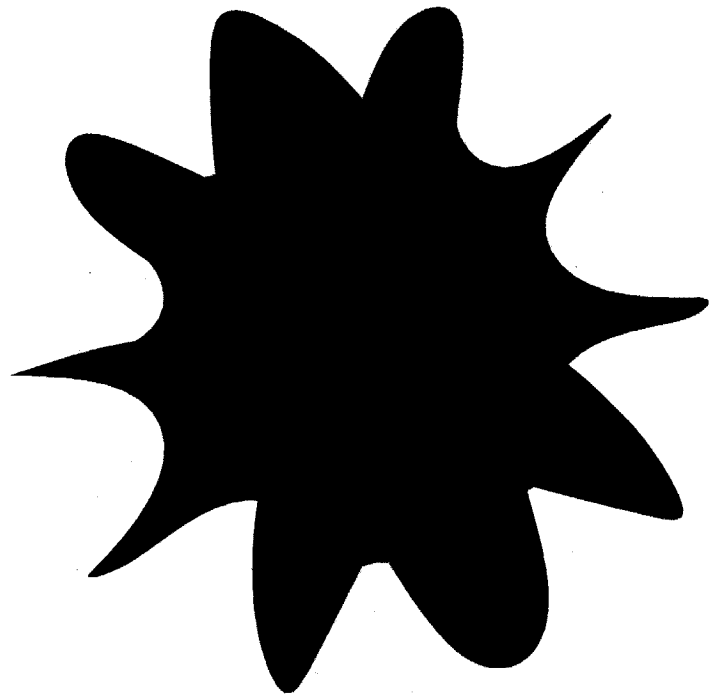


## Fagplan for matematikk

---

*Styrking av norsk matematikkfaglig forskning.  
En oppfølging av den internasjonale evalueringen av  
matematiske fag.*



# Fagplan for matematikk

Styrking av norsk matematikkfaglig  
forskning.

En oppfølging av den internasjonale  
evalueringen av matematiske fag

© Norges forskningsråd 2004

Norges forskningsråd  
Postboks 2700 St. Hanshaugen  
0131 OSLO  
Telefon: 22 03 70 00  
Telefaks: 22 03 70 01  
Publikasjonen kan bestilles via internett:  
<http://www.forskningsradet.no/bibliotek/publikasjonsdatabase/>  
eller grønt nummer telefaks: 800 83 001

Internett: [bibliotek@forskningsradet.no](mailto:bibliotek@forskningsradet.no)  
X.400: S=bibliotek;PRMD=forskningsradet;ADMD=telemax;C=no;  
Hjemmeside: <http://www.forskningsradet.no/>

Grafisk design omslag: Creuna as  
Foto/ill. omslagsside: Andrew J. Hanson, Indiana University  
Trykk omslag: Oslo trykk og kopisenter  
Trykk innmat: Forskningsrådets hustrykkeri  
Opplag: 300

Oslo, august 2004  
ISBN trykt utgave: 82-12-01997-7  
ISBN elektronisk utgave (pdf): 82-12-01998-5

**Forsidebilde**

Strengteorien opererer med strenger istedenfor punktpartikler. Disse strengene vibrerer i dimensjoner vi ikke ser i klassisk fysikk. I strengteoriens 10-dimensjonale modeller av universet er det 4-dimensjonale tidrommet utvidet i hvert punkt med et ørlite kompakt rom i 6 nye dimensjoner, hvis geometri uttrykker de mulige vibrasjonsmønstre for strengene. Disse rommene har fasong som en Calabi-Yau mangfoldighet, for eksempel en 5-grads hyperflate i det komplekse projektive 4-rom. Figuren viser et 2-dimensjonalt snitt av en slik hyperflate, med kompleks likning  $z^5 + w^5 = 1$ , projisert til et reelt 3-dimensjonalt rom.

Figur gjengitt med tillatelse fra Andrew J. Hanson, Indiana University.

A.J. Hanson, "A Construction for Computer Visualization of Certain Complex Curves", in "Computers and Mathematics" column, ed. Keith Devlin, of *Noitces of the American Mathematical Society*, **41**, No. 9, pp. 1156-1163 (American Math. Soc., Providence, November/December, 1994).

Oslo 13. mai 2004

## **Til Norges forskningsråd**

Fagplanutvalget for matematikk overleverer herved sin rapport om hvordan matematikkfaget ved universitetene og de vitenskapelige høgskolene i Norge kan utvikles og styrkes for å møte dagens og morgendagens utfordringer.

De anbefalinger Fagplanutvalget gir til Forskningsrådet er basert på den internasjonale evalueringen av matematisk forskning i Norge (Ekeland *et. al.*, 2002), kommentarer og informasjon fra de institusjonene som ble evaluert, i tillegg til utvalgets egne vurderinger.

Fagplanutvalget står samlet i sine vurderinger og anbefalinger og håper dette dokumentet vil være et nyttig redskap i det videre arbeidet innen sektoren.

Magne Espedal (leder)

Erik Bølviken

Bjørn Dundas

Bjørn Gjevik

Kari Hag

Trygve Johnsen

Arkadi Ponossov

Erling Størmer



## Forord

Matematisk forskning har en svært lang historie. Gjennom hele denne historien har teori og anvendelser gått som to røde tråder, aldri helt uavhengige av hverandre, og ofte tett sammenvevd. Et godt eksempel på det siste er hvordan differensialregningen til Newton og Leibniz gjorde det mulig å innføre presise matematiske modeller innen fysikk og de "harde" realfagene. Oppfinnelsen av radioen på slutten av 1800-tallet kom som en direkte konsekvens av Maxwells matematiske formulering av de elektromagnetiske lovene. Etter hvert som man greide å beskrive og utnytte fysikkens lover tok man opp andre områder, og nye utfordringer ga opphav til ny matematikk. Statistiske metoder ble innført i astronomi for å håndtere unøyaktigheter i observasjonsmaterialet, og i forsikringsbransjen for å trygge enkepensjoner. I dag brukes omfattende atmosfære- og havmodeller til å vurdere konsekvenser av naturinngrep, spredning av forurensninger og til beregninger av langsiktige klimaendringer. Moderne metoder for leting etter gass og olje på kontinentalsokkelen er basert på avansert dataanalyse og modellsimuleringer. I senere tid er kvantitativ modellering og beregning av stadig mer komplekse strukturer blitt mulig også innen biologi, medisin og økonomi. Også innen samfunnsfagene ser vi en lignende utvikling.

Når matematiske modeller blir tatt i bruk i et nytt område, endres ofte måten å tenke på innen faget. De eldre kvalitative betraktningmåtene blir gjerne mindre relevante etter hvert som man har greid å beregne og tallfeste sentrale størrelser innen faget. De siste 30 årene har denne utviklingen akselerert, og viser ingen tegn til å stoppe opp. Stadig flere områder innen vitenskap og menneskelig virksomhet blir *matematisert*. Utviklingen av datamaskiner og metoder for numeriske simuleringer er i dag blant de fremste drivkreftene i denne prosessen.

Samtidig som den anvendte matematikken har feiret store triumfer, vil vi også fremheve kulturaspektet ved faget. Gjennom flere tusen år har man lagt stein til stein og forøket den matematiske kunnskapen, både innenfor ren og anvendt matematikk. Resultatet er det mest komplekse intellektuelle byggverk menneskeheten har skapt, og matematikken har en stor egenverdi bare på dette grunnlaget. Det forbløffende ved matematikken er de dype og uventede sammenhengene man ofte finner mellom teorier som tilsynelatende står fjernt fra hverandre. Ett slående eksempel er indeksteoremet til Atiyah og Singer, som knytter sammen analyse og topologi og har viktige anvendelser i teoretisk fysikk, og som de får Abelprisen 2004 for.

Matematikkens indre dynamikk og kompleksitet sammen med de mange anvendelsene, både etablerte og potensielle, sikrer faget en rik og spennende utvikling. Spørsmålet er i hvilken grad også vi i vårt land skal delta i dette arbeidet, og i hvilken grad norske miljøer, innenfor og utenfor akademia, skal kunne være med og høste fruktene av de resultater som oppnås.



## Innhold

1. Summary and Recommendations.....	9
1.1. Budget.....	10
1.2. Research.....	11
1.3. Research Recruitment.....	11
1.4. PhD Education.....	12
2. Sammendrag og anbefalinger.....	13
2.1. Budsjett.....	13
2.2. Forskning.....	15
2.3. Forskerrekruttering.....	15
2.4. Doktorgradsutdanning.....	15
3. Mål og hovedutfordringer for matematisk forskning i Norge.....	16
4. Overordnede anbefalinger.....	17
4.1. Generell ressursituasjon.....	17
4.2. Rekruttering til fast stilling.....	18
4.2.1. Alderssammensetningen.....	19
4.2.2. Kvinneandelen i matematikk i Norge.....	20
4.2.3. Mobilitet.....	21
4.3. Rekruttering til doktorgradsstudiet.....	21
4.4. Forskningsbevilgninger.....	23
4.4.1. Frie prosjekter.....	23
4.4.2. Forskningsprogram som BeMatA.....	24
4.4.3. SUP og SIP.....	24
4.4.4. Store satsinger.....	24
4.5. Biblioteker.....	26
4.6. Nasjonal arbeidsdeling.....	26
5. Anbefalinger i henhold til utvalgte fagområder.....	27
5.1. Algebra og algebraisk geometri.....	27
5.2. Topologi/geometri.....	28
5.3. Logikk.....	29
5.4. Analyse.....	30
5.4.1. Funksjonalanalyse.....	30
5.4.2. Differensialligninger.....	31
5.4.3. Kompleks og harmonisk analyse.....	32
5.4.4. Stokastisk analyse.....	32
5.5. Anvendt matematikk/computational science.....	33
5.5.1. Mekanikk, hydrodynamikk og havmodellering.....	33
5.5.2. Industriell matematikk.....	34
5.5.3. Numerisk analyse.....	35
5.6. Statistikk.....	36
5.6.1. Statistikk.....	36
5.6.2. Finans- og forsikringsmatematikk.....	37
5.6.3. Matematisk modellering innen biologi og andre naturfag.....	37
6. Referanser.....	39
Appendiks 1: Mandat for fagplanutvalget. Sammensetning og arbeidsform.....	40
Appendiks 2: Tallmateriale.....	42





## 1. Summary and Recommendations

The recommendations of the National Committee for Mathematics are based upon the international evaluation of Research in Mathematics in Norwegian Universities and Colleges, in the following called the *Evaluation Report*. The Evaluation Report states that Norway is underinvesting in mathematical sciences, and that the mathematical sciences are facing a depletion problem caused by the age distribution of scientists and the current trend of fewer students in mathematics. At the same time, the present research in mathematical sciences receives a very good evaluation. It is noted, however, (p. 17) that this situation may rapidly deteriorate if proper actions are not taken.

The National Committee supports the deliberations in the Evaluation Report and proposes several initiatives to secure a further development of the mathematical sciences. An important aim of these initiatives is to enable collaborative research in the intersection of mathematical sciences and other disciplines. It is well known that some of the most important and basic results in science originate in the interplay between different disciplines, and good examples are provided by the established collaboration between mathematics and disciplines such as physics, engineering and geophysics. The interdisciplinary research between mathematical sciences and geoscience, bioscience, medicine and social dynamics which is now emerging, represent cases where we have seen only the beginning of a corresponding development.

At present there are two fairly large departments (NTNU and UiO), each consisting of groups with good and broad competence in the main disciplines of mathematics. There are substantial teaching obligations at NTNU together with a high production of candidates at the master level. The evaluation committee states (p. 33) that it will be a good investment to increase the size of this department significantly. This will also to some degree be true for the department at UiO, especially for applied mathematics and statistics.

The remaining departments of mathematics are significantly smaller and have strong competence only in a more narrow band of disciplines. With their teaching obligations, these departments can only to a limited extent serve as centers for mathematical development and as strong partners for collaborative multidisciplinary research. There is therefore a clear need for expanding the departments at UiB and UiT.

In recent years there has been a strong expansion in the fields of biology and economics. The mathematical departments at NLH and NHH should be expanded in proportion to the growth of their surrounding environments in order to cover the increased demand for mathematical expertise. Close interaction between the mathematical disciplines and biology and economics, respectively, is of high importance at these institutions.

If the different research groups are to be able to maintain the high scientific quality which is confirmed by the evaluation, further develop the mathematical disciplines, and at the same time take on the great challenges posed by interdisciplinary collaboration, a substantial expansion of the mathematical departments at the universities is required. This increase comes in addition to the need for increased teaching capacity created by the Quality Reform in higher education.

The most important recommendations are summarized below. Some recommendations are directed directly to the Norwegian Research Council, while most of the remaining are directed to the universities and to the Ministry of Education and Research.

## 1.1. Budget

### *Zero growth scenario*

The increase in the permanent staff at the departments of mathematics has been very moderate over the last 20 years, despite a large increase in teaching obligations during the same period. Within existing budgets, there is little or no room for dealing with the challenges which now face the mathematical sciences. In order to obtain the competence and research needed in a knowledge based society, a significant increase in the funding of mathematical research and development is required.

Hence the National Committee does not consider the zero growth scenario to be a realistic alternative for future development of mathematics in Norway.

### *Increased Funding*

- The National Committee proposes that the number of permanent staff should be increased by 50 percent within the next 10-15 years.

This corresponds to approximately 70 new positions, and will be in addition to the replacement of positions where staff retire. Similar increases have been suggested in USA and other countries, as is noted in the Evaluation Report (p. 10). The motivation for the Committee's suggestion lies in the great significance mathematics and mathematical modelling have had and will have for industry, enterprise and resource management. It is also of major importance that mathematical tools and analysis are better integrated with the application disciplines within the Research Council's *Store satsinger*.

The driving force behind such a recruitment initiative will be positions within the field of quantitative methods and modelling aimed towards application areas. At the same time, the National Committee emphasizes that development of applied mathematics require a solid foundation in pure mathematics. A reasonable balance between pure mathematics, applied mathematics and statistics must be maintained.

High mathematical quality is mandatory for such an increase of the permanent staff. Throughout the 1990's, many excellent researchers were educated, but only a few of them obtained permanent positions at Norwegian universities. As a result of this, there have been many strong applications for advertised positions in the early 2000's, and this potential should be taken better advantage of. One should also make use of the international character of mathematics, and recruit especially skilled researchers from abroad. We further expect that increased production of PhD candidates will increase the number of applicants for permanent positions in the future.

- A program accommodating 20 new PhD/post doctoral positions every year for the next 10 years should be established.

The Evaluation Committee emphasizes the limited number of PhD students within practically all disciplines of mathematics. The development of new emerging areas of research will increase the recruitment demand further. The new teaching reforms will lead to increased teaching obligations. With the establishment of 4-year PhD scholarships with

a 25 percent teaching obligation, some of the increased teaching load will be covered by an increase in the number of PhD students.

- The budget for free projects within mathematical disciplines should be increased to NOK 30 mill. annually.
- At least one new Strategic University Program (SUP) within the area of mathematics should be initiated annually.
- Within *Store satsinger*, high priority should be given to projects which combine challenges within mathematics and statistics and challenges in the focus area.
- A ten year program in mathematics for applications, with a yearly budget of at least NOK 30 mill., should be initiated. The National Committee is aware of the fact that there are several suggestions for organizing such a program. A mathematical method and modelling program could be an integrated part of a broader organized program within e-science.
- Resources should be supplied for new appointments in advance of forthcoming retirement.

## **1.2. Research**

- The Ministry for Education and Research should establish mathematics as a special focus area in their *Forskningsmelding*.
- New recruitment should be used to maintain the quality of established groups, to strengthen research groups so that they become above critical size, and to establish new fields for mathematical research and education. Increased teaching obligations as a consequence of the Quality Reform in higher education must not lead to reduced research volume.
- The awarding of research grants from the Research Council must be based mainly on the scientific quality of the project.
- The status of the research groups at the departments should be strengthened. The need for permanent organization of the research groups varies with the size, resource use, and to some extent also established tradition within the discipline. Where conditions make it natural, it should be possible to have a stronger formal organization of research groups, including leaders with responsibility assignments.
- Funding of exchange of researchers nationally and internationally should be strengthened.
- Areas of research of good quality, but which are not included in specific programs and particular focus areas, must be given a secure funding.

## **1.3. Research Recruitment**

- The Ministry of Research and Education should investigate a new system for positions at universities and colleges. A career path between the PhD education and a permanent

university position should be considered. In particular, a career path which attracts women to the area of mathematics must be established.

- Funding of the number of post doctor positions should be improved, and a more flexible handling should be imposed. It should be possible to employ the same person in post doctor positions for several periods.

#### **1.4. Ph.D Education**

- The PhD program seems to have found a natural structure, and quality must be maintained within this framework. The institutions must continually evaluate the PhD programs and in particular ensure that candidates take courses and write theses which meet international standards.
- More doctoral degree scholarships should be used for studies abroad.

## 2. Sammendrag og anbefalinger

Fagplanutvalget for matematikk bygger sine anbefalinger på den internasjonale evalueringen av matematisk forskning ved norske universiteter og vitenskapelige høyskoler, heretter omtalt som *Evalueringsrapporten*. Evalueringsrapporten slår fast at matematiske fag er underfinansiert og at faget på grunn av skjev aldersfordeling og minkende studenttilgang står i fare for å gjennomgå en nedbygging. Samtidig får faget en gjennomgående meget god evaluering. Det blir imidlertid påpekt (s. 17) at denne situasjonen kan endre seg dramatisk om ikke tiltak blir satt inn.

Fagplanutvalget støtter analysene i Evalueringsrapporten og foreslår en rekke tiltak for å sikre en videre utvikling av faget. Dette gjelder ikke minst for å styrke samspillet med og bidraget til andre disipliner. Det er kjent at noen av de viktigste og mest grunnleggende bidragene innen vitenskap skjer i vekselvirkning mellom ulike disipliner, og samspillet mellom matematikk og fag som fysikk, ingeniørvitenskap og geofysikk er gode eksempler. Den faglige interaksjonen mellom matematikk og geofag, samfunnsfag, biofag og medisin som nå vokser frem er eksempel på områder der vi i dag bare ser begynnelsen av utviklingen.

Dagens situasjon er preget av to større miljøer (NTNU og UiO) med god og bred kompetanse innenfor flere retninger. Ved NTNU er det spesielt omfattende undervisningsoppgaver og høy produksjon av kandidater på masternivå. Det vil være store gevinster ved å bygge ut dette miljøet videre, slik Evalueringen sier (s. 33). Noe tilsvarende gjelder UiO, spesielt for anvendt matematikk og statistikk.

De øvrige matematiske miljøene er vesentlig mindre og kan skilte med spisskompetanse bare innen noen få områder. Med de serviceforpliktelser disse miljøene har kan de bare i begrenset grad fungere som motor for matematisk utvikling og som partner for andre miljøer. Det er derfor et klart behov for å bygge ut de matematiske miljøene ved UiB og UiT.

I senere tid har det vært en betydelig vekst i fagmiljøene i biologi og økonomi. De matematiske miljøene ved NLH og NHH bør vokse i takt med sine omgivelser for å kunne dekke et voksende behov for matematisk kompetanse. God integrasjon med fagmiljøene i henholdsvis biologi og økonomi er av stor viktighet her.

Skal fagmiljøene kunne holde den kvalitet som evalueringen bekrefter, videreutvikle faget som disiplin og samtidig ta fatt i de store utfordringer som man står overfor som samarbeidspartner med andre fagområder, trengs en vesentlig styrking av faget ved universitetene. Denne veksten kommer i tillegg til de behov for økt undervisningskapasitet som Kvalitetsreformen legger opp til.

De viktigste anbefalingene oppsummeres her. Noen anbefalinger er rettet direkte til Norges forskningsråd, mens de fleste av de resterende er dels rettet mot institusjonene og dels mot departementet.

### 2.1. Budsjett

#### *Nullvekstscenario*

Faste stillinger innen de matematiske fag har hatt svært liten vekst gjennom de siste 20 årene, dette på tross av en stor økning av undervisningsvolum i samme periode. Innen de nåværende

rammer for faget er der lite eller intet rom for å takle de utfordringer man står overfor. Skal man kunne bygge opp den kompetanse og forskning som trengs som basis for en fremtidig industri og arbeidsutvikling så fordrer det en betydelig økning i bevilgningene til matematiske fag.

Fagplanutvalget anser derfor ikke nullvekstscenariet for å være et realistisk fremtidsrettet alternativ for matematikk i Norge.

### *Styrket finansiering*

- Fagplanutvalget foreslår en økning på 50 % over en periode på 10 - 15 år i de faste stillingene i matematiske fag ved universitetene og de vitenskapelige høgskolene.

Dette svarer til rundt 70 stillinger og kommer i tillegg til naturlig avgang. Evalueringsrapporten viser (s. 10) til tilsvarende satsninger i USA og andre land. Begrunnelsen for Fagplanutvalgets forslag ligger i den store betydning matematikk og matematisk modellering har fått og forventes å få i industri, næringsliv og forvaltning. Det vil også være av stor betydning at matematiske fag integreres med anvendelsesdisiplinene innen Forskningsrådets store satsninger.

Motoren ved en slik nyrekruttering vil altså være stillinger innenfor metode og modellering rettet mot anvendelsesområder, men Fagplanutvalget understreker at utvikling av anvendt matematikk forutsetter et solid fundament innen ren matematikk å støtte seg til, og at en rimelig balanse mellom ren matematikk, anvendt matematikk og statistikk derfor må opprettholdes.

God faglig kvalitet må settes som et absolutt krav ved en slik opptrapping. Gjennom 1990-tallet ble det utdannet mange dyktige forskere, men bare et fåtall av dem har fått fast stilling ved norske universiteter eller vitenskapelige høgskoler. Som et resultat av dette har man sett både stor og sterk søkning ved utlyste stillinger på begynnelsen av 2000-tallet, og dette potensialet bør utnyttes bedre. Man bør også utnytte matematikkens internasjonale karakter og rekruttere spesielt dyktige forskere fra utlandet. Videre regner vi med at økt produksjon av doktorgradskandidater vil gi økt søkning til faste stillinger i fremtiden.

- Det etableres et program med 20 nye stipendiatstillinger/postdoktorstillinger ved universitetene hvert år i 10 år fremover.

Evalueringskomiteen påpeker spesielt den dårlige tilgangen på doktorgradsstudenter innen omtrent alle deler av matematikk. Utbygging av nye fagområder øker rekrutteringsbehovet ytterligere. De nye undervisningsreformene gir et betydelig økt undervisningsbehov. Med 4-årige doktorgradsstipend med 25 % arbeidsplikt vil noe av dette bli inndeckt ved en økning i antall doktorgradsstudenter.

- Budsjettet til frie prosjekt innen matematiske fag økes til minst 30 mill. årlig.
- Årlig oppstart av minst ett nytt Strategisk universitetsprosjekt (SUP) innen fagområdet.
- Innen alle store satsinger blir prosjekt som kombinerer utfordringer innen matematikk og statistikk med utfordringer innen satsningsområdet gitt høy prioritet.

- Et 10-års program innen matematikk for anvendelser med en årlig budsjetttramme på minst 30 mill. blir satt i gang. Utvalget er kjent med at det foreligger ulike innspill til organisering av et slikt program. Et matematisk metode- og modelleringsprogram kan være en integrert del av et mer bredt organisert program i beregningsfag.
- Forskuttering av stillinger ved pensjonering (se punkt 4.2.1).

## **2.2. Forskning**

- Undervisnings- og forskningsdepartementet bør etablere matematikk som et særskilt satsingsområde i sin forskningsmelding.
- Nytilsetninger blir brukt til å opprettholde kvaliteten på etablerte grupper, til å styrke forskningsgrupper slik at de kommer over kritisk størrelse, og til å etablere nye felt for matematisk forskning og utdanning. Forskningsvolumet må ikke reduseres på grunn av økte undervisningsoppgaver ved gjennomføringen av Kvalitetsreformen.
- Tildeling av forskningsmidler fra Forskningsrådet skjer i hovedsak etter faglig kvalitetsvurdering.
- Forskningsgruppene sin status ved instituttene blir styrket. Behovet for fast organisering av forskningsgruppene varierer med størrelse, ressursbruk, og til en viss grad også etablert tradisjon innen fagområdet. Der forholdene ligger til rette for det bør det være mulig med en fastere organisering av forskningsgruppene, inkludert ledere med ansvarsoppgaver.
- Finansiering av utveksling av forskere nasjonalt og internasjonalt blir styrket.
- Fagområder av god kvalitet, men som faller utenom program og spesielle satsinger, må sikres driftsgrunnlag.

## **2.3. Forskerrekruttering**

- Undervisnings- og forskningsdepartementet utreder et nytt stillingssystem ved universitets- og høyskolesektoren. En karrierevei mellom doktorgradsutdanning og fast stilling for spesielt lovende forskere må utredes. Spesielt må man etablere virkemidler som sikrer tilgang av flere kvinner til fagområdet.
- Finansieringen av antall postdoktorstillinger styrkes, og praktiseringen blir gjort mer fleksibel. Det bør være mulig å tildele postdoktorstillinger i flere perioder til samme person.



## **2.4. Doktorgradsutdanning**

- Doktorgradsutdanningen ser ut til å ha funnet en fast struktur, og kvaliteten må sikres innenfor de rammene som er gitt av dette. Institusjonene må kontinuerlig følge opp doktorgradsutdanningen og spesielt overvåke at kandidatene blir uteksaminert med en opplæringsdel og en avhandling som holder et internasjonalt nivå.
- Flere doktorgradsstipender bør brukes til studier utenfor Norge.

### 3. Mål og hovedutfordringer for matematisk forskning i Norge

Målet for matematisk forskning i Norge er å styrke og vedlikeholde et høyt nivå innen fundamental forskning, samtidig som man styrker integrasjonen av matematiske og statistiske disipliner med hele spekteret av naturvitenskap, ingeniørfag og andre anvendelsesområder. Faggrupper som i dag er i internasjonal forskningsfront må videreutvikles, og innen noen områder av fundamental matematisk forskning og anvendt matematikk vil man søke å utvikle nye faggrupper på dette nivået.

De matematiske fagmiljøene står overfor flere store utfordringer hvis man skal kunne nå disse målsettingene. Gjennomsnittsalderen i fagmiljøene er høy og det har vært få nytilsetninger i de siste årene. Andelen av kvinner i fagmiljøet er svært lav. Rekrutteringen til hovedfag og doktorgradsstudier er for svak, det er for få postdoktorstillinger tilgjengelig for de som fullfører doktorgradsstudiet, og gjennom flere tiår er det ytterst få matematikere som er blitt rekruttert til videregående skole.

Utfordringene forskningsmiljøene står overfor gjenspeiler utfordringene for matematikkfaget i skolevesenet. Undersøkelser gjennom de siste 20 årene viser at stadig færre behersker grunnleggende kunnskaper og ferdigheter i matematikk etter gjennomført videregående skole, og en stor andel av lærere i grunnskolen mangler tilfredsstillende utdanning i faget. Her er det blitt satt inn ressurser de siste årene for å bedre på situasjonen, men man må regne med at det vil ta lang tid før man kan se målbare resultater av denne innsatsen.

Det er også en voksende erkjennelse av betydningen av et høyt nivå på matematisk forskning om det norske samfunnet skal kunne være med å utvikle og dra nytte av den raskt økende bruk av kvantitative metoder innen næringsliv, ressursforvaltning og samfunnsliv generelt. Etableringen av senter for fremragende forskning med sterke element av matematisk forskning gir vekst til miljøet. Eksempel på slike er *Centre of Mathematics for Applications* (CMA) ved UiO og *Centre for Integrated Petroleum Research* (CIPR) ved UiB.

Nye investeringer i de matematiske miljøene ved universitets- og høgskolesektoren har nærmest vært fraværende de siste 20 årene. I stor grad skyldes dette en sterk og nødvendig utbygging av IT-faget i denne perioden, mens matematikkens betydning for modellering av prosesser, strukturering av beregninger og utvikling av løsningsmetoder og algoritmer har hatt liten politisk forståelse og gjennomslag. Det er nå behov for et solid krafttak for å bringe fagområdet frem til det nivå som dagens samfunn krever. Et fokus må holdes på fundamental forskning og integrasjon av matematikk, statistikk og utdanning over alle viktige anvendelsesdisipliner.

## 4. Overordnede anbefalinger

### 4.1. Generell ressursituasjon

*There is evidence that Norway is underinvesting in science and technology, of which the mathematical sciences are an essential part.*

Evalueringsrapporten, s. 9

Siden stortingsmeldingen *Forskning ved et tidsskille* ble lagt frem i 1999 har det vært politisk enighet om at forskningsinnsatsen i Norge skal komme på linje med gjennomsnittet i OECD-landene i løpet av 2005. Det ble også fastslått at offentlige midler i større grad skal gå til styrking av langsiktig og grunnleggende forskning. Forskningsrådets statistikk for 2003 viser at forskjellen mellom Norge og OECD-landene i årene etter 1999 har økt, og at i 2001 var Norges forskningsinnsats i underkant av 70 % av gjennomsnittet i OECD-landene, målt som andel av BNP.

Konsekvensen av lav satsing på forskning er at norske fagmiljøer på mange områder blir under kritisk størrelse og isolerte. Det er da vanskelig å følge med på den faglige utviklingen og delta som likeverdig partner i internasjonalt samarbeid. Dette forsterkes av at nye områder som åpner seg ofte er svært ressurskrevende. På lengre sikt vil dette også føre til tapte muligheter og manglende fremskritt innen teknologi og økonomi.

Behovet for økt satsing på forskning er ikke noe som merkes bare i Norge. Evalueringsrapporten viser (s. 10) til at både kanadiske og amerikanske forskningsmyndigheter har økt sine budsjetter for matematiske vitenskaper kraftig de siste årene. En fremskrivning av dagens satsing på vitenskap og teknologi i Norge vil sannsynligvis øke gapet til den vestlige verden og gjøre det vanskeligere å ta del i utviklingen. *Leading edge research* innen naturvitenskap, engineering, produktutvikling og ressursforvaltning er avhengig av god kompetanse innen grunnleggende matematikk, matematisk modellering og beregning.

Innen de stramme rammer som matematikk har hatt i de siste årene, har vi likevel noen gode eksempler på at fagmiljøer har endret faglig retning i denne perioden. Oppbyggingen av miljøene innen partielle differensialligninger er et eksempel på dette.

De matematiske fagene er karakterisert ved en relativt stor undervisningsbyrde. Dette utgjør en viktig del av arbeidet ved fagmiljøene og må gis høy prioritet. I de senere årtier er det imidlertid blitt bygget opp betydelige undervisningsmiljøer ved høyskolene, og disse har jevnt over kunnet tilby tettere oppfølging av studentene enn universitetene. Kvalitetsreformen som nå er under innføring, vil gi fagmiljøene ved universitetsmiljøene større undervisningsoppgaver enn tidligere. Uten mottiltak vil dette skje på bekostning av det ansvar som disse miljøene har for fagets utvikling, både som disiplin og som redskapsfag i samarbeid med applikasjoner. Skal fagmiljøene kunne holde den kvalitet som evalueringen bekrefter, utvikle faget videre som disiplin og samtidig ta fatt på de store og komplekse utfordringer som man står overfor som samarbeidspartner med andre fagområder, trengs det en vesentlig styrking av faget ved universitetene og de vitenskaplige høyskolene. Denne veksten kommer i tillegg til de behov for økt undervisningskapasitet som Kvalitetsreformen legger opp til.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Skal Norge kunne bygge ut kompetanse og forskning som basis for en fremtidsrettet industri og arbeidsutvikling så fordrer det en kraftig økning av bevilgninger til matematikk.
- Ved ressurstildeling må både Departementet og universitetene ta hensyn til omfanget av arbeidsoppgavene som innføringen av Kvalitetsreformen medfører.

## **4.2. Rekruttering til fast stilling**

*There should be a joint effort by the Research Council and the universities to create a clear path leading to academic careers, with quick decisions taken at the crucial transitions.*

Evalueringsrapporten, s. 9

*University and research positions should be made more attractive, in terms of money and prestige, in order to retain the best people in Norway and to attract others from abroad.*

Evalueringsrapporten, s. 9

De matematiske miljøene innen universitets- og høyskolesektoren er preget av følgende forhold:

- Liten vekst gjennom de siste 20 år.
- Liten nyrekruttering gjennom samme tidsperiode.
- Liten mobilitet mellom fagmiljøene.

*[A] continuous chain leading promising high school students to research positions in mathematics [has to be created]. There is such a chain at the present time, but it is broken at strategic junctures, the main one coming right after the PhD.*

Evalueringsrapporten, s. 16

Matematiske fag er kritisk avhengig av å rekruttere de beste talentene innen hvert alderskull. Vi støtter sterkt evalueringsrapporten sine forslag om å skape klare karriereveier samtidig som det blir etablert budsjett for en mer aktiv rekrutteringspolitikk. For å sikre godt kvalifiserte søkere til faste stillinger må tilgangen på postdoktorstillinger med varighet utover 2 år økes. Dette er spesielt viktig for å sikre at flere kvinner gis anledning til å kvalifisere seg til fast stilling. Det bør vurderes hvorvidt innføring av en ny stillingstype med midlertidig tilsetting mellom postdoktornivået og førsteamanuensis vil kunne fungere som et tjenlig virkemiddel.

Innenfor flere fagområder krever forskning på et høyt internasjonalt nivå større og bredere sammensatte forskningsgrupper. Samtidig er det vesentlig at den faglige strategi og organisering i stor grad er forskningsgruppens ansvar. Dette betyr at forskningsgruppene sin status ved instituttet blir styrket.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Fagmiljøet må tilføres nye faste stillinger til oppbygging av fagfelt i vekst og til felt som forvalter nødvendig grunnleggende kompetanse.

- Antall postdoktorstillinger økes vesentlig, og rammene for postdoktorstillinger blir gjort mer fleksibel.
- Forskningsgruppene sin status ved instituttet bør bli styrket.

#### 4.2.1. Alderssammensetningen

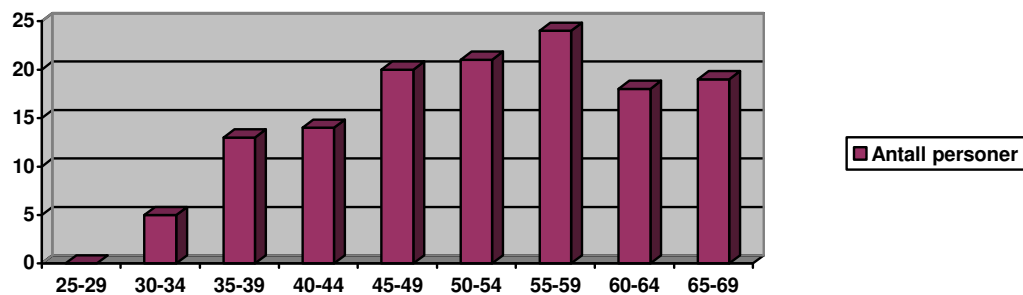
*The age structure combined with a shortage of doctoral students could lead to a collapse within a few years. This is the issue that Norway has to address if it wants to keep domestic mathematical research at world level ten years from now.*

Evalueringsrapporten, s. 16

*Resources should be supplied for new appointments in advance of forthcoming retirements.*

Evalueringsrapporten, s. 9

Norske universiteter gjennomgikk en kraftig vekst på slutten av 1960-tallet og gjennom 1970-tallet. En direkte følge av dette er en skjev aldersfordeling, som vist i Figur 3.1, der mange forskere vil bli pensjonert i løpet av få år. Situasjonen er svært alvorlig innenfor enkelte fagområder. Innen operatoralgebraer er 6 av 7 professorer ved UiO og NTNU over 57 år, og innen anvendt matematikk ved UiB er 6 av 9 professorer over 59 år. Se for øvrig Appendiks 2 for mer tallmateriale om aldersfordelingen innenfor ulike fagområder. I flere tilfeller er det, som evalueringskomiteen påpeker, faggrupper av høy internasjonal kvalitet som står i fare for å bli nærmest utradert i løpet av få år. Uten målrettede tiltak kan det bli svært vanskelig å erstatte dem ved avgang, med forvitring av et ellers sterkt og vitalt fagmiljø som konsekvens.



Figur 4.1. Antall fast vitenskapelig ansatte i matematikk i ulike aldersgrupper ved universitetene og de vitenskapelige høyskolene anno 2004.

#### Fagplanutvalgets forslag:

- For å avhjelpe problemene med den skjeve aldersfordelingen bør universitetene og høyskolene kunne utlyse stillinger noen år i forkant av avgang. Forskningsrådet bør kunne finansiere slike stillinger i en overgangsperiode. Utlysning skjer i sammenheng med en strategisk vurdering av fagområdet. I noen tilfeller vil dette dreie seg om å sikre kvaliteten innen viktige fagområder, i andre tilfelle kan det dreie seg om omstrukturering av de faglige retningene.

#### 4.2.2. Kvinneandelen i matematikk i Norge

*Steps should be taken to encourage more women to enter mathematical studies and a research career.*

Evalueringsrapporten, s. 9

	<i>Matematikk</i>	<i>Anvendt/mek.</i>	<i>Statistikk</i>	<i>Totalt</i>
<i>Menn</i>	54	36	35	125
<i>Kvinner</i>	6	1	5	12

*Tabell 4.1. Antall menn/kvinner i fast vitenskapelig stilling i matematikk ved universitetene og de vitenskapelige høyskolene.*

Som det fremgår av Tabell 4.1 er kvinneandelen i de matematiske fag uholdbart lav. Dette viser at faget har et uutnyttet rekrutteringspotensial. Et problem er muligens fagets image, et annet er utvilsomt mangelen på etablerte karriereveier. Utvalget tror at dette oppfattes mer negativt av kvinner enn av menn. I tillegg er kvinnens typiske livsløp med fødsler og småbarnsperioder sammenfallende med den mest kritiske rekrutterings- og oppbyggingsfasen for akademiske karrierer. Ønsker man å styrke kvinneandelen i de matematiske fag må man ta hensyn til disse kjensgjerninger.

Tiltak vil kreve betydelig innsats. For å motivere flere jenter til matematikkstudier må det investeres mer i prosjekt som Operasjon Minerva. Et virkemiddel for å få kvinner med doktorgrad til å forsette med faget er flere postdoktorstillinger og økt støtte til yngre kvinnelige matematikere med familie ved forskningsopphold utenlands. Fagplanutvalget er av den oppfatning at dette på sikt vil være god økonomi, fordi det vil bedre rekrutteringen til matematikk.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Operasjon Minerva i regi av UFD blir trappet kraftig opp
- Lengre postdoktorperioder, med mulighet til fornying av periode.
- Støtte til nettverksbyggende tiltak som European Women in Mathematics (EWM).
- Program rettet mot yngre, kvinnelige matematikere.
- Nye karriereveier frem til faste stillinger med en profil som er tilpasset den moderne familiesituasjon.

### 4.2.3. Mobilitet

*Academic careers should favour mobility between Norwegian universities and encourage periods of study or research abroad.*

Evalueringsrapporten, s. 9

*There is too little mobility between Norwegian universities, between the university system and the research institutes, and between Norway and abroad. There is a variety of tools available to correct the situation (scholarships, sabbaticals, professor II positions), but they do not seem to be coordinated.*

Evalueringsrapporten, s. 39

Ordningen med opprykk til professor etter kompetanse har hatt som uønsket bieffekt at mobiliteten mellom norske universiteter er blitt vesentlig hemmet. Det er nødvendig med tiltak for å bedre situasjonen.

*Fagplanutvalgets forslag:*

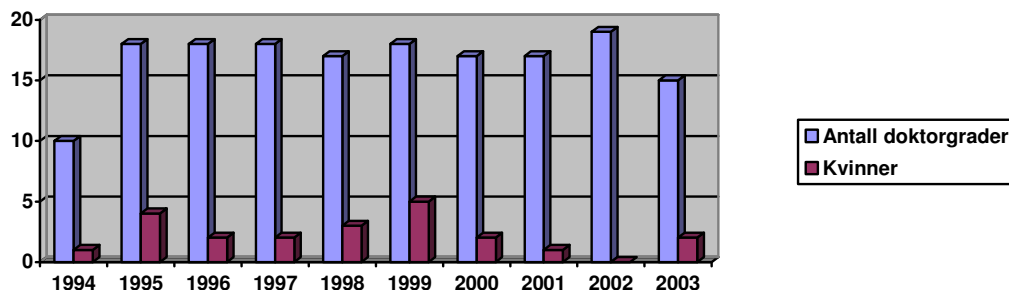
- Forskningsrådets ordning med sabbatsår må opprettholdes og videreutvikles. Finansieringen må ta hensyn til at familiesituasjonen har endret seg i retning av at begge ektefeller er i lønnet arbeid og det stadig blir vanskeligere å ta med seg familien for lengre opphold borte fra hjemmet. Det er meget viktig at dette problemet løses, for eksempel med ekstra midler til ektefelle som kompensasjon for tapt inntekt. Det bør også være bedre muligheter for å kunne søke om midler i forskningsøyemed for kortere opphold utenlands.
- For å motvirke den lave mobiliteten og bedre utveksling av kompetanse bør det opprettes en nasjonal ordning for utveksling av gjesteforskere mellom de norske universitetene. Muligheten for tilsetting i professor II-stillinger bør utnyttes bedre.

### 4.3. Rekruttering til studier på høyere grad og til doktorgradsstudiet

*Current trends project into fewer students in mathematics and therefore fewer professors and researchers in the future.*

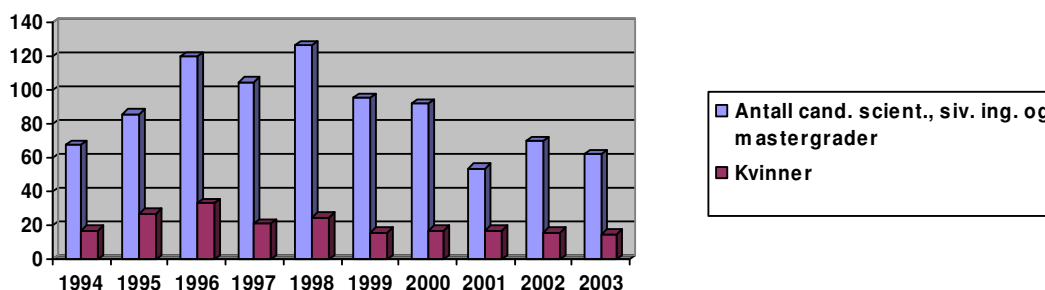
Evalueringsrapporten, s. 9

Produksjonen av doktorgradskandidater er vist i Figur 4.2. Det fremgår at produksjonen har vært 15 - 20 per år den senere tiden. Fordeling på de ulike hovedområdene i denne perioden er 34 % på ren matematikk, 39 % på anvendt matematikk/mekanikk og 27 % på statistikk, der særlig produksjonen i statistikk er ujevn over tid (se tabell i Appendiks).



Figur 4.2. Antall doktorgrader i matematikk ved universitetene, 1994-2003.

Produksjonen av hovedfagsgrader er vist i Figur 4.3. Produksjonen har i snitt vært 85 per år, med omtrent samme fordeling på de ulike hovedområdene som for produksjonen av doktorgrader. Det fremgår av figuren at antall cand. scient. grader de siste fem årene har vist en fallende tendens. Sammenholdt med den skjeve aldersfordelingen blant fast vitenskapelige tilsatte og behovet for nyrekruttering i årene fremover, gir dette grunn til bekymring.



Figur 4.3. Antall hovedfagsgrader ved universitetene, 1994-2003.

Det er et grunnleggende rekrutteringsproblem er at det er for få studenter i matematikk. Dette er særlig alvorlig i en tid hvor fagmiljøene står overfor omfattende utskiftninger av personell på grunn av avgang. Dette er et problem ikke bare for matematikkfaget, men for alle fag som krever et solid fundament i matematikk. Årsakene til den dårlige rekrutteringen er mangesidige og komplekse, og ligger utenfor Fagplanutvalgets mandat å vurdere. Vi vil likevel peke på at det i senere år er blitt bred oppmerksomhet om forholdene for matematikkfaget i skolen, og at det er satt i verk flere tiltak for å avhjelpe situasjonen. Evalueringsrapporten viser her (s. 15 og 39) til VIGRE-programmet i USA som et forslag til etterfølgelse.

Det er essensielt at det fins nok midler hos universitetene og Forskningsrådet til doktorgradsstipender og postdoktorstillinger for de beste studentene, og at man ved overgang fra et nivå til neste ikke trenger å vente i flere måneder for å få vite om man har finansiering.

Fagplanutvalget har inntrykk av at det ved tildeling av doktorgradsstipend kan bli lagt for stor vekt på veilederens kvalifikasjoner, og ikke tilstrekkelig stor vekt på kandidatens kvalifikasjoner. Forskningsrådet bør finne mekanismer som sikrer at de mest talentfulle kandidatene når opp i konkurransen om stipend.



Stillinger ved lærerutdanningene ved høgskolene bør være en naturlig mulighet for kandidater med doktorgrad i matematikk, selv om de ikke har skaffet seg pedagogisk utdanning ved ansettelsestidspunktet. Det er viktig at det er både høy matematikkfaglig og høy pedagogisk/fagdidaktisk kompetanse ved lærerutdanningene, og en viss andel av stillingene bør besettes av søkere med doktorgrad i matematikk. Man bør utvikle fleksible ordninger som gjør det mulig å ta pedagogisk tilleggsutdanning etter ansettelse. En styrking av opplæringsdelen av doktorgradsutdanningen innen matematikk kan også være aktuell. Dersom omfanget av opplæringsdelen øker, kan det gis rom for å inkludere pedagogiske elementer i denne. Generelt vil fagplanutvalget tilrå universiteter og lærerutdanningsinstitusjoner å arbeide tettere og mer konstruktivt sammen for å forbedre matematikkunnskapene i Norge. I dag representerer disse institusjonene i for stor grad to separate kulturer.

#### 4.4. Forskningsbevilgninger

Forskningsrådet er en dominerende finansieringskilde for matematisk forskning i Norge. En betydelig del av forskningsbevilgninger til matematikk går til doktorgradsstipend, og forskningsbevilgningene blir dermed styrende for hvilke områder som skal få utdanne rekrutter. Denne rollen blir særdeles viktig i en tid med omfattende utskifting av den vitenskapelige staben. Når Forskningsrådet kanaliserer sine forskningsbevilgninger hovedsakelig gjennom store program blir det på sikt svært vanskelig å opprettholde fagområder som ikke dekkes av disse. Av den grunn er det av stor betydning å få etablert et stipendiat-/postdoktorprogram som inkluderer alle deler av matematiske fag.

Forskningsrådets prosjektfinansiering innen matematiske fag har i hovedsak ligget innen følgende virkemidler:

##### 4.4.1. Frie prosjekt

*The collaborative system in place (summer schools for PhD students, theme semesters at SHS with teaching leave for professors, yearly meetings at Nordfjordeid for researchers in a given field) should be encouraged and supported, and possibly extended.*

Evalueringsrapporten, s. 39

Frie prosjekt har vært den dominerende finansieringskilden for nysgjerrighetsdrevet forskning, og miljøene i ren matematikk er avhengige av tildelinger herfra for å kunne utdanne forskerkandidater. Forskningsrådets *Evaluering av norsk forskerutdanning* peker (s. 30) på ubalansen mellom finansiering av stipendiatstillinger over frie prosjekter og over større programmer. Etter denne evalueringen i 2002 har det vært en ytterligere nedgang i midler fra frie prosjekter til matematisk forskning. Om nivået på tildelinger de siste årene får vedvare så vil dette føre til en nedbygging av store fagområder, med svært negative følger for hele matematikkfaget.

Frie midler er også svært viktige for å støtte matematisk forskning på andre måter. Evalueringskomiteen nevner spesielt at nasjonale nettverk bør opprettholdes og eventuelt utvides, se sitatet ovenfor. Vi vil understreke betydningen av frie midler av type *Miljøstøtte* til å kunne reise og til å kunne invitere gjesteforskere for kortere opphold. Matematikk handler om utvikling av ideer, og det er nødvendig å kunne skape møteplasser av ulik art som sommer/vinterskoler, workshops etc. Slik bruk av frie midler gir stor faglig uttelling for små

beløp, og bør derfor vurderes som kostnadseffektive selv med noe høyere administrative kostnader.

Forskningsrådet må øke budsjettet for frie midler betydelig.

#### ***4.4.2. Forskningsprogram som BeMatA, de første programmene innen petroleumsforskning og andre program.***

Forskningsrådets BeMatA-program har vært av stor betydning for flere av miljøene innenfor anvendt matematikk. Når det faller bort, forsvinner en betydelig finansieringskilde for anvendt matematikk. Dersom disse miljøene blir henvist til å søke frie midler vil det skje til fortrensel av miljøene i ren matematikk, som har få andre finansieringskilder. Det er derfor viktig med større egnede programmer som miljøene i anvendt matematikk kan søke når BeMatA-programmet avsluttes.

Tidligere har petroleumsprogrammene spilt en tilsvarende rolle, og det er verdt å merke seg at oppbyggingen av miljøene som vi nå har innen partielle differensialligninger, i stor grad har skjedd gjennom disse programmene.

Innen beregningstung matematikk og storskalamodellering er det i ferd med å vokse frem et behov for vitenskapelig hjelpepersonell av type scientific programmers, programmerere med en viss vitenskapelig kompetanse. Dette skyldes den teknologiske utviklingen som gjør det mulig å håndtere problemer av vesentlig større omfang og høyere kompleksitet enn før. Behovet for slike bør vurderes på linje med laboratorieassistenter i andre fag.

#### ***4.4.3. Strategiske universitets- og instituttprogram (SUP og SIP)***

I noen grad har oppbygging av ny kompetanse skjedd innen strategiske universitets- og instituttprogram. SUP gir mulighet til nasjonalt samarbeid innenfor et område, eller på tvers av områder. SUPen *Currents and waves for sea structures* er viktig for samarbeidet mellom hydrodynamikkmiljøene i Oslo, Bergen og Trondheim. Et SUP samarbeidsprosjekt mellom anvendt matematikk, geologi og fysikk ved UiB var vesentlig for tildelingen av SFF-senteret *Centre for Integrated Petroleum Research* ved UiB. Flere andre SUP og SIP prosjekt har ledet til betydelig kompetanseoppbygging innen både ren og anvendt matematikk. Evalueringskomiteen har flere konkrete forslag til SUP prosjekter, og vi gir en sterk støtte til disse.

#### ***4.4.4. Store satsinger***

De store nasjonale satsingene som FUGE, Nanomat, Petromax, Nordklima, Renenergi, Havbruk og IKT gir nye utfordringer til organisering og strategi for matematiske fag. Komplekse problemer som involverer flere fagområder er svært vanskelige å modellere, og innsikten fra anvendte matematikere og statistikere bør være av stor verdi her. Likevel forekommer det ofte at slik forskning finner sted uten medvirkning av anvendte matematikere eller statistikere. Denne problemstillingen blir også tatt opp av evalueringskomiteen, som sier

*Universities and the Research Council should systematically take into account the contribution of mathematicians and statisticians to research in other disciplines.*

Evalueringsrapporten, s. 9

Dette angår ikke bare de matematiske fagmiljøene, men svekker i høy grad utviklingen innenfor anvendelsesområdene. Innen mange av områdene vil forskere i fronten av teori, modellering eller eksperimentell vitenskap møte problem der dagens matematiske/statistiske metoder og analyse ikke er tilstrekkelige. Slike problem kombinerer utfordringer innen satsingsområdet med utfordringer innen matematikk og statistikk, og løsningen vil bringe forskningsfronten fremover både innen anvendelsesområdet og innen de matematiske fag. Skal en lykkes med å løse slike utfordringer, trengs det en kombinert innsats innen satsingsområdene og de matematiske fagene, og det krever høy kvalitet innen disiplinene.

En slik satsing på matematiske fag vil styrke fundamental forskning innen matematikk og statistikk samtidig som det vil styrke integrasjonen av matematiske fag med beregning og sentrale anvendelsesområder. Eksempel på slike faglige utviklinger er fremveksten av miljøene innen partielle differensialligninger sammen med petroleumsforskning og den nåværende utviklingen av biostatistikk/bioinformatikk innen FUGE programmet.

Utviklingen av kraftigere, mer tilgjengelige og brukervennlige datamaskiner representerer uten tvil basisen for å kunne ta fatt på kvantitativ modellering av komplekse fagområder. Men utvikling av nye algoritmer, matematiske metoder og matematisk modellering har bidratt og vil bidra vesentlig til utviklingen. Eksempelvis er matematisk modelleringsverktøy som er i stand til å ta opp informasjon fra en voksende mengde data i tid og rom, bare i sin begynnelse. Andre eksempel er multiskala analyse og metodeverktøy.

Denne utviklingen er grunnen til at det nå skjer en stor satsing på matematiske fag internasjonalt. Eksempelvis øker NSF, USA, sine budsjett innen fagområdet med nær 50 %.

#### *Fagplanutvalgets forslag:*

- Budsjettet til frie prosjekt innen matematiske fag økes til minst 30 mill. årlig. Rene grunnforskningsprosjekt av høy kvalitet bør prioriteres.
- Det etableres et program med 20 nye stipendiatstillinger/postdoktorstillinger ved universitetene hvert år i 10 år fremover.
- Ordningene med miljøstøtte og matematisk seminar videreføres.
- Årlig oppstart av minst et nytt Strategisk universitetsprosjekt (SUP) innen fagområdet.
- Et 10 års program innen Matematikk for anvendelser, med en årlig budsjetttramme på 30 mill. årlig, blir satt i gang.
- Innen alle store satsinger blir prosjekt som kombinerer utfordringer innen matematikk/statistikk med utfordringer innen fagområdet, gitt høy prioritet.

## 4.5. Biblioteker

*Mathematics libraries are important tools for research, and should be kept up to date, as well as computer facilities.*

Evalueringsrapporten, s. 9

Bibliotekene er inne i en omfattende forandringsprosess, og denne må videreføres. Kostnadene på tidsskrifter har økt dramatisk. Det er nødvendig å sikre tilgang på sentrale tidsskrifter innen faget, og fagplanutvalget mener det bør være gevinster å hente ved bedre koordinering mellom bibliotekene ved vurdering av innkjøp av tidsskrifter.

## 4.6. Nasjonal arbeidsdeling

De ulike matematikkmiljøene trenger en vesentlig bredde for å tilby et godt undervisningstilbud. Fagplanutvalget mener at en kan oppnå en vesentlig styrking av forskningskvaliteten til små grupper ved å tildele midler til nettverksbygging.

## 5. Anbefalinger i forhold til utvalgte fagområder

Ved tre av universitetene (UiO, UiB og UiT) er det i stor grad en felles oppdeling i de tre hovedområdene ren matematikk, anvendt matematikk og statistikk. Ved NTNU har man i stedet valgt å legge vekt på at ren og anvendt matematikk har et stort fellesområde hvor det er umulig å trekke noen klar skillelinje, og opererer i stedet bare med fellesbetegnelsen matematikk.

Også når det gjelder organiseringen i ulike matematiske fagområder så er praksis forskjellig ved de ulike institusjonene. Dette skyldes både ulike lokale forhold, forskjellige tradisjoner, og forskjellige samarbeidspartnere innenfor andre fagområder. Fremstillingen her bærer i varierende grad preg av dette. Det har ikke alltid vært like enkelt å forholde seg til ulike fagområder på en enhetlig måte, og særlig innenfor anvendt matematikk har dette vært påfallende. Antall personer og aldersfordeling innenfor de enkelte fagområdene er gitt i Appendix 2.

Ved nytilsetninger ved de matematiske instituttene ved universitetene bør man generelt ta hensyn til følgende forhold:

- Hovedområdene innenfor de matematiske fagene bør være representert.
- Mangfoldet i norsk matematisk forskning må opprettholdes.
- Sterke forskningsgrupper må støttes.
- De sterkeste norske kandidatene må bli tatt vare på.
- Man må se til mulighetene for å utvikle tverrfaglig samarbeid, spesielt med andre fagmiljøer ved eget universitet.
- Man må se til studenttilgangen til de ulike fagområdene.

Ved noen høgskoler fins det en del forskere med god kompetanse innen matematikk. Disse miljøene valgte ikke å være med i evalueringen.

### 5.1. Algebra og algebraisk geometri.

Det fins egne faggrupper for algebra ved NTNU og UiT, og for algebraisk geometri ved UiB og UiO. I tillegg fins det enkeltindivider innenfor fagområdet ved en del høgskoler. Gruppene får god og til dels svært god omtale. Totalt sett står algebra/algebraisk geometri i Norge svært sterkt, med noen fremragende enkeltforskere. Om gruppen ved UiO sies det:

*it has outstanding members, whose work has international impact, both inside and outside the field of algebraic geometry proper*

Evalueringsrapporten, s. 35

Om gruppen ved NTNU sies det:

*It is a very good group, some of them truly excellent, with top international visibility.*

Evalueringsrapporten, s. 29

Gruppene innenfor algebraisk geometri i Oslo og Bergen utgjør, slik det blir påpekt i evalueringsrapporten, ett integrert og meget godt forskningsmiljø med flere felles prosjekter. SFF *Centre for Mathematics with Applications* (CMA) ved UiO har deltakelse fra UiB, og sammen med algebragruppen ved NTNU har de to gruppene arrangert felles sommerskoler

ved Sophus Lie-senteret i Nordfjordeid. Dette samarbeidet mellom institusjonene har skapt et godt og verdifullt nettverk. Både nettverket og de to miljøene bør understøttes og utvikles videre.

Algebragruppen ved NTNU har stor aktivitet både når det gjelder publisering og internasjonale kontakter. Den får svært god omtale av evalueringskomiteen, og forskningen der bør videreføres og støttes. Algebragruppen ved UiT har utdannet mange kandidater til høyskolesektoren i Nord-Norge og til stillinger innen telekommunikasjon. Aktiviteten her innenfor klassekroppsteori og elliptiske kurver har interesse.

Innenfor algebra og diskret matematikk er det flere muligheter for å utvikle samarbeid med andre fagområder. Det blir arbeidet med kryptologi og kodeteori flere steder, og evalueringskomiteen fremhever mulighetene for samarbeid med tekniske miljøer ved NTNU og Selmer-senteret ved UiB. Fagplanutvalget mener at miljøene i kryptologi bør stimuleres til å samarbeide på tvers av institusjons- og instituttgrensene.

Ved UiB kan miljøet i diskret matematikk og tallteori forsvinne som en følge av avganger i løpet av de nærmeste årene. Det er ønskelig å opprettholde en viss aktivitet innenfor tallteori/algebra som støtte for miljøet ved Selmer-senteret. Man kan vurdere å gjøre dette i samspill med gruppen for algebraisk geometri.

Det er viktige sammenhenger mellom algebraisk geometri og teoretisk fysikk, særlig innen strengteori, og dette gir en mulighet for samarbeid.

Også innenfor andre områder av algebra bør man søke å utvikle samarbeid med andre fagområder. Evalueringskomiteen fremhever muligheten for samarbeid mellom gruppene i algebra, topologi og funksjonalanalyse ved NTNU, og Fagplanutvalget anbefaler at man går videre med dette.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Fagfeltet algebra/algebraisk geometri er et svært viktig område for norsk matematikk og bør utbygges videre, i tråd med den generelle foreslåtte utbyggingen av matematikkfaget.

## **5.2. Topologi/geometri**

Fagmiljøet i topologi/geometri er fordelt på undergruppene algebraisk topologi, geometri og singularitetsteori. Fagfeltet har vært representert ved NTNU og UiO. Fra 2004 vil man ved UiB bygge opp et nytt miljø i topologi.

Topologi/geometri får en meget positiv evaluering.

Rapporten kommer med en visjon av Oslo som et sterkt internasjonalt senter for forskning i topologi:

*We see here an initial kernel with every reason to grow into a research group of world class stature...*

Evalueringsrapporten, s. 35

Her har man de senere årene vært faglig svært fremgangsrike og funnet støtte for prosjekter, noe som har resultert i høy aktivitet og gjennomstrømning av unge forskere i midlertidige stillinger. Oslo har prioritert minst *en* nyansettelse i topologi.

Om miljøet i topologi ved NTNU sies det

*This is a very good group, with some excellent individuals, and has significant impact at a high international level.*

Evalueringsrapporten, s. 31

Rapporten anbefaler at topologi/geometri bør søke sammen med operatoralgebraer og algebra for å kanalisere forskningsressurser til samarbeid innen ren matematikk (jfr. s. 32 og 37). Fagmiljøene har prøvd å kanalisere noe av sin forskningsinnsats for å møte anbefalingen, f.eks. gjennom SUPREMA, og også gjennom en SUP-søknad ved NTNU. På bakgrunn av den klare anbefalingen fra evalueringskomiteen, mener fagplanutvalget at også de tre fagmiljøene ved NTNU bør få innvilget en søknad om SUP-midler. Rapporten bemerker også at potensialet kunne utnyttes bedre dersom miljøet utenfor Oslo også hadde gjennomstrømning i form av postdoktorer og unge utenlandske forskere.

Fagmiljøene står overfor betydelige omskiftninger, blant annet på grunn av fremtidig avgang. Vi ser det som ønskelig at situasjonen benyttes i en langsiktig strategi for å toppe og fokusere norsk tilstedeværelse i fagfeltet. For å støtte opp under en slik strategi, er det nødvendig at Forskningsrådet ser fagfeltet i et nasjonalt lys, hjelper institusjonene å utvikle disse fagmiljøene videre, og støtter nettverk som kan bygges på tvers av institusjonene. Slike virkemidler bør rettes mot forskningsaktivitet så vel som forskerutdanning.

En slik fokusering bør foregå parallelt med samarbeid på tvers av fagmiljøene, og søke å utnytte den unike muligheten norsk topologi/geometri har til å bygge seg opp til et internasjonalt kraftsentrum innen sitt spesialområde.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Fagfeltet topologi er svært aktivt med god tilgang på dyktige unge forskere. Feltet bør utbygges videre og være et prioritert område.

### 5.3. Logikk

Logikk har i Norge en sterk tradisjon som går tilbake til Thoralf Skolem. Imidlertid er logikkgruppen ved Matematisk institutt, UiO, de senere årene ved avganger blitt redusert fra tre fast ansatte til bare en. Evalueringskomiteen kommenterer (s. 35)

*Starting from the existing situation, it seems to be very difficult to build up a group in logic within the Department of Mathematics (at UiO).*

Nå er det et livskraftig miljø i Oslo innenfor anvendt logikk, fordelt på instituttene for informatikk, lingvistiske fag, og filosofi. Dette miljøet (inkludert MI) koordinerer undervisning på bachelornivå, har seminarvirksomhet på tvers av instituttgrensene, og står sammen med andre bak en større søknad om et EU-prosjekt om teoretisk beregnbarhet. Tiltak for å støtte logikk ved MI må sees i sammenheng med virksomheten innenfor dette miljøet, som i dag omfatter ca. 10 personer med doktorgradskompetanse.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Det er behov for å støtte matematisk logikk både for sin egen del og som grunnlag for teoretisk databehandling og matematisk lingvistikk. Universitetet i Oslo bør samordne aktiviteten ved Matematisk institutt, Institutt for informatikk og Institutt for lingvistiske fag slik at man totalt sett kan skape et godt miljø.

## **5.4. Matematisk analyse**

Utover generelle anbefalinger om nye stillinger og fellesprosjekter ved NTNU, er det bare UiB som får råd fra den internasjonale evalueringskomiteen. Her er til gjengjeld komiteen svært direkte:

*There is a structural problem in analysis. The committee sees three possibilities:  
(a) phasing out analysis and letting applied mathematics take charge of the subject,  
(b) creating a structure associating pure and applied mathematics for the purpose of teaching analysis, or  
(c) expanding the existing group in analysis, and prepare this expansion right now by an appropriate invitation policy.*

Evalueringsrapporten, s. 22

Etter vår mening bør alle breddeuniversiteter ha en solid gruppe i matematisk analyse. Dette gjelder ikke minst av hensyn til faggruppene innen differensialligninger, anvendt matematikk og beregningsfag.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- For å gi nødvendig analysestøtte til anvendt matematikk bør UiB ta sikte på å tilsette personer i analyse både innenfor ren matematikk og anvendt matematikk. I tillegg må samarbeidet med gruppen i numerisk analyse ved Institutt for informatikk styrkes.

### **5.4.1. Funksjonalanalyse**

Operatoralgebraer ble startet i 1920-årene for å skape et matematisk fundament for kvantemekanikk og har siden hatt et nært forhold til kvantefysikk, spesielt statistisk mekanikk og kvantefeltteori. Fagområdet har nær kontakt til ergodeteori, dynamiske systemer, sannsynlighetsteori, algebraisk topologi – spesielt K-teori, og nyere disipliner som ikkekommutativ geometri og kvantegrupper, samt informasjonsteori, spesielt wavelet teori og ”quantum computing”. I tillegg har feltet anvendelser i numerisk analyse, spesielt ved beregninger av spektra av operatorer. Alle anvendelsesområdene ovenfor er representert i Norge av gruppene ved UiO og NTNU.

Operatoralgebraer er et av de større fagmiljøer i Norge, med syv professorer fordelt på miljøene ved NTNU og UiO, og med omfattende aktivitet innenfor de fleste hovedretningene innen faget. Gruppen fikk meget positiv omtale i den internasjonale evalueringen av norsk matematikk i 2002. Men det ble påpekt at alderssammensetningen er for høy. For eksempel er 6 av de 7 professorene som er nevnt ovenfor over 57 år gamle. Det er derfor et sterkt behov



for nyansettelser. Dette ble også påpekt av evalueringskomiteen i uttalelsen om gruppen i Oslo, der den skrev:

*The group is one of the strong points of the Department. In order to maintain it, it is necessary to recruit good young scientists to permanent positions in the near future.*

Evalueringsrapporten, s. 34

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Miljøet innenfor operatoralgebraer holder et svært høyt internasjonalt nivå, og bør utbygges videre i tråd med den generelle foreslåtte utbyggingen av matematikkfaget.

#### **5.4.2. Differensialligninger**

Deler av området blir omtalt under 5.5. Resten av området, som omtales her, omfatter studier av ulike ikkelineære partielle differensialligninger. Både teoretiske og anvendte aspekter analyseres, og utvikling av robuste numeriske metoder inngår sentralt. Anvendelsene inkluderer bl.a. bølger, flyt i porøse medier og finans. Gruppen av matematikere har 9 fast ansatte der alderssammensetningen er noenlunde tilfredsstillende. Miljøet innenfor differensialligninger er imidlertid noe fragmentert, og bortsett fra en større gruppe ved NTNU er det enkeltforskere ved de øvrige matematiske instituttene, ved siden av gruppene ved informatikk-instituttene ved UiO og UiB.

Differensialligninger er meget viktig for anvendelser, noe som betyr at gruppene innen anvendt matematikk/computational sciences (se punkt 5.5) representerer en betydelig del av miljøet. Gruppen(e) fikk meget god omtale av den internasjonale evalueringskomiteen, publiseringsraten er høy og internasjonal kontaktflate særdeles god. Det gis ingen andre anbefalinger enn den følgende ved NTNU:

*The committee also recommends stronger interaction between the groups in complex analysis, PDEs and numerical analysis on the one hand, and the engineering school on the other.*

Evalueringsrapporten, s. 33

En slik prosess er startet med prosjektet *PDE and Harmonic Analysis*, som Forskningsrådet har innvilget, med to nyansatte fra disse feltene som sentrale aktører.

Det er ellers et omfattende forskningssamarbeid mellom forskerne i differensialligninger ved NTNU, UiO og UiB, støttet bl.a. av felles Forskningsrådsprosjekter. Det er også samarbeid med SINTEF, Simula-senteret, industri samt numerikere og statistikere, og det er viktig at dette samarbeidet fortsettes og videreutvikles.

En styrking av det teoretiske grunnlaget innen feltet er ønskelig, ikke minst som basis for den mer beregningsorienterte del av faget. Opprettelsen av *Centre of Mathematics for Applications* (CMA) representerer en vesentlig styrking og samordning av fagområdet. Ved siden av dette gir en konsolidering av miljøet ved UiO, så skjer dette ved at sentrale forskere ved NTNU og UiB har II-stillinger ved CMA og gjennom tilsetting i felles postdoktorstillinger.

Et positivt og samlende tiltak har vært Vinterskoler i beregningsorientert matematikk, et fireårig prosjekt (2001 – 2004) med støtte fra Forskningsrådet. Dette har vært en viktig møteplass for unge stipendiater og forskere fra universiteter og forskningsinstitutter.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Fagfeltet bør styrkes. Den samordning av miljøet som skjer gjennom CMA må bygges videre ut.

#### **5.4.3. Kompleks og harmonisk analyse**

Virksomheten omfatter områder relatert til operatorteori, harmonisk analyse, Fourier-analyse, approksimasjonsteori, geometrisk funksjonsteori og flere komplekse variable. Den får meget god evaluering med et ekstra pluss for leder av gruppen ved NTNU og et minus for manglende synlighet av virksomheten i flere komplekse variable.

Gjennomsnittsalderen blant de fast ansatte er foruroligende høy. Etter at evalueringen var ferdig har for øvrig to av de 6 fast ansatte ved NTNU gått av med pensjon og en førsteamanuensis er tilsatt fra 1. januar 2004.

Evalueringsrapporten anbefaler, som nevnt i punkt 5.4.2, at NTNU stimulerer aktiviteten med PDE-gruppen og ingeniøravdelingene. Foruten Forskningsrådsprosjektet omtalt i 5.4.2 foreligger et internt prosjekt mot IKT. Det sistnevnte prosjektet omfatter også algebra, PDE og statistikk.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Fagfeltets relative størrelse opprettholdes.

#### **5.4.4. Stokastisk analyse**

Stokastisk analyse med anvendelser er sterkt representert i Norge. De sentrale feltene er finansmatematikk, stokastiske partielle differensialligninger og analyse av hvit støy. Forskningen i stokastisk analyse fikk god omtale i den evalueringsrapporten, selv om det også ble nevnt noen svakheter (*Current research is somewhat on the academic side*, s. 35).

Det viktigste miljøet i stokastisk analyse befinner seg i Oslo. Mindre grupper og enkeltpersoner er ansatt ved NTNU, NHH og NLH. Etableringen av *Centre for Mathematics with Applications* (CMA) ved UiO har bidratt til en styrking av kompetansen innen stokastisk analyse og finansmatematikk.

Forskningsgruppene i stokastisk analyse bør styrke og eventuelt utvide sine tverrfaglige aktiviteter. Aktuelle områder, utenom finans, kan være fysikk, statistikk og matematisk biologi. Styrking av kontakter med fysikkmiljøer kan utvikles på en naturlig måte gjennom CMA. Samarbeid med statistiske miljøer bør også styrkes med tanke på anvendelser både i finansmatematikk og fysikk. Tettere kontakter mellom biologer og faggrupper i matematikk og statistikk etterlyses i fagplanen for biologisk forskning i Norge, og matematisk modellering basert på stokastisk analyse kan spille en viktig rolle her.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Fagmiljøet bør vedlikeholdes, og forskningsmiljøene som arbeider i grenseområdet mot finansmatematikk, fysikk, statistikk og biologi bør styrkes.

## **5.5. Anvendt matematikk/computational science**

Fagmiljøet i Anvendt matematikk/computational science er fordelt på følgende undergrupper: Mekanikk (UiO), Hydrodynamikk/Havmodellering (UiB), Industriell matematikk (UiB), Plasmadynamikk (UiB) og Anvendt matematikk (UiT). Fagområdet må videre sees i sammenheng med gruppene i Differensialligninger (NTNU), Numerisk analyse (NTNU) og de numeriske gruppene under informatikk ved UiO og UiB. Studiet av partielle differensialligninger er et sentralt element for hele fagmiljøet og det er blitt utviklet gode samarbeidsrelasjoner mellom de ulike gruppene. En vil sterkt anbefale at dette blir utviklet videre. Det samarbeidet som allerede er etablert via CMA gir et godt grunnlag for ytterligere å styrke dette fagmiljøet.

Fagområdet Anvendt matematikk/computational science er svært bredt og består av tre eller fire fasetter, hvor hver av dem kan stå for egne disipliner innenfor matematikk eller datavitenskap. Disse er: (i) Modellering og modellanalyse, (ii) approksimasjon og diskretisering, (iii) løsningsmetoder og (iv) software og visualisering. Faggruppene vil vektlegge disse fasettene av faget ulikt.

Fagfeltet har gjennomgående fått en svært god evaluering.

Utviklingen av prosessorteknologi sammen med forbedringer i algoritmer og løsningsmetoder har gitt faget en kraftig utvikling i de siste tiår og det er all grunn til å vente at denne utviklingen vil fortsette. Denne utviklingen har også gitt en jevn økning i kompleksitet i alle aspekt av modelleringen og beregningsprosessen. Denne utviklingen gjør det mulig å bygge kvantitativt nøyaktige modeller for svært komplekse prosesser. Utdanning og forskning i dette feltet er essensielt for utviklingen av effektive industriprosesser og ressursutnyttelse, samt for utviklingen av naturvitenskap i alminnelighet.

Gruppen ved Universitetet i Tromsø får en god omtale i evalueringen, men det blir påpekt at størrelsen av gruppen er liten. Det pågår imidlertid et interessant samarbeid med analysegruppen, og dette bør fortsette. Arbeid i grenselandet mellom data og modellering vil være sentralt for denne gruppen. Data og modeller vil bli hentet fra biologi, medisin og fysikk. Videre vil studie av wavelets bli ført videre. Grunnleggende studier av ikkelineære partielle differensialligninger vil fortsatt bli gitt prioritet.

### **5.5.1. Mekanikk, hydrodynamikk og havmodellering**

Virksomheten ved Avdeling for mekanikk ved UiO omfatter fluid- og faststoff-mekanikk hvor anvendt matematikk/numeriske metoder er viktige komponenter. Matematisk modellering og numeriske simuleringer skjer med tilknytning til grupper innen anvendt matematikk og beregningsvitenskap (computational science). Denne koblingen vil bli styrket. Avdelingen driver også et hydrodynamisk laboratorium.

Deler av virksomheten i fluidmekanikk ble evaluert under geofagevalueringen og igjen under evalueringen av matematikkfagene hvor da hele avdelingen var med. I begge evalueringene blir det sagt at dette er et sterkt fagmiljø med høy produksjon, kobling mellom teori, beregninger og eksperimenter og meget god kontakt med industri, næringsliv og forskningsinstitusjoner utenfor universitetet:

*The Division of Mechanics has high scientific competence and strong theoretical skills, which are documented by their strong productivity and publication of results in leading peer-reviewed journals.*

Geofagevalueringen

*The group serves as an excellent bridge between mathematical sciences and applications to engineering and geophysics... It is also very dynamic as demonstrated by their SUP success... It is a very good group with a potential to be excellent.*

Evalueringsrapporten, s. 36

Det ligger også i rapportene en klar anbefaling at dette fagmiljøet blir opprettholdt og videreutviklet i lys av den sterke faglige posisjon og betydning det har. Spesielt gjelder dette virksomheten i fluidmekanikk. Gruppen i faststoffmekanikk er liten, men har et tett forskningssamarbeid med forskningsinstitutter og industri i regionen. I tillegg har gruppen en svært god produksjon av kandidater. Det anbefales derfor at virksomheten innen dette fagområdet videreføres.

Gruppen ved UiB vil gjennomgå en sterk utskiftning av personell i de nærmeste årene og det vil gi en anledning til å følge opp evalueringens anbefaling om å bygge ut samarbeidet med de geofysiske hydrodynamikkmiljøene. Dette vil også være i samsvar med instituttets strategiplan.

Det er etter hvert blitt en betydelig aktivitet innen matematisk/numerisk havmodellering i Norge. Både i Trondheim, Oslo, Bergen og etter hvert også i Tromsø er det mange grupper som arbeider med modellering knyttet til havet. Dette spenner fra marin hydrodynamikk til oceanografi. Det er viktig at denne innsatsen opprettholdes både i bredde og mengde med vekt både på teknologiske og miljømessige problemstillinger av prinsipiell art.

Det er allerede etablert et nasjonalt samarbeid (UiO, UiB, NTNU) under SUP-prosjektet *Currents and waves for sea structures*. Dette samarbeidet er spesielt viktig med henblikk på nasjonal rekruttering innen faget. I dette og i tidligere prosjekt har Hydrodynamisk laboratorium ved UiO vært viktig. En tett kombinasjon av eksperimenter og teori/modellering har vist seg å være meget fruktbar.

### **5.5.2. Industriell matematikk**

Ved universitet, høyskoler og i instituttsektoren er det i løpet av de siste 20-30 årene blitt bygget opp betydelige beregnings- og modelleringsmiljøer knyttet til multifase og multikomponent strøm i porøse media.

Ved Universitetet i Bergen er dette miljøet en del av SFF-senteret *Centre for Integrated Petroleum Research* (CIPR). Etableringen av CIPR har gitt en betydelig styrking av den faglige aktiviteten, spesielt av den beregningsorienterte del av fagområdet. Gruppen får følgende omtale:

*The scientific production is good with a clear research focus, there are strong connections with industry, and the international cooperation is well developed.*

Evalueringsrapporten, s. 21

Fagområdet bygger sterkt på fagmiljøene innen analyse og løsningsmetoder for partielle differensialligninger. Samtidig er fagområdet, som evalueringen påpeker, sterkt avhengig av god kontakt mot miljøene i numerisk analyse og beregningsvitenskap. For å opprettholde en god kvalitet i forskning og utdanning må lokal analysekompetanse styrkes, samtidig som et fortsatt samarbeid med de anvendte matematiske miljøene ved NTNU og UiO (CMA) og beregningsmiljøet ved Institutt for informatikk, UiB, er nødvendig. (Jmfør evalueringen, s. 21: *The numerical analysis group now belongs to a separate department. It is important that the connection to this group is kept up, in particular concerning large scale problems on parallel computers.*)

Gruppen får ros for en god produksjon av doktorgradskandidater.

Fagområdet er prioritert av instituttet og gruppen utgjør en vesentlig del av CIPR. Videre vil aktiviteten falle inn under en av forskningsrådets hovedsatsinger (Petromax).

### **5.5.3. Numerisk analyse**

Ved universitetene i Oslo og Bergen er numerisk analyse organisert under informatikk og er dermed blitt evaluert sammen med IKT-fagene. Gruppen i numerisk analyse ved NTNU, som er organisert under institutt for matematiske fag, er blitt evaluert sammen med matematikkfagene. Denne gruppen har fått en meget god evaluering, og initiativet for å utvide virksomheten innenfor PDE blir oppfattet som positivt. Komiteen anbefaler at gruppen styrker samarbeidet med andre grupper ved instituttet som arbeider med differensialligninger.

Manglende samlokalisering er et problem i Bergen og til dels i Oslo (Simula-senteret). Det er viktig at studenter og stipendiater innenfor feltet føler samhørighet til både matematikkmiljøet og informatikkmiljøet.

Ved Universitetet i Oslo er gruppen i numerisk analyse og beregningsvitenskap blitt samlokalisert med Matematisk institutt gjennom etableringen av CMA-senteret. Ved universitetet i Bergen har man oppnevnt en komite som skal komme med forslag til bedre organisering av forskning og undervisning i grenseområdet mellom anvendt matematikk og numerisk analyse. Vi vil sterkt støtte en slik samordning, eventuell sammenslutning av disse miljøene.

#### *Fagplanutvalgets forslag:*

- Fagområdet anvendt matematikk/computational science er i svært sterk vekst internasjonalt og bør styrkes vesentlig.
- Flere av den faste staben ved avdelingene ved UiO og UiB er over 60 år, og det vil bli behov for nyrekrutteringer i nær fremtid. Forskuttering av stillinger før avgang vil være et viktig virkemiddel i den forbindelse.

- Postdoktor/stipendiatstillinger vil være viktig for å rekruttere forskere til disse fagområdene som er av stor betydning for industri og næringsliv.
- Innenfor disse områdene er det vokst frem behov for spesialiserte programmerere, s.k. ”scientific programmers”, som kan bidra til implementering og vedlikehold av programvare og bistå forskere med programmeringsarbeid, visualisering etc. Midler til slike vil være viktig for disse gruppene og bør styrkes. Behovet bør sees på som for laboratorieassistenter i andre fag.

## 5.6. Statistikk

### 5.6.1. Statistikk

Statistisk metodeforskning vurderes av Evalueringen til å være av høy kvalitet, og det oppmuntres til videre satsing med utgangspunkt i eksisterende virksomhet. Betydningen av å bevare statistikkfagets enhet fremheves samtidig som det anbefales at det også i fremtiden bør være grupper rettet mot anvendelser innen spesifikke områder. Denne struktur samsvarer med den arbeidsdeling vi finner mellom universitetene i dag, der UiO representerer en metodisk kjerne, og der UiB, NTNU, UiT og NLH har grupper med bestemte applikasjonstilknytninger eller driver forskning i mer spesifikke metodiske retninger. Dette medfører ikke at UiO utdanner flere statistikere enn de andre. Tvert i mot har UiO gjennom mange år ligget langt bak NTNU i antall kandidater per vitenskapelig ansatt i statistikk. Det er fristende å tilskrive dette forhold den sterke anvendte profil virksomheten i NTNU har.

UiO fremheves i Evalueringen som et senter for teoretisk statistisk forskning av internasjonal klasse og har også et sterkt miljø for metode i biologisk/medisinsk retning. Det er svakheter når det gjelder alderssammensettingen med stor avgang om ca. ett tiår, og tallene for nye kandidater er ikke sterke. Når det gjelder de andre universitetene har UiB et fremragende (men lite) miljø innen statistisk tidsserieanalyse, og det er virksomhet innenfor medisinsk statistikk og forsikringsmatematikk. Ved NTNU er virksomheten hovedsakelig konsentrert rundt romlig og beregningsorientert statistikk, industriell statistikk og biomodellering. Alle tre fremheves som forskningsmiljø er av høy klasse med gode anvendte kontakter. Potensialet for vekst i den lille biomodelleringsgruppen (bare to personer i fast stilling) er ved et teknisk universitet åpenbart. Dette er sterkt anbefalt i Evalueringen. Forskningsvirksomheten i UiT gis til dels godt skussmål i Evalueringen. Det antydes større vekt på samarbeidsprosjekter med andre fag. I omtalen av NLH fremheves også betydningen av statistikk som understøttelse av annen forskning ved universitetet.

Evalueringen går ikke inn på betydningen av moderne datateknologi. Det er her skapt en rekke nye metodiske problemstillinger, som også griper sterkt inn i statistikkfagets egen metode. En viktig side ved dette er stokastiske algoritmer, i dag et veletablert felt i grensen mellom statistikk og andre fag og i enorm vekst. Norge har gjennom de statistiske forskningsmiljøene i Oslo, Trondheim og Tromsø bidratt her, og dette bør legges til rette for at dette fortsetter. Samtidig er de fleste statistiske forskningsmiljøer i Norge for svake når det gjelder mer tradisjonell numerisk matematikk, for eksempel optimering. Forbedret kompetanse her vil gi god avkastning for løsning av anvendte statistiske problemer.

Historisk har statistikkfaget alltid vært drevet frem av metodebehov innenfor andre fag, og slik vil det også være i fremtiden. Det åpenbare vekstområdet i dag er innen bioteknologi, der bidrag fra stokastisk og empirisk modellering i samvirke med computational science er en forutsetning for den utvikling man regner med å se fremover. Et annen interessant

applikasjonsområde innen norsk biologiforskning er populasjonsdynamikk. Generelt kommer statistikk inn som en sentral hjelpedisiplin innen medisin og ingeniørfag, innen deler av IKT-området (signal- og billedbehandling, mønstergjenkjenning), innen økonomi og også innen risiko- og sårbarhetsstudier. Alle disse områdene leverer nye problemstillinger som statistikkfaget kan vokse på. Samtidig ligger det betydelig gevinst i bedre formidling. Anvendelsesbehovene er sjelden tjent med overdreven perfektjonering av statistisk metode.

Bevilgninger til metodeprosjekter rettet mot spesielle anvendelsesområder vil spille en nøkkelrolle for å realisere en positiv utvikling av et statistikkfag som virker understøttende for andre vitenskapelige disipliner. Flere fellesprosjekter mellom statistikk og brukerfag anbefales. Om statistikk kunne komme bedre inn ved Forskningsrådets store satsninger, ville dette være heldig både for statistikkfaget selv og for brukerfaget. Men for ensidig vekt på slike virkemidler vil kunne virke fragmenterende, og det advares også mot denne faren i Evalueringen. En opplagt motvekt er generiske programmer med anvendelsestilknytning, trolig i form av et mer generelt matematikkprogram der statistikk er en av flere matematiske fagdisipliner.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Fagmiljøet innen teoretisk statistikk vedlikeholdes, mens forskningsmiljø som arbeider i grenseområdet mellom statistikk og anvendelser må styrkes.

### **5.6.2. Finans- og forsikringsmatematikk**

Analyse av finansiell og aktuariell risiko bygger på stokastisk analyse, forsikringsmatematikk og statistiske og numeriske teknikker. Tidligere var finans og forsikring to helt atskilte felter, men i dag er det betydelig aktivitet i skjæringsfeltet mellom de to områdene, både som følge av utviklingen innen finansindustrien selv og ved at det er et vesentlig grensesnitt i teori og metode. Forsikring/finans fra en matematisk synsvinkel er et felt der etterspørselen etter ferdige kandidater på master og doktornivå er betydelig, og der man i dag i Norge ser klare tegn til en sterkt voksende studenttilstrømning. Det vil ikke være kapasitet til å betjene denne.

Evalueringen fremholder betydningen av samarbeid mellom matematiske og statistiske miljøer. Et slikt samarbeid er etablert ved UiO. Ved UiB går forskningen i dette fagområdet mer i retning av klassisk forsikringsmatematikk. Det er et nasjonalt behov for personer med aktuarutdannelse, og UiB har her en vesentlig rolle. Det vil være gunstig å etablere sterkere forbindelser med det forsikringsøkonomiske miljøet ved NHH.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Fagfeltet bør styrkes. Miljøene ved Universitetet i Bergen og Norges Handelshøyskole bør samordne sine krefter innen feltet.

### **5.6.3. Matematisk modellering innen biologi og andre naturfag**

Biologi er et klassisk deskriptivt forskningsområde som i stadig økende grad blir basert på beregningsorienterte og matematiske metoder. Den internasjonale evalueringen av biologifaget i Norge sier imidlertid at

*Norway is ... very weak in its development of computational biology, including bioinformatics and the modeling of complex systems (from the cell to the ecosystem level). This is a serious limitation for the Norwegian biological sciences and it must be dealt with urgently.*

Biofagplanen, s. 32

Biofagplanen tar derfor til orde (s. 33) for et sterkere samarbeid mellom biologer med en kvantitativ matematisk/informatisk profil og ikke-biologiske fagmiljøer for å utvikle beregningsorientert biologi. Dessuten anbefaler biofagplanen økt vektlegging av matematiske realfag i de biologiske og molekylærbiologiske studieprogrammene enn det som er tilfelle i dag.

Tilsvarende situasjon og problemstillinger fins innenfor medisin.

De viktigste forskningsmiljøene innen fagfeltet i Norge befinner seg ved UiO (biostatistikk, matematisk og empirisk modellering av populasjonsdynamikk), NTNU (biostatistikk og biomodellering), NLH (biometri, bioinformatikk, funksjonell genomikk) og UiB (bioinformatikk, medisinsk statistikk).

Aktuelle tiltak innen området er:

- Prioritering av matematisk/statistisk grunnforskning på felt som er av betydning for innsats innen komplekse systemer med anvendelser i biologi, funksjonell genomikk og bioinformatikk og medisin. Aktuelle forskningsdisipliner er dynamiske systemer, stokastisk analyse, kontrollteori, diskret matematikk og ikkelineær statistisk analyse.
- Oppbygging av varige integrerte forskningsgrupper på universitetene og forskningssentra (som omfatter matematikk, statistikk, informatikk, fysikk, molekylær biologi, genetikk, system biologi) med ansvar for forskning og utdanning.

*Fagplanutvalgets forslag:*

- Matematisk modellering innen biologi og andre naturfag bør utbygges. Området representerer et vekstområde innenfor anvendt matematikk.



## 6. Referanser

Norges forskningsråd, 1999: *Geofagplanen. Plan for norsk geofaglig forskning og undervisning i U&H-sektoren.*

Norges forskningsråd, 2002: *Research in Mathematics in Norwegian Universities and Colleges. A review.* (Omtalt som *Evalueringsrapporten.*)

Norges forskningsråd, 2002: *Evaluering av norsk forskerutdanning.*

Norges forskningsråd, 2003: *Biofagplanen. Styrking av norsk biofaglig forskning. En oppfølging av biofagevalueringen.*

Norges forskningsråd, 2003: *Det norske forsknings- og innovasjonssystemet – statistikk og indikatorer 2003.*

Norsk matematikkråd, 1994: *Tallene teller.*

Norsk matematikkråd, 2004: *Norsk matematikkråds undersøkelse blant nye studenter høsten 2003.*

Stortingsmelding nr. 39 (1998-1999): *Forskning ved et tidsskille.*

# Appendiks 1

## Mandat, sammensetning og arbeidsform

Utvalget skal, med utgangspunkt i evalueringen av den norske matematikkforskningen i 2002 og utfordringer for norsk forskning, utarbeide en rådgivende plan for tiltak som vil bidra til å utvikle og styrke matematikkfaget. Planen skal omfatte de faglige disipliner og miljøer ved universitetene og høyskolene som inngikk i matematikkfagevalueringen.

Planen skal være kortfattet (ca 20 sider) og sette fokus på konkrete tiltak som primært Forskningsrådet og forskningsinstitusjonene anbefales å gjennomføre, samt på faglig arbeidsdeling og samarbeid nasjonalt. Anbefalingene bør omfatte kortsiktige, nødvendige strakstiltak samt tiltak med tidshorisont på 5 - 10 år, og fremmes i prioritert rekkefølge. Tiltakene bør være realistiske i forhold til finansieringssituasjonen for norsk forskning. Planen bes forsøkt ferdigstillet før 31.12.03.

Planen skal gi råd til:

1. Forskningsrådet om:
  - fag/delområder som bør prioriteres/nedprioriteres
  - bruk av finansielle virkemidler og støtteformer innen ulike budsjettscenarier, inkludert 0-vekst scenario
  - faglig arbeidsdeling og samarbeid nasjonalt samt tiltak for økt fleksibilitet og mobilitet mellom FoU-miljøer
  - andre tiltak som vil bidra til å utvikle miljøene
2. U&H-sektoren om:
  - tiltak som anbefales gjennomført innen sektorens egne budsjetter
  - faglig arbeidsdeling og samarbeid nasjonalt samt behov for omstilling
  - tiltak for økt fleksibilitet og mobilitet mellom FoU-miljøer
3. Departementene om:
  - tiltak som de bør bidra til å realisere

Utgangspunktet for planarbeidet vil blant annet være:

- Evalueringen av norsk matematikkforskning
- Kommentarer fra de evaluerte fagmiljøene i forbindelse med høringsrunden for evalueringsrapporten
- Aktuelle forskningsmeldinger fra departementene
- Programplaner for relevante forskningsrådsprogram (BeMatA)

Utvalget skal i denne sammenheng og med utgangspunkt i evalueringsrapportene, spesielt vurdere:

- fagområder/forskningsmiljøer hvor Norge, på bakgrunn av nasjonale behov og forutsetninger, bør være internasjonalt ledende
- nye satsingsområder
- rekrutteringssituasjonen innen ulike fag/delområder, inkludert behovet for doktorgradsstipend og postdoktorstipend, samt andre tiltak som vil kunne bedre

rekrutteringssituasjonen og ivareta behovet for fagkompetanse i instituttsektoren og i næringslivet samt innen profesjonsfagene

- tiltak for nasjonal koordinering og arbeidsdeling mellom fagområder og forskningsmiljøer for å oppnå bedre ressursutnyttelse nasjonalt
- forskningsledelse og aktuelle tiltak for videreutvikling og forbedring av dagens situasjon

På første møte ble fristen for innlevering av rapport forlenget til sommeren 2004.

Fagplanutvalget har bestått av følgende medlemmer:

Professor Magne Espedal (leder),	Matematisk institutt, UiB
Professor Trygve Johnsen	Matematisk institutt, UiB
Professor Bjørn Dundas	Institutt for matematiske fag, NTNU
Professor Kari Hag	Institutt for matematiske fag, NTNU
Professor Erling Størmer	Matematisk institutt, UiO
Professor Bjørn Gjevik	Matematisk institutt, UiO
Professor Erik Bølviken	Matematisk institutt, UiO
Professor Arkadi Ponossov	Institutt for matematiske fag, Norges Landbrukshøgskole

Sekretær har vært Førsteamanuensis Per Manne, Institutt for foretaksøkonomi, Norges Handelshøyskole.

Fagplanutvalget har hatt følgende møter:

- 6. oktober 2003 i Bergen
- 17. november 2003 i Oslo
- 12. januar 2004 i Trondheim
- 16. februar 2004 i Bergen
- 29. mars 2004 i Oslo
- 13. mai 2004 i Oslo

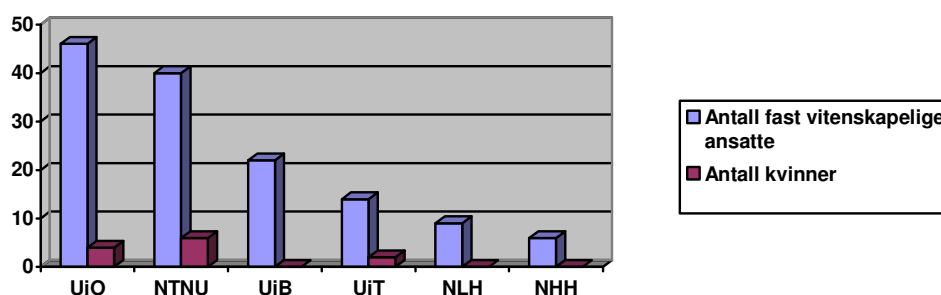
## Appendiks 2

### Tall over antall fast vitenskapelige ansatte og aldersfordeling.

Tabell A.1 viser fordeling av fast vitenskapelige ansatte i matematikk ved universiteter og vitenskapelige høyskoler fordelt på fagområde og aldersgruppe. Vi har fulgt inndelingen i fagområder angitt i kapittel 4, unntatt at vi har slått sammen differensialligninger og industriell matematikk. Fordelingen på fagområde må nødvendigvis bli skjønnsmessig, da det er mange personer som kunne plasseres flere steder. Merk også at det er stor forskjell mellom fagområdene – noen består av mange mindre faggrupper, mens andre er mer homogene.

	30 - 39 år	40 - 49 år	50 - 59 år	60 - 69 år	Sum
Algebra/alg. geometri	0	6	7	9	22 (2)
Topologi/geometri	1	1	5	4	11 (0)
Logikk	0	0	1	0	1 (0)
Funksjonalanalyse	0	1	1	5	7 (0)
Diff.ligninger/industriell mat.	3	5	5	1	14 (0)
Kompleks/harmonisk analyse	2	3	5	4	14 (3)
Stokastisk analyse	2	2	2	0	6 (1)
Mekanikk/hydrodynamikk	1	4	3	9	17 (0)
Numerisk analyse	0	4	0	1	5 (1)
Statistikk	8	7	11	4	30 (4)
Finans- og forsikringsmatematikk	0	1	2	0	3 (0)
Modellering i biologi m.m.	1	1	3	2	7 (1)
Sum	18 (5)	35 (2)	45 (1)	39 (4)	137 (12)

Tabell A.1. Antall fast vitenskapelige ansatte fordelt på alder og fagområde. Antall kvinner i parentes.



Figur A.1. Antall fast vitenskapelige ansatte fordelt på institusjon.

## Tall over rekruttering.

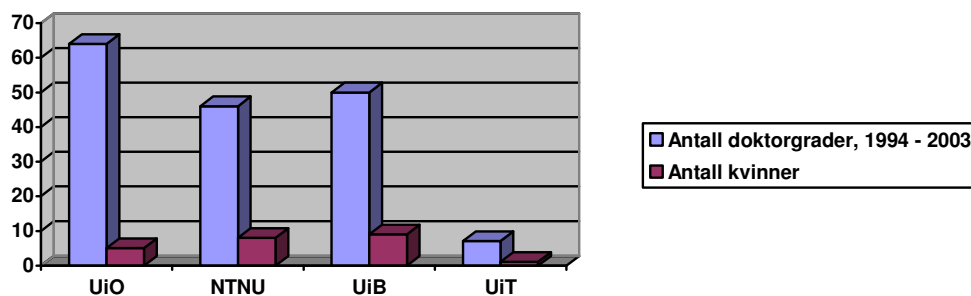
### Doktorgradsproduksjon.

I perioden 1991 – 1993 avla i gjennomsnitt 11 personer doktorgraden per år. Av disse var 17 % kvinner. Ca 40 % av gradene ble avlagt i ren matematikk, ca 40 % innen anvendt matematikk og ca 20 % innen statistikk. (*Tallene teller*, Norsk matematikkråd, 1994.)

I perioden fra og med 1994 er doktorgradsproduksjonen gitt i tabell A.2. Snittet i denne perioden er på ca. 17 doktorgrader i året, hvor andelen kvinner er ca. 12 %.

	<i>Ren matematikk</i>	<i>Anvendt/mek.</i>	<i>Statistikk</i>	<i>Totalt</i>
1994	4 (0)	3 (1)	3 (0)	10 (1)
1995	4 (0)	8 (1)	6 (3)	18 (4)
1996	5 (0)	7 (2)	6 (0)	18 (2)
1997	6 (0)	5 (1)	7 (1)	18 (2)
1998	8 (2)	7 (1)	2 (0)	17 (3)
1999	3 (0)	7 (3)	8 (2)	18 (5)
2000	5 (0)	9 (0)	3 (2)	17 (2)
2001	7 (1)	8 (0)	2 (0)	17 (1)
2002	6 (0)	8 (0)	5 (0)	19 (0)
2003	4 (0)	4 (0)	7 (2)	15 (2)
				167 (20)

Tabell A.2. Antall doktorgrader i matematiske fag i Norge, fordelt på hovedområder. Antall kvinner i parentes.



Figur A.2. Antall doktorgrader i matematiske fag i Norge, 1994 - 2003, fordelt på de fire universitetene.

### *Produksjon av hovedfagskandidater.*

De følgende tabellene viser produksjonen av cand. scient., siv. ing. og mastergrader i matematikk ved de ulike universitetene. Oppdelingen i hovedgrupper kan være noe vilkårlig, da inndelingen i faggrupper ser forskjellig ut på forskjellige steder. Dette gjelder særlig ulike områder av matematisk analyse.

<i>UiO</i>	<i>Matematikk</i>	<i>Mekanikk</i>	<i>Statistikk</i>	<i>Totalt</i>
1994	13 (2)	9 (1)	6 (1)	28 (4)
1995	20 (5)	11 (4)	6 (6)	37 (15)
1996	15 (2)	9 (2)	22 (8)	46 (12)
1997	14 (6)	8 (3)	14 (2)	36 (11)
1998	18 (1)	12 (2)	4 (2)	34 (5)
1999	17 (1)	6 (0)	8 (1)	31 (2)
2000	18 (3)	5 (2)	12 (3)	35 (8)
2001	11 (1)	4 (0)	7 (3)	22 (4)
2002	8 (2)	6 (1)	4 (2)	18 (5)
2003	9 (3)	5 (0)	2 (0)	16 (3)

*Tabell A3. Cand. scient. grader i matematikk ved Universitetet i Oslo, fordelt på hovedgrupper. Kolonnen for matematikk inkluderer også Anvendt og industriell matematikk, matematikk og økonomi, og skolerettet hovedfag. Antall kvinner i parentes.*

<i>NTNU</i>	<i>Matematikk</i>	<i>Anvendt</i>	<i>Statistikk</i>	<i>Totalt</i>
1994	7 (4)	8 (1)	16 (5)	31 (10)
1995	6 (1)	16 (1)	11 (5)	33 (7)
1996	12 (2)	21 (2)	16 (8)	49 (12)
1997	8 (0)	15 (2)	15 (3)	38 (5)
1998	21 (2)	24 (4)	25 (9)	70 (15)
1999	9 (1)	14 (2)	17 (4)	40 (7)
2000	22 (2)	4 (0)	14 (5)	40 (7)
2001	7 (2)	4 (0)	8 (6)	19 (8)
2002	17 (1)	10 (2)	7 (2)	34 (5)
2003	28 (5)		9 (5)	37 (10)

*Tabell A.4. Cand. scient., siv. ing. og mastergrader i matematikk ved NTNU, fordelt på hovedområder. Antall kvinner i parentes. Siv. ing. studiet ble utvidet fra 4,5 år til 5 år i 1997 med konsekvens for tallene fra og med 2001. Fra og med 2003 blir det ikke angitt fagområde for siv. ing. kandidater.*

<i>UiB</i>	<i>Ren matematikk</i>	<i>Anvendt</i>	<i>Statistikk</i>	<i>Totalt</i>
1994	2 (0)	1 (1)	5 (2)	8 (3)
1995	2 (1)	9 (4)	3 (0)	14 (5)
1996	3 (0)	13 (4)	3 (3)	19 (7)
1997	2 (1)	19 (3)	4 (1)	25 (5)
1998	6 (1)	9 (1)	4 (1)	19 (3)
1999	7 (0)	8 (1)	6 (3)	21 (4)
2000	3 (0)	7 (2)	4 (0)	14 (2)
2001	0 (0)	9 (4)	2 (0)	11 (4)
2002	3 (1)	8 (2)	2 (0)	13 (3)
2003	3 (0)	9 (1)	1 (1)	13 (2)

Tabell A.5. *Cand. scient. grader i matematikk ved Universitetet i Bergen, fordelt på hovedgrupper. Antall kvinner i parentes.*

<i>UiT</i>	<i>Matematikk</i>	<i>Anvendt/mekanikk</i>	<i>Statistikk</i>	<i>Totalt</i>
1994	0 (0)	0 (0)	1 (0)	1 (0)
1995	0 (0)	1 (0)	1 (0)	2 (0)
1996	2 (0)	3 (1)	1 (1)	6 (2)
1997	5 (0)	0 (0)	1 (0)	6 (0)
1998	2 (1)	2 (1)	0 (0)	4 (2)
1999	3 (2)	0 (0)	1 (1)	4 (3)
2000	1 (0)	1 (0)	0 (0)	2 (0)
2001	1 (0)	0 (0)	1 (1)	2 (1)
2002	3 (1)	2 (2)	0 (0)	5 (3)
2003	1 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)

Tabell A.6. *Cand. scient. grader i matematikk ved Universitetet i Tromsø, fordelt på hovedområder. Antall kvinner i parentes.*

<i>Totalt</i>	<i>Matematikk</i>	<i>Anvendt/mekanikk</i>	<i>Statistikk</i>	<i>Totalt</i>
1994	22 (6)	18 (3)	28 (8)	68 (17)
1995	28 (7)	37 (9)	21 (11)	86 (27)
1996	32 (4)	46 (9)	42 (20)	120 (33)
1997	29 (7)	42 (8)	34 (6)	105 (21)
1998	47 (5)	47 (8)	33 (12)	127 (25)
1999	36 (4)	28 (3)	32 (9)	96 (16)
2000	44 (5)	18 (4)	30 (8)	92 (17)
2001	19 (3)	17 (4)	18 (10)	54 (17)
2002	31 (5)	26 (7)	13 (4)	70 (16)
2003				62 (15)

Tabell A.7. *Total produksjon av cand. scient., siv. ing. og mastergrader i matematikk ved universitetene, fordelt på hovedområder. Antall kvinner i parentes.*

 **Norges forskningsråd**

**Stensberggata 26  
P.O.Box 2700 St. Hanshaugen  
N-0131 Oslo**

ISBN trykksak  
ISBN nettsversjon

82-12-01997-7  
82-12-01998-5