af: Jørn Chr. Bendtsen, Kurt Jensen, Per Pauli Petersen
- 338/97 Kvantisering af nanolederes elektriske ledningsevne  
Første modul fysikprojekt  
af: Søren Dam, Esben Danielsen, Martin Niss,  
Esben Friis Pedersen, Frederik Resen Steenstrup  
Vejleder: Tage Christensen
- 339/97 Defining Discipline  
by: Wolfgang Coy
- 340/97 Prime ends revisited - a geometric point of view -  
by: Carsten Lunde Petersen
- 341/97 Two chapters on the teaching, learning and assessment of geometry  
by: Mogens Niss
- 342/97 A global clean fossil scenario DISCUSSION PAPER prepared by Bernd Kuemmel  
for the project LONG-TERM SCENARIOS FOR GLOBAL ENERGY DEMAND  
AND SUPPLY
- 343/97 IMPORT/EKSPORT-POLITIK SOM REDSKAB TIL OPTIMERET UDNYTTELSE  
AF EL PRODUCERET PÅ VE-ANLÆG  
af: Peter Meibom, Torben Svendsen, Bent Sørensen

- 344/97 Puzzles and Siegel disks  
by: Carsten Lunde-Petersen
- 345/98 Modeling the Arterial System with Reference to an Anesthesia Simulator  
Ph.D. Thesis  
by: Mette Sofie Olufsen
- 346/98 Klyngeuddannelse i en hulkatode-forstøvningsproces  
af: Sebastian Horst  
Vejledere: Jørn Borggren, NBI, Niels Boye Olsen
- 347/98 Verificering af Matematiske Modeller  
- en analyse af Den Danske Eulerske Model  
af: Jonas Blomqvist, Tom Pedersen, Karen Timmermann, Lisbet Øhlenschläger  
Vejleder: Bernhard Booss-Bavnbek
- 348/98 Case study of the environmental permission procedure and the environmental impact  
assessment for power plants in Denmark  
by: Stefan Krüger Nielsen  
projekt leder: Bent Sørensen
- 349/98 Tre rapporter fra FAGMAT - et projekt om tal og faglig matematik i  
arbejdsmarkeduddannelserne  
af: Lena Lindenskov og Tine Wedge
- 350/98 OPGAVESAMLING - Bredde-Kursus i Fysik 1976 - 1998  
Erstatter teksterne 3/78, 261/93 og 322/96
- 351/98 Aspects of the Nature and State of Research in Mathematics Education  
by: Mogens Niss
- 352/98 The Herman-Swiatec Theorem with applications  
by: Carsten Lunde Petersen
- 353/98 Problemløsning og modellering i en almindende matematikundervisning  
Specialrapport af: Per Gregersen og Tomas Højgaard Jensen
- 354/98 A Global Renewable Energy Scenario  
by: Bent Sørensen and Peter Meibom
- 355/98 Convergence of rational rays in parameter spaces  
by: Carsten Lunde Petersen and Gustav Ryd

- 356/98 Terrænmodellering  
Analyse af en matematisk model til konstruktion af digitale terrænmodeller  
Modelprojekt af: Thomas Frommelt, Hans Ravnkjær Larsen og Arnold Skrimminge  
Vejleder: Johnny Ottesen
- 357/98 Cayleys Problem  
En historisk analyse af arbejdet med Cayleys problem fra 1870 til 1918  
Et matematisk videnskabsfagsprojekt af: Rikke Degn, Bo Jakobsen, Bjarke K.W.  
Hansen, Jesper S. Hansen, Jesper Udesen, Peter C. Wulff  
Vejleder: Jesper Larsen
- 358/98 Modeling of Feedback Mechanisms which Control the Heart Function in a View to an  
Implementation in Cardiovascular Models  
Ph.D. Thesis by: Michael Danielsen
- 
- 359/99 Long-Term Scenarios for Global Energy Demand and Supply  
Four Global Greenhouse Mitigation Scenarios  
by: Bent Sørensen (with contribution from Bernd Kuemmel and Peter Meibom)
- 360/99 SYMMETRI I FYSIK  
En Meta-projektrapport af: Martin Niss, Bo Jakobsen & Tune Bjarke Bonné  
Vejleder: Peder Voetmann Christiansen
- 361/99 Symplectic Functional Analysis and Spectral Invariants  
by: Bernhelm Booss-Bavnbek, Kenro Furutani
- 362/99 Er matematik en naturvidenskab? - en udsøgende af diskussionen  
En videnskabsfagsprojekt-rapport af: Martin Niss  
Vejleder: Mogens Nørgaard Olesen
- 363/99 EMERGENCE AND DOWNWARD CAUSATION  
by: Donald T. Campell, Mark H. Bickhard, and Peder V. Christiansen
- 364/99 Illustrationens kraft - Visuel formidling af fysik  
Integreret speciale i fysik og kommunikation  
af Sebastian Horst  
Vejledere: Karin Beyer, Søren Kjørerup
- 365/99 To know - or not to know - mathematics, that is a question of context  
by: Tine Wedege
- 366/99 LATEX FOR FORFATTERE - En introduktion til LATEX  
og IMFUJA-LATEX  
af Jørgen Larsen

- 367/99 Boundary Reduction of Spectral Invariants and Unique Continuation Property  
by: Bernhelm Booss-Bavnbek
- 368/99 Kvarterrapport for projektet SCENARIER FOR SAMLET UDNYTTELSE AF  
BRINT SOM ENERGIBÆRER I DANMARKS FREMTIDIGE ENERGISYSTEM  
Projektlleder: Bent Sørensen
- 369/99 Dynamics of Complex Quadratic Correspondences  
by: Jacob S. Jalving  
Supervisor: Carsten Lunde Petersen
- 370/99 OPGAVESAMLING - Bredde-Kursus i Fysik 1976 - 1999  
Eksamensopgaver fra perioden 1976 - 1999. Denne tekst erstatter  
tekst nr. 350/98
- 371/99 Bevisets stilling - beviser og bevisførelse i en gymnasial matematik  
undervisning  
Et matematikspeciale af: Maria Hermansson  
Vejleder: Mogens Niss
- 372/99 En kontekstualiseret matematikhistorisk analyse af ikke-lineær programmering:  
Udviklingshistorie og multipel opdagelse  
Ph.d.-afhandling af Tinne Hoff Kjeldsen
- 373/99 Criss-Cross Reduction of the Maslov Index and a Proof of the Yoshida-Nicolaescu  
Theorem  
by: Bernhelm Booss-Bavnbek, Kenro Furutani and Nobukazu Otsuki
- 374/99 Det hydrauliske spring - Et eksperimentelt studie af polygoner og hastighedsprofiler  
Specialeafhandling af: Anders Marcussen  
Vejledere: Tomas Bohr, Clive Ellegaard, Bent C. Jørgensen
- 375/99 Begrundelser for Matematikundervisningen i den lærde skole hhv. gymnasiet 1884-  
1914  
Historiespeciale af Henrik Andreassen, cand.mag. i Historie og Matematik
- 376/99 Universality of AC conduction in disordered solids  
by: Jeppe C. Dyre, Thomas B. Schrøder
- 377/99 The Kuhn-Tucker Theorem in Nonlinear Programming. A Multiple Discovery?  
by: Tinne Hoff Kjeldsen
- 
- 378/00 Solar energy preprints:  
1. Renewable energy sources and thermal energy storage  
2. Integration of photovoltaic cells into the global energy system  
by: Bent Sørensen

- 389/00 University mathematics based on problemoriented student projects: 25 years of experience with the Roskilde model  
By: Mogens Niss  
Do not ask what mathematics can do for modelling. Ask what modelling can do for mathematics!  
Vejleder: Johnny Ottesen
- 
- 390/01 SCENARIER FOR SAMLET UDNYTTELSE AF BRINT SOM ENERGIBÆRER I DANMARKS FREMTIDIGE ENERGISYSTEM Slutrapport, april 2001  
Projektleder: Bent Sørensen  
Projektdeltagere: DONG: Aksel Hauge Petersen, Ceila Juhl, Elkraft System<sup>#</sup>; Thomas Engberg Pedersen<sup>#</sup>; Hans Ravn, Charlotte Søndergren, Energi 2<sup>#</sup>; Peter Simonsen, RISØ Systemanalyseafd.: Kaj Jørgensen, Lars Henrik Nielsen, Helge V. Larsen, Poul Erik Mørthorst, Lotte Schleichner, RUC: Finn Sørensen<sup>\*\*</sup>, Bent Sørensen<sup>#</sup>  
\* Indtil 1/1-2000 Elkraft, <sup>#</sup> fra 1/5-2000 Cowi Consult  
\* Indtil 15/6-1999 DTU Bygninger & Energi, <sup>\*\*</sup> fra 1/1-2001 Polypeptide Labs.  
Projekt 1763/99-0001 under Energistyrelsens Brintprogram
- 391/01 Matematisk modelleringskompetence – et undervisningsforløb i gymnasiet  
3. semesters Nat.Bas. projekt af: Jess Tolstrup Boye, Morten Bjørn-Mortensen, Sofie Inani Castella, Jan Lauridsen, Maria Göttsche, Ditte Mandøe Andreassen  
Vejleder: Johnny Ottesen
- 392/01 "PHYSICS REVEALED" THE METHODS AND SUBJECT MATTER OF PHYSICS  
an introduction to pedestrians (but not excluding cyclists)  
PART II: PHYSICS IN PHILOSOPHICAL CONTEXT  
by: Bent Sørensen.
- 393/01 Hilberts matematikfilosofi  
Specialrapport af: Jesper Hasmark Andersen  
Vejleder: Stig Andur Pedersen
- 394/01 "PHYSICS REVEALED" THE METHODS AND SUBJECT MATTER OF PHYSICS  
an introduction to pedestrians (but not excluding cyclists)  
PART II: PHYSICS PROPER  
by: Bent Sørensen.
- 395/01 Menneskers forhold til matematik. Det har sine årsager!  
Specialeafhandling af: Anita Stark, Agnete K. Ravnborg  
Vejleder: Tine Wedge
- 396/01 2 bilag til tekst nr. 395: Menneskers forhold til matematik. Det har sine årsager!  
Specialeafhandling af: Anita Stark, Agnete K. Ravnborg  
Vejleder: Tine Wedge

- 379/00 EULERS DIFFERENTIALREGNING  
Eulers indførelse af differentialregningen stillet over for den moderne  
En tredjeesters projektrapport på den naturvidenskabelige basisuddannelse  
af: Uffe Thomas Volmer Jankvist, Rie Rose Møller Pedersen, Maja Bagge Pedersen  
Vejleder: Jørgen Larsen
- 380/00 MATEMATISK MODELLERING AF HJERTEFUNKTIONEN  
Isovolumetriske ventrikulær kontraktion og udpumpning til det cardiovascularsystem  
af: Gitte Andersen (3. moduls-rapport), Jakob Hülmer og Stine Weisbjerg (speciale)  
Vejleder: Johnny Ottesen
- 381/00 Matematikviden og teknologiske kompetencer hos kortuddannede voksne  
- Rekognoscering og konstruktioner i grænselandet mellem matematikkens didaktik og forskning i voksenuddannelse  
Ph. d.-afhandling af Tine Wedge
- 382/00 Den selvundvigende vandring  
Et matematisk professionsprojekt  
af: Martin Niss, Arnold Skimminge  
Vejledere: Viggo Andreassen, John Villumsen
- 383/00 Beviser i matematik  
af: Anne K.S.Jensen, Gitte M. Jensen, Jesper Thrane, Karen L.A.W. Wille, Peter Wulff  
Vejleder: Mogens Niss
- 384/00 Hopping in Disordered Media: A Model Glass Former and A Hopping Model  
Ph.D. thesis by: Thomas B. Schrøder  
Supervisor: Jeppe C. Dyre
- 385/00 The Geometry of Cauchy Data Spaces  
This report is dedicated to the memory of Jean Leray (1906-1998)  
by: B. Booss-Bavnbek, K. Furutani, K. P. Wojciechowski
- 386/00 Neutrale mandatfordelingsmetoder – en illusion?  
af: Hans Henrik Brok-Kristensen, Knud Dyrberg, Tove Oxager, Jens Sveistrup  
Vejleder: Bernhard Booss-Bavnbek
- 387/00 A History of the Minimax Theorem: von Neumann's Conception of the Minimax Theorem - - a Journey Through Different Mathematical Contexts  
by: Tinne Hoff Kjeldsen
- 388/00 Behandling af impuls ved kilder og dræn i C. S. Peskins 2D-hjertemodel  
et 2. moduls matematik modelprojekt  
af: Bo Jakobsen, Kristine Niss  
Vejleder: Jesper Larsen

408/02 Weak UCF and Perturbed Monopole Equations  
By: Bernhelm Booss-Bavnbek, Matilde Marcolli, Bai-Ling Wang

409/02 Algebraisk ligningsløsning fra Cardano til Cauchy  
- et studie af kombinationers, permutationers samt invariansbegrebets betydning for den algebraiske ligningsløsning, før Gauss, Abel og Galois  
Videnskabsfagsprojekt af: David Heiberg Backchi, Uffe thomas Volmer Jankvist, Neslihan Saglanmak  
Vejleder: Bernhelm Booss-Bavnbek

410/02 2 projekter om modellering af influenzaepidemier  
Influenzaepidemier- et matematisk modelleringsprojekt  
Af: Claus Jørgensen, Christina Lohfert, Martin Mikkelsen, Anne-Louise H. Nielsen  
Vejleder: Morten Blomhøj  
Influenza A: Den tilbagevendende plage – et modelleringsprojekt  
Af: Beth Paludan Carlsen, Christian Dahmcke, Lena Petersen, Michael Wagner  
Vejleder: Morten Blomhøj

411/02 Polygonformede hydrauliske spring  
Et modelleringsprojekt af: Kåre Stokvad Hansen, Ditte Jørgensen, Johan Rønby Pedersen, Bjørn Toldbod  
Vejleder: Jesper Larsen

412/02 Hopfbifurkation og topologi i væskestrømning – en generel analyse samt en behandling af strømmingen bag en cylinder  
Et matematisk modul III professionsprojekt af: Kristine Niss, Bo Jakobsen  
Vejledere: Morten Brøns, Johnny Ottesen

413/03 "Elevernes stemmer" Fysikfaget, undervisningen og lærerroller, som eleverne opfatter  
det i det almene gymnasium i Danmark  
Af: Carl Angell, Albert Chr. Paulsen

397/01 En undersøgelse af solvents og kædelængdes betydning for anomal swelling i phospholipid dobbeltlag  
2. modul fysikrapport af: Kristine Niss, Arnold Skimminge, Esben Thormann, Stine Timmermann  
Vejleder: Dorte Posselt

398/01 Kursusmateriale til "Lineære strukturer fra algebra og analyse" (E1)  
Af: Mogens Brun Heefelt

399/01 Undergraduate Learning Difficulties and Mathematical Reasoning  
Ph.D Thesis by: Johan Litfner  
Supervisor: Mogens Niss

400/01 On Holomorphic Critical quasi circle maps  
By: Carsten Lund Petersen

401/01 Finite Type Arithmetic  
Computable Existence Analysed by Modified Realisability and Functional Interpretation  
Master's Thesis by: Klaus Frovin Jørgensen  
Supervisors: Ulrich Kohlenbach, Stig Andur Pedersen and Anders Madsen

402/01 Matematisk modellering ved den naturvidenskabelige basisuddannelse  
- udvikling af et kursus  
Af: Morten Blomhøj, Tomas Højgaard Jensen, Tinne Hoff Kjeldsen og Johnny Ottesen

403/01 Generaliseringer i integralteorien  
- En undersøgelse af Lebesgue-integralet, Radon-integralet og Perron-integralet  
Et 2. modul matematikprojekt udarbejdet af: Stine Timmermann og Eva Uhre  
Vejledere: Bernhelm Booss-Bavnbek og Tinne Hoff Kjeldsen

404/01 "Mere spredt fægtning"  
Af: Jens Højgaard Jensen

405/01 Real life routing  
- en strategi for et virkeligt vrp  
Et matematisk modelprojekt af: David Heiberg Backchi, Rasmus Brauner Godtixsen, Uffe Thomas Volmer Jankvist, Jøgvan Martin Poulsen og Neslihan Saglanmak  
Vejleder: Jørgen Larsen

406/01 Opgavesamling til dybdekursus i fysik  
Eksamensopgaver stillet i perioden juni 1976 til juni 2001  
Denne tekst erstatter tekst nr. 25/1980 + efterfølgende tillæg

407/01 Unbounded Fredholm Operators and Spectral Flow  
By: Bernhelm Booss-Bavnbek, Matthias Lesch, John Phillips