U-notat 6/97

Norsk deltakelse i ESRF - European Synchrotron Radiation Facility

Aris Kaloudis

NIFU Norsk institutt for studier av forskning og utdanning

Innholdsfortegnelse

1 Grunnlaget for utredningen 1
1.1 Mål og underliggende premisser 1
1.2 Kilder og informasjon som utredningen bygger på 3
1.3 Analyse og fremgangsmåte 5
2. Generelt om organisasjonen 7
2.1 Historikk 8
2.1.1 Planleggingsfasen (1975-1985) 9
2.1.2 Forskningspolitisk fase (1985-1988) 9
2.1.3 Utbyggingsfasen (1988-1998) 10
2.3 Organisasjonsstruktur, styrings- og beslutningsmekanismer og policy i ESRF 11
2.4 Økonomi, personale, kompetanseprofil 13
2.4.1 Økonomi 13
2.4.2 Personale 14
3. Dagens aktiviteter i ESRF 15
3.1 Prosjektportefølje 15
3.2 Ambisjoner, horisont og retning på virksomheten 16
3.3 Synkrotronforskning internasjonalt 16
4. Norsk deltagelse i ESRF 18
4.1 Historiske bakgrunn - noen momenter 18
4.2 Økonomiske forhold knyttet til deltagelse i ESRF 19
4.3 Norsk forskning ved ESRF 21
4. 4 Nøkkelopplysninger om norsk deltagelse i ESRF og SNBL 22
4.5 Noen preliminære vurderinger av den norske deltagelse i ESRF 23
5. Oppnådde resultater hittil 24
5.1 Momenter fra en bibliometrisk analyse av norsk deltagelse i ESRF 24
5.2 Kartlegging av effekter mht kompetanse 25
5.3 Kommersielle gevinster knyttet til norsk deltagelse ved ESRF 26
5.4. Internasjonal kompetanse og nye samarbeidsnettverk 27
5.5 Hvordan har deltagelse ved ESRF påvirket andre aktiviteter i Norge? 27
5.6 Oppsummering 28
6. Forskningsstrategiske momenter med hensyn til norsk deltagelse i ESRF og SNBL 29
6.1 Økonomiske forhold ved norsk deltagelse i ESRF 29
6.2 Industri og norsk deltagelse i ESRF 30
6.4 Avsluttende kommentarer 31
7. Forskningspolitiske aspekter ved norsk deltagelse i ESRF 32
7.1 Forskningspolitisk fleksibilitet 32
7.2 Nye former for deleierskap 33
7. VEDLEGG 34

1 Grunnlaget for utredningen

1.1 Mål og underliggende premisser

Hensikten med denne rapporten er å tilveiebringe et vurderingsgrunnlag (fakta) for norsk deltakelse i ESRF. Rapporten inngår som en *delutredning* i en større utredning om norsk deltakelse i de store internasjonale forskningsorganisasjonene ESA, CERN, EMBL, ESRF og OECDs Halden-prosjekt. De overordnede mål som foreliggende rapport om ESRF skal bidra til å belyse er.

- Forskningspolitiske og -strategiske forutsetninger for deltakelse - da og nå, samt andre politiske forhold, f eks norsk utenrikspolitikk:
  - Har forventningene fra norsk inntreden i disse organisasjonene blitt innfridd?
  - Er det nye forutsetninger som er aktuelle nå?

- Hva slags effekter har deltakelse oppnådd? Hva er alternativ-verdien av innsatsen? Klargjøring av dette i form av:
  - oversikt over vitenskapelige/kunnskapsmessige resultater oppnådd
  - oversikt over industrielle/kommersielle resultater oppnådd
  - norske FoU-systemets utnyttelse og fordeler av samarbeidet
  - "uunnværlighets"-vurdering
  - generelt om kunnskapsspredning, kompetanseoppbygging og nettverkseffekter oppnådd av deltakelse.

- Hva slags suksesskriterier er relevante for vurdering av fortsatt deltakelse i disse organisasjonene ut fra fremtidsperspektiver - faglig, industrielt og forskningspolitisk.

Bakgrunnen for utredningen er et oppdrag fra Norges Forskningsråd, Område for Naturvitenskap og teknologi (NT), av 16/12 1996.

Arbeidet med å fremskaffe et faktagrunnlag skjer i henhold til en mal som er identisk for hver organisasjon som utredningen omfatter, dvs: ESA, EMBL, ESRF og OECDs Halden-reaktorprosjektet.

I foreliggende delrapport er det norsk deltakelse i ESRF som er hovedfokus. Rapporten vil være en av 6 rapporter som skal ferdigstilles fra Del 2 (faktainnsamlingsdelen) av utredningen.
Overordnede problemstillinger for Del 2 er:

- "Da og nå" - forskningspolitiske og -strategiske forutsetninger
- Effekter oppnådd av deltakelse
- Relevante suksesskriterier for vurderinger av fortsatt deltakelse

Arbeidet med å fremskaffe et faktagrunnlag skjer i henhold til et design som er identisk for hver organisasjon som utredningen omfatter. Hensikten med dette er i størst mulig grad å sikre et datagrunnlag som vil muliggjøre en konsistent analyse og sammenligning av norsk deltakelse i de nevnte internasjonale organisasjonene. Ut fra dette er datainnsamlingen konsentrert om tema/funksjoner, som vist i matrisen nedenfor:

	Tema/funksjon	*ESA*	*CERN*	*ESRF*	*Halden-reaktoren*	*EMBL*
1	Grunnlaget for utredningen			Denne rapport		
2	Generelt om organisasjonen			Denne rapport		
3	Nåværende aktiviteter			Denne rapport		
4	Norsk deltakelse			Her		
5	Resultater oppnådd			Denne rapport		
6	Fremtidsutsikter: Forskning			Denne rapport		
7	Fremtidsutsikter: Politiske faktorer			Denne rapport		
8	Momenter som skal inngå i anbefalingene til NFR (Del 3)					

Den sjette rapporten vil ta for seg punkt 8 horisontalt i matrisen, mens det lages separate rapporter for hver kolonne/organisasjon, dvs 5 rapporter av denne typen.

1.2 Kilder og informasjon som utredningen bygger på

Utredninger bygger på fire forskjellige informasjonskilder. Disse er:
- Informasjon innhentet om organisasjonen ESRF
- Dokumentasjon er innhentet i tilknytning til Norges engasjement i ESRF
- Intervjuer med personer knyttet til norsk deltagelse i ESRF
- Andre relevante referanser

Følgende dokumentasjon er innhentet om organisasjonen ESRF
- Tilgjengelig informasjon om ESRF lagt ut på Internett
- *ESRF Annual Report 1994/1995* (spesielt oversikten over publiseringer).
- *ESRF Newsletter*
- *ESRF Beamline Handbook*, August 1993 (spesielt om D1, Swiss-Norwegian CRG)
- *ESRF Users' Information* Meeting, July 8-9 1991.
- *ESRF's Highlights 1995/1996.*
- *Introduction Guide: An Introduction to the ESRF and Grenoble*, (spesielt 1.1, 1.2, 1.3, 1.4) .
- Om *ESRF Workshop* 'Characterisation of materials at the ESRF for industrial users', January 31, 1996.
- ESRF's informasjonsserie *'Casting light on Matter'*: Om 1. Surfaces, 2. Health, 3. Materials, 4. High-Tech, 5. Chemistry, 6. Imaging.
- *Final act of the Conference of Plenipotentiaries for the Establishment of a European Synchrotron Radiation Facility*, December 16, 1988.
- *Convention concerning the construction and operation of a European Synchrotron Radiation Facility, with Annex 1 to the Convention*, December 16, 1988.
- Tilgjengelig informasjon om andre synkrotronkilder lagt ut på Internett.

Følgende dokumentasjon er innhentet i tilknytning til Norges engasjement i ESRF:
- ST prp nr 1, (1996-1997), Kirke-, utdannings- og forskningsdepartementet, Kap. 0288: *Internasjonale samarbeidstiltak*, side 285-288.
- ST prp nr 1 (1994-1995) , Kirke-, utdannings- og forskningsdepartementet, Kap. 0288: *Internasjonale vitenskapelige samarbeidstiltak*, side 259-263.
- *Agreement concerning NORDSYNC, 26. october 1987.*
- *Vedtekter for Norsk Synkrotronforskning AS.*
- *X-ray Research at the ESRF: An opportunity for Nordic Scientists in Biosciences, Chemistry, Crystallography, Geology, Materials Science, Medicine and Physics, NORDSYNC*, brosjyre.
- Norges Forskningsråds arkivmappe om ESRF.

- *Forskning*, 4/96, Emil J. Samuelsen, Utfordrende europeisk samarbeidsprosjekt, side 9.
- *Forskning*, 5/96, Morten Ryen, Norsk synkrotronbasert forskning, side 19.
- *Teknisk ukeblad/Teknikk*, 137 årg. nr 21, Carl M. Rønnevig, Hva er synkrotronstråling?, sider 22, 23.
- Informasjonsbrev fra ESRF's industri attaché Jean Doucet, datert 8. april 1997

Samtaler med følgende personer knyttet til norsk deltagelse i ESRF (etter kronologisk rekkefølge av intervjuene):

- Rådgiver Bente Lilje Bye, Norges Forskningsråd
- Professor Arne Kjekshus, UiO
- Professor Helmer Fjellvåg, UiO
- Direktør Knut Henriksen, ELKEM research
- Professor Emil J. Samuelsen, NTNU
- Ekspedisjonssjef Tore Olsen, KUF
- Professor Torgeir Egeland, leder for Norsk Fysikkråd
- Gabriel Drilhon, OECD, Principal Administrator
- Stefan Michalowski, OECD, Executive Secretary, Megascience Forum
- Professor Arne Skjeltorp, IFE
- Student (NTNU) Børge Filseth, ESRF
- Professor Frode Mo, NTNU

Andre relevante dokumenter:

- Internasjonalt forskningssamarbeid. Strateginotat fra Norges Forskningsråd 1994.
-*Forskning for Felleskapet*, Stortingsmelding nr. 36 (1992-93).
- Om forskning, Strotingsmelding nr. 28 (1988-89).
- Norges Forskningsråds arkivmappe om PROSMAT
- *Strategi for brukerstyrt forkning for prosess- og materialindustrien (PM-industrien)*, Norges Forskningsråd 97/0073.
- *Forskning for framtiden: Strategi for forskning og for Norges forskningsråd fram mot år 2000*, Norges Forskningsråd, 1996, .

- Martin Ben og John Irvine, "*CERN: Past performance and future prospects*", i Research Policy, vol 13 (1984) s 183-210, s 247-284, s 311-342.
- Norsk Fysikkråd, 1985, *Fremtidsplaner for Norsk Fysikk 1985-1988*, TAPIR.
- Narud Hanne Marthe og Randi Søgnen, 1990, *Evalueringsopplegg for hovedinnsatsområdene*, NAVFs utredningsinstitutt, melding 1990:1, sider 154-169.
- OECD, Megascience Forum, 1995, *Megascience Policy Issues*, OECD.

- OECD, Megascience Forum, 1994, *Neutron Beams and Synchrotron Radiation Sources*, OECD.
- Ståhle Bertel, 1992, *Forskningspolitikk i Norden 1992: Om forkningsinsatser, prioriteringer och forskningspoltiska huvudlinjer*, NORD 1992:23, side 185.

1.3 Analyse og fremgangsmåte

Informasjonsasymmetri, interessekonflikt og *konkurranse om knappe midler* er sentrale faktorer i vurderinger og prioriteringer av forskning. Sagt enkelt: De som sannsynligvis vet mest om et bestemt fagområde (forskerne som arbeider her) er ikke de samme som skal ivareta samfunnets interesser i forskningen, dvs ivareta helhelten og prioritere knappe midler mellom forskjellige fagområder som alle hevder de er meget attraktive og lovende. De samfunnsmessige interesser i forskningen vil ta form av prioriteringer mellom ulike typer og mengder forskning, ut fra mange og tildels motstridende hensyn - og tidsperspektiv. Forskerne vil argumentere for at deres eget forskningsområde fortjener høy prioritet, og de kan mobilisere sterke argumenter for hvorfor dette bør skje og hvordan (konkrete planer). Summen av alle ønsker vil som oftest overskride tilgjengelige ressurser, både på kort og lang sikt, og - viktigst - konsekvensene av prioriteringer kan være forskningspolitisk skjebnessvangert på lang sikt. Beslutningstakere vil derfor være interessert i informasjon som kan tydeliggjøre hva slags *valgmuligheter* de har, og hva *konsekvensene* av deres valg/prioriteringer får. Fordi forskning generelt er så spesialisert og lite tilgjengelig for vurdering selv for spesialister benytter forskningsstrategiske organisasjoner "uavhengig, uhildet" ekspertise for å hjelpe seg i vurderingene. Allerede i 1984, i en analyse av CERN påpekte Martin og Irvine at også dette i økende grad byr på vanskeligheter:

"The underlying problem is that it is becoming more difficult in Big Science to locate neutral peers capable of providing sufficiently disinterested judgements; all potential peers tend either to have some professional interest in a proposed new project, or to be associated with a competing set of interests which would benefit from a negative decision on that project" (1984:312)

Uansett grad av uavhengighet vil det allikevel oppstå informasjonsasymmetri fordi få - om noen - er egentlig faglig ekspert på mer enn avgrensede områder, slik at f.eks når man skal prioritere mellom område *y* og *x* basert på på uttalelser fra ekspert(er) *A* om *y* og ekspert(er) *B* om *x*, så er det sannsynligvis knyttet metodisk usikkerhet til hvordan man egentlig skal kunne sammenligne råd fra hhv A og B - og hvordan disse passer inn i en større forskningsstrategisk kontekst.

For beslutningstakere som skal prioritere mellom mange forslag som er tildels meget kostbare og innebærer langsiktige bindinger, vil man være interessert i pålitelig informasjon om:

- hvor vellykket har forskningen på et bestemt område vært, hva har vi fått ut av den?
- hvor gode/lovende er fremtidsutsiktene?

Foreliggende rapport tar sikte på å bidra til et vurderingsgrunnlag for disse spørsmålene, basert på analyse av kildene som ble angitt ovenfor. Som forklart ovenfor vil denne rapporten bare omhandle ESRF-delen av utredningen, dvs at den utgjør en av de fem kolonnene i utredningens design, presentert ovenfor.

2. Generelt om organisasjonen

European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) målsettinger er å tilby installasjonens brukere synkrotronstråler av høy kvalitet (etter dagens standard) med brukervennlige instrumentering for 24 timer ir døgnet, 6.000 timer per år til deres eksperimenter. Den andre er å utvikle ESRFs forskere når det gjelder forskningsanvendelser av synkrotronstråling.

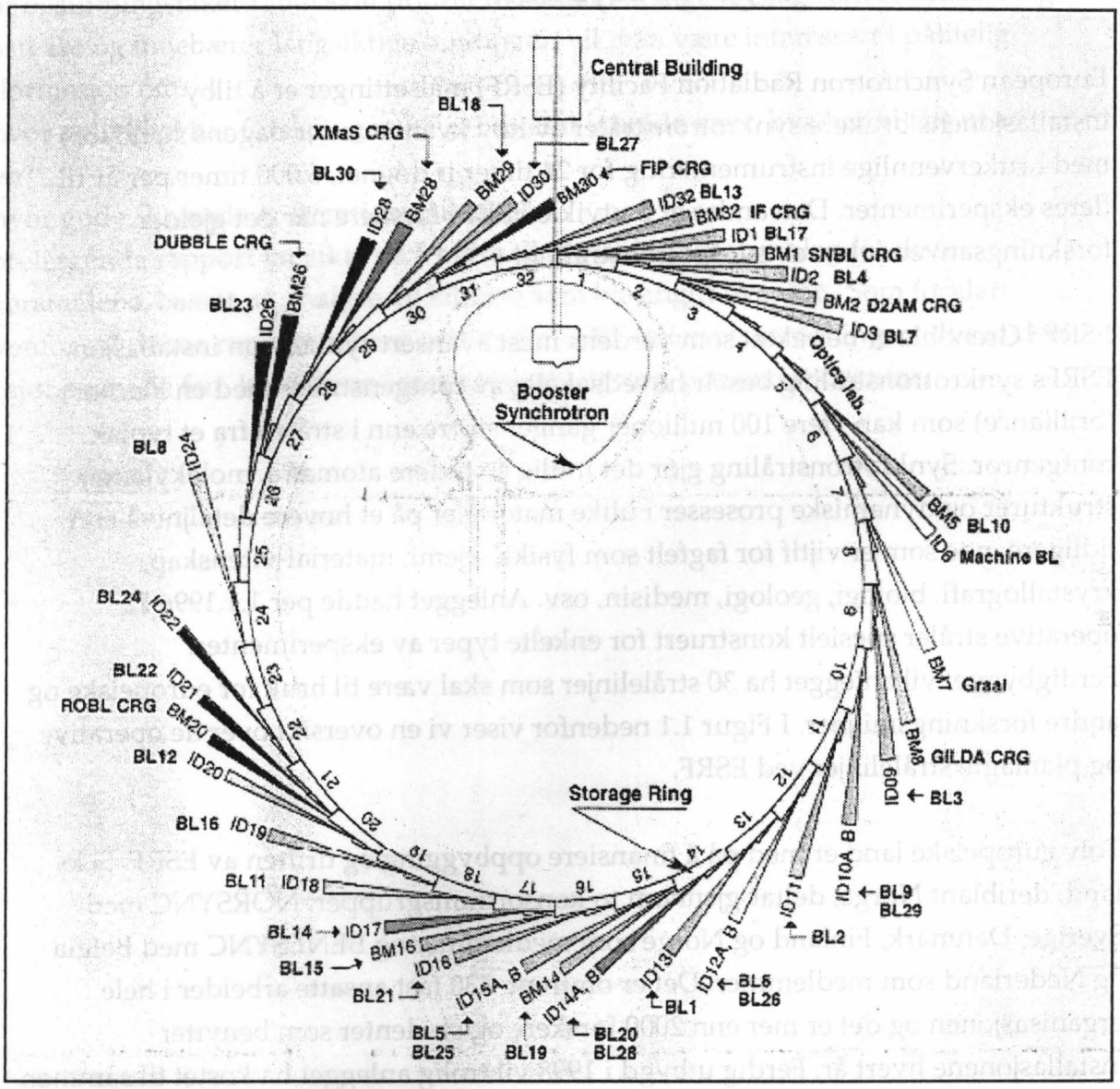
ESRF i Grenoble er betraktet som verdens mest avansert synkrotron installasjon. ESRFs synkrotronstråling består hovedsakelig av røntgenstråler med en klarhet (brilliance) som kan være 100 millioner ganger større enn i strålen fra et typisk røntgenrør. Synkrotronstråling gjør det mulig å studere atomære, molekylære strukturer og dynamiske prosesser i ulike materialer på et høyere detaljnivå enn tidligere, noe som er vijtif for fagfelt som fysikk, kjemi, material-vitenskap, krystallografi, biologi, geologi, medisin, osv. Anlegget hadde per 1.1.1996 22 operative stråler spesielt konstruert for enkelte typer av eksperimenter. Ferdigbygget vil anlegget ha 30 strålelinjer som skal være til bruk for europeiske og andre forskningsmiljøer. I Figur 1.1 nedenfor viser vi en oversikt over de operative og planlagte strålelinjer ved ESRF.

Tolv europeiske land er med på å finansiere oppbygging og driften av ESRF. Seks land, deriblant Norge, deltar gjennom to konsortiumsgrupper: NORSYNC med Sverige, Danmark, Finland og Norge som medlemmer og BENESYNC med Belgia og Nederland som medlemmer. Det er omtrent 430 fast ansatte arbeider i hele organisasjonen og det er mer enn 2000 forskere og studenter som benytter installasjonene hvert år. Ferdig utbygd i 1998 vil trolig anlegget ha kostet til sammen 4,7 milliarder NOK (inklusivt operative kostnader fra 1994-1998).

ESRF er formelt knyttet til tre andre forskninginstitusjoner. Disse er:

- *Institut Max von Laue-Paul Langevin (ILL)* som er lokalisert rett ved siden av ESRF i Grenoble. ILLs tekniske personell var engasjert med utbygging av ESRF fra starten av. ILL og ESRF har noen felles tjenester som f.eks bibliotek, restaurant osv.

- *European Molucular Biology Laboratory (EMBL)* som er en europeiske forskningsorganisasjon for molekylær biologi med hovedkontor i Heilderber, Tyskland. EMBL og ESRF samarbeider i forbindelse med utbygging av to strålelinjer ved ESRF, skreddesydd for eksperimenter innenfor molekylærbiologi.



Figur 1.1: ESRF's operative og planlagte strålelinjer.
Kilde: ESRF's Internett sider.

- *Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble* som også er lokalisert nær ESRF. Senteret eies av den franske statlige organisasjon Autorité d'Energi Atomique (CEA) som forøvrig er en av de 11 aksjeeiere i ESRF.

2.1 Historikk

Man kan dele ESRF's historikk i tre faser:
- planleggingsfasen fra 1975 til 1985,
- en forskningspolitisk fase fra 1985 til 1988 og
- utbyggingsfasen fra 1988 og planlagt avsluttet i 1998.

2.1.1 Planleggingsfasen (1975-1985)

ESRF er på mange måte en 'spin-off' av forskningen som foregikk ved CERN. I CERNs akseleratorer var synkrotronstråling et uønsket fenomen som forårsaket 'støy' i eksperimentenes målinger. Denne uønskede synkrotronstråling ble kalt 'parasitisk'. Mange forskere innså imidlertid at man i prinsippet kunne bruke røntgenstrålingen fra elektronakseleratorer for å studere materialstrukturer på et meget detaljert nivå. I 1975 nedsatt European Science Foundation (ESF) en komite med H.Meier-Leibnitz som styreforman for å utrede muligheten for å bygge en tredje generasjons stråleinstallasjon med dedikert (i motsetning til parasitisk) synkrotronkilde. Komiteens rapport *(Synchrotron Radiation - a Perspective View for Europe Black Book*, ESF 1977) og dens anbefalinger ble godkjent november 1977. Komiteen anbefalte utbygging av et europeisk anlegg med dedikert synkrotronstråling.

I 1978 ga ESF som oppdrag til en ad hoc komite under ledelse av Y. Farge å utrede en gjennomførbarhets studie (feasibity study) som har resultert i en blå rapport med tittelen *Synchrotron Radiation Facility - The feasibility study* (1979). I denne komiteen deltok prof. Arne Kjekhus som norsk representant. I rapporten ble det lagt frem forslag til installasjonens tekniske spesifikasjoner, utbyggingsplaner og ikke minst et anslag over investeringskostnader. Prosjektets kapitalinvestering var estimert da til 93 mill ECU (1979-ECU) og intallasjonen skulle være helt operativ etter 10 år fra utbyggingsstarten.

I 1980 ble en ny intergovernmental komite stiftet med P.Levaux som formann. Denne komiteen publiserte en ny - gul rapport - med tittelen *'A case for a European Synchrotron Facility'* med tekniske spesifikasjoner for anlegget som tok i betrakning nye teknologiske løsninger som kunne anvendes ved utbyggingen av et synkrotronanlegg.

Mellom 1983 og 1984 utarbeidet en ny gruppe med B. Buras og S. Tazzari som ledere ved CERN, en ny rapport (grønn) med deltaljert plan om ESRFs behov for instrumenter, timeplaner og andre generelle konstruksjonsspesifikasjoner.

2.1.2 Forskningspolitisk fase (1985-1988)

Det tok tid før medlemslandene bestemte lokaliseringen og kostnadsfordelingen mellom landene. Lokaliseringen var i første rekke et kontroversielt tema med mange interesserte land bl.a. Danmark. Lokaliseringsproblemet ble imidlertid løst - til mange lands irritasjon - i et møte mellom den franske presidenten og den tyske

kansleren, som i 1985 bestemte at ESRF skulle bygges i Frankrike (først Strasbourg og etterpå til Grenoble like ved ILL's installasjoner).

Fordeling av utgiftene for konstruksjon og drift var en stund kilde til uenighet mellom medlemsland. Mange mente at utgangspunktet for medlemskontigenten burde være størrelsen på de enkelte nasjonale BNP, slik som CERN-medlemskapet beregnes. Noen land (deriblant Norge) argumenterte for at BNP ikke kan være det eneste kriterium for å fastette kontigentstørrelser. Man burde også ta hensyn til antall forskere som var forventet å kunne dra nytte av synkrotronintallasjonen. Dette argumentet vant til slutt fram og som resultat ble et *nordisk konsortium* dannet i 1987 med alle de nordiske land unntatt Island som medlemmer. 10 desember 1986 undertegnet 5 land (D, FR, I, S, B) et 'Memorandum of Understanding' som markerte stiftelsen av ESRF.

I 1987, etter et omfattende planleggingsarbeid hvor flere hundre forskere var involvert, ble den endelige tekniske rapport av 'Foundation Phase Report' (rød) publisert. Denne rapporten ble det sentrale planleggingsdokumentet for ESRF.

Den formelle avtalen for ESRF-samarbeidet ble undertegnet 16 desember 1988 i Paris, av forskningsministrene fra 11 medlemland med Belgia som nytt medlem. I avtalens dokument var det anslått at de totale konstruksjonsutgiftene for ESRF var 2598 millioner FF i 1987-FF (jf. Annex 3 to the Convention: Estimated annual incidence of expenditure).

Det er likevel verdt å merke at det tok 13 år fra ESF sitt initiativ til oppstart av ESRFs utbyggingsfase i 1988, og ytterligere 10 år fra utbyggingsstart til anlegget er helt ferdig utbygd. Altså det gjenstår fortsatt utbygging.

2.1.3 Utbyggingsfasen (1988-1998)

12 januar 1989 ble ESRF stiftet som privat fransk aksjeselskap. Hovedkonstruksjons-arbeidet varte i 4 år. En viktig markering i forbindelse med anleggets operasjonelle kapasitet skjedde den 12 november 1991 da ESRF's injektor nådde for første gang dagens maksimale energinivå på 6 GeV.

Nederland ble det 12 medlem i ESRF samarbeidet gjennom et felles konsortium med Belgia i desember 1991.

På åpningsdagen september 1994 var 12 strålelinjer ferdigstilt og samt 2 operative

linjer til privat bruk for eksterne grupper (de såkalte CRGs -Collaborating Research Groups). Med private mener vi her at eksterne brukere finansierer særskilt konstruksjonen og driften av strålelinje under forutsetning av at 1/3 av stråletiden kan disponeres av ESRF's øvrige brukere. Det eksisterer 9 slike strålelinjer ved ESRF i dag, hvorav en drives av Sveits og Norge i samarbeid. Flere land vurderer utbyggingen av andre 'private' strålelinjer i den nærmeste fremtid. I dag er 27 strålelinjer (Internett 28.4.97) i virksomhet. Konstruksjonsfasen (1988-1994) regnes av alle de forskerne vi har kontaktet, som velykket. Kvaliteten på ESRFs synkrtronkilde er angivelig mellom 10 og 100 ganger bedre (målt etter brilliance og stråleskonsentrasjon) nå enn det som var forventet ved utbyggingsstarten.

2.3 Organisasjonsstruktur, styrings- og beslutningsmekanismer og policy i ESRF

ESRF er organisert som privat aksjeselskap med en generaldirektør og et styre med 11 styremedlemmer, hvorav er en fra Norges forskningsråd. Hvert av de tolv land som deltar utnevner sine delegater for ESRF-rådet (ESRF Council). Maksimum antall delegater fra hvert land er tre. ESRF-rådet bestemmer viktige saker og gir instruksjoner til generaldirekrøren. Typiske saker som behandles av ESRF-rådet er:

- Budsjett
- Policy i forbindelse med allokering av stråletid
- ESRFs vitenskapelige programmer på mellom- og lang sikt
- Avtaler med tredje land om tilgang til ESRFs synkrotronstråling.

Det er 4 viktige komiteer som bistå ESRF-rådet i sitt arbeid. Disse er:

- *Finanskomiteen* (AFC) som gir råd til Rådet i forbindelse med alle administrative og finansielle saker.

- *Innkjøpskomiteen* (PC) som vurderer innkjøpsplaner, godkjenner innkjøpskontrakter og gir anbefalinger til Rådet angående innkjøp som overstiger et visst beløp.

- *Audit komiteen* (AC) som i hovedsak kommenterer og gir råd i forbindelse med årsoppgjør og analyser av det.

- *Forskningskomiteen* (SAC) som for mange kanskje er den viktigste komiteen under ESRF-rådet fordi det er her planlegging av, og forhandlinger, om installasjonens forskningsfasiliteter foregår. Hvert land utnevner et medlem i SAC kommiteen,

mens ESRF-rådet utnevner 10 medlemmer. SAC utnevner også fagfeller (peers) som deltar i vurdering av prosjektforslagene.

Arbeidet i ESRF er organisert i en direksjon (Directorat) som består av generaldirektøren og fem avdelingsdirektører. Generaldirektøren er selskapets hovedansvarlig og oppnevnes av ESRF-rådet for fem år. Den nåværende generaldirektør er Y. Petroff. I april 1997 valgte ESRF-rådet Maurice Campagna som en ny general direktør (tidligere visepresident i ABB med allsidig forskningsbakgrunn). Under styret finnes 5 operative avdelinger. Disse er:

- Avdeling for eksperimenter (med to direktører)
- Maskinavdeling (med en prosjekt direktør)
- Avdeling for teknisk bistand
- EDB avdeling
- Administrasjon

I vedlegg 1 viser vi ESRFs organigram pr. 1 desember 1994.

ESRFs organisasjon er fremdeles preget av at den er ung og at anlegget fremdeles er under konstruksjon. Derfor er planen fra utbyggingen fortsatt dominerende i ESRFs styring. Det er bestemt at ESRF inntil utgangen av 1998 skal ha 30 hovedstrålelinjer (ID) med installasjon av 34 stasjoner for eksperimenter. Alle de 30 linjene skal være til bruk for forskere fra medlemlandene (public lines). I tillegg kan ESRF med hjelp av bøymagneter installere inntil 16 tilleggs strålelinjer (BM), men deres strålingsfluks og brilliance vil bli mindre sammenlignet med den i hovedstrålelinjene[1]. BM-linjer kan bare benyttes for privat bruk fra eksterne grupper. ESRF har satt 12 private strålelinjer som maksimum. Som nevnt tidligere, er 9 slike linjer enten operative eller under kosntruksjon i dag. I vedlegg 2 viser vi en liste med alle planlagte og operative linjer ved ESRF.

Industrien kan kjøpe stråletid av ESRF. For hver 8-timers stråletid (skift) betaler industriselskaper fra medlemslandene 28000 FF. Selskaper fra tredje land betaler 35.000 FF per skift.

I en installasjon som ESRF er instrumentutvikling en viktig del av aktivitetene. Det er faktisk instrumentene i tillegg til installasjonenes tekniske ytelse som åpner for

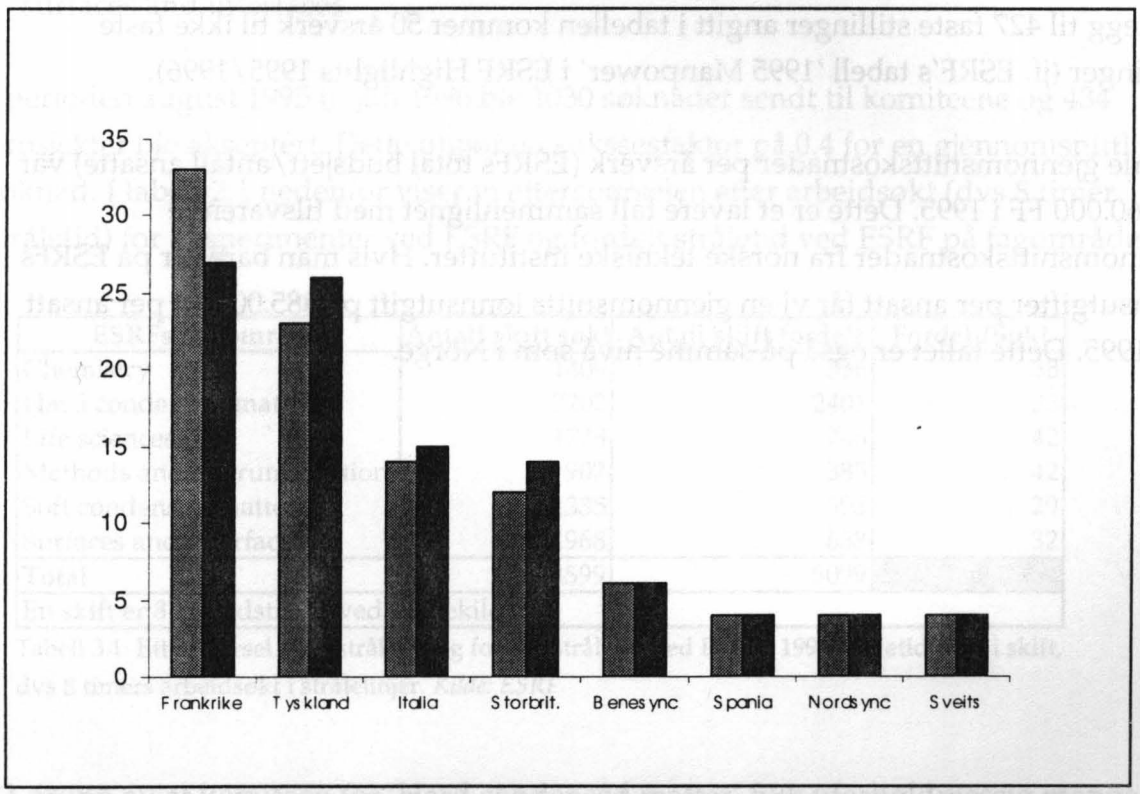
[1] På den andre siden og med nye instrumenter blir kvaliteten av slike stråler atskillig bedre enn strålekvaliteten fra andre generasjons synkrotronkilder.

nye muligeter til flere anvendelser av synkrotronstråling. ESRFs forskere arbeider i dag med utvikling av nye instrumentkonsepter og forbedring av eksisterende instrumenter. Kostnader knyttet til instrumentinnkjøp og utvikling oversteg 15 millioner FF i 1995 (jf. ESRF's tabell 'Expenditure and Income i ESRF' Highlights 1995/1996).

2.4 Økonomi, personale, kompetanseprofil

2.4.1 Økonomi

Medlemlandenes samlede bidrag for ESRF fra starten av prosjektet inntil 1.1.1996. var 3229 millioner FF, hvorav ca 2700 millioner FF utgjør konstruksjonskostnader. For perioden 1996 til 1998 når installasjonen skal være ferdigbygget, forventer man ytterlige investeringer på ca. 350 millioner FF (1996 FF) til konstruksjonsutgifter. Medlemlandenes samlede bidrag fra 1988 til 1998 (bidrag til konstruksjonskostnader *og* operasjonelle utgifter fra 1994) er estimert til ca 4400 millioner FF eller ca 4,7 miliarder norske kroner. I Figur 2.2 nedenfor viser vi fordeling av konstruksjons- og driftsutgifter mellom ESRFs medlemmer.



Figur 2.2: Fordeling av konstruksjons- (lyse stolper) og driftsutgifter (mørke stolper) mellom ESRFs medlemmer. *Kilde: ESRF.*

11995- årsregnskapet viser at ESRF hadde en årsinntekt på 413 millioner FF, hvorav 1,6 millioner FF var inntekt fra salg av stråletid. Lønnskostnader utgjorde 44 prosent av ESRF's samlede utgifter i 1995. 35 prosent av ESRFs totale utgifter i 1995 var investeringer i bygninger, anlegg og utstyr. ESRF forventer stablie årsinntekter for perioden 1996-1998, men utbyggingsrelaterte kostnader vil gradvis avta.

2.4.2 Personale

Når det gjelder antall årsverk per år, har vi registrert 477 årsverk gjennomført ved ESRF i 1995. Fordelingen av disse på de enkelte avdelinger vises i tabell 2.1 nedenfor.

Avdeling	Antall totalt	Lederstillinger	Post Dok	PhD	Andre
Maskinavdeling	73	22			51
Eksperiment	188	93	12	25	58
Teknisk bistand	106.5	37		1	68.5
Administrasjon/EDI	59.5	19.5			40
Totalt	427	171.5	12	26	217.5

Tabell 2.1: Fordelingen av faste stillinger på avdelinger ved ESRF.
Kilde: ESRF.

I tillegg til 427 faste stillinger angitt i tabellen kommer 50 årsverk til ikke faste stillinger (jf. ESRF's tabell '1995 Manpower' i ESRF Highlights 1995/1996).

Totale gjennomsnittskostnader per årsverk (ESRFs total budsjett/antall ansatte) var ca 860.000 FF i 1995. Dette er et lavere tall sammenlignet med tilsvarende gjennomsnittskostnader fra norske tekniske institutter. Hvis man bare ser på ESRFs lønnsutgifter per ansatt får vi en gjennomsnitts lønnsutgift på 385.000 FF per ansatt for 1995. Dette tallet er også på samme nivå som i Norge.

3. Dagens aktiviteter i ESRF

3.1 Prosjektportefølje

Vi har tidligere nevnt at ESRF's prosjektportefølje stort sett er bestemt av installasjonens brukere under forutsetning av at forskningen vurderes som internasjonalt konkurransedyktig og egnet for ESRF's strålelinjer.

Seks vurderingskomiteer, som består av uavhengige forskere utnevnt av SAC, velger to ganger i året prosjekter som skal få stråletid ved ESRF's strålelinjer. Komiteene er dannet på grunlag av prosjektsøknadenes innhold og representerer følgende fagfelter:

- chemistry
- hard condensed matter: electronic and magnetic properties
- hard condensed matter: structures
- life sciences
- methods and instrumentation
- soft condensed matter
- surfaces and interfaces.

I perioden august 1995 til juli 1996 ble 1030 søknader sendt til komiteene og 434 prosjekter ble akseptert. Dette utgjør en sukssesfaktor på 0.4 for en gjennomsnittlig søknad. I tabell 2.1 nedenfor viser vi etterspørselen etter arbeidsøkt (dvs 8 timer stråletid) for eksperimenter ved ESRF og fordelt stråletid ved ESRF på fagområder.

ESRFs Fagområder	Antall skift søkt	Antall skift fordelt	Fordelt/Søkt
Chemistry	1409	536	38
Hard condensed matter	7202	2401	33
Life sciences	1778	746	42
Methods and instrumentation	907	385	42
Soft condensed matter	1335	393	29
Surfaces and interfaces	1968	638	32
Total	14599	5099	
En skift er 8 arbeidstimer ved strålekilden.			

Tabell 3.1: Etterspørsel etter stråletid og fordelt stråletid ved ESRF i 1995. Stråletid målt i skift, dvs 8 timers arbeidsøkt i strålelinjer. *Kilde: ESRF*

På grunn av at komiteen for 'Hard condensed matter' fikk uforholdmessig mange søknader i forhold til de andre komiteene, bestemte ESRF-rådet å danne en ny (sjette) vurderingskomite og å splitte søknader innenfor feltet på to områder: 1) hard

condensed matter: electronic and magnetic properties og 2) hard condensed matter: structures. Tabellen 3.1 viser at 47 prosent av stråletiden ved ESRF går til eksperimenter innenfor 'Hard condensed matter'. Vi kan dermed konkluderer at i 1995 var faststoffysikk og materialvitenskap det viktigste fagområdet for ESRF med biofagene som nummer to.

For å forstå utvelgelsesprosessen av prosjektsøknader bør man huske at ESRF satser på forskning som er verdensledende. Søknadene blir dermed vurdert nesten utelukkende på bakgrunn av deres vitenskapelige kvalitet.

På bakgrunn av komiteenes endelig vurdering bestemmer ESRF-rådet sammen med SAC hvilke prosjekter som skal få stråletid. Selv om kvalitet er det desidert viktigste kriterium i denne sammenheng, er det andre og mer pragmatiske hensyn som også kan bestemme den endelige allokering av tiden mellom prosjektene. Det er viktig f.eks. å opprettholde en viss balanse mellom andel av stråletid som de enkelte medlemslandene får og andel av landets økonomisk bidrag til ESRF.

3.2 Ambisjoner, horisont og retning på virksomheten

Når det gjelder retning på virksomheten er denne bestemt av i hvilken grad anlegget er fleksibelt nok til å romme forskning innenfor mange forskningsfelt. Ambisjonen er å være verdensledende innenfor synkrotronforskning og for dette investerer ESRF betydelige summer til særlig instrumentutvikling. En viktig del av dagens arbeid ved ESRF er ellers å finalisere arbeidet med konstrukjson av de resterende linjer slik at installasjonen skal være fult operativ og åpen til sine brukere fra 1998.

3.3 Synkrotronforskning internasjonalt[2]

Det finnes 63 synkrotronanlegg i verden som enten er operative, under planleggings- , eller konstruksjonsarbeid i dag. Dette gjør at den forventete kapasitet av stråletid på global basis vil øke betydelig og vil nå et nivå på 2 millioner stråletimer per år inntil år 2000. I tabell 3.2 viser vi antall synkrotronanlegg fordelt på land samt antall brukere per million innbyggere for hvert land.

---

2 I dette avsnitt vil vi i hovedsak gi noen fakta og trekker noen konklusjoner som finnes i OECDs rapport om neutron- og synkrotronstråling i regi av OECDs Megascience Forum.

LAND	Antall installasjoner	Antall brukere per million
Danmark	1	6
Frankrike	4	35
Italia	1	7
Norge	0	5
Tyskland	9	25
Strobritania	4	35
Sveits	1	n.a
Sverige	2	18
Europa	22	n.a
USA	11	12
Japan	22	8
Taiwan	1	n.a
n.a betyr ikke tilgjengelig.		

Tabell 3.2: Antall synkrotron insallasjoner fordelt på land samt antall brukere av synkrotronkilder per million innbyggere for hvert land. *Kilde: OECD Megascience Forum.*

Grunnen til denne betydelig utbygging av nye kilder er i første rekke en kontinuerlig økning av etterspørselen etter stråletid i nesten samtlige anlegg i verden. Men bak denne økningen ligger også forventninger om at bruk av avanserte synkrotronkilder vil føre til nye muligheter for banebrytende eksperimenter innenfor en rekke nye fag.

De fleste av de 63 synkrotronkilder nevnt ovenfor er nasjonale installasjoner ofte av andre generasjon[3] som egentlig ikke kan sammenlinges med ESRFs på mange måter. De nyere nasjonale anleggene har imidlertid tatt i bruk teknologiske løsninger som øker deres strålebrillians og konsentrasjon selv om de opererer på svakere energier (1,5-2 GeV) sammenlignet med ESRF (6 GeV).

De synkrotroninstallasjonene som forventes å være minst like bra med ESRF og som også vil bidra til utvikling av nye teknologier er:

- 'The American Photon Source' (APS) i USA og
- 'Super Photon Ring- 8 GeV' (SPring-8) i Japan.

Disse to anleggene kan sees som ESRF's konkurrenter.

[3] Andre generasjons synkrotronkilder er dedisert synkrotronkilder, men som i liten grad tar bruk av bøymagneter i forhold til tredje generasjons synkrotroninstallasjoner.

4. Norsk deltagelse i ESRF

Norge har ikke egen synkrotronkilde, og som nevnt tidligere deltar Norge i ESRF gjennom et nordisk konsortium (NORSYNC). I tillegg er norske forskere brukere av en privatstrålelinje, SNBL, ved ESRF gjennom en samarbeidsavtale med sveitsiske forskergrupper. Nedenfor skal vi først gi en kort historikk om hvordan Norge ble med i ESRF. Deretter skal vil si noe om økonomiske folhold knyttet til norsk deltagelsen i ESRF, for så å presentere noen tall som beskriver nivået av deltagelse Avslutningsvis skal vi belyse grad av norsk innflytelse på ESRFs forskningsagenda og gjennomslag av norske forskningssøknader.

4.1 Historisk bakgrunn - noen momenter

Norge var med i planlegging av ESRF helt fra starten, dvs da ESF utnevnte den første komiteen for å vurdere utsiktene for en europeisk synkrotroninstallasjon i 1975. Som norsk medlem i ESF fulgte professor Arne Kjekshus utviklingen fra 1975 til 1981 og deltok i to av komiteene som utredet ESRFs tekniske standard i plannleggingsfasen (se avsnitt 2.2). Bakgrunnen for norsk medlemskap var en bred støtte i det norske forskningsmiljøet på en konferanse om dette (Levanger konferanse, 1985). I 1988 ble norsk medlemskap i ESRF vedtatt av Stortinget og samme år undertegnet Norge avtalen om NORSYNC-konsortiumet sammen med de øvrige nordiske medlemsland.

Et interessant moment med NORDSYNC-avtalen er at de nordiske landene bestemte at fordelingen av medlemlandenes ESRF kontigent seg i mellom ikke skulle være analog til landenes BNP størrelser. Ut fra bredere vurderinger av felles nordisk deltagelse også til andre internasjonale forskningsprosjekter ble landene enige om at Norge skulle gi et mindre bidrag i forbindelse med medlemskapet i ESRF enn det som ville vært naturlig utfra landets BNP-størrelse. Til gjengjeld ble Norge forpliktet til å betale en større andel for det nordiske medlemskapet i 'Ocean Drilling Programme', som er et amerikansk initiert internasjonalt forskningsprosjekt i stor skala.

Foruten innsatsen gjennom NORDSYNC har en gruppe norske og sveitsiske universiteter gått sammen for å bygge en privat strålelinje ved ESRF. Initiativet til dette samarbeidet kom fra forskere ved universitetene i Lausanne og i Trondheim med professor H.P.Weber og professor Frode Mo (NTNU) i spissen. Kollegiet ved UNIT vedtok i februar 1990 å garantere for 2 mill NOK til et norsk-sveitsisk prosjekt ved ESRF. Formelt har det norske samarbeidet vært organisert gjennom NUG

(Norwegian Users Group), mens den sveitsiske samarbeid fremdeles er organisert gjennom SUG (Swiss Users Group). Planlegging av SNBL startet allerede i 1990 og konstruksjonskontrakten mellom NUG, SUG og ESRF ble undertegnet den 1. desember 1992. Driftsavtalen mellom de to gruppene og ESRF ble undertegnet 21 desember 1994 av 4 kontraktparter inkludert Norges forskningsråd (jf. Operation contract between the ESRF and CRG/SN concerning the operation of the beamline D1 at the ESRF). Totalt kostet det ca. 20 millioner NOK for å ferdigstille SNBL. Norge betaler 30 prosent av dette beløpet. Det er verdt å bemerke at sveitsisk industri deltar med omtrent 25 prosent av investeringskostnadene i SNBL, norske offentlige institusjoner 30 prosent og sveitsiske offentlige institusjoner de resterende 45 prosent. Strålelinjen betjenes av 3 teknisk kvalifiserte personer som er ansatt i SNBL på permanent basis.

I juni 1995 overtok det nystiftede firmaet Norsk synkrotronforskning AS ansvaret for koordinering av aktiviteten ved SNBL og ESRF. Begrunnelsen for stiftelsen av aksjeselskapet var at det ville fremme en mer effektiv organisering av norsk deltagelse i SNBL og i ESRF. Siden starten var rådgiver ved Norges forskningsråd, Bente Lilje Bye daglig leder i Norsk synkrotronforskning AS.

I mars 1996 var det en konferanse i Vitenskapsakademiet i Oslo om mulige industrielle anvendelser av ESRFs FoU. Etter konferansen har noen norske bedrifter (Nycomed, Borealis, Elkem, Norsk Hydro, Statoil o.a) etablert et forum som skal se nærmere på eventuell bruk av ESRF's fasiliteter. Det er imidlertid en almenn oppfatning at industrien ennå ikke har klart å gripe mulighetene til deltagelsen ved ESRF og fortsatt er kunnskapen om synkrotronstråling lav i norsk industriell FoU.

4.2 Økonomiske forhold knyttet til deltagelse i ESRF

Norge har gjennom medlemskapskontigenten betalt 24,8 millioner NOK til og med 1996[4] (jf. St.prop. for de årene 1988-1996). I tillegg kommer kostnadene for konstruksjon av SNBL. Det norske bidraget til SNBL beløper seg til 6,1 mill. NOK i investeringskostnader (jf. kontrakt for Norsk synkrotron as). Med andre ord har Norge betalt for grunninvesteringer i ESRF og SNBL ca. 30 millioner NOK hittil.

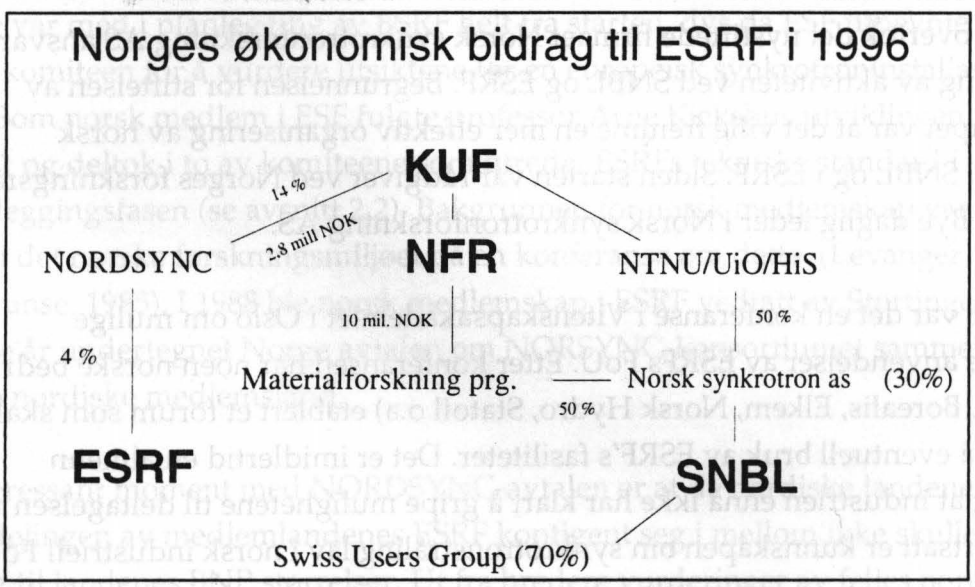
I dette beløpet bør man også regne med det norske bidraget til de totale driftskostnadene i SNBL som er ca. 3,8 millioner NOK (795.000 CHF) hvert år. Norge

---

[4] Dette tallet kommer fram hvis vi summerer kontigentstørrelse som rapportert i St.prop. 1 for årene 1988 til 1996. Vi har ikke justert beløpene til 1996 løpende priser.

dekker her 238.500 CHF eller 1,15 millioner NOK pr. år. Hittil har Norge altså betalt ca. 2,2 millioner NOK for 1995 og 1996. I tillegg kommer følgeforskningsmidler som bevilges fra Norges Forskningsråd over Materialprogrammets budsjett til norske forskere for i hovedsak å finansiere forskning ved SNBL. For 1995 og 1996 var dette beløpet ca.1,6 millioner NOK, altså ca. 2.5 millioner NOK for de to årene til sammen. Utfra denne beregningen kan vi konkludere at Norges total bidrag til ESRF beløper seg til ca. 35 mill NOK innen utgangen av 1996, hvorav nesten 11 millioner (ca. 30 prosent) har gått til finansiering av SNBL aktiviteter.

Figur 4.1 viser den relativt kompliserte pengestrømmen fra norske institusjoner til ESRF og SNBL.



Figur 4.1: Struktur på norske bidragsstrømmer til ESRF. Kilde: NFR

Som det vises i Figuren 4.1, bidrar NTNU, UiO, Høyskole i Stavanger med 50 prosent (henholdsvis 28%, 14%, 8%) og Norges Forskningsråd bidrar med de resterende 50% til driftskostnader ved SNBL. Nesten 90 prosent av Forskningsrådets bidrag går til en norsk post-dok. som inngår i personalet ved SNBL.

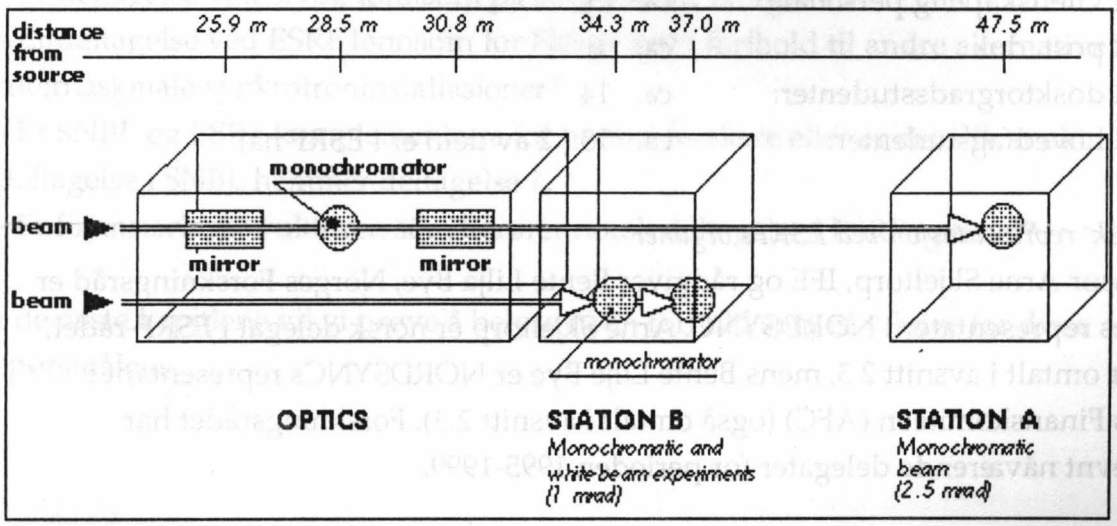
Alle medlemmer i ESRF er forpliktet til samarbeidet gjennom kontrakt inntil 31. desember 2007 (jf. Convention concerning the construction and operation of ESRF). Norge er forpliktet overfor sine partnere i NORDSYNC til samarbeid inntil 2002 (jf. Agreement concerning NORDSYNC). Når det gjelder SNBL er Norge forpliktet overfor SUR og ESRF inntil 1.januar 2000 (jf. Contract between the ESRF and CRG/SN concerning the operation of the beamline D1 at the ESRF).

4.3 Norsk forskning ved ESRF

Fagmiljøer som benytter ESRF og SNBL er:

- NTNU: Fysisk institutt (materialfysikk, diffraksjonsfysikk), Kjemisk institutt (uorganisk kjemi), Teknisk Kjemi (katalyse)
- UiO: Kjemisk institutt (uorganisk kjemi, petrokjemi), Biokjemisk institutt (makromolekylære strukturer), Fysisk institutt (materialvitenskap), Geologisk institutt (mineralogi).
- Høyskolen i Stavanger: Fysikk (diffraksjonsfysikk)
- IFE: Fysikk (materialvitenskap)
- SINTEF: Kjemi
- UiB: Kjemisk institutt (EXAFS)

Mer spesifikt for SNBL arbeider norske brukere innenfor røntgenspektroskopi, diffraksjonsstudier av pulverprøver, proteinkrystallograf og diffraksjon i enkrystaller. I Figur 4.1 viser vi en skisse av SNBLs delte strålelinje med to eksperimentstasjoner som er uavhengige av hverandre.



Figur 4.2: Skisse av den norsk-sveitsiske strålelinjen BM1. *Kilde ESRF*

4.

4. 4 Nøkkelopplysninger om norsk deltagelse i ESRF og SNBL

1. Statistikk om stråletid tildelt til norske forskere

Norsk stråletid i SNBL:
Norske forskere fikk tildelt 257 skift i 1996.
Total kapasitet: ikke tilgjengelige data
Prosent av stråletid til norske forskere i forhold til det totale for 1996: ikke tilgjengelige data.
Fair return faktor[5]: estimert atskillig større enn 1,0

Norsk stråletid i ESRF ellers:
I 1995 ble det søkt om 57 skift, fikk tildelt 0.
I 1996 ble det søkt om 84 skift, fikk tildelt 63.
Total kapasitet i 1996 ved ESRF: 6111
Prosent stråletid til norske forskere i forhold til det totale for 1996: 1%
Fair return faktor: ca. 2

2. Antall deltagere med opphold i ESRF inntil utgangen av 1996[6]:

Totalt:	*ca.48*
Hvorav :	
Antall vitenskapelig personale:	ca. 15
Antall post. dok :	ca. 6
Antall dosktorgradsstudenter:	ca. 14
Antall hovedfagstudenter:	ca. 13 (2 av dem er i ESRF nå)

3. Norsk representasjon ved ESRFs organer

Professor Arne Skjeltorp, IFE og rådgiver Bente Lilja Bye, Norges Forskningsråd er Norges representater i NORDSYNC. Arne Skjeltorp er norsk delegat i ESRF-rådet, som er omtalt i avsnitt 2.3, mens Bente Lilje Bye er NORDSYNCs representant i ESRFs Finanskomiteen (AFC) (også omtalt i avsnitt 2.3). Forskningsrådet har oppnevnt nåværende delegater for perioden 1995-1999.

---

[5] Fair return faktor er lik prosentandel av Norges bidrag til ESRF på prosentandelen av den tildelte stråletid til Norge. Hvis faktoren er større enn 1,0 betyr det at Norge får mer enn det som kontigenten tilsier.

[6] Tallene her er usikre og muligens ufullstendige. Spesielt deltagelse fra en gruppe ved UiO er basert på anslag.

4. Nordmenn i faste stillinger ved ESRF

I dag har Norge bare en person som arbeider i ESRFs EDB avdeling og som er lønnet av ESRF. Det er bemerkelsesverdig få nordmenn som søker på de ledige stillinger ved ESRF. Ellers som nevnt ovenfor finansierer Norges Forskningsråd gjennom SNBL-kontigent en norsk permanent post dok. stilling ved SNBL.

5. Industrideltagelse

Dette punkt utdypes i avsnittet 5.3. Vi kan nøye oss her med å si at industrien deltar ikke i forskningsaktiviteter ved ESRF. Dette gjelder også for de fleste tekniske institutter i Norge.

4.5 Noen preliminære vurderinger av den norske deltagelse i ESRF

Norge får totalt sett atskillig mer stråletid enn det bidragsandelene til ESRF og SNBL skulle tilsi hvis man bare ser på deltagelsesstatistikk fra 1996. Utviklingen av norsk stråletid ved ESRF (fra 0 skift i 1995 til 63 skift i 1996) tyder på at norske forskere etter hvert lærer hvordan de skal få gjennomslag for sine prosjekter. Dette er kanskje det viktigste funn i denne undersøkelsen.

Det er likevel mange og mer subtile problemstillinger knyttet til norsk deltagelse. Noen av de viktigste spørsmål er:

- Er deltagelse ved SNBL lønnsom på lang sikt for Norge?
- Er deltagelse ved ESRF lønnsom for Norge sett i forlhold til andre alternative internasjonale synkrotroninstallasjoner?
- Er SNBL og ESRF komplementære for norske forskere eller er det slik at økt deltagelse i SNBL hemmer deltagelse ?
- Er finansieringsstrukturen som berører norsk deltagelse i ESRF optimal?

I de neste kapitlene vil vi prøve å belyse noen forhold som er viktige for disse spørsmålene.

5. Oppnådde resultater hittil

I dette kapitlet skal vi gi en oversikt over de resultatene som har kommet ut av den norske deltagelse i ESRF. Det er klart at noen sider av de effektene knyttet til Norges deltagelse i internasjonale organisasjoner vanskelig lar seg kartlegge. Uansett har ESRF eksistert en kort tid og ESRF som organisasjon er fremdeles i en læringsfasen. Hovedformålet er derfor ikke å redegjøre for alle effektene men å gi et mest mulig dekkende bilde over deltagelsens resultater ved å se nærmere på 4 relevante probemstillinger:

1) Å foreta en bibliometrisk analyse av de publikasjonene som er (eller kan være) knyttet til ESRF forskning og som er relevante for norsk forskning;
2) Å kartlegge de opplæringseffektene som deltagelse i ESRF har hatt (eller kan ha) innen norsk forskning;
3) Å kartlegge de kommersielle aktivitetene som har sprunget ut fra deltagelsen;
4) Å gi et anslag av hvorhvidt og hvordan deltagelsen har påvirket andre alternative satsinger i Norge.

5.1 Momenter fra en bibliometrisk analyse av norsk deltagelse i ESRF

Målet med denne delen av undersøkelsen er først og fremst å frambringe noen bibliometriske momenter[7] i vurderingsarbeidet av norsk deltagelsesmønster i ESRF. Bibliometriske data inneholder informasjon om hvilke forfattere og hvilke institusjoner som har vært involvert i enkelte vitenskapelige publikasjoner. F.eks. kan bibliometriske data gi oss et bilde av hvem norske forskere samarbeider med for å produsere og publisere sine resultater, hvilke internasjonale miljøer som norske miljøer samarbeider med, og ikke minst innenfor hvilke forskningsretninger norsk forskning utvikler seg innenfor (evt. som resultat av en bevisst forskningspolitisk satsing eller til tross for den). Samforfatterskapsdata er i denne sammenheng ikke alltid entydige eller pålitelige, men på aggregert nivå kan slike data gi oss en første indikasjon på hvordan de enkelte spesialiseringer samarbeider med hverandre, hvor intenst dette samarbeidet er, og innenfor hvilke forskningsemner dette samarbeidet foregår.

---

7 For en mer fyllestgjørende dokumentasjon av resultatene i denne bibliometriske analysen se på NIFU U-notat 10/97.

Tatt disse forbehold i betrakning, finner vi i denne bibliometriske analysen at:

- Norge har hatt en svakere publiseringsaktivitet i materialvitenskap i forhold til andre fag og i forhold til en bibliometrisk totalgjennomsnitt.
- Norske publikasjoner innenfor Materialvitenskap har en lav siteringsfrekvens sammenlignet med andre land.
- Vi identifiserte 9 ESRF-artikler (dvs. alle SCI artiklene som har ESRF og minst en norsk institusjon som addressereferanse for en eller flere av artikkelens forfattere) i SCI perioden 1990-1996. NTNU (NTH), Fysikk er representert i 8 av de 9 artiklene. Minst 6 av de 9 identifiserte artiklene er knyttet til forskningsaktiviteter ved den norsk-sveitsiske strålelinjen.
- De fleste av de 21 forskere (permanent vit. personale samt post doks) som har fått stråletid ved ESRF har en solid (noen imponerende) publiseringsprofil i SCI databasen.

5.2 Kartlegging av effekter mht kompetanse

For å kartlegge effekter av den norske deltagelse i ESRF mht kompetanseutviklingen innenfor norske FoU-miljøer er det nærliggende å spørre: *Hva slags opplæringeffekter har deltagelse i ESRF hatt for norsk forskning?*

Med opplæringseffekter mener vi her antall unge forskere som har fått anledning til å tilbringe tid og å knytte deler av deres forskning til ESRF aktiviteter. Det er registrert 14 doktorgradsstudenter og 13 hovedfagsstudenter som har arbeidet ved ESRF og SNBL hittil. De aller fleste arbeidet i SNBL. I følge flere informanter er det ønskelig med en økning av studentantallet ved ESRF, spesielt når det gjelder doktorgradsstudenter. Det er tre mulige årsaker til at antall studenter har vært lavere enn ønskelig:

a) Tatt i betrakning at ESRF har åpnet for eksperimenter i 1994 er vi fremdeles i en læringsfase i forbindelse med bruken av ESRF's synkrotronstråling. Eksperimentene ved ESRF er teknisk krevende, kostbare og av høyt kompleksitetsnivå. Disse er forhold som ikke gir anledning til å lære opp et høyt antall nye forskere på kort tid.

b) Finansieringsmuligheter for doktorgradsprosjekter knyttet til ESRF innenfor Forskningsrådets Materialteknologiprogram er begrenset. Dette programmet er

hovedfinansieringskilde for prosjekter knyttet til ESRF- SNBL og andre synkrotron installasjoner.

c) Det meste av den norske deltagelsen ved ESRF er konsentrert ved den norsk-sveitsisk linjen. Deltagelse i eksperimenter ved denne linjen er dyrere for Norge i forhold til eksperimenter ved andre ESRF strålelinjer (public beamlines). Dette fordi i SNBL må norske forskere selv finansiere sine oppholds- og reisekostnader, mens på de andre linjer er det ESRF som dekker slike kostnader. På den andre siden er det vanskeligere å få tilgang til stråletid i de andre linjer sammenlinget med SNBL.

Det er ikke gjennomført noe systematisk kartlegging av norske studenters erfaringer med ESRF-SNBL men inntrykkene er positive for de få som vi har spurt.

5.3 Kommersielle gevinster knyttet til norsk deltagelse ved ESRF

Generelt kan man si at det hittil er få kommersielle effekter som kan spores av norsk deltagelse ved ESRF. Av de målbare effektene kan vi nevne:

Patenter: Norsk Hydro har fått godkjent to patenter knyttet til forskning ved ESRF forskning (jf intervju med H.Fjellvåg).

Kontrakter: Når det gjelder kontrakter for levering av utstyr til ESRF kan vi nevne at Norge så langt ikke har fått noen slike kontrakter. NORSYNC som en helhetlig gruppe har imidlertid levert utstyr for en verdi på omtrent 30 millioner FF inntil juni 1993 eller 3, 74 prosent av all innkjøp av utstyr fra ESRF (jf. Forskningsrådets arkiv for ESRF). Denne prosentandelen er litt lavere enn 4 prosent som er NORSYNCs bidrag til ESRF's totale inntekter. 'Fair return' faktoren for hele NORDSYNC blir dermed 0.93.

Industriell deltagelse ved ESRF: Vi har ikke registrert noen forskningsprosjekter ved ESRF med deltagelse fra norsk industri. Til sammenligning deltok den europeiske industrien i 7 prosent av alle forskningsprosjektene som er blitt gjennomført ved ESRF hittil. Dette gjelder både for prosjekter under peer vurdering (5 prosent) og private prosjekter hvor industrien selv betaler alle omkostninger i forbindelse med eksperimenter (2 prosent). I hovedsak er det franske, britiske, sveitsiske og svenske bedrifter som har benyttet ESRF anlegget. De fleste av disse bedriftene er innenfor den farmasøytiske industrien (14 slike selskaper er registert), mikroelektronikk, kjemikalier, olje og gass og sement (jf. J. Doucet, faks datert den 8 april 1997).

Mobilitet: En tidligere doktorgradsstudent med opphold i ESRF (før 1994) arbeider i dag i Norsk Hydro.

5.4. Internasjonal kompetanse og nye samarbeidsnettverk

Samtlige forskere som vi har vært i kontakt med trekker fram betydningen av å arbeide ved ESRF som de mener er den beste synkrotronkilde i verden i dag. Konkurranse for stråletid ved ESRF er veldig høyt og mange sterke forskningsmiljøer fra ulike land deltar i denne konkurransen. Flere deltagere understreker at tilgang til ESRFs synkrotronkilder er en forutsetning for at norske miljøer ikke bare kan følge med i den internasjonale utviklingen innenfor flere fagfelt, men også å delta aktivt på forskningsfronten.

Når det gjelder dannelse av nye samarbeidsnettverk i forbindelse med norsk deltagelse i ESRF kan vi ikke registrere at deltagelsen har fremmet nye samarbeidskonstellasjoner for norske forskningsgrupper. For det første er det praktisk talt ikke noe (synlig) samarbeid mellom de norske miljøene som forsker ved ESRF. Dette kan skyldes i første rekke at de norske miljøene som benytter synkrotron kilder, er spesialisert innenfor enkelte problemstillinger og teknikker - noe som ikke gir anledning for utforming av felles prosjektforslag. For det andre er det lite samarbeid mellom norske og andre utenlandske forskningsgrupper både når det gjelder gjennomføring av eksperimenter og utarbeidelse av felles prosjektsøknader om stråletid ved ESRF. Dette er også tilfelle for forskningen ved SNBL linje. En undersøkelse av de publikasjonene i SCI i perioden 1990-1996 som er skrevet av 18 norske forskere med opphold i ESRF (omtalt ovenfor) viser heller ikke noen merkbare endringer av samforfatterskapsmønstre før og etter 1994. På den andre siden viser disse publikasjonene at et høyt antall av norske og utenlandske forskere (271 norske og utenlandske forskere og studenter) er knyttet gjennom samforfatterskap til de 18 deltagerne ved ESRF. Dette viser hva samarbeidspotensialet eventuelt er, også når det gjelder forskning ved ESRF.

5.5 Hvordan har deltagelse ved ESRF påvirket andre aktiviteter i Norge?

Vi har ikke noe systematisk datagrunnlag utenom informant-intervjuene for å besvare dette spørsmålet. Vi må derfor nøye oss med å nevne at alle forskerne vi har snakket med ser deltagelsen ved ESRFsom *viktig og komplementær* til forskningsaktiviteter i Norge. Begrunnelsen for det er at Norge ikke har eget synkrotronanlegg og at andre synkrotronanlegg i Europa, som norske forskere har tilgang til, ennå ikke kan konkurere med ESRF's strålekvalitet. Når det gjelder

Universitetet i Oslo spesielt, har forskere nå fått nytt laboratorium som gir mulighet til å forberede, planlegge og utnytte resultater fra ESRF-eksperimenter i større grad enn det som var tilfelle tidligere. I tillegg er det sagt at ESRF synkrotronfasiliteter er på en unik måte komplementær til IFEs neutronstråleanlegg ved Kjeller (jf. intervjuet med Arne Skjeltorp).

5.6 Oppsummering

Avslutnigsvis oppsummerer vi hovedpunktene i dette kapitlet:

- Den norske publiseringsaktivitet og siteringshyppighet er lav innenfor Materialvitenskap. Dette kan tyde på at norsk forskning innenfor Materialvitenskap bør styrkes. Man bør selvsagt undersøke de foreliggende bibliometriske tall nøye for å komme med noen endelige konklusjoner i denne sammenheng. Men det er viktig å stille spørsmål om hvorvidt deltagelse i ESRF kan være et virkemiddel for dette formål.

- ESRF-deltagelse har mobilisert sentrale forskere fra flere norske institusjoner innenfor materialvitenskap, fysikk, kjemi osv. Fortsatt synes opplæringseffektene å være lave spesielt i ESRFs *'public lines'*.

- Norsk industri har ennå ikke blitt engasjert i forskningsprosjekter ved ESRF. Det er få kommersielle effekter og beskjeden mobilitet fra forskningsmiljøer med deltagelse i ESRF, til industrien.

- ESRF er komplementær til forskningsagendaer her hjemme.

6 Forskningsstrategiske momenter med hensyn til norsk deltagelse i ESRF og SNBL

I dette kapittel skal vi først se på noen økonomiske forhold knyttet til norsk deltagelse i ESRF og SNBL, deretter på deltagelsesmønsteret i ESRF i forhold til norsk industri, og til slutt noen konkluderende kommentarer om de forskningspolitiske implikasjoner av den norske deltagelse i ESRF.

Her og ellers vil vi prøve å utdype noen momenter: I den grad det er uttrykt skepsis med hensyn til norsk deltagelse i ESRF, gjelder det tre spørsmål: 1) kostnadene i forbindelse med det norske engasjementet i SNBL (jf. Forskning 5/96); 2) det angivelig lavt nivå på deltagelse i ESRF (jf. Forsknig 4/96); 3) norsk industriens beskjedent engasjement i ESRF. Vi skal drøfte disse tre spørsmålene.

6.1 Økonomiske forhold ved norsk deltagelse i ESRF

Som nevnt tidligere skal utgiftene knyttet til SNBLs drift samt utgiftene knyttet til forskningen (reise og opphold) ved SNBL dekkes av Norge. Dette gjelder ikke eksperimentene ved ESRFs øvrige linjer (public lines). Dersom et prosjekt blir godkjent av ESRF, dekker organisasjonen oppholds- og reisekostnader for inntil tre personer. Det er da rimelig å spørre hva som er begrunnelsen for Norges engasjement i SNBL og om det er en lønnsom investering.

SNBLs drift og forskning koster Norge ca. 2 millioner NOK i 1997, hvorav 500.000 NOK av driftskostnadene går til en permanent post. dok. stilling i SNBL. Deltagelse i SNBL (inkludert følgeforskningsmidler) koster ca. 2 millioner NOK årlig. Norske forskere fikk tildelt 257 skift i 1996. En skift ved SNBL kostet da Norge ca 8.000 NOK i 1996 (nesten 4 ganger billigere ESRFs skiftpris for private brukere). Deltagelse i ESRF koster ca 2.8 millioner NOK årlig (kontigenen). Norske forskere fikk tildelt 63 skift i ESRFs øvrige strålelinjer. Et skift ved ESRF kostet altså Norge ca. 44.000 NOK i 1996. Dette er omtrent 50 prosent dyrere enn ESRFs skiftpris for private brukere. Vi minner om at den norske andelen av ESRFs skift for 1996 er nesten to ganger større enn den norske andelen av alle medlemslandenes bidrag til ESRF. Det betyr at kostnadene per skift for andre medlemsland er enda større enn 44.000 NOK. Det betyr også at ESRFs stråletid til private brukere er muligens *underpriset* i forhold til det som alle medlemslandene betaler i dag for sin stråletid gjennom kontigenten.

Sagt litt annerledes: Norge får mer forskning per krone fra deltagelsen i SNBL

sammenlignet med de øvrige strålelinjer ved ESRF.

6.2 Industri og norsk deltagelse i ESRF

I strategidokumentet har Forskningsrådet satt syv hovedsatsinger i fokus. To av dem er: Internasjonal forskningssamarbeid og næringsrettet forskning og utvikling. Medlemskapet i ESRF berører begge satsinger. ESRF er et eksempel av internasjonalt forskningssamarbeid med klare industrielle anvendelser. Samtlige informanter vi har snakket med mener at forskningen ved ESRF er relevant for norsk industri. Spesielt i prosessindustrien burde se klarere de mulighetene som åpnes med synkrotronforskning. Hvordan kan man da forklare industriens avventende holdning til ESRF?
Det er fire mulige årsaker til det:

1. Mangel på kunnskap hos bedriftene. Bruk av synkrotronstråling er komplisert og krevende. Dessuten kreves det spesialisert kompetanse for å kunne analysere de dataene som man får fra synkrotroneksperimenter . Denne kompetansen er lite utbredt i Norge (jf. intervju med direktør Knut Henriksen, Elkem Research). Mangel på detaljert kunnskap om bruk av synkrotron skaper ikke bare større ussikerhet i bedriftene. Den forhindrer også å oppdage mulighetene som for andre er synlige.

2. Mangel på felles arenaer hvor industri og forskere sammen kan komme fram til interessante prosjektideer som kan gjennomføres på ESRFs strålelinjer.

3. Som nevnt, betaler Norge omtrent 2 millioner NOK for deltagelsen og eksperimentene ved SNBL strålelinjen årlig. Disse er midler som bevilges fra budsjettet til Forskningsrådets Materialforskningsprogram, som er et program for å stimulere grunnforskning innenfor materialvitenskap, og man kan derfor si at de konkurerrer med andre norske prosjekter innenfor fagfeltet. Materialforskningsprogrammet formidlet 10 millioner NOK til norske forskere i 1996. Med et budsjett på 10 millioner til grunnforskning er det imidlertid usannsynlig å få forskere til å prioritere forskningsprosjekter med industriell deltagelse. Andre relevante programmer med større budsjetter i Forskningsrådets regi, som PROSMAT for eksempel, synes å være lite egnet for å skape samarbeid mellom Universitetene og industri for bruk av ESRF.

4. Universitetene har ikke noen klare strategier med hensyn til samarbeid med insdustri i synkrotronforskning.

6.4 Avsluttende kommentarer

Med den norsk-sveitsiske linje har norske forskere fått tilgang til en tilnærmet egen synkrotronkilde av høy kvalitet. Dette er en strategisk ressurs som burde brukes i større grad for å styrke norsk forskning i materialvitenskap og for å tiltrekke industriens oppmerksomhet for andvendelser av synkrotronkilder. Deltagelse i SNBL kan senere genere flere prosjektforslag for (private) eksperimenter som også er aktuelle for andre strålelinjer ved ESRF. Konkurransen for utvikling av 'smarte materialer' for det neste århundre er forlengst begynt.

7. Forskningspolitiske aspekter ved norsk deltagelse i ESRF

Utenrikspolitisk betyr deltagelse i ESRF lite, i den forstand at det norske politiske systemet og offentlighet ikke vier organisasjonen videre oppmerksomhet. Det betyr at forskningspolitisk oppfattes norsk deltagelse i ESRF som uproblematisk og bidrar på sin måte til å understøtte Norges image som en moderne forskningsnasjon. En ensidig norsk utmeldelse vil imidlertid oppfattes som negativt av de andre europeiske land.

Det er likevel to forskningspoltiske aspekter med det norske medlemskapet i ESRF som vi mener er essensielt å nevne i dette kapitlet. Dette gjelder forskningspolitisk fleksibilitet (7.1) og nye former for deleierskap (7.2).

7.1 Forskningspolitisk fleksibilitet

Vi vil hevde at den *formen* som norsk deltagelse i ESRF har, kan stå som et eksempel, og muligens skape presedens med hensyn til hvordan internasjonalt samarbeid innenfor nye forskningsområder kan organiseres. Her tenker vi på internasjonalt samarbeid som er avhengig av anlegg som er lokaliserte på ett eller flere steder og som krever kostbare investeringer.

Det er karakterisitisk at en av drivkreftene for OECDs Megascience Forum var nettopp små OECD lands frustrasjon over eksisterende former for internasjonalt forskningssamarbeid (jf. intervju med OECDs Principal Administrator G.Drihon, Paris 21. april 1997). Deltagelse gjennom konsortier (NORDSYNC og BENESYNC) i ESRF gir små land muligheten til økt innflytelse i organisasjonens styringsorganer og større utbytte av medlemskapskontigenten enn hvis de hadde opptråttt hver for seg. Dette fordi gjennom en felles representasjon åpnes muligheten for en bedre samordning av konsortiemedlemmenes ulike forskningspolitiske prioriteringer på flere plan, og kanskje også på tvers av deres engasjement i flere andre internasjonale samarbeidsarenaer. Vi har for eksempel sett hvordan de nordiske land kunne se ESRF-medlemskapet i forhold til medlemskapet i 'Ocean Drilling Programme' (se avsnitt 4.1).

NORDSYNC-konseptet har imidlertid ikke bare positive effekter for Norge. Vi kan eksempelvis nevne at NORDSYNC fikk omtrent sin rettmessige andelen av ESRFs innkjøpsbestillinger (3,74% inntil juni 1993), men disse gikk utelukkende til nordiske

bedrifter utenom Norge. Det samme gjelder andelen av NORDSYNC personell som lønnes av ESRF.

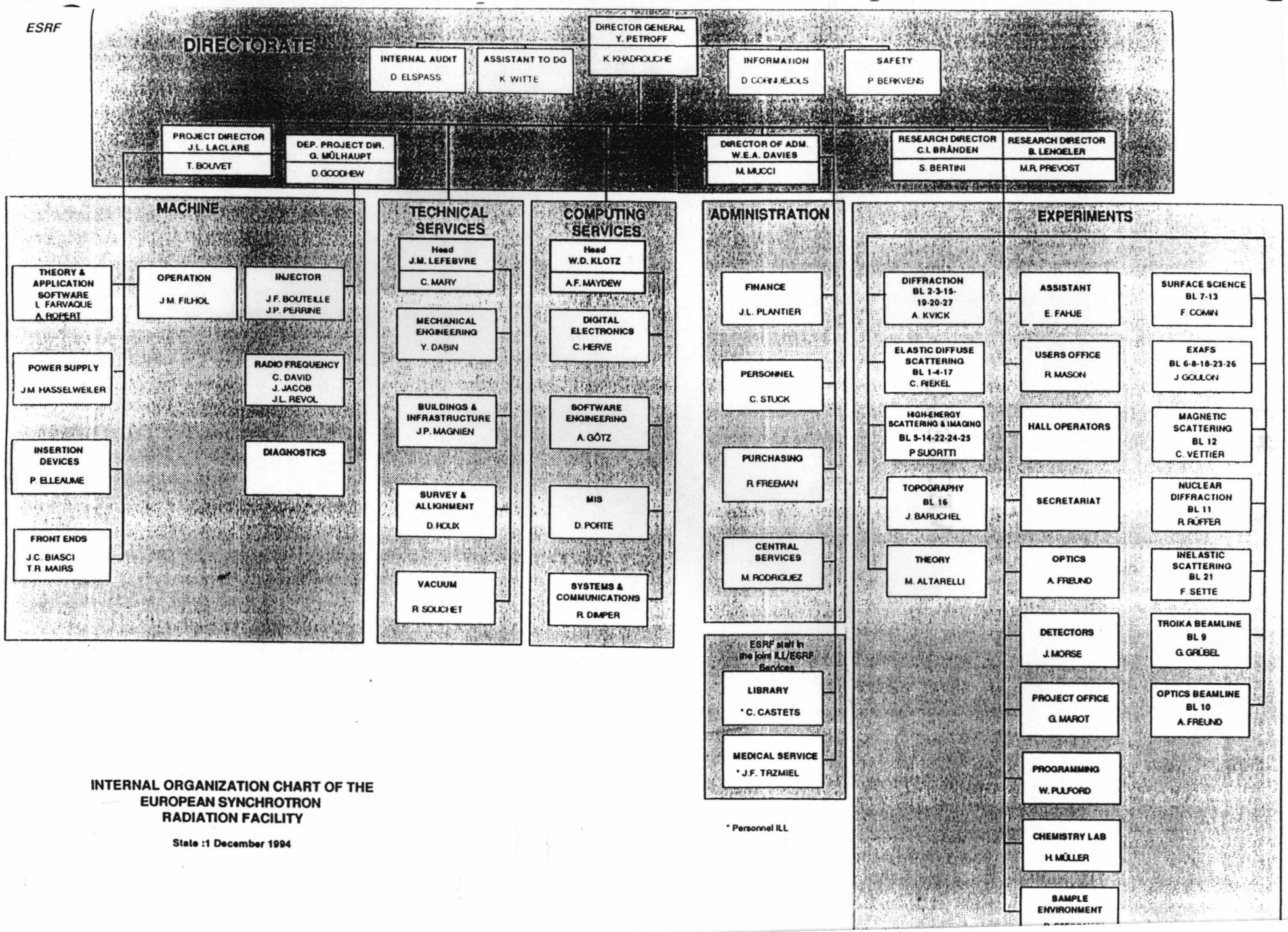
7.2 Nye former for deleierskap

Det andre forskningspolitiske forholdet som er interessant i forbindelse med ESRF-deltagelse gjelder den norsk-sveitsike strålelinjen SNBL. Uavhengig av hvorvidt SNBL er optimalt utnyttet eller kostbar for norsk forskning, representerer denne strålelinjen et eksempel på hvordan et lite land kan få 'eie' fasiliteter som det ikke kan bygge selv og som samtidig gir muligheter for en mer langsiktig og systematisk planlegging av norsk engasjement i nye forskningsområder.

Som nevnt tidligere og uavhengig av norsk medlemskap kan norsk industri betale for å gjennomføre sine eksperimenter ved ESRF. SNBL-modellen gir imidlertid til norske bedrifter en fleksibel mulighet til å lære å bruke en ressurs sammen med norske forskere.

VEDLEGG

ESRF



INTERNAL ORGANIZATION CHART OF THE EUROPEAN SYNCHROTRON RADIATION FACILITY

State :1 December 1994

* Personnel ILL

Table 5 List of public beamlines in operation, under construction or in design phase. The first column gives the insertion device ID or the bending magnet BM position on which the beamline is installed. The second column gives the number of independent end-stations. Columns 3 and 4 give the beamline number and name. Finally, the status of the beamlines is quoted in column 5 (USM: User Service Mode).

SOURCE POSITION	NUMBER OF INDEPENDENT END-STATIONS	BEAMLINE NAME	STATUS
ID 2	1	High Brilliance	USM since 09/94
ID 3	1	Surface Diffraction	USM since 09/94
ID 9	1	White Beam	USM since 09/94
ID 10 A	1	Troika EH 1	USM since 09/94
ID 11	1	Materials Science	USM since 09/94
ID 12 A	1	Circular Polarisation	USM since 01/95
ID 12 B	1	Dragon	USM since 01/95
ID 13	1	Microfocus	USM since 09/94
ID 15 A	2	High Energy Diffraction	USM since 09/94
ID 15 B	1	High Energy Inelastic Scattering	USM since 09/94
ID 16	1	Inelastic Scattering	USM since 09/95
ID 18	1	Nuclear Scattering	USM since 01/96
ID 19	1	Topography	USM since 06/96
ID 20	1	Magnetic Scattering	USM since 05/96
ID 24	1	Dispersive EXAFS	USM since 02/96
ID 30	1	High Pressure	USM since 06/96
ID 32	1	SEXAFS	USM since 11/95
BM 5	1	Optics	USM since 09/94
BM 14	1	Multiwavelength Anomalous Diffraction	USM since 09/95
BM 16	1	Powder Diffraction	USM since 05/96
BM 29	1	X-ray Absorption Spectroscopy	USM since 12/95
ID 1	1	Anomalous Scattering	USM in 11/96 (commissioning)
ID 10 B	1	Troika EH 2 + EH 3	USM in 01/98 (construction)
ID 17	1	Medical	USM in 01/97 (commissioning)
ID 14 A	2	Protein Crystallography 1,EH 1 + EH 2	USM in 03/97 (commissioning)
ID 14 B	2	Protein Crystallography 2, EH 3 + EH 4	USM in 09/98 (construction)
ID 21	2	X-ray Microscopy	USM in 09/97 (construction)

ID 22	1	Microfluorescence	USM in 09/97 (construction)
ID 26	1	X-ray Absorption on ultra-dilute samples	USM in 09/97 (construction)
ID 28	1	Inelastic Scattering - Electronic Excitation	USM in 09/98 (design phase)
BM 1	2	swiss-norWegian BL X-ray Absorption & Diffraction	Operational
BM 2	1	D2AM (French) Materials Science	Operational
BM 7	1	GRAAL (Italian / French) Gamma Ray Spectroscopy	Commissioning
BM 8	1	GILDA (Italian) X-ray Absorption & Diffraction	Operational
BM 20	1	ROBL(German) Radiochemistry & lon Beam Physics	Construction
BM 26	2	DUBBLE (Dutch/Belgian) Small Angle Scattering & Interface Diffraction X-ray Absorption & Powder Diffraction	Construction
BM 28	1	XMAS (British) Magnetic Scattering	Construction
BM 30	2	FIP (French) Protein Crystallography A & B	Construction
BM 32	1	IF (French) Interfaces	Operational

Table 4. **Synchrotron sources in OECD countries**

Country	Location of facility	Source	Status	E (GeV)	Number beam lines
Denmark	Aarhus	ASTRIC/ISA	Operat.	0.6	6
France	Grenoble	ESRF	Operat.	6.0	46
	Orsay	DCI	Operat.	1.85	~20
	Orsay	SuperACO	Operat.	0.8	~25
	Orsay	SOLEIL	Design	2.15	36
Germany	Berlin	BESSY I	Operat.	0.8	~32
	Berlin	BESSY II	Design	1.7	
	Berlin	COSY 1/2	Not	0.56/0.63	
	Bonn	BONN II	Operat.	2.5	7
	Bonn	ELSA	Operat.	3.5	5
	Dortmund	DELTA	Const		
	Hamburg	HASYLAB	Operat.	5.6	~32
	Hamburg	PETRA II	Design	14.0	
	Karlsruhe	KfK ring	Design	1.5	
Italy	Trieste	ELETTRA	Operat.	2.0	
	Frascati	ADONE	Not	1.5	~10
Japan	Atsugi	NTT-I	Operat.	0.8	
	Atsugi	NTT-II	Operat.	0.6	
	Fukuoka	Kyushu Univ. SR	Design	1.5	
	Hiroshima	HISOR	Design	1.5	
	Ibaraki	JSR-JAERI	Operat.	0.3	7
	Nishi-Harima	SPring-8	Constr	8.0	61
	Okazaki	UVSOR	Operat.	0.75	~19
	Osaka	Kansai-SR	Design	2.0	
	Sendai	TOHUKU SR ring	Design	1.5	
	Tokyo	Aurora	Operat.	0.65	
	Tokyo	SOR	Operat.	0.38	4
	Tokyo	SRL-ISSP	Design	1.5	
	Tsukuba	KEK Photon Factory	Operat.	3.0	~57
	Tsukuba	KEK-Tristan Accum.	Operat.	6.5	
	Tsukuba	KEK-Tristan main ring	Plan	10-30	
	Tsukuba	LUNA	Operat.	0.8	
	Tsukuba	NIJI-I	Operat.	0.16	
	Tsukuba	NIJI-II	Operat.	0.6	
	Tsukuba	NIJI-III	Operat.	0.62	
	Tsukuba	SORTEC I	Operat.	1.0	8
	Tsukuba	TERAS	Operat.	0.8	
Sweden	Lund	MAX-I	Operat.	0.55	6
	Lund	MAX-II	Constr	1.5	
Switzerland	Villigen	SLS	Plan	1.5/2.1	
United Kingdom	Daresbury	MEXS	Design	3.0	>32
	Daresbury	SRS	Operat.	2.0	~28
	Oxford	HELIOS 1	Operat.	0.7	
	Daresbury	LES	Design	0.7	12
United States	Argonne	APS	Constr.	7.0	70
	Baton Rouge	CAMD	Operat.	1.2	
	Berkeley	ALS	Constr.	1.5/1.9	
	Brookhaven	NSLS-VUV	Operat.	0.75	~30
	Brookhaven	NSLS-X-ray	Operat.	2.5	~50
	Brookhaven	SXLS	Comm	0.2	
	Cornell	CHESS	Operat.	5.43	
	Gaithersburg	SURF-II	Operat.	0.28	
	Stanford	SPEAR (SSRL)	Operat.	3.4	~24
	Stanford	PEP (SSRL)	Plan	4.5/14.5	
	Wisconsin	ALADDIN	Operat.	1.0	~27

Status
Operat. = Operational
Comm. = Being commissioned
Constr. = Being constructed
Fund = Funded
Design = At design stage
Plan = Plans have been proposed to use an existing facility for SR research (usually in parasitic mode).
Not = No longer operational

Vedlegg 3