

Tungregning mot 2010!

Utredning

© **Norges forskningsråd 200x**

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

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

Grafisk design omslag:
Foto/ill. omslagsside:
Trykk: Norges forskningsråd
Opplag: 100

Oslo, november 2002
ISBN 82-12-01784-2
evt. ISSN (for serier)

Tungregning mot 2010!

Forslag til struktur og finansiering av norsk tungregning for perioden 2004-2010

Utvalg for utredning av fremtidig norsk tungregnestruktur

14. august 2002

Dokumenthistorie

Dato	Kommentar
15.05.2002	Versjon til høring
14.08.2002	Endelig versjon. Innledning, faktafeil påpekt i høringen og setninger egnet til misforståelse er endret. Øvrig innhold er identisk med høringsversjonen.

Norges forskningsråds forord

Norges forskningsråd oppnevnte våren 2001 et planutvalg som innenfor de rammer som ble gitt var ansvarlig for å utrede muligheter for framtidig norsk tungregnestruktur for perioden 2004 – 2008. Utvalget har bestått av Odd Gropen, Universitetet i Tromsø (leder), Roar Skålin, Meteorologisk Institutt, og Morten Dæhlen, Simula Research Laboratory, og gruppens mandat finnes i Vedlegg A.

Første utkast til rapporten ”Tungregning mot 2010!” kom 15.05.02 og ble sendt ut på høring til en rekke instanser (se Vedlegg B). Innspillene ble bearbeidet (se Vedlegg C) og selve rapporten ble oppdatert for faktafeil og misforståelser. Rapporten og høringsuttalelsene ble forelagt Norges forskningsråds Områdestyre for Naturvitenskap og teknologi 28.08.02 og følgende vedtak ble fattet:

”Områdestyret tar innstilling og høringsuttalelsene til etterretning, og anbefaler at Forskningsrådet arbeider videre med sikte på å realisere organisering og struktur for norsk tungregning i tråd med de forslag som er fremmet. Planleggingsrammen fastsettes etter en dialog med Utdannings- og forskningsdepartementet.”

Den herværende rapporten er en sammenstilling av planutvalgets rapport og aktuelle vedlegg.

Norges forskningsråd takker planutvalget og høringsinstansene for meget godt arbeid og rapporten er et viktig bidrag i vårt pågående arbeid for å bedre kårerne for nasjonal tungregning.

Norges forskningsråd,
27.11.02

Innholdsfortegnelse

Norges forskningsråds forord	
<u>Sammendrag og anbefalinger</u>	6
<u>1. Innledning</u>	7
<u>2. Norsk tungregning fra 1986 til 1999</u>	8
<u>2.1 Organisering og ressurser</u>	8
<u>2.2 Noen vitenskapelige resultater</u>	9
<u>3. Dagens situasjon</u>	10
<u>3.1. NOTUR</u>	10
<u>3.2. Noen innspill og observasjoner</u>	11
<u>4. Situasjonen i de nordiske landene</u>	12
<u>4.1. Finland</u>	12
<u>4.2. Sverige</u>	12
<u>4.3. Danmark</u>	13
<u>4.4. Nordisk samarbeid</u>	13
<u>5. Betydningen av tungregning</u>	14
<u>5.1 Naturvitenskap og beregningsteknologi</u>	15
<u>5.2 Noen viktige fag og områder</u>	15
<u>6. Teknologeutvikling</u>	21
<u>6.1 Maskinvare</u>	21
<u>6.2 Programvare</u>	23
<u>6.3 Nettverk</u>	23
<u>6.4 GRID</u>	24
<u>7. Brukerstøtte og kompetanseutvikling</u>	25
<u>8. Meteorologisk institutt</u>	26
<u>8.1 Meteorologisk institutts behov for tungregnekraft 2004-2008</u>	26
<u>8.2 Tungregnestruktur for met.no</u>	28
<u>9. Basisstruktur for norsk tungregning</u>	29
<u>9.1 Utsetting</u>	30
<u>9.2 Desentralisering</u>	31
<u>9.3 Nasjonal organisasjon</u>	32
<u>9.4 Aksjeselskap</u>	33
<u>9.5 Vurderinger</u>	34
<u>10. Organisering og ledelse</u>	35
<u>11. Økonomi</u>	37
<u>11.1 Minimumsnivå</u>	37
<u>11.2 Finansieringsnivå på 22 millioner kroner per år</u>	38
<u>11.3 Anbefalt finansieringsnivå</u>	38
<u>11.4 Økonomiske konsekvenser av et skille mellom met.no og UoH-sektoren</u>	40
<u>12. Næringsliv og industri</u>	41
<u>12.1 Bidrag uten direkte føringer</u>	41
<u>12.2 Forsknings- og utviklingssamarbeid</u>	41
<u>12.3 Salg av regnekraft</u>	42
<u>Referanser</u>	43
Vedlegg A	Utvalgets mandat
Vedlegg B	Adresseliste for høring
Vedlegg C	Oppsummering og kommentarer til høringsuttalelser

Sammendrag og anbefalinger

I Norge startet satsingen på tungregning i 1986, og aktiviteten har siden 1992 vært underlagt en nasjonal koordinering. Til tross for at det til tider har vært stor uenighet om valg av løsninger, både organisatorisk og teknisk, har den nasjonale satsingen på tungregning vært vellykket. De dokumenterte vitenskapelige resultater er betydelige, både når det gjelder vitenskapelig produksjon og utdanningsvolum, og Meteorologisk institutt (met.no) har fått sitt behov tilfredstillet når det gjelder regnekraft til operasjonell værvarsling.

Betydningen av å ha et vel utbygget infrastruktur for tungregning er stor og økende. Beregninger og modellering ved hjelp av datasystemer for tungregning som den tredje vei, i tillegg til teoretiske studier og fysiske eksperimenter, innen vitenskap blir viktigere og viktigere. Stadig flere forskningsmiljøer i Norge er helt avhengig av tilstrekkelig kraftige regneressurser for å kunne være i den internasjonale forskningsfronten.

Synergieffektene ved en felles tungregnestruktur for met.no og UoH-sektoren har vært og er stor, og utvalget mener at dette samarbeidet må videreføres. Dette kan best gjøres ved at det gis en felles bevilgning til tungregning, og at anskaffelser og drift av tungregneutstyret koordineres nasjonalt.

Økonomi

Utvalget foreslår at det over statsbudsjettet bevilges 45 mill- kroner per år til investeringer i norsk tungregning for perioden 2004-2010, herunder at programperioden utvides fra 2008 til 2010. Behovet hos eksisterende brukere er stort og økende, nye brukere (for eksempel innen funksjonell genomforskning (FUGE)) har behov for regneressurser langt utover det nivå vi har i dag, norsk deltagelse i et internasjonalt GRID-samarbeid krever investeringer, miljøer som driver algoritme- og programvareutvikling trenger eksperimentelle ressurser og siste men ikke minst vil mange nye brukere øke behovet for avansert brukerstøtte. En bevilgning på 45 mill. kroner per år vil bringe Norge opp på nivå med de andre nordiske land når det gjelder direkte offentlig støtte til investeringer i ressurser for tungregning.

Utvalget mener at det er mulig å fortsette på dagens nivå, dvs. med en offentlig finansiering på 22 mill. kroner per år. Dette vil imidlertid få store negative konsekvenser for norsk forskning og met.no.

Organisering

Utvalget foreslår at det etableres en nasjonal organisasjon med ansvar for anskaffelser og drift av norsk tungregning. Denne nasjonale organisasjonen bør ha et eget styre som oppnevnes av Norges forskningsråd. Utvalget anbefaler at den nasjonale organisasjonen får en daglig leder. Basert på tidligere erfaringer vil også utvalget anbefale at Norges forskningsråd gir den nasjonale organisasjonen et relativt detaljert mandat. Anbefalingen om å etablere en nasjonal organisasjon er avhengig av at bevilgningen til norsk tungregning økes. Dersom bevilgningen til norsk tungregning reduseres er det utvalget oppfatning at organisasjonsformen bør tas opp til ny vurdering.

Utvalget har vurdert forskjellige alternativer til en nasjonal organisasjon, bl.a. at norsk tungregning organiseres under et aksjeselskap. Aksjeselskapsformen kan utvikles og drives som en nasjonal organisasjon og er således et mulig alternativ.

Diverse

Erfaringer fra tidligere og pågående tungregneprogram er at samarbeid med industri og øvrig næringsliv gir ressurser til kraftigere maskiner, god resursutnyttelse og økt omfang på aktiviteten. Et slikt samarbeid vil naturlig finne sted mellom aktører i næringslivet og de lokale driftssentra i en tungregnestruktur. Det er utvalgets oppfatning at et nytt tungregneprogram bør søke å stimulere til slik samarbeid.

Utvalget er positiv til en mulig norsk deltagelse i et nordisk GRID, og mener i utgangspunktet at norske interesser i et slikt samarbeid kan forvaltes av et tungregneprogram.

Av hensyn til kontinuitet i satsingen på tungregning, anbefaler vi at Norges forskningsråd etablerer et organ eller styre fra januar 2003 som kan bistå Forskningsrådet med den videre planlegging.

1. Innledning

Utvalget ble oppnevnt av Områdestyret for Naturvitenskap og teknologi, Norges forskningsråd den 03.09.2001 og består av

Professor Odd Gropen, Universitetet i Tromsø (leder)
Direktør Morten Dæhlen, Simula Research Laboratory
IT-direktør Roar Skålin, Meteorologisk Institutt

Utvalgets mandat er gitt i vedlegg A. Det fremgår av mandatet at utvalget er ansvarlig for å sende rapporten på høring til aktuelle institusjoner før den sendes Norges forskningsråd for videre behandling. Rapporten har vært til høring hos de institusjoner som er listet i vedlegg B. I stedet for å endre rapporten som følge av høringsuttalelsene, har utvalget valgt å skrive et eget notat hvor vesentlige punkter fra uttalelsene oppsummeres og kommenteres. Kun faktiske feil og setninger som er egnet til misforståelse er derfor endret i den endelige versjonen av rapporten. Rapporten, mottatte høringsuttalelser og utvalgets oppsummerende notat oversendes samlet til Norges forskningsråd.

Som grunnlag for arbeidet har utvalget videre besøkt brukergrupper i Norge og relevante institusjoner i de nordiske land. I Norge har utvalget hatt møter med

- Brukere og driftsavdelinger ved de fire universitetene
- Meteorologisk Institutt
- Klimaforskere ved Program for klima og klimaendringer i Norges forskningsråd, RegClim prosjektet og Bjerknes samarbeidet
- STATOIL, Norsk Hydro, SINTEF Petroleumsteknologi og SINTEF Anvendt Matematikk
- Simula Research Laboratory
- Høgskolen i Rogaland og Rogalandsforskning

I de Nordiske land har utvalget hatt møter med

Danmark: Statens Naturvitenskabelige forskningsråd, styreleder J. Renner Hansen
Tungregnegrupperingen, Jens Nørskov og Knut Mikkelsen
Danmarks meteorologiske institutt

Sverige:	Vetenskapsrådet Parallell Dator Center, Stockholm National Supercomputing Center, Linköping
Finland:	Center for Scientific Computing, Espoo

2. Norsk tungregning fra 1986 til 1999

2.1 Organisering og ressurser

Datamaskinen tidlige historie er i all hovedsak tuftet på menneskets behov for å utvikle et redskap for beregninger – en regnemaskin som kunne brukes til å gi oss økt forståelse for prosesser og fenomener i naturen. Datamaskiner har vært benyttet som beregningsressurs ved norske universiteter siden sekstiårene, og norske forskere hadde på denne tiden og frem til begynnelsen av syttiårene rimelig god tilgang til regnekraft gjennom ”mainframe”- maskiner ved universitetenes datasenter.

Ved lanseringen av de moderne tungregnemaskinene, i første rekke CDC CYBER og CRAY, på slutten av syttiårene og begynnelse av åttiårene, ble imidlertid Norge hengende betydelig etter. I dette bildet økte behovet for ekstra investeringer i utstyr for store beregninger, og en nasjonal satsing innen tungregning ble initiert og igangsatt ved NTNU/RUNIT i 1986. Bidragsyterne til dette prosjektet var de daværende forskningsrådene, NTNf og NAVF, STATOIL, Norsk Hydro, NTNU og SINTEF. Senteret i Trondheim ble bygget opp rundt en CRAY X-MP, som var datidens mest benyttede utstyr for tungregning.

Dette tiltaket viste seg å være svært viktig for beregningskrevende virksomhet, både innenfor og utenfor universitetene. Prosjektet var i utgangspunktet basert på at universitetsbrukerne skulle betale en egenandel for å benytte anlegget. Dette viste seg å være vanskelig å gjennomføre i praksis siden få brukere hadde tilgang til midler for kjøp av regnetid. Denne finansieringsmodellen ble derfor lagt til side og virksomheten ble finansiert av KUF (nå UFD) med en særskilt bevilgning kanalisert gjennom NAVF. I 1988 tok Meteorologisk Institutt (met.no) i bruk CRAY-anlegget for operasjonell værvarsling. De behov met.no hadde til utvidelse av maskinen ble dekket av KUF gjennom en ekstra utstyrsbevilgning. Prosjektet varte ut 1991.

I 1988 ble det nedsatt et utvalg for å vurdere den fremtidige utvikling av norsk tungregning. Utvalget kom med sin innstilling sent 1989, og i februar 1990 ble Tungregneutvalget (TRU) oppnevnt av NAVF. Utvalget etablerte en desentralisert tungregnemodell i Norge med en CRAY Y-MP i Trondheim fra 1992, et IBM-”cluster” i Oslo fra 1993 og en Intel Paragon i Bergen fra 1994. met.no benyttet i denne perioden CRAY Y-MP til sine operasjonelle kjøring. Det ble forsøkt etablert et felles administrativt opplegg – et ”metasenter” - for håndtering av felles nasjonale oppgaver, men dette viste seg vanskelig å realisere med datidens teknologi. Utstyr for parallelle beregninger kom for alvor inn i den norske parken av tungregneutstyr.

Et nytt prosjekt ble startet og gjennomført i perioden 1995-1998, med en basisfinansiering fra KUF på 22 mill. kroner per år. Denne finansieringen skulle også dekke met.no’s behov for regnekraft i perioden. IBM-anlegget i Oslo ble oppgradert til en SP2 i 1995, i Trondheim ble det satset på en CRAY J90 i 1995 og en CRAY T3E i 1996, og i Bergen fikk de en Cray

Origin 2000 i 1997. met.no benyttet først CRAY J90 for deretter å bruke CRAY T3E fra våren 1997. Alle installasjonene ble finansiert av Norges forskningsråd med betydelige egenandeler fra de tre universitetene. Også andre samarbeidspartnere deltok i finansieringen. Sluttrapporten fra programstyret oppnevnt at Norges forskningsråd konkluderer med at de vitenskapelige resultatene av denne satsingen var meget betydelig.

Det sittende programstyret ble også bedt om å vurdere en fremtidig nasjonal organisering av tungregning. Deres rapport, Norsk tungregning etter år 2000 – Strategisk Plan, ble fremlagt i oktober 1997. Rapporten er en grundig gjennomgang av norsk tungregning og inneholder flere verdifulle anbefalinger. Følgende er en oppsummering av de viktigste:

- De anbefalte at ordningen med et nasjonalt programstyre videreføres.
- De anbefalte at det bevilges 30 mill. kroner pr. år. (Resultatet ble 22 mill. kroner per år).
- De anbefalte at den desentraliserte modellen videreføres, primært begrunnet med at en slik modell vil gi større egenandel fra institusjonene.
- De konkluderte med at met.no's deltagelse i programmet er en fordel for norsk tungregning og at samarbeidet mellom met.no og forskningsmiljøene om innkjøp av regneressurser bør fortsette.

Mange av de problemstillingene som ble gjennomgått i utredningen fra 1997 er fortsatt aktuelle og vil bli diskutert i senere kapitler i denne rapporten.

Nytt programstyre ble opprettet høsten 1998. Dette medførte at strukturen for perioden 1995-1998 ble forlenget ut 1999. Det nye programstyret gikk inn for at et nytt prosjekt skulle drives av et konsortium med et eget styre. Konsortiet NOTUR, som til sist fikk oppdraget, er beskrevet i neste kapittel. Prosessen frem til valg av konsortium er beskrevet i en egen rapport som kan fåes ved henvendelse til Norges forskningsråd.

2.2 Noen vitenskapelige resultater

Utvalget har ikke hatt tid og ressurser til å gjennomføre en fullstendig kartlegging av den vitenskapelige produksjonen basert på bruk av de nasjonale ressurser for tungregning for perioden 1986-2002. Tilgjengelig materiale/statistikk for enkelte perioder tilsier imidlertid at produktiviteten har vært meget god. Fra den første TRU-perioden, 1991-1994, eksisterer det ikke noen samlet sluttrapport. Det finnes imidlertid en årsmelding fra 1992, men dette ble ikke fulgt opp i de påfølgende årene. Denne årsmeldingen tilsier god utnyttelse av ressursene og god vitenskapelig produksjon. Fra den andre TRU-perioden, 1995-1998 foreligger det en omfattende sluttrapport som både gir statiske data og en del mer faglige indikasjoner på resultatet av satsingen. Denne rapporten inneholder bl.a. følgende:

- | | |
|--|-----|
| • Antall artikler i tidsskrifter m/referee | 585 |
| • Antall konferansebidrag | 186 |
| • Andre rapporter | 253 |
| • Antall doktorgradskandidater som er støttet med regnetid | 169 |
| • Antall hovedfagsstudenter som er støttet med regnetid | 149 |

Foreløpige tall for 2000 og 2001 er:

	2000	2001
Antall artikler	150	186
Registrerte bruker		
Fast vitenskapelig ansatte	101	115
Post.doc.-kandidater	24	23
Dr.grads-kandidater	61	57
Hovedfagsstudenter	40	35

Disse tallene viser at det er et stort antall forskere som er avhengig av de regneressursene som den nasjonale tungregnestrukturen tilbyr. Mange av disse forskerne kan ikke gjennomføre sin forskning uten tilgang på nasjonale tungregneressurser.

Til tross for at det til tider har vært stor uenighet og valg av løsninger, både organisatorisk og teknisk, har den nasjonale satsingen på tungregning vært vellykket.

3. Dagens situasjon

3.1. NOTUR

Fra mars 2000 og ut 2003 er den nasjonale satsingen innen tungregning organisert gjennom prosjektet NOTUR. Dette prosjektet reguleres formelt av en avtale mellom Norges forskningsråd og NTNU, med NTNUs universitetsdirektør som prosjektansvarlig. Konsortiet bak NOTUR består av de fire universitetene, met.no, Statoil, SINTEF og Ceetron. Prosjektet har en styringsgruppe på 6 personer som rapporterer til prosjektansvarlig. NOTUR har videre en prosjektleder på heltid og aktiviteten er delt i fem delprosjekter:

- Et metasenter for drift og brukerstøtte
- Innkjøp og installasjon
- Ny teknologi
- Teknologioverføring
- Informasjon og formidling

I metasenteret inngår tungregneinstallasjonene ved alle universitetene. Prosjektets ledergruppe består av lederne for delprosjektene, driftslederne ved de fire universitetene og prosjektleder for NOTUR.

Det totale budsjettet for prosjektet er på 168.378 mill. kroner, inkludert kontanter og ”in kind” bidrag. Summen av kontantbidragene er 136.200, hvorav Forskningsrådet bidrar med 85.0, NTNU 16.0, UIB 6.4, UiO 6.4, UiT 3.2, SINTEF 3.2 og STATOIL 16.0. Forskningsrådets bevilgning utgjør 50.5% av det totale prosjektet, mens tilleggsbevilgningene i form av egenandeler (kontant og ”in kind”) og industribidrag utgjør 49.5%.

I utgangspunktet var det planlagt en arbeidsdeling med bestemte oppgaver for de forskjellige sentrene. NTNU skulle bidra med ressurser for storskala parallelle beregninger, UIB med

”Affordable Parallell Computing”, UiO med teknologi for dataintensive beregninger og Tromsø med ressurser for storskala sekvensielle beregninger. Tidspunktet for de ulike investeringene, anbudsprosesser og lokale føringer har bidratt til at denne arbeidsdelingen ikke er gjennomført helt som opprinnelig planlagt. Ved utgangen av juli 2002 er følgende hovedressurser tilgjengelig i metasenterets struktur:

Senter	Maskin	Antall prosessorer	Minne (GB)	Teoretisk ytelse	Tilgjengelig fra
UiO	HP	44	88	97	2Q01
UiB	IBM SP	96	192	499	2Q02
UiB	IBM Cluster	64	64	80	2Q02
NTNU	SGI Origin	896	816	1000	2Q02
NTNU	Cray T3E	96	13	58	1Q97
UiT	HP	32	32	71	2Q01

SGI Origin ved NTNU var tilgjengelig i mindre utgaver fra 4Q00. Ressursen ved UiO oppgraderes senest innen utgangen av annet kvartal 2003. Videre finnes det en del mindre eksperimentelle maskiner i systemet.

Forskningsrådets andel av ressursene forvaltes av et eget tildelingsutvalg som rapporterer direkte til Forskningsrådet. Utvalget tildeler regnetid til forskere ved universiteter og met.no ut fra faglig begrunnede søknader. NOTUR har sekretariatet for dette utvalget. Universitetene og andre bidragsytere disponerer selv den regnetiden de har krav på i henhold til egenbidrag i prosjektet.

3.2. Noen innspill og observasjoner

Det er ikke dette utvalgets oppgave å evaluere NOTUR. I samtalene vi har hatt med brukermiljøene, driftsentrene ved universitetene og NOTURs ledelse har det imidlertid kommet frem en del erfaringer og synspunkter som er viktig i planleggingen av en ny struktur for norsk tungregning. Følgende er en kort oppsummering av noen av de viktigste innspillene:

- Etter en noe lang oppstartsperiode er brukerne nå rimelig godt fornøyd med den etablerte strukturen.
- Til tross for at behovet for tungregnerressurser i Norge er betydelig større enn hva som kan tilbys innenfor dagens løsning, mener brukerne at NOTURs samlede investeringer er hensiktsmessige og kostnadseffektive.
- Det er også brukernes oppfatning at Norge gjennom årene har opparbeidet en brukbar internasjonal posisjon innen tungregning.
- Et flertall av brukermiljøene legger vekt på at det nå er viktig å videreføre og forbedre den strukturen som var valgt fremfor å starte med noe helt nytt.

I våre samtaler med aktørene har vi notert noen svakheter ved NOTUR:

- Den viktigste er at det er lagt og legges for lite vekt på brukerstøtte, og spesielt den type støtte som trengs for å utnytte regneanleggene godt. Brukergrupper sier klart at i en framtidig struktur bør støttetjenestene styrkes vesentlig.
- Det ble også uttrykt tvil om hvorvidt de virkelig store beregningene vil få tilgang på de riktige regneressursene.
- Gjennom en sentral styring av desentraliserte ressurser vil det stadig oppstå problemstillinger knyttet til arbeidsdeling og spesialisering. Flere aktører tok opp denne problemstillingen og mente at dette måtte adresseres i det fremtidige tungregneprogrammet.

NOTUR har igangsatt et antall prosjekter for teknologioverføring, og utvalget har registrert at de som deltar i disse prosjektene er positive til tiltaket.

Utvalgets inntrykk etter møter med aktørene er at brukerne i all hovedsak er godt fornøyd med dagens tilbud gitt de økonomiske rammene, men at brukerstøtten må forbedres og at det gis bedre tilgang for de store regneopp gavene.

4. Situasjonen i de nordiske landene

4.1. Finland

Finland har en modell med et nasjonalt senter, Center for Scientific Computing (CSC). CSC eies av "Ministry of Education", og har i tillegg til tungregning ansvaret for det finske forskningsnettet Funet. Sentret har også en viss kommersiell aktivitet, og de selger blant annet regnetid og støttetjenester til enkelte finske industribedrifter. Det finske meteorologiske institutt (FMI) får egne bevilgninger til tungregning, men kjøper for tiden regnetjenester av CSC.

CSC har, i nordisk sammenheng, en relativt stor stab, og deltar i forskningsaktiviteter og internasjonale prosjekter. CSC hadde i 2000 et driftsbudsjett på 12.1 M€, hvorav Funet utgjorde 6.5 M€, midler til tungregning i akademisk sektor 4.4 M€ og bidrag fra FMI og industri 1.2 M€. I tillegg til dette kommer forskjellige særskilte investeringer, og variasjonen i disse gjør at det er vanskelig å gi et eksakt nivå på tungregneaktiviteten i Finland. CSC fikk i 2000 en bevilgning på 5 M€ til investering i tungregnemaskin, og bevilgninger av denne størrelsesorden kommer ca. hvert femte år. I mellomårene investeres 1-2 M€ i tungregning. Målt i 2000-valuta kan vi ut fra dette beregne en gjennomsnittlig investering på ca. 6.5 M€ per år til tungregning i akademisk sektor.

4.2. Sverige

Mens strukturen i Finland har vært relativt stabil gjennom mange år, har både organisering og finansiering vært mer varierende og usikker i Sverige. Det finnes tre sentre som mottar eller har mottatt nasjonal finansiering gjennom Vetenskapsrådet, Parallel Dator Center (PDC) i Stockholm, National Supercomputer Center (NSC) i Linköping og HPC2N i Umeå. Senterne har i tillegg annen finansiering. PDC har over årene deltatt i store internasjonale prosjekter. NSC samarbeider nært med Saab og Sveriges meteorologiske og hydrologiske institutt

(SMHI). De deltar også i store internasjonale prosjekter. HPC2N har mottatt midler til investering i utstyr fra Wallenbergfondene.

I tillegg til PDC, NSC og HPC2N, finnes det lokale regnesentre i Gøteborg, Lund og Uppsala. Etter en periode med noe løs styring, etablerer Vitenskapsrådet nå et nasjonalt (meta)senter for tungregning - Swedish National Infrastructure for Computing (SNIC). Dette metasentret vil ha et eget styre og en direktør (föreståndare). I tillegg vil det være et fordelingsutvalg, et teknisk utvalg og et strategisk/vitenskapelig utvalg for å gi råd og støtte til styret. SNIC vil inngå avtaler om leveranser av regnetid med beregningsentrene. Strukturen minner mye om den som allerede er etablert gjennom NOTUR i Norge. Forskjellen er at styret for metasenterer legges rett under Vetenskapsrådet. Vetenskapsrådet har garantert for en basisbevilgning til SNIC på 45 mill. svenske kroner per år i de nærmeste tre årene. I tillegg forventes det midler i tilsvarende størrelsesorden fra andre offentlige kilder og Wallenbergfondene.

4.3. Danmark

Tungregning i Danmark er i betydelig endring. UNI-C, som har hatt et nasjonalt ansvar på linje med CSC i Finland, er nylig fratatt ansvaret for tungregning i Danmark. En gruppe forskere har nå ansvaret for fordeling av midler til dansk tungregning, og det er i skrivende stund vanskelig å si hvordan dette vil fungere i Danmark. For en periode på to år (2002 og 2003) er det etablert et styre med en direktør som får penger direkte fra departementet, ca. 15 mill. danske kroner per år. Disse pengene kanaliseres så videre ut til brukere, universiteter etc. etter søknader som skal gjennom en faglig vurdering (peer-review). Når det hele er etablert kan det søkes tid fra alle interesserte brukere på alle anleggene i Danmark.

I Danmark arbeides det også med en strategiplan i regi av det danske forskningsrådet. Denne planen synes å være mest rettet mot "GRID-computing", både i forhold til utfordringene i CERN og i forhold til en videreføring av NorduGrid. Initiativtagerne til dette arbeidet har en ide om en årlig bevilgning på 20 mill. danske kroner til infrastruktur og forskning. Det er foreløpig ikke redegjort for hvordan de to akademiske tungregnestrukturene i Danmark skal samarbeide.

I Danmark har det meteorologiske instituttet (DMI) egne bevilgninger fra sitt departement (Trafikkministeriet) til tungregning. Dette kommer i form av tilleggsbevilgninger til anskaffelser hvert femte til sjette år, sist 45 mill. danske kroner i 2002 pluss årlige driftsbevilgninger innenfor DMIs budsjetter. For tiden er det ikke et investerings samarbeid om tungregning mellom DMI og de akademiske miljøene i Danmark.

4.4. Nordisk samarbeid

I våre samtaler med aktørene i de nordiske landene har utvalget også diskutert nordisk samarbeid. Interessen for samarbeid er stor, men det synes å være helt uaktuelt med nordiske satsinger til erstatning for de nasjonale oppleggene. Det virker heller ikke å være grunnlag for noe samarbeid basert på handel med regnetid mellom de nordiske installasjonene. Derimot er det stor interesse for å etablere de nasjonale satsningene som del av et nordisk GRID. Det pågår nå et slikt prosjekt, NorduGrid (www.nordugrid.org), initiert som en del av Nordunet2 programmet (www.nordunet2.org) i regi av Nordisk Råd. NorduGrid startet i mai 2001 og

skal gjennomføres over en periode på 18 måneder. Initiativet er integrert i EUs DataGrid prosjekt, som igjen er initiert av CERN. Sammenslutningen av de nordiske forskningsrådene (NOS-N) har utredet mulighetene for å etablere et nordisk data grid som en del av CERNs datagrid. Rapporten [3] fra NOS-N kan fåes ved henvendelse til Norges forskningsråd.

De nordiske landene har valgt ulike strukturer for organisering av sine tungregneaktiviteter. Danmark har en sterkt distribuert og brukerstyrt organisering, Sverige bygger opp en nasjonal struktur med koordinert satsing over flere sentra, mens Finland har en struktur drevet av ett nasjonalt senter.

Bevilgningene til tungregning for universitetsforskere og de meteorologiske institutter har vært og er høyere i de andre nordiske land enn i Norge.

Det mest naturlige samarbeid mellom de nordiske tungregnesatsingene synes å ligge i en etablering av et nordisk GRID. Dette er i dag på utviklingsstadiet, men kan i planperioden bli et bidrag til en effektivisering av en tungregnestruktur i Norden.

5. Betydningen av tungregning

Tungregning er virksomhet som krever datasystemer med ekstra stor regnekraft og/eller spesielle mekanismer for håndtering av store datamengder. Med datasystemer menes maskinvare, programvare samt ytre og indre mekanismer for kommunikasjon og overføring av data. Problemstillinger som sorterer under tungregning kan ikke løses ved hjelp av vanlige datamaskiner, delvis fordi det tar for lang tid og delvis fordi de ikke er teknisk utrustet for oppgaven når det gjelder kommunikasjon og lagring av store datamengder.

Drømmen om å lage regnemaskiner er mange hundre år gammel. De første elektroniske datamaskiner, som ble satt i drift for om lag 50 år siden, var nettopp regnemaskiner, og motivasjonen var å lage et *redskap for kunnskapsutvikling*. Selv om det også er andre forhold som driver utviklingen av dagens datasystemer er det fremdeles de store og krevende regneoppgavene som presser utviklingen videre, for eksempel utviklingen innen "computational biology" (bioinformatikk). Forskning innen tungregning deles gjerne i to hovedgrupper.

Forskning på datasystemer for tungregning. Dette omfatter bygging av maskiner inkludert systemer for kommunikasjon mellom regneenheter, utvikling av lagringsmekanismer for håndtering av store datamengder samt utvikling av teorier, metoder, teknikker og programvare(verktøy) for beregninger.

Bruk av tungregneressurser i forskning innen naturvitenskap, teknologi og andre områder. Med tradisjoner helt tilbake til datamaskinens barndom er dette fremdeles et område i kraftig vekst, både i dybde og bredde. Stadig flere fagområder, også utenfor naturvitenskap og teknologi, er avhengig av kraftige regneressurser for å få utført nødvendige oppgaver.

Det er viktig å påpeke at disse to hovedgruppene henger sammen og er gjensidig avhengig av hverandre. Forskere som bruker tungregneressurser trenger stadig kraftigere datasystemer, dvs. raskere regneenheter og bedre kommunikasjon mellom disse regneenheterne samt mer

fleksibel, robust og effektiv programvare for store beregninger. Metodeutviklingen innen informatikk og beregningsorientert matematikk trenger gode og realistiske eksempler i sin forskning.

5.1 Naturvitenskap og beregningsteknologi

Selv om begrepet tungregning er av nyere dato har Norge vært involvert i denne type aktivitet siden datamaskinens barndom. Tungregning og avansert bruk av datamaskiner til kunnskapsutvikling i naturvitenskap og beregningsteknologi har gjennom de siste 50 årene fått stadig større betydning i samfunnet. I USA, jmf. PITAC-rapporten [1] fra 1999, er investeringer og forskning innen "high performance computing" sidestilt med investeringer og forskning innrettet mot "the information infrastructure" (internett og kommunikasjon) de neste 20 årene.

Forskning og kunnskapsutvikling innen naturvitenskap i Norge har gjennom de siste 20 årene blitt stadig mer avhengig av tilgangen på kraftige regneressurser. Fremskritt innen viktige områder som kjemi, fysikk og deler av geofagene er basert på resultater fra beregninger foretatt av kraftige datamaskiner. Beregninger, også omtalt som "den tredje vei" innen naturvitenskap, har blitt helt avgjørende i kombinasjon med teoretiske studier og fysiske eksperimenter.

Stadig flere områder innen naturvitenskap tar i bruk tungregneressurser i sin forskning, og det er grunn til spesielt å nevne "computational biology" (bioinformatikk) hvor det forventes at behovet for regnekraft vil bli meget stort i tiden som kommer. Det samme gjelder innenfor analyser av fremtidens klima, hvor økt innsats innen klimamodellering ved hjelp av tungregnemaskiner vil være avgjørende for å øke vår kunnskap på dette området. I tillegg til investeringer i kraftige regneanlegg for forskning innen naturvitenskap og teknologi generelt, er det også viktig å kunne investere i mer eksperimentelle ressurser som kan brukes til metodeforskning og verktøyutvikling innen beregninger. Flere forskningsmiljøer i Norge savner store nok maskiner som er øremerket for utvikling av algoritmer og programvare.

Vi kan i dag slå fast at tungregnevirkosomhet og tilgang til kraftige datamaskiner er helt avgjørende for forskning innen naturvitenskap og beregningsteknologi – nå og i mange år fremover.

5.2 Noen viktige fag og områder

Denne seksjonen inneholder utvalgte beskrivelse av fag og områder der behovet for tungregneressurser er stort og forventes å øke betydelig i løpet av de neste årene.

Fysikk

Tungregning er et sentralt verktøy for en rekke fysikkområder. Det gjelder høyenergifyssikk, atom- og molekylfysikk, kondenserte fasers fysikk, astrofysikk og mesoskopisk fysikk. Mesoskopisk fysikk behandler systemer som ligger i grenseområdet mellom mikrokosmos og makrokosmos. Det er grunn til å tro at kunnskap om denne typen system vil ha stor praktisk anvendelse, for eksempel innen materialforskning. I det neste tiåret vil dette feltet være et av de store vekstområdene. Teoriene som vil ligge til grunn for forskningen i feltet er anvendt

kvantemekanikk og klassisk fysikk. De numeriske problemene som må løses, vil forutsette betydelige tungregnerressurser. I astrofysikk er tungregning sentral i simulering av dannelse av galakser og galaksesamlinger, og for studier av dynamikken i stjerneatmosfærer. I høyenergifysikk vil anvendelse av teorien for sterke vekselvirkninger kreve adgang til de kraftigste superdatamaskiner. I atom- og molekylfysikken er tungregning av helt sentral betydning når en skal studere dynamikken for mangepartikkelsystem. Systemene kan bestå av tusenvis av partikler. Tungregningen kommer inn på to nivå. For det første vil en konstruksjon av effektive potensial for partiklene kunne forutsette løsning av kvantemekaniske ligninger. Disse ligningene kan i praksis bare løses ved adgang til superdatamaskiner. Dernest vil løsning av molekylodynamikklikningene kreve adgang til tungregnerressurser. Innen faststoff-fysikk kan man nevne studier av høytemperatur superledning som et område hvor tungregnerressurser er av helt avgjørende betydning. Ved hjelp av datasimuleringer kunne professor Asle Sudbø (NTNU) og medarbeidere påvise helt nye fenomen (Vortex-løkker) for supraledning. Det siste eksemplet viser at med tilstrekkelige forskningsressurser, så kan norske forskere bli blant de ledende innen sitt felt.

Det er uomtvistelig at uten gode dataverktøy, dvs. tungregnerressurser i denne sammenheng, så vil en stor del av norsk fysikk komme til kort i den internasjonale konkurransen.

Kjemi

Det er ikke uten grunn at kjemikerne i dag er den brukergruppen som står for uttak av mest tid i det nasjonale tungregnesystemet (når en ser bort fra operasjonell værvarsling). For 30 år siden var kjemisk modellering, og spesielt kvantekjemiske beregninger, en aktivitet som stort sett ble drevet av et lite antall små, spesialiserte grupper innen teoretisk kjemi. I dag er kjemiske modellberegninger på forskjellige nivåer standard redskap for enhver kjemisk forskningsgruppe av rimelig internasjonal standard. Slik sett kan vi si at "den tredje vei" har fått sitt endelige gjennombrudd i kjemien, en utvikling som lå til grunn for tildelingen av Nobelprisen i kjemi for 1998 til to av de forskerne som har bidratt til å gjøre disse metodene tilgjengelige også for ikke-spesialister. At kjemiske modellberegninger er blitt allemannseie skyldes ikke bare teknologisk utvikling og økning i regnekapasitet. Minst like mye av fremgangen må tilskrives et intenst utviklingsarbeid rettet mot utvikling av mer effektive algoritmer tilpasset moderne teknologi.

Bruksstatistikken for de nasjonale anleggene viser at kjemikernes behov for regnetid er stort og økende. Det er trolig fortsatt en del potensielle brukergrupper innen norsk kjemi som ennå ikke er aktive brukere, men som vil bli det innen overskuelig fremtid. Med økt regnekapasitet vil det også bli mulighet for å bruke mer realistiske modeller, dvs. større systemer, ofte i vekselvirkning med løsningsmidler. Det er rimelig å anta at norske kjemikere i lang tid fremover vil ha et økende behov for volumkapasitet på moderne regneressurser for å holde følge med forskningsfronten internasjonalt. Samtidig foregår det en utvikling mot deler av molekylærbiologien, og det ligger også her et betydelig potensial i de biokjemiske miljøene. I tillegg er det fortsatt et lite, men meget livskraftig norsk miljø for teoretisk kjemi som i stor grad har drevet kvantekjemisk metodeutvikling. Ett eksempel på dette er programsystemet DALTON som har hatt et tyngdepunkt ved Universitetet i Oslo, og som i dag har over 750 brukerlisenser på verdensbasis. Norsk teoretisk kjemi har også fått god omtale i forskjellige evalueringer av kjemiforskningen i Norge. For denne utviklingsaktiviteten er det helt avgjørende å ha tilgang på tidsmessig utstyr med stor kapasitet.

For norsk kjemisk forskning er tilgang til en tidsmessig infrastruktur for tungregning en forutsetning for å være konkurransedyktige på den internasjonale arena. For norske kvantekjemikere spesielt, er det nærmest et spørsmål om å være eller ikke være.

Bioinformatikk ("Computational biology")

Bioinformatikk handler om å utnytte kunnskap innen informatikk (informasjonsteknologi) for å løse biologiske problemstillinger, og kan oppfattes som en del av bioteknologien. Fagområdet har i hovedtrekk oppstått i kjølvannet av arbeidet knyttet til sekvensiering av det humane genom. Norge har gjennom programmet FUGE (FUNctional GENomics) fokusert på grunnleggende forskning i biologi med "computational biology" som viktig delområde, samt viktige problemstillinger og anvendelser innenfor medisin og det marine området.

Medisinsk informatikk er gjerne assosiert med informasjonssystemer og kunnskapsbaserte systemer til støtte for medisinsk forskning og praksis, f.eks. knyttet til diagnostisering og epidemiologiske studier. Betydningen av informatikk i medisinsk forskning er imidlertid langt videre enn dette, for eksempel som verktøy for å kunne studere komplekse fysiske/biokjemiske prosesser gjennom avansert modellering og simulering. Et forholdsvis ungt, men raskt ekspanderende, område er nevroinformatikk. Dette handler om å forstå hvordan hjernen fungerer – en kompleks problemstilling som krever tungregnerressurser og nye beregningsverktøy. Ny erkjennelse åpner for nye og bedre behandlingsmetoder, samtidig med at studier av hjernen som den "virkelige verdens" mest robuste og effektive informasjonsbehandler vil kunne gi forskningen nye impulser.

For det marine området kan nevnes eksempler som studier av gensekvenser i marine arter (laks), utvikling av "skreddersydde" bakterier for produksjon av bioprotein (fra f.eks. metangass) samt modellering og simulering av proteinstrukturer. Denne type studier blir stadig mer avhengig av utstyr for håndtering av store datamengder, metoder og verktøy for store beregninger, og ikke minst tilgang på tungregnerressurser.

Geofysikk

Fagene meteorologi og oseanografi er i dag nært knyttet til tungregning, spesielt gjennom værvarsling og klimaforskning. Behovet for hurtig beregning er først og fremst stort i numeriske simuleringer av atmosfære, hav og klimasystemet. Prinsippet for slike simuleringer ble lagt av Vilhelm Bjerknes for nesten hundre år siden. I en analyse av værvarslingsproblemet slo han fast at problemet består av to deler; tilstrekkelig nøyaktig beskrivelse av atmosfærens tilstand ved et bestemt tidspunkt og beregning av nye tilstander etter ligningene som beskriver lovene for atmosfærens bevegelse. Da von Neuman ble satt til å utvikle den første datamaskinen like etter første verdenskrig, ble værvarsling etter Bjerknes' prinsipp satt opp som en viktig anvendelse. Dette førte til numerisk værvarsling gjennom simuleringer, en aktivitet som har utviklet seg sterkt de siste tiår i takt med stadig kraftigere tungregnemaskiner. I tillegg til værvarsling og klimaforskning utføres det simuleringer på mindre romskala, f.eks. over byer og i fjorder, for miljøformål, arealplanlegging og for å studere spesielle dynamiske prosesser i atmosfære og hav. Eksempler på det siste er skymodellering knyttet til partikler i lufta og vertikale sirkulasjoner knyttet til fronter i havet.

Værvarsling

Norge, som de fleste andre land, benytter tungregnerressurser til operasjonell værvarsling. Bak denne virksomheten ligger flere tiår med utvikling av modeller og programvare som gjør det mulig å forutsi været med stor nøyaktig flere dager frem i tid. Behovet for tungregnerressurser til operasjonell værvarsling er dekket i seksjon 8.2. Forskningsoppgavene fremover er knyttet til forbedret beskrivelse av atmosfærens nåtilstand gjennom bedre utnyttelse av observasjoner, estimering av usikkerhet i modellberegningene, og utvikling av modeller spesielt egnet for lokale og regionale beregninger.

I varsling av vær spiller havet en avgjørende rolle, ikke minst for Norge som har økonomiske interesser i og miljømessige ansvar for store havområder. Det er derfor særdeles viktig å videreutvikle modeller og verktøy for beregning av dynamiske og fysiske prosesser som benyttes til beskrivelse og varsling av havets tilstand (bølger, vannstand, strøm, saltholdighet, temperatur), drift og spredning av olje og andre flytende gjenstander samt transport av næringsalter og alger. I havet, som i atmosfæren, er de sterkeste strømhastighetene gjerne knyttet til virvler ("havets lavtrykk og høytrykk"). Disse virvlene må beskrives (oppløses) i de numeriske modellene for å kunne beskrive havets tilstand tilfredsstillende. Det er derfor nødvendig å øke oppløsningen i modellene i forhold til det som er mulig i dag.

Klimaforskning

Globale simuleringer av fremtidens klima ved bruk av tungregnemaskiner ligger til grunn for den internasjonale klimadebatten og til de protokoller nasjonene har undertegnet om reduserte utslipp av klimagasser. De globale simuleringene sier imidlertid lite om den regionale klimautviklingen, og det er store usikkerheter knyttet til nordområdene på grunn av de globale modellenes feilaktige isfordeling. For fem år siden var det liten beregningsaktivitet på dette feltet i Norge, blant annet på grunn av manglende tungregnekapasitet og ingen nasjonal koordinering av forskningsinnsatsen. Dette har endret seg gjennom organiseringen i regi av Forskningsrådets Program om klima og klimaendringer (KlimaProg) og tilgang på tungregnemaskiner gjennom NOTUR. Klimaprojektene RegClim og NoClim, samt frittstående prosjekter, har nå gitt vesentlige bidrag til forståelsen av regional klimautvikling i våre nærområder, og til havstrøm og isdannelse i Nord-Atlanteren, De nordiske hav og Barentshavet.

Et viktig satsingsområde for klimaforskningen i Norge de nærmeste årene er regionale analyser med høyere oppløsning, full kopling av atmosfære, hav og sjøis, og inkludering av aktiv kjemi i atmosfæremodeller og biogeokjemi i havmodeller. Dette vil gi oss bedre innsikt i virkningen av klimaendringer i våre nærområder og i Arktis. Med tilstrekkelig tilgang på regnekraft og en videreutvikling av denne kompetansen vil Norge gi viktige internasjonale bidrag på disse områdene.

Etter hvert som klimaforskningen har gitt scenarier for den regionale utviklingen er det også startet effektforskning – hvordan vil klimascenariene påvirke forhold som endringer i biodiversitet, lengden av vekstsesong, effekt på fiskerier og havbruk, endring av fyringssesong, effekt på vannkraftforsyningen, krav til bygging av veier, hus og offshore konstruksjoner, etc. For å sikre et godt grunnlag for effektforskningen må det gjøres beregninger av flere scenarier, slik at så vel midlere klimautvikling og ekstremestimer blir sikrere.

Klimaforskerne vil i perioden 2004-2008 ha behov for regnekraft i størrelsesorden 1000 ganger den de har gjennom NOTUR i dag. For å kunne forsvare beregninger i denne størrelsesorden understreker de også behovet for eksperthjelp til å utnytte tungregnemaskinene effektivt.

Olje og gass

Norsk petroleumsindustri har sammen med norske forskningsmiljøer deltatt i forskning i og omkring tungregning i flere tiår og resultatene fra dette arbeidet har vært og er helt avgjørende for utviklingen på norsk sokkel. I tillegg til finansiell støtte til etablering av nasjonale anlegg har petroleumsindustrien ved jevne mellomrom etablert egne anlegg for å utføre store

beregninger. Formålet med beregningene har vært mange; studere flyt av olje, gass og vann i porøse media (reservoarene) og for transport av olje, gass og vann i rør fra installasjoner i Nordsjøen til kysten. Styrkeberegninger på marine konstruksjoner er et annet område. Mye av dette arbeidet er utført sammen med norske forskere og basert på forskningsresultater fremkommet ved hjelp av store beregninger og de tungregneressurser som er stilt til rådighet gjennom tungregneprogrammet.

En utredning foretatt av Rogalandforskning på oppdrag av Norges forskningsråd har påvist et mulig merverdipotensial på norsk kontinentalsokkel på 1500-2000 **milliarder** kroner. Dette inkluderer alt fra forbedret utnyttelse av eksisterende funn av olje og gass til eksport av kompetanse og teknologi. Denne beregningen bygger på to viktige forutsener: At vi er villige til å investere i forskning som kan realisere det tilleggspotensielt som ligger i dagens teknologi - og at vi besitter kompetanse (dvs. forskere, ingeniører, osv.) som kan utføre de nødvendige arbeidsoppgavene. Tilgangen på tungregneressurser og kompetanse for utvikling av systemer for store beregninger er viktig i denne sammenheng.

Analyse av miljø- og naturressurser

Avanserte datasystemer vil i økende grad bli brukt til kontinuerlig å analysere forskjellige målinger av miljøtilstanden i luft, vann og jordsmonn, for eksempel utføres beregninger av transport av forurensninger i luft og deponering av dette på bakken ved hjelp av kjemiske spredningsmodeller basert på rapporterte utslipp og atmosfæremodeller. Det vil bli produsert store mengder informasjon som gir grunnlag for presise beskrivelser av klodens miljømessige tilstand og utvikling. Gjennom beregninger skal vi kunne forutsi økosystemers oppførsel ved endringer i temperatur, nedbørsmengde og atmosfærens sammensetning. Store integrerte systemer vil gi analyser av klima- og miljøutfordringer som grunnlag for myndighetenes utforming av en bærekraftig politikk.

Beregningsorientert matematikk, teknisk programvare og databaseteknologi for håndtering og analyse av store datamengder, samt avanserte metoder for kommunikasjon av data, vil være de vesentligste komponentene. Infrastruktur som høyhastighetsnettverk og tungregnemaskiner er nødvendig for å kunne gjennomføre forskning på dette området.

Samfunnsforskning og økonomi

Behovet for tungregning forventes å øke betydelig også innenfor samfunnsforskningen. Dette skyldes at samfunnsforskere i økende grad har tilgang til, og tar i bruk, store registerbaserte datakilder som grunnlag for komplisert statistisk analyse. Som et eksempel kan nevnes aktiviteter som har pågått noen tid ved Frisch-senteret ved Universitetet i Oslo. Der er det bygget opp registerbaserte data som for hele Norges befolkning som beskriver arbeidsmarkedets tilstand for hver måned på 1990-tallet, og dette er koblet opp mot andre administrative registre som gir informasjon om demografi, utdanning, inntekts historie etc. Dette materialet har så langt vært benyttet til å analysere overganger mellom ulike tilstander i arbeidsmarkedet. På grunn av datarikdommen har det vært mulig å identifisere kausale sammenhenger som tidligere bare har latt seg identifisere ved hjelp av sterke (og ofte lite plausible) antagelser. Det fundamentale problemet innenfor empirisk samfunnsforskning er ofte å skille mellom korrelasjon og kausalitet. I fravær av kontrollerte eksperimenter viser det seg at svært omfattende data, koblet med ikke-parametriske (og derfor ekstremt ressurskrevende) modelleringsteknikker, er det som skal til for å sikre reelt sett databasert inferens. For Frisch-senteret har tilgangen til velfungerende tungregnetjenester vært av avgjørende betydning, ikke bare for tempoet og framdriften i forskningen, men også for

forskningens innhold. Dette skyldes at problemer som tidligere ble ansett å være ”praktisk uløselige”, nå lar seg løse innenfor en rimelig tidshorisont.

Strømningsberegninger (CFD)

Innen mange anvendelsesområder brukes i dag numeriske beregningsverktøy og laboratorieforsøk til å simulere komplekse strømningsfenomener i luft og væske. I løpet av de siste fem årene har særlig hardwareteknologien, og i noen grad programvareteknologien, gjort det mulig å utforske mer realistiske strømningsituasjoner som inkluderer viskøse, termiske og kjemiske effekter. Både prosessorytelse og større minne har vært viktig.

I Norge har vi ingen bil- eller flyindustri som leder an i de tradisjonelle ingeniørdisiplinene innen CFD. Derfor har både undervisningssystemet, industrien og tildels forskningsaktivitetene ligget litt etter sammenlignet med mange fagmiljø i utlandet. Programvareleverandører har også vært avventende med å modernisere sine produkter. Vi ser i dag en økende CFD-aktivitet i Norge innen viktige områder som prosess, petroleum og marin. Samtidig med tilgang til meget moderne datautstyr er det etablert flere samarbeidskonstellasjoner mellom fagfolk innen data, numerisk matematikk og anvendelsesområder som gjør at moderne verktøy og teknikker tas i bruk og utnyttes innen både preprosessering (gridgenerering), modellering, analyse og postprosessering (visualisering). Det er også til stor hjelp i verifiserings- og valideringsstudier. Alle disse bitene må være på plass før en får CFD til å fungere som et effektivt forsknings- og utviklingsverktøy innen f.eks. design og spesialstudier av turbulens.

Utnyttelse av parallelle datamaskinarkitekturer med både eksisterende og nyutviklede metoder og koder gjør at CFD-feltet er skikkelig i støtet, og nye anvendelser blir mulig. Optimalisering knyttet til design og kopling mot andre områder som aero/hydro-akustikk og aero/hydro-elastisitet er eksempler hvor det foregår aktiv forskning og er startet CFD-aktivitet også i Norge de siste årene. Her er behovet for regneressurser meget stort. Basisforskning innen viskøs strømming er også tiltagende i Norge innen flere viktige anvendelsesområder. Tradisjonelt har modellering og simulering av forskjellige turbulensfenomener gjennom alle tider vært toneangivende for utvikling av store regnemaskiner. Selv om det gjenstår store utfordringer i tiden framover gir tilgang til moderne regneressurser norske forskere muligheter til å bidra og være med på utviklingen innen dette området.

Konstruksjonsteknikk

Analyse av store modeller innen konstruksjonsteknikk har i Norge tradisjonelt vært gjort for bestemmelse av dynamisk oppførsel samt dimensjonering av offshore-plattformer. Dette er fortsatt et viktig område og utfordringene fremover består bl.a. i å gjøre mer nøyaktige beregninger av den koblede interaksjonen mellom væske og konstruksjon (FSI: Fluid Struktur Interaksjon). Særlig flytende plattformer og boreskip modellert med skallelement vil være beregningsmessig krevende. Likeledes er numeriske beregninger av slanke konstruksjoner (rør, riser) hvor en tillater store deformasjoner mer og mer vanlig. Utvikling av effektive og nøyaktige parallelle løsningsalgoritmer er igang og begynner å bli tatt i bruk i flere anvendermiljø nasjonalt.

For tiden jobbes det mye med metodeutvikling for, og simulering av, anvendelser som ligger i skjæringsfeltet konstruksjonsteknikk/materialteknologi, f.eks. simuleringer av bildeler i aluminium, utmattingsanalyser av sveiser etc. Det er nødvendig å ha tilstrekkelig fin oppløsning i elementmodellene til å takle problemer hvor en har lokaliseringfenomener (skjærbånd), samt inkludere modeller for modellering av materialoppførsel på mikronivå, dvs.

fenomener som ikke er inkludert i kontinuumsmodellen. Multiskalamodellering vil være en stor utfordring fremover og vil åpne for helt ny presisjon innen numerisk simulering og er vel egnet for parallell prosessering. Da beregningsbehovet her vil bli ”umettelig” vil tilgang på datakraft være en flaskehals.

Kombinering av optimering og simulering for bestemmelse av kosteffektive konstruksjoner er et annet felt som vil åpne for mange spennende muligheter fremover. Her vil en typisk foreta gjentatte beregninger av en gitt konstruksjon med tanke på bestemmelse av hvilke designendringer som vil bidra til redusert vekt, økt styrke, større sikkerhet, billigere design etc. Det vil typisk bli nødvendig å gjøre hundrevis av beregninger kontra et fåtall, og krav til effektive algoritmer og datakraft vil stige dramatisk. Slike ”*optimal design*” simuleringer vil kunne gi store samfunnsmessige gevinster samt bedret konkurransekraft for norsk bygg- og vareproduserende industri.

Tilgang på kraftige regneressurser og kompetanse innen store beregninger er helt avgjørende for fremskritt på områder som er av vital betydning for Norge, både politisk og industrielt.

6. Teknologitviking

6.1 Maskinvare

I de årene tungregning har vært et verktøy for norsk forskning kan det observeres noen trender i utviklingen av maskinvare:

- Prosessorene har doblet teoretisk ytelse hver 18. måned til en konstant kostnad (Moore’s lov).
- Minnesystemene har blitt mer komplekse, men kapasitetsmessig har de ikke holdt følge med utviklingen i prosessorkapasitet.
- Det har skjedd en konvergens av maskinarkitekturen, mye fordi tungregning nå er basert på avansert bruk av hyllevare, mens tungregnemaskinene på 1980-tallet var spesialkonstruerte.
- Maskinene har blitt mer parallelle. Dette gjelder i form av antall prosessorer, hvordan interne kommunikasjonssystemer i maskinene er bygget opp og hvordan instruksjonsenheter i prosessorene fungerer.

Moore’s lov har holdt i 50 år, men vi nærmer oss nå en grense for hvor lenge denne loven kan gjelde for datamaskiner basert på transistorteknologi. Grunnen til dette er i korte trekk at avstanden mellom komponentene på prosessorbrikkene nærmer seg avstanden mellom enkeltatomer og fordi flere transistorer per brikke gir mer varme per volum. Ut fra dette kan ikke Moore’s lov gjelde i mer en 10-15 år, med mindre helt ny prosessorteknologi skulle komme på banen.

Kostnadene ved å utvikle og produsere prosessorer øker kraftig etter hvert som avstandene på brikkene blir mindre og mindre. Som en følge av dette er antallet leverandører av prosessorer redusert kraftig de senere årene. Vinnerne i kampen om prosessormarkedet er Intel med sin IA-64 arkitektur og IBM med sin Power arkitektur. I overskuelig fremtid tyder alt på at leverandørene av tungregneutstyr vil satse på disse prosessorene.

Minnesystemene og den interne kommunikasjonen i maskinene har ikke på noen måte greid å holde følge med prosessorkapasiteten. For å kompensere for dette har leverandørene laget et stadig dypere minnehierarki med følgende løsninger:

- Flere nivåer av cache.
- Mer cache på prosessorbrikkene.
- Laveste nivå av cache delt mellom prosessorer.

Denne utviklingen gjør det mer krevende å utvikle algoritmer som utnytter maskinene effektivt. Økningen i parallellitet på prosessornivå trekker i samme retning. Det er nå vanlig med fire parallelle eksekveringsenheter per prosessor (f.eks. to addisjonsenheter og to multiplikasjonsenheter). Disse enhetene skal fores med data fra minnehierarkiet.

På systemnivå kan dagens tungregnemaskiner karakteriseres ut fra ”start-opp tid” (latency) for kommunikasjon mellom prosessorene:

1. Systemer med SMP noder [SMP: Symmetric Multi Processing] og avanserte NUMA løsninger [NUMA: Non-Uniform Memory Access]. Disse har en lav start-opp tid og typisk 10-1000 prosessorer per system. Eksempler er de eksisterende maskinene i det norske tungregnesystemet: IBM SP, SGI Origin, HP Superdome.
2. Klynge-løsninger med enklere og billigere løsninger for interprosessor kommunikasjon, og dermed høyere start-opp tid. Det vanligste eksemplet er Linux-klynger med standard PC-komponenter og et switch-basert nettverk.
3. GRID-klynger, dvs. selvstendige maskiner som kommuniserer via Internett for å løse et problem. Dette gir en svært høy start-opp tid.

I tillegg til disse finnes fortsatt enkelte systemer basert på mer tradisjonell tungregneteknologi, f.eks. NEC SX-serien og den kommende CRAY SV2.

I planperioden er det grunn til å tro at systemer av type 1 og 2 vil være mest utbredt i det norske tungregnesystemet. I tillegg vil enkelte brukere finne det hensiktsmessig å gjøre beregninger på flere eksisterende maskiner samtidig, i Norge eller i flere land. Dette muliggjøres ved bruk av GRID-systemer. Systemer med spesiell maskinvare kan kanskje konkurrere dersom det er behov for å anskaffe maskiner for å dekke helt spesielle oppgaver. Det er for eksempel kjent at enkelte leverandører utvikler maskinvare og lavnivå programvare spesialtilpasset funksjonell genomforskning.

Prosessorene har over lang tid doblet sin ytelse hver 18. måned til en konstant kostnad, og det forventes at denne utviklingen fortsetter i samme takt i planperioden. Selv om det hjelper at hver prosessor blir raskere, handler moderne tungregning i all hovedsak om å utnytte mange (og stadig flere) prosessorer i parallell, samtidig som applikasjonene skal ta ut maksimal effekt av hver prosessor.

Maskinene blir mer komplekse noe som medfører økt behov for investeringer i algoritme- og programvareutvikling for tungregneapplikasjoner.

6.2 Programvare

I 1990 var programvare en stor del av kostnadene ved en tungregneanskaffelse. Eksempelvis brukte Cray Research halvparten av sine utviklingsressurser på programvare, dvs. operativsystem, kompilatorer, ytelsesverktøy og biblioteker. Dette har endret seg, og leverandørene leverer i dag mindre programvare bl.a. for ytelsesoptimalisering. Kundene forventer også at programvaren skal ha en lavere kostnad, mens det har blitt mer komplisert å utvikle god programvare, se forrige seksjon.

To typer operativsystem er dominerende innenfor tungregning, leverandørspesifikk UNIX og Linux. Det gjenstår å se hvor raskt utviklingen av en effektiv Linux for tungregnesystemer vil gå, og hvor sterk posisjon dette operativsystemet vil få. Flere av leverandørene sier de vil satse på Linux på IA-64 prosessoren, men noen av dem sier også at de vil støtte sin egen variant av UNIX.

Når det gjelder programvare for kommunikasjon har det skjedd en positiv standardisering, og MPI og OpenMP er i dag nær enerådende. MPI er egnet for både SMP, NUMA og klynger, mens OpenMP kan benyttes på SMP- og NUMA-systemer. Flere applikasjoner har benyttet en kombinasjon med stort hell. De utnytter da at OpenMP reduserer reell kommunikasjonsmengde innenfor en SMP node eller et NUMA-system, mens MPI effektivt håndterer kommunikasjon mellom SMP noder eller deler av NUMA-systemene. Slike hybride løsninger benyttes også i GRID-sammenheng.

Dessverre er situasjonen ikke så positiv når det gjelder kompilatorer, debuggere og verktøy for ytelsesoptimalisering. Gjennomgående henger disse langt etter utviklingen av maskinvare, og gjør oppgaven med effektiv programmering svært tidkrevende og vanskelig. Algoritmeutvikling, modularisering av programvare, gjenbruk og bruk av standard biblioteker står sentralt i utvikling og optimalisering av applikasjoner. Velegnet programvare for fremtidens tungregnemaskiner må kompensere for kompleks maskinvare og manglende systemprogramvare ved å være adaptiv, undersøkende, intelligent og feiltolerant.

Operativsystem og programvare for kommunikasjon er i stor grad standardisert og effektiv. Utviklingen av kompilatorer, verktøy og biblioteker holder ikke følge med maskinvareutviklingen, noe som gjør at utvikling av applikasjoner blir stadig mer krevende.

6.3 Nettverk

Tungregning var en tidlig bruker av Internet, og tilgang til effektive datanett både lokalt og sentralt er en forutsetning for en nasjonal tungregnestruktur. Lokale nettverk håndteres av den enkelte institusjon, mens UNINETT er ansvarlig for det nasjonale UoH-nettet i Norge.

Trafikkutviklingen i UNINETT har de siste 10 år vært eksponensiell med en dobling hver 10-12 måneder. Det er bruken av nettjenester som øker og ikke antallet brukere. UNINETT ser ingen tegn på at denne trenden vil endres de nærmeste årene, tvert i mot vil vi kunne se en forsterket vekst dersom nye høykvalitets videoapplikasjoner dukker opp. Dette betyr også at andre brukergrupper enn tungregning vil være dominerende for kapasitetsutviklingen.

I september 2000 utarbeidet UNINETT forslag til etablering av neste generasjon forskningsnett i Norge. Forslaget innebærer gigabit kapasiteter i langdistansenettet, i de

regionale nettene og helt fram til den enkelte tungregnemaskin og bruker. En slik utbygging med kjent teknologi bør kunne gi tilfredsstillende kapasitet de nærmeste 5-6 år.

Forslaget forutsetter at UNINETT får kjøpe fiber lokalt mellom de enkelte studiesteder i norske byer og at det finnes et markedstilbud på fiber og/eller bølgelengder på de lange avstandene mellom universitet og høyskoler. UNINETT er optimistisk med hensyn til egenkontroll over lokale fibernet, men noe mer avventende til utviklingen innen langdistansenett. UNINETT inngikk i fjor landets første leieavtale med Telenor på en bølgelengde (2.5 Gbps) mellom Trondheim og Oslo. Der er imidlertid stor forskjell på tilgangen på ledig langdistanse fiber/bølgelengder i henholdsvis Sør-Norge og Nord-Norge. Ingen teleoperatører har planlagt ut fra at kundene ønsker hele bølgelengder, og særlig infrastrukturen nordover må derfor oppgraderes for at dette skal kunne realiseres.

Effektive nettverk er en forutsetning for god utnyttelse av en nasjonal tungregnestruktur. Tungregnemiljøene bør derfor støtte opp om lokale og sentrale tiltak for å øke kapasiteten i nettverket, og spesielt bør det nære samarbeidet med UNINETT videreutvikles.

6.4 GRID

GRID er allerede omtalt flere steder i rapporten, i tilknytning til ulike former for samarbeid. GRID er en infrastruktur som gjør det mulig å dele ressurser på en sikker og fleksibel måte ved bruk av Internet. Ressursene kan være:

- Kompetanse (mennesker spredt på flere steder).
- Store og kostbare instrumenter.
- Store datamengder.
- Distribuerte applikasjoner.
- Tungregnemaskiner.

For å kunne utnytte ressursene effektivt, er det utviklet programvare (GRID-verktøy) som forenkler kommunikasjonen over Internet. Den meste kjente programvaren er antakelig Globus (www.globus.org).

GRID muliggjør deling av ressurser i langt større grad enn tidligere, og dette vil få betydning for forskningen innen flere grener av vitenskapen (medisin/biologi/bioinformatikk, partikkelfysikk, romforskning/astrofysikk, meteorologi/klima/kartografi osv.).

Det er viktig å være klar over at GRID ikke er synonymt med å utnytte flere tungregnemaskiner til en og samme beregning, men at dette kan være en anvendelse av GRID for den type applikasjoner som egner seg for distribuerte beregninger. En enklere anvendelse i det norske tungregnesystemet kan være deling av data mellom installasjonene. En av de mest omtalte anvendelsene av GRID er CERNs planer for distribuert lagring av data fra store eksperimenter.

GRID vil få betydning for forskningssamarbeid og deling av ressurser, herunder tungregneressurser. Teknologien vil bidra til mer effektiv utnyttelse av tungregneanleggene, men den vil ikke erstatte behovet for spissressurser.

7. Brukerstøtte og kompetanseutvikling

Kompetanse innen tungregning kan deles i flere områder og strekker seg fra driftskompetanse og brukerstøtte via tilrettelegging for beregninger og effektivisering av programmer til metodeforskning innen informatikk og beregningsorientert matematikk ("Scientific computing").

Brukerstøtte og drift

I et tungregneprogram, som i all hovedsak vil omfatte investeringer i datasystemer (maskiner, programvare og nødvendig nettverk), er det viktig å utvikle kompetanse knyttet til drift og brukerstøtte og effektiv utnyttelse av tungregnemaskinene. Dette er ikke minst viktig i tiden som kommer fordi

- Det forventes økt bruk av tungregnerressurser i miljøer med liten erfaring i bruk av slike ressurser, jf. kapittel 5.
- Det blir mer krevende å utnytte maskinene effektivt, jf. kapittel 6.

Brukermiljøene har gitt en klar tilbakemelding på at også tilgangen til brukerstøtten bør økes i forhold til dagens nivå, og de to punktene over bidrar til å øke behovet for brukerstøtte ytterligere.

Nettverk og møteplasser

Utover økt satsing på drift og brukerstøtte, bør tungregneprogrammet også omfatte kompetanseutvikling hos brukerne og tiltak for overføring av kompetanse mellom de som arbeider med beregningsorientert vitenskap og tungregnebrukere innen naturvitenskap. Et tiltak kan være bygging av nettverk mellom forskere og forskergrupper gjennom å initiere og arrangere seminarer (for eksempel "sommerskoler"). Det er viktig at slike seminarer ikke arrangeres tilfeldig, men at de settes inn i en helhetlig ramme innenfor programmets overordnede målsetting. En videreføring av NOTURs prosjekter for teknologioverføring bør også vurderes etter at disse er evaluert.

Metodeutvikling

Kompetanseutvikling gjennom utdanning av dr.grads- og post.doc.-kandidater hører ikke inn under tungregneprogrammet. Utvalget vil imidlertid understreke viktigheten av denne kompetanseutviklingen og henstiller Norges forskningsråd til å forsterke de programmer som allerede støtter eller potensielt kan støtte kandidater som driver beregningsorientert matematikk eller forskning innen naturvitenskap med behov for bruk av tungregnerressurser. Tungregneprogrammet må imidlertid investere i eksperimentelle ressurser for algoritme- og programvareutvikling for denne type kompetanseutvikling. Heller ikke vekttallsgivende kurs ved universitetene hører inn under tungregneprogrammet, men utvalget ser svært positivt på de tungregnekursene UiO har arrangert de senere år og vil oppfordre universitetene til å videreutvikle dette konseptet.

Drift, brukerstøtte og kompetanseutvikling må prioriteres sterkere enn i dag, og bevilgningen til denne delen av tungregneprogrammet må økes. Det bør settes av ressurser til effektivisering av krevende tungregneapplikasjoner.

En viktig del av et tungregneprogram er å utvikle nettverk og etablere møteplasser for forskere med felles interesse for tungregning og beregningsteknologi.

Utvalget vil videre understreke viktigheten av at områdene som anvender tungregning får et tilstrekkelig tilfang av kandidater på dr.grads- og post.doc.-nivå, men at ansvaret for dette legges til forskningsprogrammer som BeMatA og liknende.

8. Meteorologisk Institutt

Meteorologisk Institutt (met.no) er en statlig etat under Utdannings- og forskningsdepartementet (UFD). Instituttets formål og oppgaver er gitt i vedtektenes §1:

Meteorologisk institutt står for den offentlige meteorologiske tjeneste for sivile og militære formål. Instituttet skal arbeide for at myndigheter, næringsliv, institusjoner og allmennheten best mulig kan ivareta sine interesser for sikring av liv og verdier, for planlegging og for vern av miljøet.

Instituttet skal bl.a. utarbeide værvarsler, studere Norges klima og gi klimatologiske utredninger, drive meteorologiske observasjoner i Norge, nærliggende havområder og på Svalbard, drive forskning og utviklingsarbeid i et omfang som anses nødvendig for løsning av de faglige oppgaver, spre resultatene av sitt arbeid, utføre oppdrag og yte spesialtjenester for offentlige og private interesser mot full kostnadsdekning fra brukeren og delta i det internasjonale meteorologiske samarbeid.

Disse oppgavene lar seg ikke løse uten tilgang til tungregnemaskiner, og historisk sett har forbedret tilgang til regnekraft uten unntak gitt instituttet mulighet til å øke kvaliteten på sine produkter. Siden 1988 har met.no hatt felles tungregnestruktur med UoH-sektoren, og instituttet er i dag den største brukeren av anlegget i Trondheim.

På TOP500-listen over verdens kraftigste regnemaskiner (www.top500.org) er 39 av maskinene plassert ved institusjoner som har vær-/klimaanalyser eller geofysikk som hovedformål. Av disse er 10 innenfor de 50 kraftigste maskinene. Dette illustrerer at "state-of-the-art" værvarsling og klimaanalyser forutsetter tilgang til "state-of-the-art" tungregnemaskiner.

8.1 Meteorologisk Institutts behov for tungregnekraft 2004-2008

met.no benytter tungregning til følgende oppgaver:

- **Operasjonell modellkjøring:** Daglig, rutinemessig kjøring av atmosfære- og havmodeller for bruk i vær- og havvarsling. Dette innebærer også parallellkjøringer for å teste ut kvaliteten på modeller og videreutvikle modeller og metoder.

- **Beredskap:** Modellkjøringer som utføres ved ulykker og krisesituasjoner, f.eks. oljedrift, drift av gjenstander på havet og radioaktivt nedfall.
- **Forskning og utredning:** Modellutvikling samt produksjonskjøringer av modeller i forbindelse med forskningsoppgaver.

met.no har laget en egen rapport [2] som beskriver instituttets strategier innen satsingsområdene varslingsberedskap, klima og miljø, og de resulterende behov for tungregning innen varslingsberedskap og forskning. Instituttets forskning er dekket gjennom kapittel 5, og vi ser her på behovene innen operasjonelle modellkjøringer og beredskap.

Det er de operasjonelle modellkjøringene som vil være dimensjonerende for met.no's tungregnebehov. Beredskapsmodellene er mindre regnekrevende, men må kunne kjøres på kort varsel.

Dersom vi setter effekten av tungregneanlegget i Trondheim pr. mars 2002 (SGI Origin 3800 med 220 500 MHz/1 Gflop/s prosessorer) lik 1, kan behovene for regnekraft til operasjonelle kjøringene i 2004 og 2008 oppsummeres som følger (tallene er tatt fra [2]):

	Atmosfære	Hav
2004	10	40
2008	100	400

Forholdet mellom forbruk innen atmosfære og hav i dag er ca. 4:1. Dermed vil det reelle behovet for økning sammenlignet med dagens anlegg være en størrelsesorden 10 i 2004 og 100 i 2008. Tar vi hensyn til at anlegget i Trondheim vil øke sin reelle spissytelse med en faktor 2.5 i mai 2002, får vi et behov for økning i størrelsesorden 4 i 2004 og 40 i 2008 sammenlignet med 2002.

Moore's lov gir en ytelsesforbedring på en faktor 16 medio 2008, sammenlignet med tilgjengelig ytelse medio 2002. met.no's behov ligger dermed på om lag det dobbelte av hva Moore's lov tilsier. Tar vi hensyn til at det blir mer komplisert å utnytte maskinene, tilsier dette at det er nødvendig med både betydelig satsing på algoritmeutvikling, optimalisering og økte investeringer i maskinvare dersom met.no skal nå sine mål.

Gjennomgående benytter met.no's operasjonelle modeller relativt lite minne, og også kravene til lagringskapasitet er begrenset. På nettverkssiden vil reelle hastigheter på opp mot 1 Gbps være avgjørende for at met.no kan utnytte sentraliserte tungregnemaskiner.

I dag benyttes anlegget i Trondheim 100% dedikert ved operasjonelle kjøringene og beredskap. met.no har anledning til å benytte inntil 4.5 timer pr. døgn til slike kjøringene, og kjøringene er fordelt på fire bolker gjennom døgnet. Alle andre jobber på anlegget rulles ut i disse periodene. Et slikt bruksmønster er de operasjonelle kjøringene avhengig av også i fremtiden. Det nye er at et av satsingsområdene innen værvarslings, "nowcasting", vil kreve at analysedelen av atmosfæremodellen (beregning av initialtilstand basert på tilgjengelige observasjoner) kjøres dedikert 8 ganger i 2004 og 24 ganger i 2008. Dersom vi forutsetter at tilgjengelig ytelse øker i tråd med behovene, vil det ikke være nødvendig med mer dedikert tid på maskinen som benyttes til operasjonelle kjøringene, men tiden vil altså bli delt på flere bolker. Driftsmessig må denne maskinen ha en tilgjengelighet på operasjonelt nivå. I met.no er dette satt til 99.5%.

Bevilgingen til spissressursen må økes for at operasjonell værvarsling og klimaforskningen i Norge skal ha vilkår på et akseptabelt internasjonalt nivå. Samtidig har met.no behov for en spissytelse som krever at det satses betydelig på algoritmeutvikling og modelloptimalisering.

Maskinen som benyttes til met.no's operasjonelle kjøring må driftes som en operasjonell maskin, og met.no må ha tilgang til 100% av maskinen ved de operasjonelle kjøringene.

8.2 Tungregnestruktur for met.no

Da met.no tok i bruk CRAY X-MP maskinen i Trondheim i 1988, måtte denne utvides noe for å tilfredsstillere kravene til instituttets operasjonelle kjøring. Dette skjedde gjennom en ekstraordinær bevilgning fra KUF (nå UFD). Instituttet har etter dette ikke fått egne bevilgninger til tungregnemaskiner over eget budsjett. Da tungregneutvalget ble etablert og tungregning fikk bevilgninger fra KUF for perioden 1992-94, var det en forutsetning at disse skulle dekke instituttets behov for tungregning innen både operasjonelle kjøring og forskning. Ved fortsettelsen i 1995 ba departementet om en egen vurdering av hvorvidt met.no's operasjonelle kjøring kunne gjennomføres i utlandet, men konklusjonen ble den gang at det var mest hensiktsmessig å fortsette med en felles tungregnestruktur for UoH-sektoren og met.no. Ved opprettelsen av det nåværende tungregneprogrammet i 1999, skrev regjeringen i statsbudsjettet [St. prp. 1 1998-99, kap 0283 Meteorologisk Institutt]:

Instituttets tilgang på tungregneressurser foreslås videreført etter dagens ordning, jf kap 0281.

Og i kap 0281 står det:

Departementet har gitt Norges forskningsråd mandat til å videreføre norsk tungregning fra 1999 til 2003. Tildelingen som i 1998 var på 22 mill kroner, foreslås videreført i 1999.

Dette innebar en felles tungregnestruktur også i perioden 1999-2003. Det skjedde likevel en endring. Frem tom. 1998 hadde met.no estimert sitt totale behov til operasjonelle kjøring, beredskap og forskning og fått tildelt en tilsvarende kvote på anleggene i Trondheim. Fra 1999 har instituttet fått dedikert adgang til spissressursen i tungregnestrukturen (SGI Origin i Trondheim) 4.5 timer per døgn for operasjonelle kjøring og beredskap. Instituttets forskningsoppgaver har ikke fått noen egen tildeling, dvs. hvert forskningsprosjekt har søkt om tildeling på lik linje med forskere ved universitetene.

For perioden 2004-2008 kan bevilgningen til tungregning komme gjennom en felles bevilgning til met.no og UoH-sektoren, eller som separate bevilgninger.

Hovedbegrunnelsen for dagens felles tungregnestruktur er de synergieffektene som oppnås:

- God utnyttelse av tungregneanlegget: met.no har bare behov for tilgang til en spissressurs i deler av døgnet. Resten av tiden kan denne effektivt utnyttes av forskere.
- God ressursutnyttelse: Felles maskiner gir ikke bare bedre utnyttelse av maskinene; administrasjon, drift og anskaffelser blir også rimeligere.

- Økt spissytelse: Felles satsing sikrer at Norge får en maskin med høyere ytelse enn hva som kan oppnås ved separate anskaffelser.
- Algoritme- og optimaliseringskompetanse: Felles kompetanse på optimalisering kommer både met.no og UoH-sektoren til gode, for eksempel innen geofysikk og klimamodellering benyttes de samme algoritmer og modeller ved met.no og universitetene.
- Driftskompetanse: met.no's krav til drift sikrer at det norske tungregnemiljøet har driftskompetanse på høyt nivå. Dette kommer også forskerne til gode.

Ved en felles bevilgning vil det være naturlig med en nasjonal koordinering som sikrer at disse synergieffektene videreføres.

Dersom met.no får egen bevilgning til tungregning, må instituttet ha full frihet til å disponere denne. Dette kan medføre at de velger å investere midlene i UoH-sektorens struktur, f.eks. ved å kjøpe regnekraft ved et av universitetene. Det kan også bety anskaffelse av egne maskiner eller felles tungregneløsninger med andre meteorologiske institutt

Det siste alternativet ble også drøftet i 1995, men ble forlatt ut fra at alle meteorologiske institutt krever eksklusiv tilgang til tungregneressurser til samme tid av døgnet (når de meteorologiske observasjonene er tilgjengelige) for å gjøre beregninger for sine nærområder. Situasjonen har imidlertid endret seg noe de senere årene. I planperioden vil det ikke være prognosen for de regionale områdene som er beregningsmessig tyngst, men analysen. Denne kan lettere gjøres i fellesskap, og skal dessuten gjøres langt flere ganger i løpet av døgnet, se avsnittet over. Imidlertid vil det fortsatt være ulikheter som gjør at en slik løsning må vurderes nærmere. For Norge er eksempler på dette de omfattende beregningene av havvarsler og planene for lokalvarsler med fin oppløsning.

En felles struktur krever at det må investeres i en ressurs som ivaretar met.no's behov for regnekraft til de operasjonelle kjøringene. I praksis har dette blitt den ressursen med størst regnekraft i tungregnesystemet (spissressursen). Dette skyldes delvis at investeringene er fordelt på fire universitet og delvis at UoH-sektoren har større krav til volum enn til spissytelse. Videre setter met.no konkrete krav til drift. Forskernes krav til drift er ikke i samme grad uttalt, men det viser seg at de i praksis er høye og økende. met.no må ta høyde for at maskinen kan være utilgjengelig ved en av de operasjonelle kjøringene, mens universitetsforskere ofte taper mye tid dersom en lang kjøring avbrytes pga. problemer ved regneanlegget.

Synergieffektene ved en felles tungregnestruktur for met.no og UoH-sektoren er store, og videreføring av disse bør sikres ved at det gis en felles bevilgning til tungregning og en nasjonal koordinering av anskaffelse og drift av tungregnemaskiner.

9. Basisstruktur for norsk tungregning

En samlet strukturbeskrivelse for norsk tungregning må inneholde en rekke aspekter. I dette kapitlet diskuteres alternative modeller for lokalisering, drift og støttetjenester. Vi vil i fortsettelsen referere til dette som basisstruktur for norsk tungregning. Organisering, ledelse og finansiering henger sammen med dette, men er tatt opp som egne tema i kapittel 10 og 11.

Selv om det selvfølgelig er mulig å konstruere hybrider vil vi i dette kapittelet diskutere noen hovedalternativer for en slik basisstruktur. Disse er:

1. Utsetting - kjøp av regnetid ved utenlandske sentra.
2. Desentralisering – hver organisasjon tar ansvar for sine behov.
3. Nasjonal organisasjon hvor alle hovedinteressenter deltar.
4. Aksjeselskap – ett selskap eid av interessentene, med hovedformål å tilby tungregnetjenester til det norske markedet.

Disse modellene kan vurderes opp mot følgende kriterier:

Dekking av behov i UoH-sektoren: Hvor godt egnet er modellen til å dekke behovene for tungregneressurser og støttetjenester for forskere i UoH-sektoren?

Dekking av met.no's behov: Hvor godt egnet er modellen til å dekke met.no's behov for regneressurser og støttetjenester?

Brukerinnflytelse: Hvor stor innflytelse vil brukerne ha på de beslutninger som fattes, både av strategisk art og når det gjelder daglig drift og løpende prioriteringer?

Forutsigbarhet og fleksibilitet: Hvor godt egnet er modellen til å ivareta behovet for kontinuitet i tungregnetilbudet og samtidig gi nødvendig fleksibilitet i valg av teknologiske løsninger?

Kompetanse: I hvilken grad vil modellen bidra til å bygge opp kompetanse som kan komme de norske tungregnebrukerne til gode?

Økonomi: Hvilke muligheter gir modellen til å oppnå en basisfinansiering og hvor godt egnet er modellen til å utnytte tilgjengelige ressurser optimalt?

Tilleggsfinansiering: Hvilke muligheter gir modellen for å oppnå tilleggsfinansiering gjennom egenandeler og industrideltakelse?

Erfaringer: Hvilke erfaringer har vi med lignende modeller, og hvor godt egnet er modellen til å ta vare på de gode erfaringene vi har innen norsk tungregning, samtidig som vi vil legge forholdene til rette for forbedringer?

Nordisk GRID: Under forutsetningen av at Norge ønsker å delta i et Nordisk GRID må det vurderes hvilken modell som er best egnet for å ta hensyn til dette?

9.1 Utsetting

Utsetting (Outsourcing) vil i praksis innebære kjøp av regnetjenester i utlandet, siden det ikke vil være noe annet marked for tungregning i Norge enn det som skapes av de interessentene som er omtalt i denne rapporten. Vi kan tenke oss flere former for kjøp: Kvotekjøp ved ett eller flere store sentra, prosjektsamarbeid innenfor spesifikke områder (klima, CERN osv.) og samarbeid mellom met.no og ett eller flere andre meteorologiske institutt. Utsetting er også nært beslektet med Internett-baserte beregningsgrid. Imidlertid er det lite trolig at det vil finnes en slik kommersiell gridstruktur allerede i 2004.

Behovene for ren regnekraft i UoH-sektoren kan trolig dekkes ved utsetting, usikkerheten ligger i hvorvidt det finnes et reelt marked for slike tjenester og hvilke priser som kan oppnås i eventuelle anbudskonkurranser. Behovene for støttetjenester kan også dekkes, men det vil trolig være en forutsetning at det tilsettes støttepersoner ved de norske institusjonene. Flere av tungregnemiljøene har uttrykt at nytteverdien av støttetjenester er omvendt proporsjonal med fysisk avstand, og trolig vil det være mye nyttig kunnskap som ikke kommer de norske miljøene til gode dersom hele støtteapparatet befinner seg i utlandet.

met.no's krav til operasjonelle kjøring kan antakelig bare dekkes ved samarbeid med andre meteorologiske institutt. Få akademiske driftssenter har en modell som tillater dedikerte kjøring inntil 24 ganger i døgnet. En vesentlig usikkerhet både for met.no og UoH-sektoren er tilgjengelig båndbredde til beregningssentra utenfor Norge. met.no's behov kan med stor sannsynlighet kun dekkes ved kjøp av båndbredde. For deler av UoH-sektoren kan Internett gi en tilstrekkelig båndbredde, men dette vil variere både med fagfelt (krav til overføringer) og lokaliseringen av driftssenteret.

Både *dekking av behov og brukerinntflytelse* må sikres gjennom en Service Level Agreement (SLA). Det norske tungregnemiljøet har liten erfaring med slike prosesser, og dersom en skal inngå slike avtaler må det legges betydelig vekt på anbudsprosessen og avtaleutforming. Modellen vil gi en stor administrativ kostnad.

Forutsigbarhet og fleksibilitet kan i stor grad påvirkes gjennom anbudsutforming, men det vil ha en pris. Med stor sannsynlighet vil prisen øke desto flere valgmuligheter en ønsker å holde åpne. Dermed vil fleksibiliteten bli målt direkte mot tilgjengelig regnekraft, noe som vil gi et press i retning av å velge regnekraft. Forutsigbarhet kan sikres ved å inngå lange avtaler, men når det inngås nye avtaler vil det være et press i retning av ny teknologi siden det vil gi en lavere kostnad/høyere ytelse.

Modellen vil i utgangspunktet gi en lav *kompetanseoppbygging* i Norge. Noe kan bedres gjennom å tilsette støttepersonale i Norge, men utvikling av kompetanse innenfor områder som visualisering, algoritmeutvikling og parallellisering vil likevel være svært lav. Dette er uheldig i en situasjon hvor god utnyttelse av regnekraft vil kreve økende kompetanse innen disse områdene.

Modellen vil gi grunnlag for en statlig *basisfinansiering*, men det er lite trolig at de norske universitetene vil gi noen *tilleggsfinansiering* ved en slik modell siden den ikke gir anledning til å bygge opp egen aktivitet. Det er ingen grunn til å tro at industrien vil delta i et samarbeid om kjøp av tjenester i utlandet, men forskningsinstitusjonene kan muligens være interessert. Det er vanskelig å vurdere denne modellen opp mot de erfaringer vi har fra norsk tungregning siden 1986, siden tilsvarende løsninger ikke har vært forsøkt.

Deltagelse i et *nordisk GRID* vil være vanskelig eller umulig med en slik løsning. Vi vil da måtte nøye oss med en tilgang til ressurser via GRIDet ved internasjonale senter uten selv å kunne bidra med ressurser.

9.2 Desentralisering

I denne modellen vil hver institusjon ta ansvar for sine egne behov innen tungregning. Det er grunn til å tro at både *behovsdekning, brukerinntflytelse og kompetanseoppbygging* ved universitetene vil være svært avhengig av hvor sterkt brukerne står ved den enkelte institusjon. Dette var *erfaringen* før 1986 da Norge hadde en desentralisert løsning. Brukere som ikke når gjennom lokalt, må alliere seg med kolleger ved andre universitet. Det er fare for intern fragmentering der sterke grupper vil bygge opp egne ressurser på bekostning av en felles satsing som totalt ville gitt mer regnekraft men mindre egen kontroll. Dette kan igjen føre til dårlig *ressursutnyttelse* og et relativt lite *forutsigbart* system. De administrative

kostnadene blir lave, men den manglende nasjonale koordineringen kan føre til duplisering av funksjoner.

Bilateralt samarbeid mellom institusjonene kan sikre brukerne tilgang til variert teknologi i et kraftig nett, og felles utnyttelse av kompetanse- og støttetjenester, men dette kan ikke garanteres uten en nasjonal koordinering.

Modellen vil være vanskelig å forholde seg til for de nasjonale programmene (for eksempel KlimaProg, FUGE, CERN). Tilgangen til tungregnekraft for forskerne i disse programmene vil variere sterkt, med mindre programmene selv tar et ansvar for å anskaffe nødvendige regnemaskiner.

met.no vil i denne modellen enten bygge opp en egen aktivitet, eller alliere seg med et av universitetene. De synergieffektene som er omtalt under beskrivelsen av met.no vil dermed i stor grad gå tapt.

Siden den ikke vil være noen nasjonal koordinering, er det et svakt grunnlag for en sentral bevilgning til tungregning. *Økonomien* må sikres innenfor lokale budsjettammer, men universitetene har mulighet for noe *tilleggsfinansiering* ved å alliere seg med næringsliv og industri.

En slik løsning vil kunne innpasses i et *nordisk GRID*, men det ville kreve et samarbeide mellom universitetene basert på det enkelte universitets økonomi.

9.3 Nasjonal organisasjon

Med nasjonal organisasjon mener vi et system med styrer, råd og driftsenheter som forvalter finansielle ressurser og driver tungregneanlegg i Norge. Et nasjonalt koordinert konsortium, NOTUR, ble resultatet av prosessen i 1999-2000. Man kan også tenke seg at det etableres et frivillig konsortium slik det ble diskutert i rapporten Norsk Tungregning etter år 2000 – Strategisk plan. Dette er imidlertid ikke vesentlig forskjellig fra en desentralisering hvor to eller flere institusjoner går sammen i ettetid. Vi vil derfor fokusere på en nasjonal organisasjon, men hvor driften av ressursene er distribuert til driftssentrene hos de tyngste brukerne. Sverige organiserer sin tungregning i en nasjonal organisasjon og struktur, se seksjon 5.2.

En mulighet er at NOTUR videreføres innenfor dagens rammer. Dette innebærer at virksomheten til det nasjonale konsortiet reguleres gjennom en avtale mellom NTNU og Norges forskningsråd. Svakheten ved en slik løsning er at et universitet, i dette tilfelle NTNU, gis føringen over en svært lang periode (2000-2008) uten konkurranse om oppgaven. Alternativet er å følge modellen som etableres i Sverige der organisasjon og ledelse av tungregnevirkosomheten legges utenfor universitetene. Både NOTUR, slik det fungerer i Norge, og den svenske modellen kan i denne sammenheng betraktes som en nasjonal organisasjon.

Uansett om styringsstrukturen legges innenfor eller utenfor et universitet er det en del positive *erfaringer* fra dagens struktur (NOTUR) som det bør legges vekt på dersom en ny nasjonal organisasjon blir resultatet av prosessen. Dette gjelder spesielt etableringen av et metasenter som koordinerer drift og support på nasjonalt nivå. Alle driftssenter som skal ha oppdrag fra

den nasjonale organisasjonen må inngå i et slikt metasenter og dermed underlegges en viss styring fra fellesskapet.

En nasjonal organisasjon er godt egnet til å ivareta *behovene* både i UoH-sektoren og hos met.no. En slik organisasjon kan tilby variert teknologi og ressurser av ulik størrelse, men krav om lokal styring av anskaffelser kan påvirke mulighetene for reell nasjonal koordinering. Støttetjenestene vil bygges opp rundt de lokale driftssentra, og dermed ligge nært brukerne.

Brukerinnflytelsen må sikres delvis gjennom organisasjonens styrende og rådgivende organer og delvis gjennom nær kontakt mellom brukerne og de lokale driftssentra. En god styring av anskaffelsesprosessene gir mulighet for å sikre både *forutsigbarhet* og *fleksibilitet* i planperioden. Modellen sikrer lokal *kompetanseoppbygging* og formidling til brukerne, samtidig som en oppnår synergieffekter på kompetansesiden gjennom den nasjonale koordineringen.

Økonomien i organisasjonen kan sikres gjennom direkte bevilgning fra staten, bevilgning via Forskningsrådet, eventuelt med ekstra bidrag fra relevante programmer, eller gjennom øremerkede bevilgninger til universitetene og met.no. Det vil være gode muligheter for *tilleggsfinansiering* fra institusjonene, fordi det bygges opp lokal aktivitet, fordi en kan legge inn konkurranse mellom institusjonene om å få de ulike installasjoner og fordi lokale bidrag kan legges inn som en forutsetning for deltakelse i organisasjonen. En kompliserende faktor for en nasjonal organisasjon er at kravet om lokal styring øker dersom andelen lokal finansiering øker. Dette er naturlig, men kan føre til suboptimale anskaffelsesstrategier og ressursutnyttelse.

Mulighet for tilleggsfinansiering fra næringsliv og industri er rimelig god. Forskningsinstitusjonene vil trolig være positive, og deler av industrien kan tenkes å bidra, noe avhengig av størrelsen og profil på de tungregnemaskinene som skal anskaffes. Dette vil være en god organisasjon for å delta i et *nordisk GRID*.

9.4 Aksjeselskap

Denne modellen vil innebære et selskap som mest sannsynlig er eid av departementet eller institusjonene selv. Det er eksempler på begge deler innen relaterte områder. UNINETT eies av departementet, mens Simula Research Laboratory (Simula-senteret) eies av universitetene og forskningsinstitusjoner. Selskapet må selv avgjøre hvor mange sentre det skal drive. Dersom et senter blir valgt, vil vi nærme oss modellen i Finland, og også den modellen Danmark hadde så lenge UNI-C var hovedleverandør av tungregnetjenester til universitetene. Selskapet kan også velge å sette ut driften til universiteter og andre institusjoner. I så fall vil vi nærme oss samme basisstruktur som for en nasjonal organisasjon, jf forrige avsnitt.

Et slikt selskap er i utgangspunktet godt egnet til å ivareta både *behovene* i UoH-sektoren og behovene til met.no, både når det gjelder regneressurser og støttetjenester. Selskapet vil ha god mulighet for å tilby variert teknologi og utvidelser i takt med behovsøkning. Imidlertid vil lokalisering av støttetjenestene kunne utgjøre et minus dersom selskapet velger ett eller få driftssenter, jf diskusjonen om utsetting.

Brukerinnflytelse må sikres gjennom selskapets styrende og rådgivende organer. Dette vil være et kritisk punkt. I Danmark var manglende brukerinnflytelse en vesentlig årsak til at UNI-C ble fratatt sin ledende rolle innen tungregning. I Finland synes dette å fungere bedre.

Den sentrale organiseringen som et eget selskap innebærer, gir gode muligheter for å ivareta både *forutsigbarhet* og *fleksibilitet*. Det gir også god mulighet for *kompetanseoppbygging* og deltakelse i internasjonale prosjekter. Sentret i Finland er et godt eksempel på dette. Samtidig er det en fare for at selskapet blir opptatt av egen kompetanseoppbygging og kanskje også forskning, fremfor å spre kompetanse ut i brukermiljøene.

Økonomien i selskapet kan sikres gjennom direkte bevilgning fra staten, bevilgning via Forskningsrådet, eventuelt med ekstra bidrag fra relevante programmer, eller gjennom øremerkede bevilgninger fra universitetene og met.no. Modellen gir grunnlag for god ressursutnyttelse, men forholdet til det norske avgiftssystemet må vurderes nøye ved opprettelse og beslutning om finansieringsform.

Mulighetene for *tilleggsfinansiering* fra institusjonene er avhengig av hvordan selskapet finansierer driften. Ved bruk av universitetenes driftssenter burde mulighetene være gode, mens de er mindre gode dersom selskapet bygger opp et eget driftssenter. Muligheten for deltakelse fra næringsliv og industri burde være god. Aksjeselskap er en modell næringslivet er godt kjent med og vant til å forholde seg til.

Erfaringene fra selskapene nevnt over viser at modellen kan gi god ressursutnyttelse og godt teknologisk tilbud, men at brukerinnflytelse og kompetansespredning kan bli lidende.

9.5 Vurderinger

Hvilken basisstruktur som er egnet er til en viss grad avhengig av nivået på den direkte bevilgning til tungregning. Utvalget er bedt om å vurdere tre finansieringsnivåer:

- Et forslag til tungregnestruktur som dekker behovene innen UoH-sektoren og met.no.
- Et forslag til minimumsstruktur for norsk tungregning.
- Et forslag til struktur basert på et finansieringsnivå på 22 mill. kroner per år.

Utvalget mener at dagens nivå på 22 mill. kroner per år er et minimumsnivå for en satsing innen tungregning, jf kapittel 11. Utvalget har ikke vurdert hvilken basisstruktur som bør velges dersom myndighetene skulle redusere bevilgningene i forhold til dette nivået, men etter vår oppfatning vil det ikke være realistisk å etablere verken en nasjonal organisasjon eller et aksjeselskap. Det er også tvilsomt om NOTUR kan drives videre i dagens form.

Våre videre vurderinger forutsetter dermed en direkte bevilgning på minimum samme nivå som i dag.

Vi ser ikke **kjøp av regnetid** ved utenlandske senter som en realistisk utvikling for norsk tungregning. Det er usikkert om det finnes noe marked, og løsningen vil neppe kunne gi vesentlig mer regnekraft for pengene enn drift av nasjonale sentra. Vi vil miste muligheten for å bygge opp nasjonal kompetanse innen drift og brukerstøtte, og norske forskere vil bli mindre interessante som samarbeidspartnere internasjonalt. Det er usikkert om met.no's behov kan ivaretas gjennom denne modellen og all tilleggsfinansiering vil falle bort.

Ved en **desentralisering** hvor institusjonene selv sørger for investeringer i teknologi og kompetanseutvikling innenfor egne budsjetter, vil vi miste de synergieffektene som en

koordinering av tungregneinnsatsen gir både mellom universitetene og i forhold til met.no. Det gir også en usikkerhet for de forskningsmiljøene og programmene som er avhengig av tilgang til tungregnekraft. Erfaringene fra perioden før 1986 gjør også at denne løsningen anses som lite ønskelig.

Vi står dermed igjen med **nasjonal organisasjon** og **aksjeselskap** som alternative basisstrukturer. Som det fremgår av beskrivelsen over, vil disse ha nokså like egenskaper i det tilfellet at aksjeselskapet velger å sette ut driften av tungregnesentrene til universitetene. Alternativer hvor selskapet etablerer nye driftssentra anser vi som lite hensiktsmessig fordi muligheten for tilleggsfinansiering blir mindre og fordi det med stor sannsynlighet blir mer ressurskrevende. Universitetenes driftssentra har allerede en betydelig infrastruktur som kan utnyttes i tungregnesammenheng.

En nasjonal organisasjon under Forskningsrådet er en velkjent struktur for forskningsmiljøene, og den har gode muligheter til å ivareta de positive erfaringene fra tidligere og inneværende program. Det vil ikke være noen kompliserende juridiske faktorer, og de bevilgende myndigheter har også lang erfaring med denne strukturen. Den vil derfor kunne etableres raskt. Ut fra disse forholdene går utvalget inn for at det etableres en nasjonal organisasjon i regi av Norges forskningsråd, men vi vil ikke avvise muligheten for å danne et aksjeselskap.

I utgangspunktet bør det ikke være praktiske forskjeller mellom en nasjonal organisasjon der aktørene deltar og et aksjeselskap med aktørene som eiere. Et aksjeselskap skal utføre tjenester for universitetene, met.no og andre på lik linje med en nasjonal organisasjon. Det må imidlertid gjøres en vurdering av hvordan et aksjeselskap kan utføre tjenester for universitetene og met.no innenfor lovverket, for eksempel forhold til konkurranseforhold og avgiftslovgivningen. Til tross for at aksjeselskapsformen er interessant går utvalget inn for at norsk tungregning etableres som en nasjonal organisasjon.

Utvalget anbefaler myndighetene å utvide programmet fra 5 til 7 år, dvs. at programperioden for neste tungregneprogram blir 2004-2010. Det er utvalgets oppfatning at tidligere programperioder har vært for korte i forhold til å oppnå nødvendig kontinuitet og stabilitet i utvikling av det norske tungregnesystemet. Forskningsmiljøer og driftsentra i Norge har nærmere 20 års erfaring i bruk, anskaffelse og drift av avanserte tungregneressurser. Dette i tillegg til at den teknologiske utviklingen synes å være relativt oversiktlig de neste 5-8 årene tilsier at programperioden med fordel kan utvides.

*Utvalget går inn for at det etableres en **nasjonal organisasjon** for drift av norsk tungregning.*

Utvalget går inn for at programmet utvides fra 5 til 7 år, dvs. at programperioden settes til 2004-2010.

10. Organisering og ledelse

Når vi nå skal vurdere organisering og ledelse legger vi til grunn at myndighetene følger vår anbefaling om at det etableres en *nasjonal organisasjon* for drift av norsk tungregning. Dersom myndighetene går inn for en tilstrekkelig stor satsing i perioden er det nødvendig med

en nasjonal struktur som tar ansvar for nasjonal og internasjonal samhandling innen tungregning.

Nasjonalt styre: En nasjonal organisasjon for drift av norsk tungregning må ha et *styre* oppnevnt av Norges forskningsråd. Dette styret bør få et mandat med klare retningslinjer for drift og utvikling av norsk tungregning, og utvalget går inn for at Norges forskningsråd gir dette styret bevilgningsfullmakt, noe som stiller store krav til mandatet. Mandatet må utformes slik at styret får nødvendige fullmakter og fleksibilitet til å utvikle og fornye norsk tungregning i programperioden.

Styrets sammensetning: Styret bør ikke være større enn 5-7 personer. Flertallet av styrets medlemmer bør komme fra institusjoner, bedrifter eller universiteter (Sverige) utenfor det norske universitetssystemet. Utvalget mener at styrets leder bør være en bruker av de nasjonale tungregnerressurser, men som ikke er tilknyttet et av driftsentrene. Utvalget mener videre at en leder for et slikt styre bør engasjeres i 20% stilling.

Mandat: Utvalget foreslår at følgende momenter bør inngå i mandatet:

- Styret skal ha bevilgningsfullmakt og som følge av dette ansvaret for økonomien i programmet.
- Styret skal ha det overordnede ansvaret for etableringen og drift av en nasjonal infrastruktur for tungregning, herunder valg av teknologi og fordeling av ressurser.
- Styret skal ha ansvaret å videreutvikle en strategi for norsk tungregning frem mot 2015, og sørge for at denne strategien er forankret i utviklingen på den internasjonale arena.
- Styret skal inngå en avtale med met.no om tilgang til regnekraft for operasjonell værvarsling og forskning.
- Styret skal sørge for at
 - i. det etableres ett "leading edge" senter som tilfredsstiller met.no's krav til operasjonell værvarsling og klimaforskningens behov for regneressurser.
 - ii. det etableres minst ett senter med mer eksperimentelle regneressurser, bl.a. innrettet mot beregningsteknologi og forskning knyttet til programvareutvikling. Utvalget mener at søknadene innenfor dette området må gjennom en internasjonal vurdering (peer-review).
 - iii. det etableres minst ett senter med maskin- og systemressurser for strukturering, lagring og behandling av ekstremt store datamengder. Utvalget mener at søknadene innenfor dette området må gjennom en internasjonal vurdering (peer-review).
- Utvalget anbefaler at det innenfor hver kategori er en utlysning.
- Av kriterier som bør benyttes i en nasjonal konkurranse om å få drifte tungregneressurser er størrelsen på forslagens egenandel og egenandelens art. Egenandelen kan bestå av:
 - i. Rene pengebidrag til innkjøp av utstyr.
 - ii. Arbeidskraft til drift og brukerstøtte.
 - iii. Regnetid som gjøres tilgjengelig for nasjonalt fordelingsutvalg ut over det som naturlig tilfaller det nasjonale gjennom andel finansiering.Alle disse typer bidrag skal være med i vurderingen.
- Styret skal sørge for at alle driftsentrene deltar i et "metasenter" for drift og brukerstøtte til norsk tungregning.
- Styret skal ha ansvaret for å utvikle en nasjonal GRID-struktur og samarbeide med andre nasjoner om en slik utvikling.

Brukerforum: Utvalget foreslår at styret for tungregneprogrammet etablerer et forum for brukere av tungregneressurser. Dette forumet møtes en gang hvert år og møtet arrangeres av tungregneprogrammet ved styrets leder. Lignende fora er etablert (etableres) i Sverige og Finland.

Daglig leder: Utvalget foreslår at tungregneprogrammet ansetter en *daglig leder*. Denne personen skal ha det daglige ansvaret for den nasjonale tungregnestrukturen, dvs. rapportere til styret, ha det overordende ansvaret for et metasenter, legge forholdene til rette for fordelingsutvalget, osv. Daglig leder skal også være sekretær for styret og for tungregneprogrammets brukerforum. Lokaliseringen av en slik person må avveies mellom nøytralitet og behovet for å være knyttet til et fagmiljø.

Metasenter: Driften av den norske tungregnestrukturen skal foregå gjennom et metasenteret. Dette senteret styres av en ledergruppe bestående av daglig leder og lederne for de ulike driftsentra i tungregnestrukturen. Det kan også være aktuelt med andre medlemmer i en slik ledergruppe.

Fordelingsutvalg: Ordningen med et nasjonalt fordelingsutvalg bør fortsette.

Dersom myndighetene går inn for at norsk tungregnings skal drives gjennom et *aksjeselskap*, se vurderinger i forrige kapittel, er det utvalgets oppfatning at den foreslåtte strukturen kan tilpasses denne driftsformen.

11. Økonomi

Utvalget er bedt om å vurdere tre nivåer for den direkte bevilgning til tungregning i Norge:

- Det nivået utvalget mener er riktig for å dekke behovene for tungregneressurser i UoH-sektoren og met.no.
- Det nivået utvalget mener gir en minimumsstruktur for norsk tungregning.
- Konsekvensene av at dagens nivå på 22 mill. kroner per år opprettholdes.

11.1 Minimumsnivå

Tungregning har en øremerket bevilgning fra UFD på 22 mill. kroner per år til dekning av maskinvare, programvare, drift, brukerstøtte og kompetanseutvikling. Dette nivået har vært uendret siden 1995. Selv med en betydelig egenandel fra universitetene og solide bidrag fra industrien i inneværende programperiode, er bevilgningen på 22 mill. kroner ikke tilstrekkelig til å dekke brukergruppenes behov for tungregnekraft. Spesielt har klimaforskerne og grupper innen fysikk gitt uttrykk for at tilgangen til tungregnekraft er for liten.

I perioden frem mot 2010 vil det komme nye brukergrupper og eksisterende brukere vil ha behov for økt tilgang til tungregnekraft. Den økningen i regnekraft som vil komme som følge av teknologiutviklingen er ikke tilstrekkelig til å dekke disse behovene, selv om vi legger inn økt innsats innen algoritmeutvikling og optimalisering.

Utvalget tror at den anbefalte organisering av norsk tungregning, jf kapittel 9 og 10, er den beste for å oppnå egenandeler fra universitetene og bidrag fra industrien, men vi er sterkt i tvil om det er mulig å oppnå egenandeler på samme nivå som for inneværende programperiode.

Utvalget har valgt å betrakte dagens bevilgning på 22 mill. kroner per år som minimumsnivå.

11.2 Finansieringsnivå på 22 millioner kroner per år

Videreføring av det nåværende finansieringsnivå på 22 mill. kroner per år frem mot 2010 er mulig, men det vil få negative konsekvenser. Omfanget av disse konsekvensene vil avhenge av nivået på egenandeler fra universitetene og bidrag fra industrien.

I et "best case" scenario deltar universitetene og industrien på samme nivå som i dag. Da vil vi kunne opprettholde de fire driftssentrene og i all hovedsak andelen av midlene som går til en spissressurs. Det vil bli en økning i tilgangen på regnekraft som følge av den teknologiske utviklingen, men denne økningen vil ikke være tilstrekkelig til å dekke behovene hos eksisterende brukere og met.no. Nye brukergrupper innen bioinformatikk kan ikke innpasses i tungregnesystemet uten at det får konsekvenser for eksisterende brukergrupper, og tungregneprogrammet vil ikke kunne delta i et nordisk (og internasjonalt) GRID-samarbeid. Det vil være vanskelig (eller tilnærmet umulig) å få til en brukerstøtte i tråd med behovene.

Dersom tilleggsfinansieringen fra universitetene og næringslivet skulle bli redusert, noe som ikke er usannsynlig, kommer vi i en situasjon hvor driftsentra må legges ned for å kunne finansiere en spissressurs for operasjonell værvarsling. Dersom en nedgang i finansieringen kommer som et resultat av at egenandeler fra universitetene reduseres vil norske forskere oppleve en reduksjon i tilgjengelig regnekraft. Følgelig vil det bli enda vanskeligere å imøtekomme behovene til nye brukergrupper.

Utvalget mener det er mulig å fortsette med en basisbevilgning på 22 millioner kroner per år, men at et slikt nivå vil få alvorlige negative konsekvenser for norsk forskning og met.no.

11.3 Anbefalt finansieringsnivå

Utvalget anbefaler en direkte offentlig bevilgning til tungregning på 45 mill. kroner per år for perioden 2004-2010. Dette tallet fremkommer som følger:

Dagens nivå:	22 mill. kroner
Delvis dekning av behov for eksisterende brukergrupper:	6 mill. kroner
Delvis dekning av behov innen klimaforskning:	4 mill. kroner
Økt satsing på eksperimentelle regneressurser:	3 mill. kroner
"Computational biology":	3 mill. kroner
Deltagelse i GRID-samarbeid:	3 mill. kroner
Økt satsing på avansert brukerstøtte og programutvikling:	4 mill. kroner
Totalt:	45 mill. kroner

Tradisjonelle brukergrupper innen kjemi, fysikk, geofysikk og astrofysikk satser stadig sterkere på simulering – "den tredje vei" innen naturvitenskapelig forskning - og det forventes

at denne trenden blir enda kraftigere i årene som kommer. Denne utviklingen er global og det er helt nødvendig for norske forskningsmiljøer å satse på "den tredje vei" for å kunne hevde seg på den internasjonale forskningsarena. Behovene øker, men de er selvfølgelig vanskelig å anslå presist i form av behov for økt finansiering. Det synes imidlertid å være helt klart at økningen i behovene overstiger økningen i ytelse på maskinene.

met.no anslår i sine analyser at behovene til spissytelse innen operasjonell varsling vil øke med om lag det dobbelte av hva teknologiutviklingen teoretisk vil gi. Skulle dette behovet dekkes vil det koste om lag dobbelt så mye å investere i en spissressurs som i dag. Med utgangspunkt i et finansieringsnivå på spissressursen på ca. 13 mill. kroner per år (som er tilfelle i inneværende program) vil dette i seg selv tilsi en økning på 13 mill. per år. Utvalget anser imidlertid dette som urealistisk, men foreslår en økning på 3 mill. kroner for eksplisitt å imøtekomme met.no's behov. Øvrige økning må da komme gjennom eksterne bidrag og synergieffekter med andre brukergrupper. Deler av økningen i spissressursen vil også komme øvrige brukergrupper til gode, men utvalget anbefaler en økning på tilsvarende nivå, 3 mill. kroner, også til disse gruppene. Totalt gir dette 6 mill. kroner per år i økning, noe som ikke synes urimelig ut fra at beløpet på 22 mill. kroner ikke har vært inflasjonsjustert siden 1995.

Klimaforskningen har blitt en stor bruker av tungregning i inneværende periode og deres behov i perioden frem til 2010 vil øke dramatisk. De anslår selv en økning som er omlag 50 ganger hva teknologiutviklingen teoretisk vil gi. Behovet er delvis begrunnet ut fra deltagelse i internasjonalt forskningssamarbeid og delvis ut fra de oppgavene norske klimaforskerne er tildelt av det politiske system, både nasjonalt og internasjonalt. Basert på ferske forbruksstatistikker for tungregnemaskinene i Norge tar klimaforskerne ut ca. 20% av Forskningsrådets andel av regnetiden. (Vi understreker at dette er et estimat siden klimaforskning per i dag ikke er et eget tema i statistikken, og at maskinene i Bergen ennå ikke er med i statistikken.) Basert på Forskningsrådets andel av inneværende program, gir dette et årlig beløp på ca. 3.5 mill. kroner. Klimaforskernes enorme behov for regnekraft kan ikke dekkes uten at de offentlige bevilgninger økes med flere 10-talls millioner kroner per år. Utvalget innser at dette er urealistisk, men foreslår en økning på 4 mill. kroner per år, og at denne økningen sees i sammenheng med spissressursen. Dette vil gi en synergieffekt ved at klimaforskerne får tilgang til deler av volumøkningen på spissressursen og de operasjonelle kjøringene til met.no får en større spissressurs.

En økt satsing på eksperimentelle regneressurser er viktig for utviklingen innen beregningsteknologi, herunder algoritme- og programvareutvikling, men også for å dekke sentrale oppgaver innen nye områder som "computational biology" (bioinformatikk). Deler av bioteknologiprogrammet FUGE vil være avhengig av god tilgang på mer eksperimentelle anlegg i tillegg til mer tradisjonelle regnemaskiner. Videre er det viktig å etablere nasjonale ressurser dedikert for algoritme- og programvareutvikling. Vi foreslår en økning på 3 mill. kroner til dette formålet.

FUGE(FUunctional GENomics)-programmet er i startfasen, og det foreløpig vanskelig å angi presise behov for tungregning frem mot 2010. Utvalget er imidlertid overbevist om at et nytt tungregneprogram må kunne bidra med ressurser til forskningen innenfor FUGE, og foreslår derfor en økning på 3 mill. kroner per år for å sikre disse forskningsmiljøene tiltrekkelig tilgang til tungregneressurser uten at dette går på bekostning av andre brukergrupper.

Dersom Norge skal delta i et fremtidig nordisk (og internasjonalt) samarbeid om GRID er det nødvendig med nye ressurser. Utvalget mener det er naturlig at en eventuell satsing på GRID

legges til tungregneprogrammet. Med utgangspunkt i rapporten fra NOS-N [3] om et nordisk GRID ser det ut til at Norge må bidra med ca. 3 mill. kroner per år. Vi foreslår derfor en økning på 3 mill. kroner per år til tungregneprogrammet.

Brukerstøtten og støtte til programvareutvikling er ikke tilstrekkelig i dagens tungregneprogram. Dette fører til en dårligere utnyttelse av de tilgjengelige tungregneressursene enn ønskelig, og det reduserer effektiviteten hos brukerne (forskerne). Med mer komplekse datamaskiner og nye brukergrupper i årene som kommer vil behovet for avansert brukerstøtte øke. Vi foreslår at det bevilges ytterligere 4 mill. kroner per år til dette formål. Dette beløpet kan for eksempel dekke fire nye stillinger og en satsing på utvikling og overføring av kompetanse til forskergruppene.

Dette gir en total innsats på 45 mill. kroner per år. Beregnet i forhold til antall innbyggere er dette på nivå med Sverige, Finland og Danmark. I dag er den direkte bevilgningen til tungregning i Norge omlag halvparten av hva den er i Sverige, Finland og Danmark.

Utvalget foreslår en direkte offentlig bevilgning på 45 millioner kroner per år til investeringer i tungregning for perioden 2004-2010.

11.4 Økonomiske konsekvenser av et skille mellom met.no og UoH-sektoren

Utvalget går inn for en felles tungregnestruktur for UoH-sektoren og met.no. Utvalget er imidlertid bedt om å vurdere hvorvidt met.no's behov for tungregning kan dekkes uavhengig av behovene ved universitetene og hva kostnadene er ved en slik deling. Alternativene til en felles struktur er at met.no får en egen bevilgning fra UFD og bruker disse midlene

- til å bygge opp et eget senter,
- til å kjøpe regnetid av en egnet leverandør eller
- i et samarbeid med et universitet som er villig til å tilby tjenesten.

Verken met.no selv eller utvalget tror det er riktig av met.no å bygge opp et eget senter. Dersom det totale tilbud skal opprettholdes vil en slik løsning bli mellom 10 og 15 mill. kroner dyrere per år i forhold til en løsning basert på et samarbeid mellom met.no og UoH-sektoren. En årsak til dette er at en slik løsning vil kreve investeringer i basis infrastruktur og driftskompetanse ved met.no og det vil bli løpende kostnader til drift. Videre skyldes kostnadsøkningen at met.no på grunn av de operasjonelle kjøringene har behov for en spissressurs de selv ikke greier å utnytte fullt ut gjennom alle døgnet 24 timer. Det vil med andre ord være ubrukte ressurser i tungregnesystemet. Alternativet med å kjøpe regnetid er diskutert i kapittel 8 og 9, og anbefales ikke.

Alternativet med at met.no får en bevilgning og bruker dette i et samarbeid med et egnet universitetsmiljø kan fungere, men også dette vil bli en dyrere løsning dersom met.no skal få tilgang til en spissressurs på samme nivå som i et nasjonalt samarbeid. Hvor stor ekstrakostnaden blir, avhenger av eventuell annen deltagelse, for eksempel fra industri, i et spleiselag om oppbygging av en spissressurs. Et "worst-case" scenario er at det ikke er noen industrideltagelse og at den direkte bevilgningen til tungregning holdes på 22 mill. kroner per år. Da må met.no få 10-15 mill. kroner per år for å opprettholde dagens nivå på spissressursen, avhengig av universitetsmiljøets egenandel. Dersom nivået på spissressursen

skal økes opp på samme nivå som det som kan nås i et nasjonalt samarbeid med en direkte bevilgning på 45 mill. kroner, jf forrige avsnitt, må met.no få 19-24 mill. kroner per år. I begge tilfeller vil øvrige deler av norsk forskning bli sterkt skadelidende.

Brorparten av de berørte forskningsmiljøer og met.no selv mener at det nåværende investerings samarbeidet må fortsette frem mot 2010.

Utvalget mener at samarbeidet mellom met.no og norsk forskning om investeringer i tungregneressurser skal fortsette frem mot 2010.

12. Næringsliv og industri

Med deltagelse fra næringsliv og industri i den offentlige tungregnestrukturen mener vi alle former for deltagelse som er basert på kjøp og salg av tjenester, samt bidrag som gis uten krav til direkte gjennytelser. Dette betyr at også kjøp av regnetid fra institutter i FoU-sektoren er inkludert, mens den regnetiden disse instituttene tildeles gjennom prosjekter støttet av Forskningsrådet holdes utenfor.

I hovedsak kan bidragene fra næringslivet deles i tre kategorier:

- Bidrag uten direkte føringer
- Forsknings- og utviklingssamarbeid
- Salg av regnekraft

I vurderingen av disse alternativene er det viktig å ta hensyn til at kun et lite antall aktører i norsk industri og øvrig næringsliv har reelt behov for å få utført store beregninger på anlegg utenfor egen virksomhet.

12.1 Bidrag uten direkte føringer

Et nytt tungregneprogram for perioden 2004-2010 kan ikke regne med å motta bidrag til maskinanskaffelser uten noen form for føringer eller krav til gjennytelser. Med unntak av oppstarten i 1986 har ikke dette skjedd i tidligere programperioder. Det er derimot grunn til å regne med støtte til utdanning av kandidater på dr. grad- og post.doc.-nivå, både innen beregningsvitenskap og innen tungregneanvendelser i de naturvitenskapelige fag. Det fins flere eksempler på dette uten at disse har vært eller er koordinert gjennom tungregneprogrammene.

12.2 Forsknings- og utviklingssamarbeid

De pågående "technology transfer projects" (TTPene i NOTUR) viser at interessen for FoU-samarbeid innen tungregning er relativt stor i næringslivet. EU-prosjekter og enkelte prosjekter med finansiering fra Forskningsrådet har aktiv deltagelse fra næringslivet. Det er naturlig nok viktig for bedriftene at dette samarbeidet gir konkrete resultater som kan anvendes på relativt kort sikt. Videre er det slik at næringslivets behov for tungregning ofte er

i en annen skala en de mest regneintensive oppgavene i tradisjonell tungregning. Ved NSC i Linköping, bygges det opp en aktivitet for utvikling og støtte til bruk av Linux-klustere for næringslivet, ved siden av den tradisjonelle tungregnevirksomheten.

FoU-samarbeid med bedrifter er krevende og koordinering av slik aktivitet innenfor et nasjonalt tungregneprogram kan ta fokus fra hovedformålet som er å dekke norsk forskning og met.no's behov for tungregning. Utvalget mener det er mer riktig at denne type aktivitet drives og utføres i regi av lokale driftsentra og forskningsinstituttene.

FoU-samarbeid med næringsliv og industri er viktig for det norske tungregnesystemet, men utvalget finner det mest hensiktsmessig at slik virksomhet skjer i regi av de ulike driftssentra.

12.3 Salg av regnekraft

Salg av regnekraft fra det nasjonale tungregnesystemet kan skje på tre måter:

- Salg som en del av prosjektvirksomheten
- Tilfeldig salg (spotsalg)
- Forpliktende deltakelse i tungregneprogrammet

Salg av regnetid inngår i noen tilfeller som egenandeler i EU-prosjekter. Utvalget mener dette er en riktig strategi for de lokale driftsentra og universitetene, men det er selvfølgelig viktig at andelen regnetid som selges på denne måten er kjent for den nasjonale tungregneorganisasjonens ledelse og styre.

Tilfeldig salg av datakraft gir ingen forutsigbar inntekt for tungregneprogrammet, og kan derfor kun benyttes til å dimensjonere satsingen dersom noen av aktørene er villig til å ta en risiko. På den annen side vil spotsalg legge få eller ingen føringer på anskaffelser og drift av tungregnemaskiner. Erfaringen fra de siste programmene (1995-2002) tilsier at omfanget av spotsalg er relativt begrenset, og i en struktur med hovedsakelig statlige aktører er det heller ingen som kan ta den nødvendige risiko. Like fullt er spotsalg et positivt bidrag som skaffer ekstraintekter til programmet og bidrar til kompetanseoverføring til næringslivet. Det er imidlertid nødvendig å ha ryddighet i hvem som kan selge og hva inntekten kan benyttes til. Utvalgets vurdering er at spotsalg kan gjennomføres lokalt og inntektene kan forvaltes lokalt, men de skal brukes til utvidelse av anlegget og/eller kompetanseutvikling i tungregning. Inntektene skal ikke benyttes til å redusere forhåndsavtalte bidrag fra partnerne.

Forpliktende deltakelse fra næringslivet gir forutsigbarhet for begge parter i avtaleperioden. Bidragene kan benyttes til å øke kapasitet og omfang av programmet, samtidig som partnerne har krav på regnekraft tilsvarende sin andel av programmet. Felles satsing kommer alle til gode gjennom kraftigere maskiner, bedre utnyttelse av maskinene og rasjonell drift. Statoils medvirkning i NOTUR er et eksempel på forpliktende deltagelse. Dette har bidratt til å gi et nivå på programmet som gjorde det mulig å anskaffe både en spissressurs og tre andre tungregneanlegg i Norge.

Bedrifter og forskningsinstitutter som inngår forpliktende avtaler vil normalt ha visse krav til maskiner og drift. Dette kan være rene funksjonelle krav, krav til sikkerhet og stabilitet og krav knyttet til hvor og i hvilke typer anlegg bidragene skal benyttes. Spørsmålet er hvorvidt

slike krav kan legge føringer som er i strid med eller til hinder for å oppnå hovedmålene med et offentlig tungregneprogram. Dette må håndteres separat i hver enkelt sak.

Som ved spotsalg av datakraft, bør en ha klart for seg hvem som er avtalepartner. Utvalgets vurdering er at forpliktende avtalene kan inngås både lokalt og sentralt. Forutsetningen er at inntektene benyttes til å utvide (forbedre) anleggene og ikke til reduksjon av egenandeler uten at dette er avtalt på forhånd. Avtaler som inngås lokal må derfor være kjent for den sentrale ledelsen av den nasjonale tungregneorganisasjonen.

Deltakelse fra industri og øvrig næringsliv i tungregneprogrammet gjennom kjøp av regnekraft er positivt. Det gir kraftigere maskiner, god ressursutnyttelse og økt omfang på aktiviteten.

Referanser

[1] Information Technology Research: Investing in Our Future, PITAC, February 1999.

[2] Thor Erik Nordeng: Meteorologisk Institutts behov for tungregning 2004-2008, tilgjengelig fra Meteorologisk Institutt.

[3] The NOS-N Working Group for a Nordic Data Grid Facility: Establishment of a Nordic Data Grid Facility Report from the NOS/N Working Group, Report to NOS-N, April 4, 2002. Tilgjengelig fra Norges forskningsråd.

Vedlegg A

Mandat for

Utvalg for utredning av framtidig norsk tungregnestruktur

Innen de rammer som er gitt av Områdestyret er utvalget ansvarlig for å utrede framtidig norsk tungregnestruktur for perioden 2004 – 2008.

Oppgave

Utvalget skal utarbeide et forslag til organisering og struktur for norsk tungregning som kan dekke DNMI's behov for regnekraft til operativ varsling og ivareta de behov som våre forskere har for å utføre avanserte beregninger. Utvalget skal primært ta utgangspunkt i de behov for tungregning som forventes i norske forskningsmiljøer ved universiteter og høyskoler. I tillegg skal DNMI's behov for tungregning til operativ varsling i perioden utredes og legges til grunn.

Utredningen skal inneholde følgende:

- Et estimat av de behov for tungregning som norske forskere ved universiteter og høyskoler vil ha i perioden 2004 – 2008.
- Et estimat av de behov som DNMI har for tungregning til operativ varsling og forskning i perioden 2004 – 2008.
- Et forslag til en tungregnestruktur inklusive organisering som dekker behovene over.
- Et forslag til en minimumsstruktur for norsk tungregning.
- Et forslag til en tungregnestruktur inklusive organisering basert på et finansieringsnivå på 22 mill. kroner pr. år.

Utvalget bes vurdere separate tungregnestrukturer for UoH sektor og DNMI kontra en felles struktur som i dag. Det bes også vurdere mulighetene for å dekke nasjonale tungregnebehov gjennom deltagelse i internasjonal prosjekter, herunder det initiativ som foreligger om et Nordisk Data Grid senter. Eventuelt samarbeid med næringsliv/industri skal også være en del av utredningen.

Relevante FoU miljøer og næringsliv/industri skal trekkes inn i planleggingsarbeidet. Utvalget avgjør selv hvordan dette mest hensiktsmessig kan gjøres.

Utvalget rapporterer til Områdedirektør. Utvalget må sørge for at utredningen har vært til høring i sentrale eksterne institusjoner og at institusjonenes kommentarer er vurdert og eventuelt innarbeidet i endelig versjon av utvalgets rapport. Ved oversendelse til NT bes utvalget å vedlegge en kort redegjørelse for hvilke sentrale synspunkter som er kommet fram i den eksterne høringen, og som ikke er innarbeidet i utvalgets endelige rapport.

Tidsfrister

Utvalget bes om å ha en rapport med gruppens anbefalinger ferdig innen 1. september 2002.

Vedlegg B

Adresseliste for høring

Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet, NTNU

Kopi Fakultet for informasjonsteknologi, matematikk og elektroteknikk

Kopi Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi

Kopi Fakultet for naturvitenskap og teknologi

Universitetet i Bergen

Kopi Det matematisk- naturvitenskapelige fakultet

Kopi Bjerknessenteret

Kopi IT-avdelingen

Universitetet i Oslo

Kopi Det matematisk- naturvitenskapelige fakultet

Kopi Bioteknologisenteret

Kopi Universitetets senter for informasjonsteknologi

Universitetet i Tromsø

Kopi Det matematisk- naturvitenskapelige fakultet

Kopi IT-avdelingen

Norges landbrukshøgskole

Høgskolen i Agder

Høgskolen i Stavanger

Høgskolen i Telemark

Høgskolen i Østfold

Universitets- og høgskolerådet

Meteorologisk institutt

Simula Research Laboratory AS

Nansen Senter for Miljø og Fjernmåling

Havforskningsinstituttet

Norsk Polarinstitutt

SINTEF

SINTEF Energiforskning AS

SINTEF Petroleumsforskning AS

Marintek AS

Norsk regnesentral

NORUT gruppen

IFE

CMR

STATOIL AS

Norsk Hydro AS

Norges forskningsråd

Område for miljø og utvikling

Område for industri og energi

Område for bioproduksjon og foredling

Tungregning mot 2010!

Oppsummering og kommentarer til høringsuttalelser

Utvalg for utredning av fremtidig norsk tungregnestruktur

14 august 2002

Rapporten ”Tungregning mot 2010!” ble sendt ut til høring i midten av mai 2002. Høringsfristen var 15. juli 2002, og det er mottatt 15 svar. Av disse er 11 høringsuttalelser, mens fire høringsinstanser svarer at de ikke avgir noen høringsuttalelse i saken eller at de ikke har noen kommentarer. Dette notatet gir en oppsummering av en del vesentlige kommentarer i høringsuttalelsene, samt kommentarer til disse uttalelsene der utvalget har funnet dette nødvendig. Bortsett fra retting av feil, er ikke rapporten ”Tungregning mot 2010!” endret som et resultat av høringen.

Utvalget er av den oppfatning at rapportens hovedkonklusjoner får bred støtte i høringen, men at det på enkelte punkter er avvikende synspunkt. Disse avvikene fremkommer i det følgende.

Organisering

Utvalget konkluderte i rapporten ”Tungregning mot 2010!” med at norsk tungregning burde drives som en **nasjonal organisasjon** og ikke et **aksjeselskap** selv om også en slik organisering er mulig. Institusjonene som har avgitt uttalelse støtter denne konklusjonen med unntak av IFE som vil ha et aksjeselskap og UiB som ønsker en mer desentralisert modell (med en viss nasjonal koordinering).

Utvalget forslag til **nasjonal organisering** kan langt på vei betraktes som en justering av dagens løsning (NOTUR). Justeringen består i all hovedsak i at styret og daglig ledelse løftes til nasjonalt nivå, dvs. at det strategiske og juridiske ansvar ikke legges til én institusjon. NTNU har ansvaret for NOTUR og NTNU argumenterer for at NOTUR skal forlenges med tre år, dvs. ut 2006. Utvalget mener fortsatt at et styre for en **nasjonal organisasjon** bør opprettes fra januar 2003, og at dette styret tar over det strategiske og juridiske ansvar for norsk tungregning fra januar 2004. Det kan imidlertid være praktiske grunner for å forlenge kontrakten med NOTUR ut over 2003, men en slik beslutning overlates til Forskningsrådet eller et nytt nasjonalt styre.

Av alle høringsinstanser er det bare UiB som er kritisk til utvalgets forslag til organisering av norsk tungregning. UiB ønsker en desentralisert modell med full lokal styring etter at tungregneprogrammets midler er fordelt av nasjonalt styre.

UiO ønsker at den daglige ledelse av tungregneorganisasjonen legges i randsonen til universitetene, til en institusjon som har et bærekraftig fagmiljø og er uavhengig av et enkeltuniversitet. Statoil skisserer en lignende løsning ved å spørre om det finnes en eksisterende organisasjon som den nasjonale tungregneorganisasjonen kan knyttes opp mot. Disse tankene er forenlig med utvalgets beskrivelse av daglig ledelse, men vi overlater til Forskningsrådet å beslutte lokalisering.

I høringsuttalelsene er det også noe ulikt syn på sammensetning av styret for en nasjonal organisasjon i aksen fra å være et rent universitetsanliggende til å ha et betydelig innslag av medlemmer fra industrien.

Vurderingskriterier

Rapporten ”Tungregning mot 2010!” gir en anbefaling knyttet til vurderingskriterier for tildeling av midler til søkere. Dette er noe uklart formulert i rapporten, og flere høringsinstanser har kommentert mangler i vurderingskriteriene. Vi vil derfor komme med en presisering. Søknader om midler til installasjoner bør etter utvalgets oppfatning vurderes etter tre hovedkriterier:

1. Søkers kompetanse, evne og erfaring i drift av tungregneinstallasjoner.
2. Søkers faglige kompetanse innen ”scientific computing” og/eller ”computational engineering”.
3. Egenandeler fra søker i form av pengebidrag, arbeidskraft og regnetid som gjøres tilgjengelig for nasjonalt fordelingsutvalg ut over det som naturlig tilfaller det nasjonale gjennom andel finansiering.

Alle søknader for alle installasjoner (særlig punkt 2) bør gjennom en internasjonal vurdering (peer-review). Det må være opp til styret for tungregnesatsingen hvordan de tre hovedkriteriene vektlegges, men utvalget mener at alle tre kriteriene må gjelde for alle søknader.

Økonomi

Alle universitetene bortsett fra NTNU støtter behovet for en dobling av bevilgningene til tungregning. NTNU er kritisk til en direkte dobling av bevilgningene. Vi tolker NTNUs uttalelse og rektors brev dit hen at en økning bør sees i sammenheng med andre forskningsbehov i Norge. Utvalget er ikke nødvendigvis uenig i dette, men overlater denne type vurderinger til Forskningsrådet. Vi er, som det framgår av innstillingen, av den oppfatning at en kraftig økning er riktig ut fra denne infrastrukturens betydning for norsk forskning. Vi er noe overrasket over at NTNU ikke er enig i dette.

NTNU antyder også at det bør foretas en gradvis opptrapping av bevilgningen i takt med behovene. Dette tolker vi som at NTNU ikke mener at behovet for en slik opptrapping er dokumentert. Utvalget er på dette punkt uenig med NTNU. Våre samtaler med en rekke enkeltforskere, aktuelle universitetsmiljøer, samt de satsinger vi ser i norsk forskning viser et klart og økende behov for bevilgninger til tungregning - minst i den størrelsesorden vi har foreslått. Uten å gjenta argumentene i innstillingen, så vil vi peke på det generelle behovet og satsningene innen klima, CERN og FUGE. Met.no kan også dokumentere behov for en vesentlig større kapasitet.

Norsk Hydro er også kritisk til en direkte dobling ut fra at et slikt behov ikke er dokumentert. Vi er uenig i det og henviser til avsnittet over.

UiO mener at 30% av midlene skal øremerkes til kompetanseutvikling og avansert brukerstøtte. Utvalget tror at dette kan være et riktig nivå, men det må være opp til et nytt styre for tungregnesatsningen å avgjøre fordelingen mellom de ulike aktiviteter.

Flere høringsinstanser tar til orde for at tungregnesatsningen i Norge må koordineres med FUGE og internasjonalt GRID-samarbeid. Utvalget støtter dette.

Statoil hadde ønsket en vurdering av totalfinansieringen, inkludert egenandeler og industribidrag. Utvalget har diskutert dette, men fant det vanskelig å estimere egenandeler og industribidrag fra 2004 og videre fremover.

Noen høringsinstanser har tatt opp utfordringene knyttet til beregning av egenandeler. Utvalget mener det er mulig å sette opp kriterier langs de linjer som er beskrevet i kapittel 10 i rapporten, men at det er viktig at disse er klare og entydige før anbudsrunderne starter.

Diverse

Utvalget er enig i UiBs kommentar om at det ikke er riktig å bruke begrepet "leading edge", og vil derfor presisere at minst et anlegg må være en spissressurs som tilfredsstillt kravene til operasjonell værvarsling.

Met.no ønsker en kvote på tungregneanleggene i Norge for generell forskning. Utvalget mener at dette er rimelig for forskning knyttet til utvikling av modeller, men at all annen forskning ved met.no må søke et fordelingsutvalg på like linje med andre forskningsmiljøer.

Havforskningsinstituttet (HI) mener de bør kunne søke tid på de norske tungregneanleggene på like linje med universitetsmiljøene og met.no. Utvalget støtter dette forutsatt at de forskningsprosjekter som skal bruke anleggene ikke har privat finansiering. I så fall bør instituttet betale for bruken i samsvar med den private finansiering. Et nytt styre for tungregnesatsningen bør utvikle retningslinjer for slik bruk og finansiering, og den må selvsagt også gjelde andre forskningsinstitusjoner i samme stilling som HI.

UiB påpeker at behovet for tungregneressurser er stort innen forskning knyttet til forvaltning av marine ressurser. Utvalget er enig i dette, noe som ytterligere forsterker argumentasjonen for en større strategisk satsing på tungregning i Norge.

I høringsuttalelsene er det noe diskusjon om fordeling av ansvar mellom de forskjellige institusjoner. Utvalget er av den oppfatning at ansvarsfordelingen i første rekke bør være av faglig karakter og ikke knyttet til regneanleggene da det forventes at disse anleggene stort sett vil være sydd over samme lest.

Utvalget har i rapporten "Tungregning mot 2010!" fremhevet betydningen av at det etableres anlegg for bruk i utvikling av programvare for parallelle beregninger (beregningorientert matematikk og beregningsteknologi). I kapittel 10 i rapporten er dette upresist beskrevet som eksperimentelle regneressurser.

Statoil kommenterer at dersom industrien skal samarbeide med driftssentrene (jf rapportens kapittel 12), savnes det en mekanisme for å ta hensyn til industriens behov på et tidlig nok tidspunkt. Utvalget ser at dette kan være et problem, og anbefaler at det nasjonale styret og daglig leder har ansvaret for strategiske avtaler med næringslivet, dvs. avtaler som danner grunnlaget for nivået på tungregneprogrammet. Slike avtaler må ikke hindre samarbeid mellom lokale sentra og industrien, for eksempel i forbindelse med EU-prosjekter.

Oslo, 14.08.2002

Odd Gropen
(sign)

Morten Dæhlen
(sign)

Roar Skålin
(sign)