

Svein Kyvik

**Kritisk masse - om forskningsmiljøers størrelse,
produktivitet og kvalitet**

NIFU skriftserie nr. 8/98

NIFU - Norsk institutt for studier av
forskning og utdanning
Hegdehaugsveien 31
0352 Oslo

ISSN 0808-4572

Forord

Den foreliggende rapporten gir en oversikt over sentral litteratur om hvilken betydning fagmiljøers størrelse har for produktivitet og kvalitet i forskning og forskerutdanning. Den er utarbeidet på oppdrag fra Högskoleverket i Sverige, men arbeidet med rapporten er delvis finansiert gjennom en programbevilgning fra Norges forskningsråd til NIFU, hvor kvalitet i forskningen er hovedtemaet.

Rapporten er tidligere trykket i Högskoleverkets rapportserie 1998:11 R (Högskola i dynamisk utveckling - fyra högskolors förutsättningar att bli universitet). Magnus Gulbrandsen har bidratt med nyttige kommentarer.

Oslo, mai 1998

Per Olaf Aamodt

Ingvild Marheim Larsen

Innhold

1	Innledning	7
2	Noen metodiske kommentarer	9
3	Gruppestørrelsens betydning	10
3.1	Hva er en forskningsgruppe?.....	10
3.2	Argumenter for og mot store grupper.....	11
3.3	Foreliggende forskning.....	12
4	Instituttstørrelsens betydning	16
4.1	Instituttens plass i universitetsorganisasjonen.....	16
4.2	Argumenter for og mot store institutter.....	17
4.3	Foreliggende forskning.....	19
5	Forskerutdanning og størrelse på forskningsmiljøer	22
5.1	Produktivitet og kvalitet i doktorgradsutdanning.....	22
5.2	Argumenter for og mot store forskerutdanningsmiljøer.....	23
5.3	Foreliggende forskning.....	24
6	Andre faktorer som innvirker på produktivitet og kvalitet	27
6.1	Trekk ved forskerpersonalet.....	27
6.2	Ressurser.....	28
6.3	Forskningsledelse.....	29
6.4	Forskningskultur.....	30
7	Oppsummering og konklusjon	32
	Litteratur	35

1 Innledning

Hva betyr fagmiljøenes størrelse for produktiviteten og kvaliteten på forskningen og for utdanningen av nye forskere? Dette spørsmålet har vært reist en lang rekke ganger i forskningspolitisk debatt. Det synes å være en relativt vanlig oppfatning blant forskningspolitikere og administratorer i ulike land, og også blant mange forskere, at store miljøer gir bedre muligheter for god forskning enn små miljøer. Det snakkes ofte om "kritisk minstestørrelse" på forskningsmiljøer, og iblant opereres det med gitte tallstørrelser ut fra "common sense" betraktninger, men vanligvis uten referanse til forskningslitteratur.

En av de viktigste forskningspolitiske oppgavene er å fremme produktivitet og kvalitet i forskning, og et av virkemidlene er å legge forholdene til rette for en hensiktsmessig *organisering* av forskningen. Det tas for gitt at det ikke bare er den enkelte forskers intellektuelle forutsetninger, dyktighet og innsats som er avgjørende for hva som kommer ut av forskningsvirksomheten, men strukturelle og prosessuelle sider ved måten forskningen er organisert på. Betraktninger om "kritisk minstestørrelse" gis derfor ofte en legitimerende funksjon ved reorganiseringer av forskningssystemet.

Debatten om fagmiljøenes størrelse har imidlertid ofte vært unyansert. Denne uklarheten dreier seg i hovedsak om fire forhold:

1) *Hva menes med et forskningsmiljø?* Her skilles det ofte ikke mellom forskningsgrupper og institutter. De fleste synes å tenke på instituttet og glemmer at forskningen foregår i grupper. I noen tilfeller vil en forskningsgruppe være entydig med et institutt, men som oftest vil en forskningsgruppe være en av flere grupper innenfor en større formell organisasjon.

Fordi ulike teoretiske argumenter kan framføres for henholdsvis store grupper og store institutter er det viktig å holde de to organisasjonstypene fra hverandre.

2) *Hva menes med kritisk masse/ minstestørrelse?* Forskning i universitets- og høyskolesektoren utføres av ulike personalgrupper, men i offentlig debatt framgår det ikke alltid hvilke grupper man tenker på. Er det fast vitenskapelig ansatte? Inkluderes engasjert personale? Stipendiater? Hovedfagsstudenter? Teknisk personale? Det sier seg selv at "den kritiske massen" vil variere svært mye etter hvem som inkluderes.

3) *Finnes det forskjeller mellom fag?* Forskningens art er svært forskjellig i de utstyrs-krevende naturvitenskapelige, teknologiske og medisinske fag på den ene side og de humanistiske og samfunnsvitenskapelige fag på den annen side. Trangen til generalisering synes ofte å være sterkere enn behovet for nyansering.

4) *Hvilke effekter har miljøstørrelse på forskningsarbeidet?* Det tas vanligvis for gitt at det er en positiv samvariasjon mellom forskningsmiljøers størrelse og resultatene av forskningsvirksomheten. Størrelse har imidlertid i seg selv neppe noen direkte effekt på forskningens produktivitet og kvalitet. Det må altså finnes en rekke mellomliggende faktorer som kan være en funksjon av størrelse, og som kan ha

positiv eller negativ innvirkning på forskningsarbeidet. Slike faktorer blir i noen grad trukket fram, men ikke på en systematisk måte.

Formålet med denne rapporten er å bidra til en større grad av nyansering av betydningen av fagmiljøers størrelse. Rapporten er strukturert på følgende måte: Først diskuteres betydningen av henholdsvis *gruppestørrelse* og *instituttstørrelse* for produktivitet og kvalitet. Deretter gjennomgås sentral litteratur om forskningsmiljøers størrelse og produktivitet og kvalitet i *forskerutdanningen*. Under hvert av disse tre punktene gis først en oversikt over argumenter for og mot store forskningsmiljøer, hvor forholdet mellom størrelse og forskningsvirksomhet blir nærmere spesifisert. Deretter gis det en oversikt over sammenhengen mellom størrelse, produktivitet og kvalitet slik den er dokumentert i forskningslitteraturen. Til sist gis en kort oversikt over andre faktorer enn størrelse som antas å ha innvirkning på produktivitet og kvalitet med utgangspunkt i litteraturen på feltet.

2 Noen metodiske kommentarer

Vitenskapelig produktivitet og kvalitet er tvetydige begreper og blir brukt på en rekke ulike måter i litteraturen (Hemlin, 1991; Hansen og Jørgensen, 1995; Gulbrandsen og Langfeldt, 1997). Det ligger utenfor rammene for denne rapporten å gi en oversikt over ulike definisjoner. Her begrenser vi oss derfor til å klargjøre hvordan produktivitet og kvalitet har vært forsøkt operasjonalisert og målt i de studier som har undersøkt mulige sammenhenger mellom forskningsmiljøers størrelse og hva som kommer ut av forskningsinnsatsen.

Det vanlige produktivitetetsmålet er antall publikasjoner; det være seg bøker, rapporter, artikler, eller en sammensatt indeks av ulike publikasjonstyper, eventuelt vektet for medforfatterskap. Tilsvarende har forskningskvalitet blitt operasjonalisert direkte ut fra andre forskeres oppfatninger, eller indirekte ved hjelp av siteringsanalyser innenfor det enkelte fagfelt. Antall siteringer kan ikke i slike tilfeller ukritisk benyttes som et mål på kvalitet, men snarere som en indikasjon på den innflytelse man har eller den oppmerksomhet man får i forskersamfunnet.

Kvalitet er imidlertid et mangetydig begrep som kan være vanskelig å operasjonalisere i forskningssammenheng. Begrepet kan sies å ha tre overordnede elementer; originalitet, metodisk soliditet og faglig relevans eller en eller annen form for samfunnsmessig eller praktisk nytteverdi (Gulbrandsen og Langfeldt, 1997). Dette er imidlertid langt fra operasjonelle kriterier. I en intervjuundersøkelse blant norske seniorforskere konkluderes det med at man kan komme et stykke på vei med å utarbeide mer detaljerte kriterier for god forskning, men også at man ikke kommer utenom faglig skjønn. Det blir understreket at det uansett vil være et subjektivt element i vurderingene, og at helhetsvurdering og avveininger mellom kriterier er nødvendig (Gulbrandsen og Langfeldt, 1997).

I utgangspunktet må produktivitet og kvalitet i forskning betraktes som to uavhengige mål som ikke nødvendigvis er sammenfallende. Det synes likevel å være en statistisk sammenheng mellom kvantitet og kvalitet, enten ved at produktive forskere blir relativt hyppigere sitert, får flere priser, eller blir høyere rangert av fagkolleger enn de mindre produktive (se Kyvik, 1991). Dette gjelder vel å merke for større grupper av forskere, ikke enkeltindivider. Denne tendensen kan også forklares teoretisk (Cole og Cole, 1973). Forskere som mottar anerkjennelse for sine publikasjoner blir oppmuntret til å holde et høyt publiseringsnivå, mens de som får negativ kritikk eller blir neglisjert mister inspirasjonen og ofte også mulighetene til å være aktive forskere. Publiseringsdata kan følgelig være av en viss verdi også når det gjelder spørsmål om faglig kvalitet.

3 Gruppestørrelsens betydning

3.1 Hva er en forskningsgruppe?

Med forskningsgruppe siktes det her til en uformell forbindelse mellom personer; f.eks. en professor, en førsteamanuensis, en tekniker, en post doc student og to doktorgradsstudenter, med det formål å arbeide med et sett av prosjekter i tilknytning til et mer eller mindre avgrenset forskningsproblem. Den klassiske forskergruppe finnes i grunnforskningsorienterte universitetsmiljøer i eksperimentelle naturvitenskapelige og medisinske fag, hvor forskeropplæring er en integrert del av gruppens arbeid. En slik gruppe er en fleksibel enhet, som raskt kan opprettes, vokse eller avta i størrelse, og eventuelt legges ned. Forskningsgruppene er blitt betegnet som "... the engine of productivity in research and of effective graduate training" (Etzkowitz, 1992).

Selv om forskningsgrupper primært er et kjennetegn ved naturvitenskapelig, medisinsk og teknologisk forskning, har denne organisasjonsformen fått en økende betydning innenfor samfunnsvitenskapene og til dels også i humaniora. Forskjellen mellom fagområdene går klart fram i en undersøkelse blant samtlige fast ansatte ved de norske universitetene, gjengitt i følgende tabell (Kyvik, 1991:69):

Tabell 1. Prosentandel av fast vitenskapelig personale ved de norske universitetene som oppga at noe av forskningen var utført i team, og prosentandel som var medforfatter på minst en publikasjon i perioden 1979-81.

	Humaniora	Samf.vit.	Naturvit.	Medisin
Teamwork	32%	53%	68%	88%
Medforfatterskap	20%	37%	60%	79%

I denne rapporten er det den klassiske uformelle forskningsgruppen som oppstår og lever sitt liv innenfor et universitetsinstitutt vi er opptatt av. I blant brukes også betegnelsen om organisert samarbeid mellom forskere i institusjoner utenfor eller i tilknytning til universitetene, f.eks. ved CERN. Slike grupper kan bestå av et stort antall forskere, men er en mer formalisert form for forskningsorganisering med et eget administrativt byråkrati. De faller følgelig utenfor rammene for denne rapporten.

3.2 Argumenter for og mot store grupper

En hovedhensikt med å etablere forskningsgrupper er nytten og nødvendigheten av å ha flere personer som arbeider med det samme problemet. En grunn er at forskning ofte er arbeidskrevende, en annen at personer med ulik faglig bakgrunn eller spesialisering kan komplettere hverandre faglig. I tillegg blir det ofte hevdet at

gjensidig intellektuelt utbytte og faglig stimulans vil være bedre i større grupper enn i små. F.eks. hevder Ziman at det er selve dynamikken i forskningsprosessen som over tid har skapt et stigende behov for samarbeid i grupper (1987:11):

"A 'critical mass' of people and instruments is thus needed, whether for a team undertaking a single large project or in a research group carrying out a program of coordinated projects in the same field. The actual aggregate of resources required for viable research varies considerably from field to field, but even where all that individual researchers need is access to a library or a computer, advantages are seen in bringing them together into specialised groups. The intellectual environment in such a 'centre of excellence' is more stimulating both for mature scientists and for graduate students requiring a thorough training in research skills."

Stankiewicz har kalt slike samhandlingsprosesser i forskergrupper for *intellektuell synergi* (1979:197):

"I refer here to the unplanned convergence of efforts and ideas that is likely to occur in research groups. In highly autonomous groups, the research objectives are adjustable. This flexibility permits exploration of spontaneously arising ideas. The frequency with which such creative events occur may be a function of intellectual cross-fertilization among group members."

Da antallet mulige intellektuelle koplinger mellom en gruppes medlemmer øker eksponensielt med gruppens størrelse, har det også blitt hevdet at jo større en gruppe er, jo bedre vil den være (Wallmark et al., 1973). Store grupper vil dessuten lettere kunne ivareta kontinuiteten i forskningen når noen av medlemmene slutter.

På den andre siden har det blitt hevdet at store grupper neppe kan være effektive fordi samholdet vil avta med økende størrelse. Berelson og Steiner (1964) har gitt følgende generelle sammenfatning av hvilke effekter økende gruppestørrelse har på gruppesamhold. Jo større en uformell gruppe er, jo større er kravet til gruppens leder, i jo større grad dominerer de aktive medlemmene gruppens virksomhet, i jo mindre grad deltar de ordinære medlemmene i gruppens diskusjoner, og i jo mindre grad er gruppens medlemmer som helhet fornøyd med arbeidet i gruppen. Berelson og Steiner hevder at den optimale størrelsen på *uformelle grupper* synes å ligge rundt 5-7 personer.

Dette er en størrelse som også nevnes av aktive forskere. I en omtale av eksperimentell medisinsk biologi hevdes det at en forskningsgruppe bør ha minst 2-3 erfarne medlemmer og et tilsvarende antall rekrutter (Prydz og Waaler, 1982).

I tillegg kan det pekes på at dersom gruppene blir for store, vil gruppelederne, som jo i utgangspunktet er de beste forskerne, få for liten tid til konsentrasjon om forskningen på grunn av arbeidet med ledelse, veiledning og søknader om finansiering til nye prosjekter.

3.3 Foreliggende forskning

Ser vi på studiene av forholdet mellom forskningsgruppers størrelse og produktivitet, finner vi imidlertid ingen klare tendenser. Noen studier har funnet en positiv korrelasjon mellom størrelse og produktivitet (Wallmark et al., 1966, 1973; Blume og Sinclair, 1973), noen at effekten av gruppestørrelse på produktivitet er avhengig av effekten av andre variabler (Stankiewicz, 1979), mens andre ikke har funnet noen sammenheng (Cohen, 1981), og atter andre en negativ korrelasjon (Knorr et al., 1979).

I to studier av forskningsgrupper i teknologi (Wallmark et al., 1966; 1973) ble det funnet at effektiviteten, målt som antall siteringer av gruppens publikasjoner, økte eksponensielt med gruppens størrelse. Størrelse ble definert som antall forfattere av publikasjoner fra en gitt gruppe i en bestemt tidsperiode. Også en annen studie rapporterer samme tendens (Blume og Sinclair, 1973). Denne undersøkelsen tar for seg forholdet mellom produktivitet og størrelse på forskningsgrupper i kjemi ved britiske universiteter. Det ble funnet en signifikant positiv korrelasjon (.32) mellom størrelse, definert som antall forskere og doktorgradsstudenter, og produktivitet.

Disse studiene har imidlertid metodiske svakheter. For det første har Wallmark og medarbeidere utelatt uproduktive forskere ved beregninger av gruppestørrelse. For det andre er det tvilsomt om de to store forskningsgruppene i de to undersøkelsene er enhetlige grupper; det er snarere tale om en rekke mindre grupper som arbeider innenfor det samme feltet. Cohen (1981) har foretatt en reanalyse av dataene i den ene undersøkelsen og konkluderer med at det ikke er noe som tyder på at forskningseffektiviteten, slik Wallmark og medarbeidere definerer den, endrer seg med økende gruppestørrelse.

Stankiewicz (1979) har også rettet kritikk mot Blume og Sinclairs undersøkelse. For det første er det sannsynlig at deres mål på produktivitet overvurderer produktiviteten i de større gruppene. Antall artikler av hver forsker ble talt opp uten korreksjon for medforfatterskap. Fordi store grupper vanligvis produserer flere artikler enn små grupper, og medforfatterskap er vanlig, har medlemmer av store grupper følgelig større sjanser for å være medforfattere av flere publikasjoner enn medlemmer av små grupper. Det totale antall artikler fra hver gruppe slik Blume og Sinclair har målt det, blir derfor høyere enn det reelle antall fra gruppen. Forskjellen mellom det målte og det reelle antall artikler blir større jo større gruppen er. I tillegg kan det pekes på at hverken Wallmark og medarbeidere eller Blume og Sinclair har trukket andre variabler inn i analysene som tidligere undersøkelser har vist har betydning for produktiviteten i forskningsgrupper.

I en egen undersøkelse har Stankiewicz (1979) studert 172 forskergrupper i naturvitenskap og teknologi ved svenske universiteter. Gruppene varierte i størrelse fra 2 til 18 forskere. Han fant en kurvelineær sammenheng mellom produktivitet og størrelse. Den optimale størrelsen på forskningsgruppene lå rundt 3-4 personer mht. produktivitet og rundt 5-7 personer mht. vitenskapelig anerkjennelse. Stankiewicz fant imidlertid at når grad av gruppesamhold og visse karakteristika ved gruppelederne ble tatt i betraktning, måtte de nevnte konklusjoner modifieres. Oppsummert er Stankiewicz's resultater følgende:

- Når gruppesamholdet er lavt, er det en sterk nedgang i produktiviteten i grupper med flere enn 7 forskere.
- Sammenhengen mellom størrelse og produktivitet er sterk i grupper ledet av forskere med lang erfaring.
- I grupper ledet av unge forskere er det en negativ sammenheng mellom produktivitet og gruppestørrelse.

Stankiewicz konkluderer med at det synes risikabelt å la forskningsgrupper bli særlig større enn 7 medlemmer. I de tilfeller det er nødvendig å danne større grupper, bør det settes inn tiltak for å motvirke potensielle farer for minsket gruppesamhold.

I en undersøkelse av 127 laboratorier i tre amerikanske forskningsinstitusjoner fant en ingen sammenheng mellom størrelse og gjennomsnittlig antall publikasjoner pr. forsker (Cohen, 1981). Laboratoriene varierte i størrelse fra 1 til 46 forskere og doktorgradsstudenter. Gjennomsnittlig laboratoriestørrelse ved de tre forskningsinstitusjonene varierte mellom 10 og 20 forskere. Bare for den ene av institusjonene, hvor laboratoriene hadde fra 1 til 27 forskere, fastslår Cohen at laboratoriene kan oppfattes som forskningsgrupper. I de to andre institusjonene var gjennomsnittsstørrelsen på laboratoriene større, og besto antakelig av to eller flere forskningsgrupper i hver.

I en annen undersøkelse har Knorr et al., (1979) studert effekten av gruppestørrelse på publiseringsproduktivitet blant et utvalg på 456 forskergrupper i naturvitenskap og 157 forskergrupper i teknologi ved europeiske universiteter. De fant en negativ sammenheng mellom gruppestørrelse og publiseringsaktivitet pr. forsker. I grupper hvor forskningsomfanget oversteg fire årsverk, var produktiviteten gjennomsnittlig lavere enn i de mindre gruppene.

I en intervjuundersøkelse blant britiske forskere i matematikk, fysikk, biokjemi og kjemiteknikk mente 35 prosent at den kritiske minstestørrelsen for en gruppe er tre eller fire "academic staff", 35 prosent sa fem eller seks, og 24 prosent nevnte sju eller åtte. Grupper større enn dette ble ikke ansett som hensiktsmessig (Martin og Skea, 1992).

Etzkowitz har på bakgrunn av studier av forskningsgrupper i kjemi trukket følgende konklusjon (1992:36):

"An academic research group may consist of as few as three persons - a teacher and two students - up to more than twenty. A middle range of four at the lower limit and six to eight persons at the upper limit, depending upon the field of research and managerial skill of the teacher, is viewed as the ideal number. It is considered to be neither too small to lose the opportunity for face-to-face relationships with a variety of persons, nor too large to be beyond the capacity of the teacher to keep it on the track laid down by the larger project, while still attending closely to the activities of each member."

I en omfattende gjennomgang av litteraturen på feltet konkluderes det likeledes med at i naturvitenskapene synes en gunstig størrelse å være 3-5 forskere pluss doktorgradsstudenter og teknisk personale. Dersom forskergruppene blir større enn dette (5-12 personer) er det generelt sett ingen stordriftsfordeler, siden dette representerer et naturlig maksimum for effektiv kommunikasjon (Johnston et al., 1993; Johnston, 1994). Det blir videre pekt på at (Johnson et al., 1993:71):

"Indeed, the general picture emerging from the operation of larger units such as research centres, is that once size exceeds this norm by any substantial level, fission will occur to re-establish the desired interaction patterns. For fields of science where reseachers follow this pattern of forming themselves into subfield-based groups of 5-12, there is little evidence that research benefits directly from economies of scale, at least in terms of greater output or impact assessed through journal citation."

4 Instituttstørrelsens betydning

4.1 Instituttens plass i universitetsorganisasjonen

Universitetet som organisasjon er en relativt løs ramme for samhandling som det vitenskapelige personalet i begrenset grad har lojalitet til. Kunnskapsspesialiseringen innebærer heterogenitet og lav integrering av et stort antall fagfelt som i stor grad er uavhengige av hverandre. Det som binder forskere sammen er snarere disiplinfellesskapet enn universitetet som organisasjon. Men selv om det ofte er i forskergrupper eller gjennom samarbeid mellom enkeltforskere ved forskjellige institusjoner selve forskningen blir utført, er det instituttene som utgjør det formelle rammeverket omkring virksomheten, og som organiserer universitetenes undervisningstilbud. Instituttene er derfor den grunnleggende formelle organisatoriske enhet ved universitetene.

Institutter er imidlertid et relativt sent fenomen i europeisk og nordisk universitetssammenheng. Opprinnelig var fakultetene de organisatoriske grunneneheter ved universitetene. Innenfor hvert fakultet var fagfeltene sentrert rundt et embete - 'professoren'. I de naturvitenskapelige og medisinske fag utviklet det seg etterhvert samlinger og laboratorier som senere tok form av institutter. Dette ble etterhvert også modellen i de humanistiske og samfunnsvitenskapelige disipliner. I de nordiske land var det først på 1960-tallet, og i takt med veksten i antall studenter og ansatte, at oppbyggingen av større instituttheter tok til. Denne utviklingen har imidlertid fulgt et noe forskjellig mønster i de nordiske land (Kyvik og Ødegård, 1990). Finland og Sverige har i større grad enn Danmark og Norge holdt fast ved den tyske historiske tradisjon med at hver professor skal ha sitt eget institutt, mens de to sistnevnte landene har gått i retning av den amerikanske modellen med større institutter og flere professorer.

Det faktum at forskning foregår i grupper eller gjennom samarbeid mellom enkeltforskere reiser spørsmålet om et universitetsinstitutt er en meningsfull enhet for analyser av forskningsvirksomhet. En britisk undersøkelse av et utvalg naturvitenskapelige disipliner viser at mange forskere mener det er forskergruppen som bør vurderes og ikke instituttet. Det blir pekt på at "kritisk masse" er mer relevant for vurdering av gruppestørrelse enn for instituttstørrelse (Martin og Skea, 1992). Uansett hvilket syn som her er det riktige, lar det seg likevel gjøre å teste om det finnes statistisk signifikante sammenhenger mellom størrelsen på universitetsinstitutter og deres forskningsproduksjon, målt med ulike indikatorer.

4.2 Argumenter for og mot store institutter

Det kan framføres en rekke argumenter for at store institutter gir bedre betingelser for å utføre forskning enn små institutter. For det første vil det være lettere å danne forskningsgrupper. For det andre er det større sannsynlighet for at flere forskere vil ha samme faglige interesser, for det tredje vil det være lettere å få til et stimulerende faglig miljø, og for det fjerde vil det dessuten være større sannsynlighet for at det skal komme eller frambringes en forsker av internasjonalt format. En slik forsker kan sette en faglig standard som kollegene må forholde seg til; noe som kan bidra til å heve ambisjonene og det faglige nivå på instituttet. I tillegg kan stordriftsfordeler gjøre det lettere å få til gode forskningsmuligheter: teknisk utstyr, instrumenter, teknisk stab og kontorhjelpe kan lettere utnyttes optimalt i store institutter enn i små. Det har dessuten vært hevdet at det vitenskapelige personalet vil bruke mindre tid til administrasjon i store enn i små institutter, fordi arbeidsoppgaver og verv kan deles på flere.

En god begrunnelse for å øke størrelsen på universitetsinstitutter er gitt i en innstilling om den organisatoriske oppbygging av Universitetet i Bergen (1971). Her gikk flertallet inn for at det burde etableres institutter som ikke besto av mindre enn 15-20 vitenskapelig ansatte. Bare i spesielle tilfeller skulle man kunne beholde eller opprette institutter som var mindre. Begrunnelsen var følgende:

"I de fleste fag går utviklingen mot en stadig større oppløsning av tradisjonelle grenser. Dette har ført til at fagfelt som tidligere lå klart mellom avgrensede områder nå er omtrent like tett befolket av forskere som de mer tradisjonelle feltene. Videre har utviklingen ført til særlig i eksperimentelle fag - at nye og uforutsette teknikker og hjelpemidler kan gjøres bruk av i forskningen, og at innovasjon særlig foregår i kontakten mellom grupper. En liknende situasjon gjør seg også gjeldende på undervisningsområdet, der både metodiske og teoretiske temaer går på tvers av tradisjonelle spesialiteter. Dette har fått uttrykk i at svært mange universitetsfag omfatter disipliner fra flere institutter. Skillelinjer kan ikke elimineres i universitetsstrukturen, men virkningen av dem kan reduseres ved at enhetene gjøres relativt store. Slike store enheter vil kunne disponere over større ressurser og utgjøre større kommuniserende fagmiljøer, og dermed bli mer tjenlige for den enkeltes formål."

Under visse vilkår kan imidlertid stordriftsfordeler på ett område skape uheldige side-effekter på andre. Et generelt funn i studier av organisasjoner er at økende størrelse leder til behov for formelle regler og rutiner som ofte kan virke hemmende både på den enkeltes og organisasjonens initiativ og innovative virksomhet.

I tillegg er det vel kjent at genuine forskerfellesskap ikke alltid faller sammen med det institutt en forsker er knyttet til. Den enkelte sub-disiplin eller forskningsspesialitet er ofte et viktigere sammenknytningspunkt enn en formell forskningsorganisasjon (Crane, 1972, Thagaard, 1986). En forsker kan ha sine viktigste forskerkolleger spredt i en rekke land, og ikke blant dem han omgås til daglig. For å si det med Trow (1983:34):

"Departments vary from eight or nine to eighty or ninety academics; but sub-disciplines within departments can be smaller, and the effective number of scholarly or scientific colleagues who can read and criticize one's work competently may be very much smaller. The real intellectual community for teachers in a research university is the "invisible college" of people throughout the world working on the same or closely related problems who read and cite each other's work."

F.eks. indikerer australske og britiske undersøkelser at internasjonalt forskningssamarbeid kan kompensere for små forskningsmiljøer (Martin og Skea, 1992; Johnston et al., 1993). Det blir bl.a. pekt på at i utstyrstunge disipliner vil kontakten med og muligheten for opphold ved internasjonale sentra, være viktigere enn størrelsen på eget fagmiljø.

Det kan også tenkes at behovet for store enheter vil kunne være større i 'harde' enn i 'myke' fag, fordi mer av forskningen i de førstnevnte fagene foregår i team. Det har f.eks. vært hevdet at i samfunnsvitenskapene vil man ikke finne noen nødvendig sammenheng i forskningens kvalitet mellom store og små institutter. Forskjellen ligger i at store institutter vil kunne utvikle flere kreative, men små grupper, enn de mindre instituttene (Brox, 1983).

Hva regnes så som kritisk minstestørrelse for universitetsinstitutter i policy-dokumenter? Tallene 15-20 går igjen mange steder. I Norge opererte Universitets- og høskoleutvalget (1988) med en "minstestørrelse på omlag 20 faglig tilsatte", og en komite ved Universitetet i Bergen (1971) med minimum "15-20 vitenskapelig ansatte". Det er uklart hva som ligger i begrepet "tilsatt", men vi må anta at vitenskapelige assistenter og stipendiater, dvs. forskerrekutter, er inkludert, siden dette er definert som *stillinger* i det norske universitets- og høskolesystemet.

I Storbritannia kom University Grants Committee (UGC) i 1984 med forslag om å danne institutter av en viss minstestørrelse, og foreslo bl.a. at institutter i fysikk og kjemi burde ha minst 15 og geologi og miljøfag minst 12 "staff" for å ivareta behovene for utdanning på "undergraduate" nivå. En komite nedsatt av UGC i 1987 foreslo at en minimumsstørrelse for "front-rank research" institutter i geologi og geofysikk burde være 20 "scientists". Et år senere kom UGC evalueringer av fysikk og kjemi til samme konklusjon, og det ble hevdet at forskningsressurser burde konsentreres i institutter med over 20 "faculty" (jf. Martin og Skea, 1992).

4.3 Foreliggende forskning

Bare et fåtall studier har undersøkt sammenhengen mellom instituttstørrelse og faglig aktivitet. Dette er overraskende, ikke minst på bakgrunn av den store interessen for organisasjonsspørsmål blant forskningspolitikere og universitetsledere.

En undersøkelse av et stort utvalg amerikanske universiteter rapporterer en kritisk minstestørrelse på mellom 11 og 15 instituttansatte med hensyn til vitenskapelig produktivitet (Blackburn et al., 1978). Denne studien har imidlertid metodiske svakheter. For det første er det ikke korrigert for medforfatterskap. Dessuten har

den ikke tatt hensyn til mangfoldet av universiteter i USA. De beste universitetene har ofte også de største instituttene med de mest produktive forskerne.

I en studie av to sveitsiske tekniske universiteter fant Fritschi og medarbeidere (1980) ingen systematisk sammenheng mellom instituttstørrelse og antall publikasjoner - alle instituttene sett under ett. Men de rapporterer en signifikant produktivitetstopp for mellomstore institutter (9-22 forskere og assistenter) i bestemte disipliner (kjemi, fysikk og matematikk).

Forholdet mellom instituttstørrelse, produktivitet og synspunkter på faglig miljø har vært undersøkt i to norske studier (Kyvik, Tvede og Ødegård 1989, Kyvik og Larsen 1993, Kyvik, 1995a). Begge undersøkelsene har vært basert på data hentet inn gjennom spørreskjema til samtlige ansatte i faste vitenskapelige stillinger ved universitetene. Ingen av disse studiene finner noen signifikant sammenheng mellom størrelse og publiseringsaktivitet. I den senere studien er det tvert imot en tendens i retning av at personalet ved små institutter er mer fornøyde med det faglige miljøet ved eget institutt enn sine kolleger ved de store instituttene. Ser vi på de enkelte fagområdene, er det særlig i humaniora at personalet ved de små instituttene er mest fornøyde, mens det motsatte er tilfelle for personalet i medisin. En mulig forklaring på denne forskjellen kan være at i humaniora, med en individualistisk orientert forskningsstil, og hvor instituttene ofte fungerer mer som undervisningsenheter enn som forskningsorganisasjoner, vil størrelsesaspektet spille en mindre rolle enn i de fag hvor teamarbeid er en naturlig del av forskningsprosessen.

Faglig miljø er imidlertid et mangetydig begrep som kan ha forskjellig meningsinnhold for den enkelte forsker. Når en del av personalet vurderer det faglige miljøet som relativt dårlig, kan dette for noen bety for få kolleger, at det faglige nivået er for svakt, eller at det er for lite faglig samarbeid internt ved instituttet. I den norske studien ble det derfor undersøkt hvilke forhold personalet selv mente kunne bedre det faglige miljøet ved eget institutt. Ca. 40 prosent av personalet mente at henholdsvis flere fast ansatte forskere totalt og på eget felt, samt flere doktorgradsstudenter og gjesteforskere *i stor grad* ville kunne bedre det faglige miljøet. Bare et lite mindretall av forskerne var av den oppfatning at et større faglig miljø ikke har noen betydning.

Det var imidlertid ingen forskjeller mellom dem som vurderte det faglige miljøet som henholdsvis godt, tilfredsstillende eller dårlig når det gjaldt vurderingen av størrelsesforhold. Derimot viser det seg at jo mindre fornøyd personalet generelt er med det faglige miljøet ved eget institutt, i jo større grad vektlegges betydningen av *bedre samarbeid, strammere styring* og *bedre psykososiale forhold*.

Den viktigste forklaringen på disse motsetningsfylte resultatene er muligens at personalet virkelig mener og tror at flere kolleger vil bedre det faglige miljøet, mens dette ikke lar seg påvise ved nærmere undersøkelser.

Den grundigste og mest omfattende undersøkelsen av forholdet mellom instituttstørrelse og "research performance" er foretatt i Storbritannia.

Undersøkelsen består av to deler. Den første delen er en analyse av statistiske data om forholdet mellom størrelse og antall publikasjoner/siteringer til publikasjonene ved samtlige universitetsinstitutter i fysikk, kjemi og geovitenskap. Den andre delen er en intervjuundersøkelse blant et utvalg forskere ved universitetsinstitutter i matematikk, fysikk, biokjemi og kjemiteknikk (Martin og Skea, 1992).

Den statistiske undersøkelsen av forholdet mellom input og output-faktorer viste at instituttstørrelse (antall fulltids ansatte forskere) forklarte en svært liten del av variasjonen i publiseringsaktivitet. Det var en svak lineær sammenheng mellom størrelse og produktivitet i fysikk og kjemi, men ingen sammenheng i geovitenskap. Dersom doktorgradsstudenter ble inkludert i størrelsesvariabelen forsvant imidlertid den statistiske korrelasjonen. Det samme skjedde når Oxford og Cambridge ble holdt utenfor analysene. Det var dessuten ingen signifikant sammenheng mellom instituttstørrelse og antall siteringer til instituttets publikasjoner pr. vitenskapelig ansatt.

Intervjuundersøkelsen bekreftet heller ikke antakelsene om en sammenheng mellom instituttstørrelse og faglig aktivitet. Bare 6 prosent av de intervjuede nevnte instituttstørrelse som en faktor som influerte på "research performance". Til sammenligning nevnte ca 45 prosent "staff calibre" og "funds".

Den britiske undersøkelsen konkluderer med at størrelsen på instituttene bare synes å ha betydning i de tilfeller der forskergrupper samarbeider nært med hverandre, og der det vitenskapelige utstyret er felles for de ulike gruppene.

Påstanden om at det vitenskapelige personalet ved store institutter vil bruke mindre tid til administrasjon ved store enn ved små institutter, fordi dette arbeidet da kan deles på flere, finner heller ingen støtte i faglitteraturen. En norsk undersøkelse viser at det faste vitenskapelige personalet ikke bruker særlig mindre tid til administrasjon ved store institutter enn ved små (Kyvik, 1995b). Det er bare en meget svak, men signifikant negativ korrelasjon (-0.07) mellom instituttstørrelse og den tid den enkelte instituttmedarbeider bruker på administrativt arbeid.

5 Forskerutdanning og størrelse på forskningsmiljøer

5.1 Produktivitet og kvalitet i doktorgradsutdanning

Hva er kritisk minstestørrelse på et forskningsmiljø for å drive med forskerutdanning? Igjen står vi overfor det problem at *analyseenheten* ikke er entydig. Mens enkelte tar utgangspunkt i det disiplinorienterte *institutt* som enhet, tar andre utgangspunkt i *doktorgradsprogrammet*. I tillegg kommer at størrelsesbegrepet blir definert på ulike måter. Vi kan dermed peke på minst fire operasjonaliseringer av størrelse som brukes jevnlig:

- a) Antall ansatte som kan undervise på doktorgradskurs og gi veiledning.
- b) Forskningsmiljøets totale størrelse, inklusive doktorgradsstudenter.
- c) Antall doktorgradsstudenter.
- d) Antall uteksaminerte doktorgradskandidater pr. år.

I tillegg har minst to ulike mål på produktiviteten og tre ulike mål på kvaliteten på et miljøes doktorgradsutdanning blitt brukt:

Produktivitet

- a) Antall studenter som oppnår en doktorgrad.
- b) Antall år studentene bruker for å oppnå doktorgraden.

Kvalitet

- a) Kvaliteten på veiledere og kursansvarlige.
- b) Bredden i det vitenskapelige personalets kvalifikasjoner.
- c) Kvaliteten på de ferdige doktorgradskandidatene.

Produktivitetsmålene blir dessuten ofte brukt som kvalitetsmål; dvs. at et kjennetegn ved gode doktorgradsinstitusjoner er at en stor andel av studentene oppnår en doktorgrad - og i løpet av normert tid. Det er imidlertid ikke noen nødvendig konsistens mellom produktivets- og kvalitetsmål. F.eks. kan bredden i det vitenskapelige personalets kvalifikasjoner være store, men gjennomføringsgraden blant studentene lav; eller veilederne kan ha meget høye faglige kvalifikasjoner, men deres studenter kan bruke svært lang tid på å oppnå en doktorgrad.

5.2 Argumenter for og mot store forskerutdanningsmiljøer

Det blir ofte hevdet at skal et forskningsmiljø drive forskerutdanning bør det være av en viss størrelse og faglig bredde. Disse synspunktene er blitt kraftfullt formulert av den amerikanske utdanningsforskeren Burton Clark. Han har vært ansvarlig for en stor undersøkelse av doktorgradsutdanning i USA, Storbritannia, Frankrike, Tyskland og Japan (Clark, 1993a; Clark, 1995), og i en omtale av det britiske forskerutdanningssystemet trekker han bl.a. følgende konklusjon (Clark, 1993b:312-13):

"... limited scale increasingly has major disadvantages. (...) In Britain, as elsewhere, geniuses and saints are in such short supply that only on occasion can a department of ten do the work of a department of forty. The department that is radically undersized by international as well as domestic standards then has a quantity problem that becomes a quality problem. With only a handful of post-graduate students the department cannot readily mount taught courses for doctoral students, especially when the department and the university have little power to cross-subsidize. The small department cannot then be a highly competent advanced teaching group, covering tangible knowledge the way a large department can, cheek-to-jowl with research clusters."

Disse synspunktene har senere fått tilslutning i britisk utdanningspolitikk gjennom anbefalinger gitt i den såkalte Harris Report (Harris, 1996). Her heter det bl.a. at (s. 56): "There is a strong argument that postgraduate research education is likely to be delivered most effectively in the context of a critical mass of research activity." Rapporten tallfester imidlertid ikke hva som menes med kritisk masse, og den er blitt kritisert, bl.a. fordi den ikke skiller mellom fagdisipliner (Delamont, Atkinson og Parry, 1997).

På den annen side har det vært pekt på at siden forskning foregår i grupper, og doktorgradsstudentene er medlemmer av forskerteam, har ikke størrelsen på instituttet noen betydning for doktorgradsstudentenes *avhandlingsarbeid*. I tillegg blir det større nærhet mellom det vitenskapelige personalet og doktorgradsstudentene i små enn i store miljøer. Veiledningsrelasjoner kan derfor bli tettere og mer forpliktende for begge parter. *Bredden* i utdanningen blir ivaretatt gjennom forpliktende deltakelse i doktorgradskurser, og disse kan like gjerne arrangeres ved andre universiteter, enten i eget land eller i utlandet.

5.3 Foreliggende forskning

I USA er det foretatt en stor undersøkelse av doktorgradsutdanningen innenfor seks sentrale fagdisipliner; engelsk, historie, statsvitenskap, sosialøkonomi, matematikk og fysikk (Bowen og Rudenstine, 1992). I tillegg til å systematisere foreliggende data fra samtlige amerikanske doktorgradsprogrammer, ble det samlet inn data fra ti anerkjente universiteter med sterke tradisjoner for slik utdanning; Berkeley, Chicago, Columbia, Cornell, Harvard, Michigan, North Carolina, Princeton, Stanford og Yale. Forfatterne har brukt to ulike metoder for å undersøke om størrelsen på doktorgradsprogrammene har noen betydning for resultatet. For det første har de sammenlignet størrelsen på samtlige doktorgradsprogrammer i USA med kvaliteten på programmene. For det andre har de sammenlignet doktorgradsgjennomføring ved 'store' og 'små' programmer ved de ti ovennevnte universitetene.

Størrelse og kvalitet ved samtlige universiteter

I denne analysen bruker forfatterne antall uteksaminerte doktorgradskandidater i et gitt år som mål på programmets størrelse. Kvalitet er operasjonalisert med utgangspunkt i to uavhengige vurderinger av doktorgradsprogrammer, foretatt av et stort antall universitetsansatte, og deretter delt inn i fire kategorier. De finner at det er en sterk positiv sammenheng mellom dette målet og størrelsen på programmene. Det vil si at jo større programmene er, jo høyere er kvaliteten på doktorgradsutdanningen. Denne sammenhengen gjelder for alle de seks utvalgte fagdisiplinene. Bowen og Rudenstine trekker følgende konklusjon (s. 70-71):

"This finding is not surprising, especially since causation clearly flows in both directions. Relatively large numbers of students are attracted by the strongest programs; and most observers agree that doctoral programs ordinarily require a reasonably substantial 'critical mass' in order to create the conditions for excellent graduate work. In larger programs, there is a sufficient number of graduate students to permit a lively exchange of ideas and to allow for seminars of at least modest size in the various subfields of a discipline. Such opportunities for group discussion are valuable in all fields of study. In the sciences, a dependable influx of new students is especially important. Advanced research in most scientific fields demands a high degree of collaboration, and it is essentially impossible to address many of the most significant problems outside the context of a laboratory setting in which a team of graduate students, postdoctoral fellows, and faculty work together. These considerations help to explain why physics programs in all tiers tend to be larger than programs in our other five fields, and why the relationship between size and quality is especially strong in physics. A program of reasonable size, regardless of the particular discipline, ensures that there is likely to be a sufficiently large group of faculty to provide adequate coverage across several areas, and that faculty and students alike will be provided with necessary library materials, laboratory facilities, equipment, and other resources."

Forfatterne legger imidlertid til at (s. 74):

"Some small programs are, of course, excellent, particularly if they are in significant but highly specialized fields where the nature of the specialty - and the very modest

number of academic or other jobs ordinarily available - tend to act as a natural limit on the flow of students pursuing PhDs. In larger and more central fields, however, the presence of a small program (and certainly of a very small program) often indicates that there are problems. For example, if only one or two doctoral degrees are awarded annually in English, history, economics, or physics at a given institution, that fact may well indicate that the department in question is having serious problems either in attracting students or in supporting and retaining them."

Undersøkelsen viser at halvparten av alle doktorgradsprogrammene i de seks fagene uteksaminerte i gjennomsnitt færre enn fire kandidater pr. år i 1980-årene, og at 22 prosent av alle programmene uteksaminerte færre enn to kandidater pr. år.

Hva utgjør så en kritisk minstestørrelse for doktorgradsprogrammer i USA? Bowen og Rudenstine anslår noe tilfeldig tre doktorgrader pr. år i gjennomsnitt over en viss periode, men peker på at dette tallet selvsagt kan variere etter hvilket fagfelt det er tale om. Det synes imidlertid å være nokså ulike oppfatninger om hvor stort et doktorgradsprogram bør være. En rapport fra California State Postsecondary Education Commission (1985) har f.eks. en langt mer positiv holdning til små programmer og hevder at (s. 70): "While the number necessary for critical mass undoubtedly varies with circumstances, a program that awards only two or three doctorates over a five-year period probably lacks it."

Doktorgradsgjennomføring ved 'store' og 'små' programmer

Bowen og Rudenstine bruker antall nye doktorgradsstudenter på et program i et gitt år som indikator på programmets størrelse. 'Store' programmer har begynnerkohorter på gjennomsnittlig 60 studenter, mens 'små' programmer har gjennomsnittlig 20 studenter. (Her må det i parentes bemerkes at de programmer som her blir betegnet som 'små' er store programmer både i internasjonal og amerikansk sammenheng.) Forfatterne finner, noe overraskende, at innenfor de ledende universitetene fullfører langt flere studenter doktorgraden og bruker kortere tid ved 'små' programmer enn ved 'store'. I engelsk, historie og statsvitenskap var sannsynligheten for å fullføre doktorgradsstudiene nærmere dobbelt så høye ved 'små' programmer som ved 'store'. I økonomi, matematikk og fysikk var fullføringsgraden ca 20 prosent høyere ved 'små' enn 'store' programmer.

Spørsmålet er om disse forskjellene skyldes størrelse i seg selv eller andre faktorer. Det ble for det første kontrollert for kvinneandel, siden kvinner historisk sett har hatt lavere gjennomføringsgrad enn menn, studentenes økonomiske situasjon, og kvaliteten på programmene, målt ut fra ulike indikatorer, men ingen av disse faktorene endret på resultatene. Forfatterne konkluderer følgelig med at størrelsen på doktorgradsprogrammene har en klar negativ effekt på gjennomføringsgraden. Grundigere analyser av datamaterialet viser at forskjellen mellom 'store' og 'små' programmer ligger i hva som skjer i løpet av det første året på doktorgradsprogrammene. Langt flere studenter slutter før de er kommet i gang med avhandlingsarbeidet ved 'store' enn ved 'små' programmer. Når man sammenligner studenter som består kurseksamener det første året og som går videre, er det ingen forskjeller mellom 'store' og 'små' programmer i gjennomføringsgrad. Forfatterne er usikre på hva dette kan skyldes, men antyder at

studenter ved 'små' programmer kan ha fått mer hjelp og oppmuntring fra det vitenskapelige personalet til å fullføre kurs, satse på en doktorgradsutdanning, og utvikle et opplegg for doktorgradsavhandlingen.

Hvilke konklusjoner kan vi så trekke av denne store amerikanske undersøkelsen? En konklusjon er at sammenligninger av kvaliteten på store og små programmer basert på det vitenskapelige personalets egne vurderinger av tilstanden ved andre universiteter i et så stort samfunn som det amerikanske, har sine klare begrensninger. Store programmer er mer synlige enn små og vil følgelig lett kunne bli overvurdert i kraft av sin størrelse. Når mer objektive mål som gjennomføringsgrad og gjennomføringstid blir brukt som indikatorer, kommer de store programmene klart dårligere ut enn de mellomstore i amerikansk sammenheng. Slike indikatorer sier på den annen side lite om kvaliteten på avhandlingsarbeidet. Bowen og Rudenstine tviler selv på om det er mulig å definere en optimal størrelse på doktorgradsprogrammer. De hevder likevel at for små programmer ikke er hensiktsmessige, og at noen programmer muligens er blitt for store.

6 Andre faktorer som innvirker på produktivitet og kvalitet

Størrelse er bare en av mange faktorer som kan ha innflytelse på forskningens resultater.

For å sette betydningen av miljøstørrelse i relieff, kan det være nyttig å gi en oversikt over andre variabler som blir ansett for å være viktige. Det kan være hensiktsmessig å skille mellom fire sett av faktorer; *trekk ved forskerpersonalet, ressurser, forskningsledelse og forskningskultur*. Hvilke av disse faktorene som bidrar til høy produktivitet og kvalitet i forskning, og i hvilken utstrekning de eventuelt gjør det, er imidlertid ikke lett å besvare fordi det er vanskelig å isolere effekten av de ulike faktorene fra hverandre. Forskning er, uansett hvor godt organisert og finansiert den er, i stor grad et spørsmål om individuelle egenskaper. Hva betyr medfødte og tillærte egenskaper og hva betyr miljøfaktorer i denne sammenheng? Er det i det hele tatt mulig å organisere gode forskningsmiljøer, eller er det mer eller mindre tilfeldige konstellasjoner av enkeltindivider og opphopning av ekstraordinære forskningsbegavelser som skaper god forskning?

6.1 Trekk ved forskerpersonalet

Det har vært foretatt en lang rekke studier for å belyse mulige sammenhenger mellom forskeres personlighetstrekk og kvaliteten på deres forskning (se f.eks. Jackson og Rushton, 1987 for en oversikt). I særlig grad gjelder dette spørsmålet om hva som kjennetegner kreative personer. Fellestrekk synes å være fullstendig opptatthet av sitt arbeid og liten interesse for sosiale aktiviteter. De kan videre karakteriseres som ambisiøse, dominerende og uavhengige personligheter.

Andre studier har forsøkt å undersøke mulige sammenhenger mellom intelligens og forskningskvalitet. Selv om vi kunne forvente en nær sammenheng mellom de evner som er nødvendige for å skåre høyt på en intelligenstest og de evner som er nødvendige for å bli en dyktig forsker, viser undersøkelser at det faktisk hverken er noen signifikant sammenheng mellom målt intelligens og antall publikasjoner eller mellom IQ og antall ganger disse publikasjonene er blitt sitert (Bayer og Folger, 1966; Cole og Cole, 1973). En forklaring kan være at forskere generelt har langt høyere IQ enn gjennomsnittet av befolkningen. De relativt små forskjellene i intelligens målt ved IQ-tester kan være for små til at de får noen praktisk betydning for forskningsinnsatsen når også psykologiske og sosiale forhold har innflytelse på produktivitet og kvalitet. En annen forklaring kan være at tradisjonelle IQ-tester ikke fanger opp viktige egenskaper ved dyktige forskere, som f.eks. kreativitet og interesse for sitt fag.

Det har også vært foretatt en rekke studier for å belyse om forskernes alder har noen betydning for kvaliteten på deres forskning. Dette spørsmålet er uavklart, selv om mye kan tyde på at i fag hvor den teknologiske utvikling går raskt, kan en del eldre forskere få problemer med å holde seg ajour. I fag hvor kunnskapsoppbyggingen går mer sakte, som i humanistiske og

samfunnsvitenskapelige disipliner, er det lite som tyder på at alder har noen betydning (se Kyvik, 1990; 1994; Stephan og Levin, 1992).

6.2 Ressurser

Dette dreier seg bl.a. om penger, vitenskapelig utstyr og forskningsassistanse, samt tid til å drive forskning. Det er imidlertid uklart hvilken betydning rikelig tilgang på ressurser har for kvaliteten på forskningen. Selv om det er vanlig å anta at det er sammenheng mellom ressurstilførsel og vitenskapelig kvalitet, finnes det ikke forskningsmessig belegg for at ekstra ressurser utover et tilfredsstillende nivå vil øke prestasjonsnivået (Johnston, 1993). I en større undersøkelse av forskergrupper i seks land er et av hovedfunnene (Andrews, 1979:10):

"... the rather consistent and somewhat surprising *absence* of notable relationships between indicators of economic or physical resources and the effectiveness of research units. The reasons for this lack of relationship are not completely understood, but it seems quite clear that once the resource base is sufficient to keep a research unit viable, there is no necessary linkage between material endowment and quality of research performance."

En rekke undersøkelser viser dessuten at det bare er en meget svak sammenheng mellom tid til forskning og hvor produktive forskerne er (se Kyvik, 1991).

Disse resultatene kan imidlertid ikke tolkes i retning av at ressurser til forskning ikke betyr noe for forskningens kvalitet. I enkelte disipliner er kostbart utstyr en forutsetning for å kunne bidra med ny kunnskap, og tid til konsentrasjon om forskningsoppgaver er selvsagt nødvendig. Problemet er å finne ut hva som er et *tilstrekkelig* ressursgrunnlag. I lys av samfunnets store investeringer i forskning er det imidlertid et paradoks at det så og si ikke finnes systematisk kunnskap om sammenhengen mellom forskningsfinansiering og vitenskapelig kvalitet.

6.3 Forskningsledelse

Det kan synes nokså åpenbart at god faglig ledelse av forskningsprosjekter, forskningsgrupper og institutter vil påvirke kvaliteten på forskningen. Det finnes imidlertid lite systematisert kunnskap om dette, kanskje nettopp fordi denne sammenhengen synes så selvfølgelig. En svensk undersøkelse har imidlertid dokumentert en positiv sammenheng mellom forskergruppers produktivitet og ledelsens erfaring (Stankiewicz, 1979). Et annet funn er at forskergrupper basert på faglig autoritet og vitenskapelig kompetanse er av større betydning i universitets- og høyskolesektoren enn i næringslivets laboratorier (Knorr et al, 1979).

Det er imidlertid mer uklart hvilken betydning instituttledelse, i motsetning til prosjekt- og gruppeledelse, har for kvaliteten for forskningen. Dill (1986) hevder i en oversiktsartikkel at personlige karakteristika ved ledere av akademiske institutter i liten grad har betydning for resultatene av instituttene virksomhet. En amerikansk undersøkelse av offentlige og private teknologiske institutter og laboratorier tyder imidlertid på at instituttlederens rolle er viktig (Allen et al, 1988).

Forskjellen i konklusjoner kan tyde på at det på dette feltet er betydelige forskjeller mellom grunnforsknings- og anvendte institusjoner. De sistnevnte står overfor klare krav om å levere håndfaste resultater og produkter innenfor gitte tidsfrister, mens universitetsforskere konkurrerer om oppmerksomhet blant fagkolleger. Frihet til å forfølge egne ideer uten tidspress og med umiddelbare krav til resultater er av større betydning ved universitetene enn i instituttsektoren og næringslivets laboratorier.

To undersøkelser blant universitetsansatte viser da også at det bare er et mindretall av akademiske forskere som ser behov for å styrke den faglige ledelsen av instituttene.

I en britisk undersøkelse av hvilke faktorer som påvirker kvaliteten på universitetsinstituttene rangerte et utvalg forskere faglig dyktig instituttledelse på fjerde plass, etter kvaliteten på personalet, økonomiske ressurser og tid til forskning (Martin og Skea, 1992). Hver fjerde forsker nevnte ledelse, men bare hver tiende som den viktigste faktoren. Til sammenligning oppga halvparten av respondentene personalets kvalitet og en tredjedel rangerte denne faktoren på førsteplass.

I en norsk undersøkelse anså halvparten av det faste vitenskapelige personalet ved universitetene at sterkere faglig instituttledelse ville kunne bedre det faglige miljøet ved eget institutt. Bare 17 prosent av personalet oppga "i stor grad", mens 39 prosent mente at dette ikke hadde noen betydning. Til sammenligning mente 41 prosent at flere doktorgradsstudenter "i stor grad" ville kunne bedre det faglige miljøet (Kyvik og Larsen, 1993).

Disse undersøkelsene kan imidlertid ikke tolkes ensidig i retning av at bedre faglig ledelse av universitetsinstitutter ikke har betydning for kvaliteten på forskningen. På dette feltet er kunnskapsgrunnet for dårlig.

6.4 Forskningskultur

Med forskningskultur menes her forskernes *normer, verdier og holdninger* til eget og kollegers arbeid, samt *kommunikasjons- og samarbeidsforhold*. Selv om mange forskere bare har faglig samarbeid med et fåtall av sine instituttkolleger, og i sin forskningsvirksomhet er nærmere knyttet til fagfeller ved andre institusjoner, er det likevel ikke til å komme bort fra at det samlede instituttmiljø har betydning for den enkelte forsker, både faglig og trivselsmessig. Amerikanske undersøkelser har f.eks. vist at forskere som flytter fra mindre gode til gode universiteter etter noen år tenderer til å øke produktiviteten i form av høyere publiseringsaktivitet, mens de som flytter fra gode til mindre gode institusjoner blir mindre produktive (Long, 1978; Long og McGinnis, 1981). Det vil altså si at det er større sannsynlighet for at en forsker vil være mer produktiv i et godt faglig miljø enn i et mindre godt. Man tilpasser seg med andre ord den forskningskulturen som preger ens nye arbeidssted.

Amerikanske nobelprisvinnere har likeledes pekt på at de har gjort bedre arbeid i visse grupper eller laboratorier enn i andre (Zuckerman, 1977). Slike observasjoner tyder på at vitenskapelig kvalitet ikke bare er et resultat av individuelle egenskaper, men også av samhandling med kolleger.

En rekke undersøkelser viser at hyppig utveksling av informasjon, faglige diskusjoner, sosial samhandling og samarbeid mellom forskere har gunstig innvirkning på den faglige aktiviteten. En dansk undersøkelse blant universitetsansatte viser at på spørsmål om hva som var viktigst for å skape et godt faglig miljø, ble forhold knyttet nettopp til internt samarbeid og kommunikasjon rangert høyest (Jacobsen, 1990).

En amerikansk studie av forholdet mellom intern kommunikasjon og produktivitet viser at de som publiserte mest også hadde mest kontakt med sine kolleger, selv når en kontrollerer for andre variabler som erfaring, gruppeledelse og hvem som tok initiativ til kontakt (Pelz og Andrews, 1966). Den samme konklusjonen er trukket i studier av forskningsgrupper i naturvitenskap og teknologi (Allen, 1970; Visart, 1979; Busch og Colwell, 1991). Det har imidlertid vært pekt på at det er uklart om intern faglig kommunikasjon har den samme betydningen for faglig ytelse i humaniora og samfunnsvitenskap, på grunn av disse fagenes mer individuelle forskningskarakter (Dill, 1986). En norsk undersøkelse viser imidlertid at det ikke er forskjeller mellom fagområdene når det gjelder universitetspersonalets vurdering av faglig samarbeid på instituttnivå (Kyvik og Larsen, 1993).

Det finnes også indikasjoner på at forskningssamarbeid i seg selv stimulerer faglig produktivitet. En undersøkelse viser at selv ved kontroll for felles forfatterskap ved bare å tilegne den enkelte forsker en andel av publikasjonen i forhold til antall forfattere, var de som hadde mest samarbeid fortsatt de mest produktive (Price og Beaver, 1966). En undersøkelse av norske universitetsforskere viser likeledes at de som er med i forskningssamarbeid er mer produktive enn dem som arbeider alene (Kyvik og Teigen, 1995).

En annen undersøkelse indikerer at forskere som samarbeider blir hyppigere sitert enn dem som arbeider alene (Stephan og Levin, 1987). Studier av hvilke artikler som blir antatt for publisering i ledende tidsskrifter i fysikk (Zuckerman og Merton,

1971), i astronomi (Gordon, 1980), i sosial-psykologi (Presser, 1980) og i kreftforskning (Lawani, 1986) viser dessuten at artikler med flere forfattere har større sannsynlighet for å bli antatt enn artikler med eneforfattere.

Forskningskulturen dreier seg også om i hvilken grad miljøene er orientert mot kolleger andre steder enn eget institutt. Mens alle forskere har mer eller mindre like muligheter til å følge med i den publiserte litteraturen, er deltakelse i viktige uformelle kommunikasjonkanaler langt mer begrenset til visse grupper innenfor forskersamfunnet. I de ulike faglige spesialitetene finnes uformelle nettverk, såkalte "invisible colleges" (Price, 1963; Crane, 1972) hvor de ledende forskere er "medlemmer", og hvor informasjon blir utvekslet gjennom brev, telefonsamtaler, uformelle møter og upubliserte manuskripter. Spesielt i de disipliner hvor den vitenskapelig utvikling går raskt, er det viktig å få tidlig adgang til informasjon for å holde tritt med forskningsfronten. En rekke undersøkelser dokumenterer da også at forskere som har bred faglig kontakt med eksterne kolleger er mer produktive enn andre forskere (Hagstrom, 1965; Allen, 1970; Crane, 1972; Blackburn, Behymer and Hall, 1978, Visart, 1979; Busch and Colwell, 1991; Kyvik, 1991; Kyvik og Larsen, 1994).

7 Oppsummering og konklusjon

Som litteraturgjennomgangen har vist, er størrelsen på forskningsmiljøene bare en av mange faktorer som påvirker resultatene av forskningsvirksomheten. I tillegg er det vanskelig å isolere effekten av hver av de mange enkeltfaktorene. I den tidligere refererte undersøkelsen av forskergrupper i seks land konkluderes det med at (Andrews, 1979:11):

"Although many notable relationships have already been identified in the data from the International Study, almost without exception they tend to be of rather modest strength. Several considerations converge to suggest that one should *not expect* massively strong relationships (and should be highly suspicious of any that appear) between any single characteristic of research units and performance: The effectiveness of research units is almost certainly determined by *many* factors; hence, no one factor by itself will account for a large part of the variation between units in effectiveness."

Når det gjelder forholdet mellom forskningsmiljøers størrelse, produktivitet og kvalitet, har vi pekt på at offentlig debatt og policy-dokumenter ofte har en unyansert og forenklet tilnærming. Det presiseres ofte ikke hva som menes med et forskningsmiljø, hva som menes med med kritisk minstestørrelse, eller om det finnes forskjeller mellom fagdisipliner.

Litteraturgjennomgangen viser at en gunstig størrelse på universitetsbaserte *forskergrupper* i naturvitenskap, medisin og teknologi synes å ligge på 3-5 personer pluss doktorgradsstudenter. Større grupper enn dette kan få problemer med intern kommunikasjon og effektiv ledelse. For humaniora og samfunnsvitenskap, hvor forskningen i større grad er individuelt basert, foreligger det ikke undersøkelser på gruppenivå.

En rekke studier har også sett på forholdet mellom *instituttstørrelse* og faglig produktivitet og kvalitet. Sett under ett finner ikke disse undersøkelsene noen entydig sammenheng mellom størrelse og faglige resultater, når disse blir relatert til antall ansatte.

Forholdet mellom miljøstørrelse og *forskerutdanning* har også vært undersøkt. Her har vi bare data fra USA, og de viser en positiv sammenheng mellom størrelsen på doktorgradsprogrammer og andre forskeres vurderinger av kvaliteten på programmene innenfor både humanistiske, samfunnsvitenskapelige og naturvitenskapelige disipliner. De største forskerutdanningsprogrammene synes imidlertid å være mindre effektive enn de mellomstore.

De amerikanske undersøkelsene har skapt mye debatt, hovedsaklig på metodisk grunnlag. Det har bl.a. vært hevdet at det ikke er mulig for det vitenskapelige personalet som deltar i review-prosessen å ha godt kjennskap til alle miljøer på sitt felt som driver doktorgradsutdanning i et så stort system som det amerikanske. Synligheten av doktorgradsprogrammene blir ofte utslagsgivende for vurderingen, og synlighet er ofte en funksjon av størrelse (jf. f.eks. Katz og Eagles, 1996).

Denne metodiske kritikken har også kommet fram i Storbritannia når det gjelder det omfattende evalueringssystemet av samtlige universitetsinstitutter. Martin og Skea (1992) viser gjennom en intervjuundersøkelse at vitenskapelig personale har begrenset kjennskap til mer enn et lite antall andre institutter på eget fagfelt, og at de har en tendens til å overvurdere instituttstørrelsens betydning. Martin og Skea konkluderer med at (1992:25):

"In this empirical investigation, we have seen how academics on average are familiar with the work of six to ten other departments. However, that knowledge is normally confined to their own subfield. This raises doubts as to whether any panel of half a dozen experts can hope to have sufficient knowledge to judge *all* the subfield groups in all the university departments in the UK, especially for large and diversified cost-centres. Our results also support the belief that peer review tends to be biased towards larger departments because their research is more visible".

Synlighet kan imidlertid i seg selv være viktig. Johnston (1994:34) har pekt på at:

"In research, the competition is primarily for intellectual achievement and recognition. This competition does not depend directly, or at least as much, on the ratio of outputs to inputs, which is the basis of economic productivity. Rather it is the ability to marshal resources, including intellectual capacity, to achieve 'significant advances' ahead of the competition that counts. In this case, group recognition is based on group output, and the ability to capture significant attention based on quality and quantity of output, rather than output per researcher."

Et annet moment som må trekkes fram i denne sammenheng er bruken av begrepet "kritisk masse" eller "minstestørrelse". I gjennomgangen av forskningslitteraturen har vi tatt utgangspunkt i en gjennomsnittsdefinisjon; innenfor hvilke tallintervaller befinner hoveddelen av de gode gruppene, instituttene og forskerutdanningsmiljøene seg? Kritisk minstestørrelse kan imidlertid også gis en annen definisjon og settes lik størrelsen på det *minste* gode forskningsmiljøet; det være seg gruppe, institutt eller forskerutdanningsprogram, innen hvert fagfelt. Med et slikt utgangspunkt ville den anbefalte minstestørrelse ligge lavere enn om vi tar utgangspunkt i en gjennomsnittsbetraktning.

Et tredje moment som må trekkes fram er den økende grad av internasjonalisering av forskningen. Det har blitt hevdet at om forskningen skal bli god, er dette mer avhengig av hvilke internasjonale kontakter og samarbeidspartnere man har, enn av hvilke kolleger man er omgitt av. Dette skyldes den stadig sterkere spesialiseringen som fører til at "the invisible colleague" av forskere med felles interesser kan betraktes som det viktigste forskningsmiljøet.

Litteratur

- Allen, T. (1970), "Communication Networks in R&D Laboratories", *R&D Management*. 1:14-21.
- Allen, T., R. Katz, J.J. Grady, N. Slavin (1988), "Project Team Aging and Performance: The Roles of Project and Functional Managers". *R&D Management*. 18:295-308.
- Andrews, F.M. (1979), red., *Scientific Productivity. The Effectiveness of Research Groups in Six Countries*. Cambridge/Paris: Cambridge University Press/UNESCO.
- Bayer, A.E. og J. Folger (1966), "Some Correlates of a Citation Measure of Productivity in Science". *Sociology of Education*. 39:381-390.
- Berelson, B. og G.A. Steiner (1964), *Human Behavior. An Inventory of Scientific Findings*. New York: McGraw-Hill.
- Blackburn, R.T., C.E. Behymer, D.E. Hall (1978), "Research Note: Correlates of Faculty Publications". *Sociology of Education*. 51:132-141.
- Blume, S.S. og R. Sinclair (1973), "Chemists in British Universities: A Study of the Reward System in Science". *American Sociological Review*. 38:126-138.
- Bowen, W.G. og N.L. Rudenstine (1992), *In Pursuit of the PhD*. Princeton: Princeton University Press.
- Brox, O. (1983), "Hvordan sikre norsk forsknings kvalitet?" *Aftenposten*. 13. mai 1983.
- Busch, W.S. og R.R. Colwell (1991), "Communication and Scientific Productivity in the Marine Sciences". *Research Evaluation*. 1:11-19.
- California State Postsecondary Education Commission (1985), *Graduate Education in California: Trends and Issues. Commission Report*. Sacramento.
- Clark, B.R. (1993a), red., *The Research Foundations of Graduate Education. Germany, Britain, France, United States, Japan*. Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- Clark, B.R. (1993b), "The Research Foundations of Post-Graduate Education". *Higher Education Quarterly*. 47:301-315.
- Clark, B.R. (1995), *Places of Inquiry. Research and Advanced Education in Modern Universities*. Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- Cohen, J.E. (1981), "Publication Rate as a Function of Laboratory Size in Three Biomedical Research Institutions". *Scientometrics*. 3:467-487.

Cole, J.R. og S. Cole (1973), *Social Stratification in Science*. Chicago: The University of Chicago Press.

Crane, D. (1972), *Invisible Colleges. Diffusion of Knowledge in Scientific Communities*. Chicago: University of Chicago Press.

Delamont, S., P. Atkinson, O. Parry (1997), "Critical mass and doctoral research: reflections on the Harris Report". *Studies in Higher Education*. 22:319-331.

Dill, D.D. (1986), "Research as a Scholarly Activity: Context and Culture". I: J.W. Creswell, red., *Measuring Faculty Research Performance*. San Francisco: Jossey-Bass.

Etzkowitz, H. (1992), "Individual Investigators and Their Research Groups". *Minerva*. 30:28-50.

Fritschi, A., G.A. Grin, M. Kraus, J.J. Paltenghi (1980), "Effects of Size within Two Institutes of Technology". *International Journal of Institutional Management in Higher Education*. 4:19-41.

Gordon, M.D. (1980), "A Critical Reassessment of Inferred Relations between Multiple Authorship, Scientific Collaboration, the Production of Papers and Their Acceptance for Publication". *Scientometrics*. 2:193-201.

Gulbrandsen, M. og L. Langfeldt (1997), *Hva er forskningskvalitet? En intervjustudie blant norske forskere*. Oslo: Norsk institutt for studier av forskning og utdanning.

Hagstrom, W.O. (1965), *The Scientific Community*. New York: Basic Books.

Hansen, H.F. og B.H. Jørgensen (1995), *Styring af forskning: Kan forskningsindikatorer anvendes?* København: Samfundslitteratur.

Harris, M (1996), *Review of Postgraduate Education*. Bristol: Higher Education Funding Council for England.

Hemlin, S. (1991), *Quality in Science. Researchers Conceptions and Judgments*. Gøteborg: University of Gøteborg. Department of Psychology.

Jackson, D.N. og J.P. Rushton, red. (1987), *Scientific Excellence. Origins and Assessment*. Newbury Park: Sage Publications.

Jacobsen, B. (1990), *Universitetsforskere i Danmark*. København: Nyt fra Samfundsvidenskaberne.

Johnston, R. (1993), red., *The Effects of Resource Concentration on Research Performance*. Canberra: National Board of Employment, Education and Training.

Johnston, R. (1994), "Effects of resource concentration on research performance". *Higher Education*. 28:25-37.

Katz, R.S. og M. Eagles (1996), "Ranking political science programs: A view from the lower half". *Political Science & Politics*. 29:149-154.

Knorr, K.D., R. Mittermeir, G. Aichholzer, G. Waller (1979), "Individual Publication Productivity as a Social Position Effect in Academic and Industrial Research Units". I: F.M. Andrews, red., *Scientific Productivity. The Effectiveness of Research Groups in Six Countries*. Cambridge/Paris: Cambridge University Press/UNESCO.

Kyvik, S. (1990), "Age and scientific productivity. Differences between fields of learning." *Higher Education*. 17:37-55.

Kyvik, S. (1991), *Productivity in Academia. Scientific Publishing at Norwegian Universities*. Oslo: Universitetsforlaget.

Kyvik, S. (1994), "Alder og publisering". *Forskningspolitikk*. 17:16-17.

Kyvik, S. (1995a), "Are big university departments better than small ones?" *Higher Education*. 30:295-304.

Kyvik, S. (1995b), "Department size and resources for administration". *Tertiary Education and Management*. 1:107-108.

Kyvik, S., O. Tvede, E. Ødegård (1989), *Universitetsinstituttene i fokus. Styrings-, ledelses- og størrelsesforholds betydning for faglig virksomhet*. Oslo: NAVFs utredningsinstitutt.

Kyvik, S. og E. Ødegård (1990), *Universitetene i Norden foran 90-tallet. Endringer i styring og finansiering av forskning*. København: Nordisk Ministerråd.

Kyvik, S. og I.M. Larsen (1993), *Nye styringsformer på instituttnivå. Universitetspersonalets vurderinger av reformer og endringsforslag*. Oslo: NAVFs utredningsinstitutt.

Kyvik, S. og I.M. Larsen (1994), "International Contact and Research Performance". *Scientometrics*. 29:161-172.

Kyvik, S. og M. Teigen (1995), "Child care, research collaboration, and gender differences in scientific productivity". *Science, Technology, & Human Values*. 21:54-71.

Lawani, S.M. (1986): "Some Bibliometric Correlates of Quality in Scientific Research". *Scientometrics*. 9:13-25.

Long, J.S. (1978), "Productivity and Academic Position in the Scientific Career". *American Sociological Review*. 43:889-908.

Long, J.S. og R. McGinnis (1981), "Organizational Context and Scientific Productivity." *American Sociological Review*. 46:422-442.

Martin, B.R. og J.E.F. Skea (1992), *Academic Research Performance Indicators: An Assessment of the Possibilities*. University of Sussex: Science Policy Research Unit.

Pelz, D.C. og F.M. Andrews (1976), *Climates for Research and Develop Scientists in Organizations. Productive ment.* New York: John Wiley and Sons.

Presser, S. (1980), "Collaboration and the Quality of Research". *Social Studies of Science.* 10:95-101.

Price, D. (1963), *Little Science, Big Science.* New York: Columbia University Press.

Price, D. og D.B. Beaver (1966), "Collaboration in an Invisible College". *American Psychologist.* 21:1011-1018.

Prydz, H. og B. Waaler (1982), "Vilkår for grunnforskning belyst ved eksperimentell medisinsk biologi". I: S. Skotheim og E. Utne, red., *Forskning og høgre utdanning. Årbok 1982.* Bergen: Universitetsforlaget.

Stankiewicz, R. (1979), "The Size and Age of Swedish Academic Research Groups and their Scientific Performance". I: F.M. Andrews, red., *Scientific Productivity. The Effectiveness of Research Groups in Six Countries.* Cambridge/Paris: Cambridge University Press/UNESCO.

Stephan, P.E. og S.G. Levin (1987), *Demographic and Economic Determinants of Scientific Productivity.* Georgia State University/University of Missouri-St.Louis: Unpublished report.

Stephan, P.E. og S.G. Levin (1992), *Striking the Mother Lode in Science. The Importance of Age, Place and Time.* Oxford: Oxford University Press.

Thagaard, T. (1986), *Scientific Communities.* Oslo: Instituttet for sosiologi, Universitetet i Oslo.

Trow, M. (1983), "Differences between the Nominal and Effective Sizes of Higher Education Institutions". I: S. Goodlad, *Economies of Scale in Higher Education.* Guildford, Surrey: The Society for Research into Higher Education.

Universitetet i Bergen (1971), *Organisasjon og ledelse. Innstilling fra Organisasjonskomiteen oppnevnt av Det akademiske kollegium 8. og 15. november 1968.* Bergen: Universitetsforlaget.

Universitets- og høgskoleutvalget (1988), *Med viten og vilje.* Oslo: Norges offentlige utredninger. 1988:28.

Visart, N. (1979), "Communication between and within Research Units". I: F.M. Andrews, red., *Scientific Productivity. The Effectiveness of Research Groups in Six Countries.* Cambridge/Paris: Cambridge University Press/UNESCO.

Wallmark, J.T. og B. Sellerberg (1966), "Efficiency vs. Size of Research Teams". *I.E.E.E. Transactions on Engineering Management.* EM-13:137-142.

Wallmark, J.T., Eckerstein, S., Langered, B., Holmquist, H.E.S. (1973), "The Increase in Efficiency with Size of Research Teams". *I.E.E.E. Transactions on Engineering Management*. EM-20:80-86.

Ziman, J. (1987), *Science in a 'Steady State'*. London: Science Policy Support Group.

Zuckerman. H. (1977), *Scientific Elite*. New York: The Free Press.

Zuckerman, H. og R. Merton (1971), "Patterns of Evaluation in Science. Institutionalisation, Structure and Functions of the Referee System". *Minerva*. 9:66-100.