

Hov, Ø. & Eliassen, A. (2023). Forskning til samfunnsnytte – trekk ved nyere norsk meteorologisk forskning. I Ø. Hov (Red.), *Forskning til samfunnsnytte: trekk ved nyere norsk meteorologisk forskning* (s. 15–57). Fagbokforlaget.  
DOI: <https://doi.org/10.55669/oa220101>

1

# Forskning til samfunnsnytte – trekk ved nyere norsk meteorologisk forskning

Øystein Hov og Anton Eliassen

## 1.1 Hva innebærer «forskning til samfunnsnytte»?

Hensikten med denne boken er å beskrive trekk ved norsk meteorologisk forskning i hovedsak fra 1960-tallet og framover der Meteorologisk institutt har bidratt.<sup>1</sup> Denne forskningen kan karakteriseres som «forskning til samfunnsnytte». I slik forskning utgjør observasjoner og numerisk modellering

---

<sup>1</sup> Meteorologisk institutts forskningsmandat er uttrykt f.eks. på side 84 i proposisjonen til statsbudsjett fra KLD for 2023: «Forskningsverksemda til MET har som formål å utvikle samfunnsnyttige tenester. Forskinga blir raskt operasjonalisert, og tilbakemeldingar frå både interne og eksterne brukarar skal drive forskinga framover. Det er utbreidd nasjonalt og internasjonalt samarbeid på forskings- og utviklingsområdet.»

grunnlaget for å utvikle eller forbedre prognoser og spesialisert informasjon om vær, klima og miljø. Slik informasjon og slike tjenester formidles for å redde liv, beskytte samfunnets infrastruktur slik som i transportsektoren både til lands, vanns og i luften, og til å redusere mange av risikoelementene i produksjonslivet, slik som i landbruket og i energiforsyningen. Erfaringene som vinnes gjennom anvendelsene, brukes videre i forskningen. Dette er «forskning til samfunnsnytte» i praksis.

Meteorologisk forskning har som mål å forstå atmosfærens bevegelser, fysiske og kjemiske prosesser, energioverføringer og stabilitet. Målsettingen kan være å forbedre værvarsler, å forstå jordas klima og miljø globalt, regionalt og lokalt, og der også biogeokjemiske kretsløp, disponeringen av jordoverflaten (arealbruk), hydrologi, oseanografi og snø- og isdekke (kryosfæren) spiller en viktig rolle.

Meteorologiske tjenester er av stor samfunnsbetydning. World Economic Forum rangerte våren 2022 de fem alvorligste globale risikoene slik: utilstrekkelige klimatiltak, ekstremvær, tap av biodiversitet, levekårskrise og samfunnsmessig oppløsning. Vurderingen var gjort ut fra sannsynlighet og konsekvens.<sup>2</sup> De tre første er dominert av været, i de to siste kan været over tid bidra betydelig.

I utviklingen av meteorologiske tjenester er det økende vekt på å etablere en velfungerende, brukerinformert og forskningsdrevet, sammenhengende verdikjede eller verdisyklus med overskrift «forskning til samfunnsnytte». F.eks. heter det i Meteorologisk institutts strategiplan 2022–2031 at «forskningen vår omformer vitenskap til operasjonelle tjenester av høy internasjonal kvalitet». Verdens meteorologiorganisasjon WMO har en lignende målformulering i strategiplanen for 2020–2023<sup>3</sup>, «Advance targeted research: Leveraging leadership in science to improve understanding of the Earth system for enhanced services». Tankegangen er beskrevet og illustrert

---

2 «The Global Risks Perception Survey (GRPS) is the World Economic Forum's source of original risks data, harnessing the expertise of the Forum's extensive network of academic, business, government, civil society and thought leaders. Survey responses were collected from 8 September to 12 October 2021 from the World Economic Forum's multistakeholder communities (including the Global Shapers Community), the professional networks of its Advisory Board, and members of the Institute of Risk Management.» The Global Risks Report 2022, 17th Edition, World Economic Forum, s. 109.

3 [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=9939](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9939)

i en publikasjon fra 2020 som sprang ut fra strategiarbeidet i WMO, og som figur 1.1 er hentet fra.<sup>4</sup>

### **Operasjonelle tjenester**

Begrepet operasjonell, som brukt i operasjonelle tjenester, innebærer at en rutine er utviklet og satt i drift. Rutinen er først prøvd ut og forbedret i en periode under alle slags forhold som den kan møte og må virke for når den settes i fast drift. Operasjonelle tjenester er ofte automatiske og styrt av informasjonsteknologiske løsninger som både innebærer automatisk flyt av input data, ofte i nær sann tid, beregning av parametre som har særlig relevans for spesifikke behov, og utsendelse av tjenestene til f.eks. en dataservert der brukere kan hente dem. Brukerorganisasjonen henter gjerne data til egen server og bruker dem i egne systemer for utvikling og produksjon av spesialiserte tjenester. Et operasjonelt system i værvarsling er en rutine som oppdateres og gjentas hver 6. time eller enda oftere døgnet rundt og i alle årets dager (24/7/365) og der resultatene f.eks. fremstilles på værtjenester som [www.yr.no](http://www.yr.no). Deler av en operasjonell tjeneste kan innebære involvering av mennesker, som f.eks. meteorologenes utarbeiding av farevarsler basert på automatisk genererte data.

Å operasjonalisere et forskningsresultat i meteorologi er en omfattende og teknisk krevende prosess der det på objektivt grunnlag ved hjelp av metrikker for resultat kvaliteten må slås fast at endringen innebærer merkbare og kostnadseffektive forbedringer under nær sagt alle slags forhold. Resultatene i andre deler av beregningsapparatet (modellen) må ikke påvirkes negativt og miste kvalitet, og kravet til regnemaskin- og datalagringskapasitet må stå i forhold til forbedringen i resultat kvaliteten. Svært ofte vil tilsynelatende interessante, enkeltstående forskningsresultater ikke egne seg for operasjonalisering, fordi et eller flere av disse kriteriene ikke tilfredsstilles, f.eks. at forskningsresultatet ikke er generelt nok til å ha gyldighet for en tilstrekkelig stor del av mulighetsrommet som det utsettes for i rutineanvendelse.

---

4 Ruti, P.M., Tarasova, O., Keller, J.H., Carmichael, G., Hov, Ø., Jones, S.C., Terblanche, D., Anderson-Lefale, C., Barros, A.P., Bauer, P., Bouchet, V., Brasseur, G., Brunet, G., DeCola, P., Dike, V., Kane, M.D., Gan, C., Gurney, K.R., Hamburg, S., Hazeleger, W., Jean, M., Johnston, D., Lewis, A., Li, P., Liang, X., Lucarini, V., Lynch, A., Manaenkova, E., Jae-Cheol, N., Ohtake, S., Pinardi, N., Polcher, J., Ritchie, E., Sanya, A.E., Saulo, C., Singhee, A., Sopaheluwakan, A., Steiner, A., Thorpe, A. & Yamaji, M. (2020). Advancing Research for Seamless Earth System Prediction, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101(1), E23–E35. Retrieved Mar 28, 2022, from <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/101/1/bams-d-17-0302.1.xml>

En operasjonell tjeneste må fungere selv om f.eks. viktige input-data skulle utebli, eller regnekapasiteten svikter. Det må være backup-løsninger som fungerer hvis deler eller hele systemet skulle svikte, f.eks. fordi flyten av observasjoner eller viktige randdata for modellberegningene uteblir. Operasjonalisering innebærer derfor å ha avanserte og nøye planlagte løsninger med back-up, og også med back-up for back-up, for å sikre kontinuitet i produksjonen under uforutsette hendelser.

I den virkelige verden krever overgangen («oversettelsen») fra «forskningsoppgivelse» til «anvendelse» store ressurser og høy informasjonsteknologisk og meteorologifaglig kompetanse, og er en hovedgrunn til at de beste operasjonelle værvarslene beregnes i dedikerte sentre som har dette som hovedoppgave, og der den operasjonelle infrastrukturen er institusjonens grunnpillars, samtidig som den også er forskningsinfrastrukturen. Det omvendte (at en god forskningsinfrastruktur også tas i bruk som den operasjonelle infrastrukturen) gir ofte et svakere operasjonelt resultat, dvs. en tjeneste av gjennomgående lavere kvalitet. Værprognosene fra European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF) har lenge vært de beste i verden og bygger på denne filosofien.

Forskning med mål om «å forbedre værvarslingen» og som er løsrevet fra de operasjonelle tjenestene og erfaringene som forutsettes å bli forbedret, lykkes sjelden med sin målsetting.

Forskning og tjenesteyting knyttet til vær, klima, miljø, hydrologi, oseanografi, kryosfæren og terrestriske prosesser, kort sagt jordsystemets deler, baserer seg på en systematisk infrastruktur. Den består av observasjoner (som trengs overført i nær sanntid når prognoser skal beregnes), numeriske modellsystemer for vær- eller jordsystemprognoser, store regneressurser og datalagrings- og dataoverføringskapasitet, og data-assimilasjon der starttilstanden for prognoseberegningene optimaliseres. Dette gjøres for å komme så nær observasjonene som mulig i starten av beregningene samtidig som ligningssystemet som modellen baserer seg på, er tilfredsstillt. En slik systematisk infrastruktur kalles gjerne et «backend-system» som fungerer både operasjonelt og som infrastruktur for videre forskning. Gjennom ensembleberegninger tas det hensyn til usikkerhetene i initial- og randbetingelsene og i selve modellsystemet, slik at prognosen ikke er deterministisk med bare én realisering av mulig utvikling i vær, klima eller miljø. Det beregnes en rekke prognoser som alle anses å ha lik sannsynlighet, og det fremkommer en stati-

stisk fordeling av mulige utfall. Rutinemessige analyser av samsvaret mellom prognoseresultatene og observert utvikling utgjør en viktig del av kunnskaps- og erfaringsinnhenting fra driften av det operasjonelle systemet. Standardiserte og åpne systemer for datalagring, datasøk, datatilgang og datagjenbruk er av avgjørende betydning for verdiøkningen som systemet står for gjennom tjenesteproduksjon og videre forskning. Se figur 1.1.

Resultatene fra backend-systemet etterbehandles gjerne i en tilknyttet, nedstrøms infrastruktur («frontend») for å legge til rette for spesialiserte anvendelser. Anvendelsene kan være i tjenester for allmennheten eller for spesifikke formål innen energiproduksjon og distribusjon, trafikkavvikling (vei, luft, sjø og bane), landbruk og andre økosystemtjenester, luftforurensning og helsepåvirkning, vanntilgjengelighet og -kvalitet, vær med stort skadepotensial («ekstremvær»), offshore- og kystaktiviteter, militæret, turisme og andre sektorer. Frontend-etterbehandlingssystemene kan være ganske komplekse og forskningsintensive, gjerne basert på anvendelsesspesifikke observasjoner og modeller, og gjerne utviklet i et samvirke mellom forskere, IT-utviklere og eksperter på anvendelser. Flyværværvarling baserer seg for eksempel på frontend-systemer som tradisjonelt har krevd store ressurser i nasjonal og internasjonal meteorologi.

Tradisjonelt har numerisk værværvarling vært basert på modeller som behandler atmosfærens dynamikk og fysikk, mens betydningen av prosesser knyttet til ferskvann, jordoverflate og vegetasjon, økosystemer, hav og sjøis og atmosfæriske prosesser i f.eks. skyer, stråling, turbulens og grunn og dyp konveksjon, har vært hensyntatt gjennom parameteriseringer snarere enn eksplisitte beskrivelser av prosessenes virkemåte. Erfaringene bl.a. fra klimamodellering har ført til at evnen til å beskrive og koble jordsystemets ulike komponenter sammen på prosessnivå, etter hvert er blitt utviklet. Modelleringen er blitt «sømløs» ved at prosessene mellom jordsystemets ulike deler er beskrevet og koblet sammen. Over tid vil resultatene av dette øke forståelsen av samvirket mellom jordsystemets komponenter. Det vil gi grunnlag for økt kvalitet i tjenesteytingen og i forskningen videre.<sup>5</sup> Innsikt og tillit

---

5 Brunet, G., M. Shapiro, B. Hoskins, M. Moncrieff, R. Dole, G.N. Kiladis, B. Kirtman, A. Lorenc, B. Mills, R. Morss, S. Polavarapu, D. Rogers, J. Schaake & J. Shukla (2010). Collaboration of the Weather and Climate Communities to Advance Subseasonal-to-Seasonal Prediction, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 91, 1397–1406.

bygges når praksis og erfaringer deles over tid mellom forskere, brukere og IT-utviklere. Gjennom det realiseres og forsterkes verdisyklusen, illustrert i figur 1.1.

Denne tankegangen er en forutsetning for å nå mange av FNs 17 bærekraftsmål (SDG-er) som er knyttet til vær, klima og miljø,<sup>6</sup> og for å kunne lykkes med å flytte høstingen av energi fra under bakken i form av olje, gass og kull til å høste sol-, vind- og vannkraft på jordens overflate.

Etableringen av velfungerende verdikjeder har hatt avgjørende betydning for kvaliteten på vær- og klimainformasjonen som Meteorologisk institutt i Norge og andre lands nasjonale meteorologiske institutter formidler. Verdens meteorologiorganisasjon WMO har i etterkrigstiden hatt standardisering og etablering av det faglige grunnlaget for alle deler av den meteorologiske verdikjeden som hovedoppgave og prioritering, inkludert utveksling av data i sann tid. WMO er en mellomstatlig konvensjon med direktørene for de nasjonale meteorologiske instituttene som landenes faste representanter, en sterk konstruksjon som har sørget for at oppmerksomheten har vært samlet om det tekniske og faglige grunnlaget og ikke så mye på å slå kortsiktig og politisk mynt på meteorologiutviklingen internasjonalt.

---

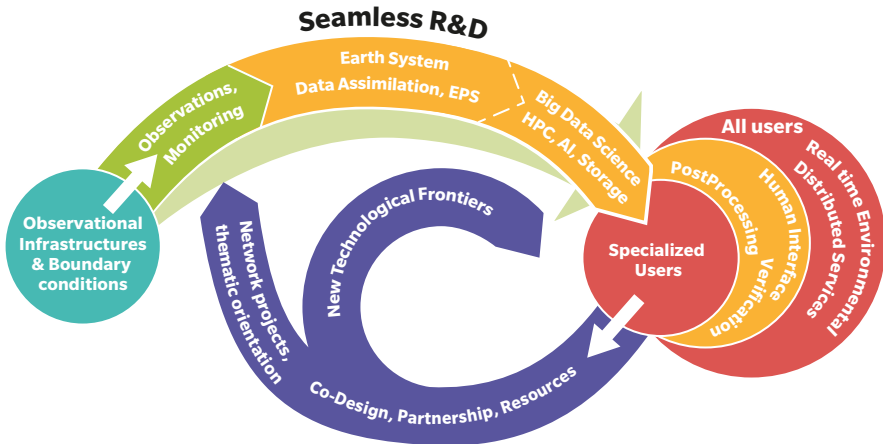
Brunet, G., S. Jones & P. Ruti (red.) (2015). Seamless prediction of the Earth system from minutes to months. *The collection of White Papers from the World Weather Open Science Conference in Montreal, Canada 16–21 August 2014*. WMO-No. 1156, Geneva.

Shapiro, M., J. Shukla, G. Brunet, C. Nobre, M. Béland, R. Dole, K. Trenberth, R. Anthes, G. Asrar, L. Barrie, P. Bougeault, G. Brasseur, D. Burridge, A. Busalacchi, J. Caughey, D. Chen, J. Church, T. Enomoto, B. Hoskins, Ø. Hov, A. Laing, H. Le Treut, J. Marotzke, G. McBean, G. Meehl, M. Miller, B. Mills, J. Mitchell, M. Moncrieff, T. Nakazawa, H. Olafsson, T. Palmer, D. Parsons, D. Rogers, A. Simmons, A. Troccoli, Z. Toth, L. Uccellini, C. Velden & J.M. Wallace (2010). An Earth-system Prediction Initiative for the 21<sup>st</sup> Century. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 91, 1377–1388.

WMO (2017). *Weather climate water. Catalysing Innovation in weather science: WWRP Implementation plan 2016–2023*, WWRP (2016). *World Weather Research Programme*, World Meteorological Organization, Geneva, 52 p.

WMO (2019). *WMO Strategic plan 2020–2023*. WMO Publication No. 1225, Geneva, 22 p.

- 6 Dette gjelder særlig «no poverty» (SDG nr. 1), «zero hunger» (2), «good health and well-being» (3), «quality education» (4), «clean water and sanitation» (6), «affordable and clean energy» (7), «decent work and economic growth» (8), «industry innovation and infrastructure» (9), «sustainable cities and communities» (11), «responsible production and consumption» (12), «climate action» (13), «life below water» (14), «life on land» (15), «peace, justice and strong institutions» (16) and «partnership for the goals» (17).



**Figur 1.1** Illustrasjon av sammenhengene i verdisyklusen «forskning til samfunnsnytte». EPS er forkortelse for Ensemble Prediction System der det tas hensyn til usikkerheten i initial- og randbetingelsene slik at prognosen ikke er deterministisk med bare én realisering av mulig utvikling i vær, klima eller miljø, men gir en statistisk fordeling av mulige utfall. HPC står for superdatamaskinkraft, AI artificial intelligence – kunstig intelligens, data assimilation – data-assimilasjon – er et fagområde som beskriver metoder for å optimalisere initialbetingelsen for en modellprognose slik at den er så nær observasjonene som mulig samtidig som modellens ligningssystem også er i balanse.<sup>7</sup>

### 1.1.1 Hva karakteriserer utbyttet av «forskning til samfunnsnytte»?

Utbyttet av forskning lar seg ikke måle og veie, selv om det er et krav om det for å kunne sammenligne utbyttet av å investere i forskning med utbyttet av investeringer på andre samfunnsområder. Forskning bygger vitenkapital

<sup>7</sup> Ruti, P.M., Tarasova, O., Keller, J.H., Carmichael, G., Hov, Ø., Jones, S.C., Terblanche, D., Anderson-Lefale, C., Barros, A.P., Bauer, P., Bouchet, V., Brasseur, G., Brunet, G., DeCola, P., Dike, V., Kane, M.D., Gan, C., Gurney, K.R., Hamburg, S., Hazeleger, W., Jean, M., Johnston, D., Lewis, A., Li, P., Liang, X., Lucarini, V., Lynch, A., Manaenkova, E., Jae-Cheol, N., Ohtake, S., Pinardi, N., Polcher, J., Ritchie, E., Sakya, A.E., Saulo, C., Singhee, A., Sopaheluwakan, A., Steiner, A., Thorpe, A. & Yamaji, M. (2020). Advancing Research for Seamless Earth System Prediction, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101(1), E23–E35. Retrieved Mar 28, 2022, from <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/101/1/bams-d-17-0302.1.xml>

som brukt godt er en nødvendig forutsetning for et levende samfunn. «Science for service», eller forskning til samfunnsnytte, kan karakteriseres ved kvalitet, relevans og samfunnsbetydning, til forskjell fra forskning i akademisk forstand der kvaliteten og publiseringen teller, mens senere nytte ikke er en eksplisitt forventning.

Forskning til samfunnsnytte («science for service») innenfor meteorologi, eller i bredere forstand jordsystemet, kan vurderes gjennom

- a) vitenskapelige artikler,
- b) vitenskapelige vurderinger og synteser av temaer som en forskergruppe mener er viktig å få fram, og der det er etterspørsel fra samfunnslivet,
- c) teknologiske innovasjoner, inkludert instrumenter, numeriske modeller, metoder, analyseverktøy, dataforvaltning og interoperable og balanserte jordsystemobservasjoner særlig der det i dag er dårlig dekning og liten eller ingen redundans,
- d) data som forvaltes slik at de er «Findable, Interoperable, Accessible and Reusable (FAIR)»,
- e) nye eller forbedrede eller avanserte tjenester for beslutningstaking enten hos spesialiserte brukere og virksomheter, eller for brede samfunnsgrupper, basert på operasjonelle prognoser for og reanalyser av jordsystemet som helhet eller av en eller flere av dets komponenter, som er hav, is, atmosfære, vann, landjorda, biogeokjemiske sykluser. Dette er også av stor betydning for marine økosystemer og modellering av levende ressurser. Et viktig element her er formålstjenlige måter å formidle tjenester og kunnskap på, slik at brukserfaring kan gi retning og innhold til hva som bør være prioriterte forskningsspørsmål videre,
- f) evne til å gi vitenskapelige råd – fortrinnsvis som «honest broker» i Roger Pielke jr.<sup>8</sup> forstand: «en som engasjerer seg aktivt med beslutningstakere og samfunnssektorer for å løse spesielle problemer ved å utvikle policy-alternativer»,
- g) en ny generasjon av forskere og forskerutdanning som kobler vitenskap og tjenester og som ved det bidrar til å lukke kunnskaps- og erfaringsgapet som ofte eksisterer mellom forskningsfeltene og praksisfeltene,

---

8 Pielke, R.A. jr. (2007). *The honest broker. Making sense of science in policy and politics*. Cambridge University Press.



- h) formidling av forskningens resultater og forskningens rolle i komplekse samfunnsspørsmål

Forskning i akademisk forstand måles først og fremst etter punkt a) i listen over, mens de øvrige kriteriene ikke tillegges samme systematiske vekt. Men mange forskere i akademia, ikke minst i slike samfunnsnære fagområder som dem som drøftes i denne artikkelen, beveger seg fram og tilbake mellom forskning av grunnleggende art og forskning som er motivert av anvendelsesmulighetene.<sup>9</sup>

### 1.1.2 Forskningens frihet

«Forskningens frihet» er en viktig norm i akademia. Hva er akademisk forskningsfrihet, og hva styrer forskningen utenfor universitets- og høyskolesektoren slik som ved Meteorologisk institutt? Er «forskning til samfunnsnytte» forenlig med kravet om «forskningens frihet»?

UNESCO formulerer akademisk frihet som «the right without restriction by prescribed doctrine, to freedom of teaching and discussion, freedom in carrying out research and disseminating and publishing the results thereof, freedom to express freely their opinion about the institution or system in which they work, freedom from institutional censorship and freedom to participate in professional and representative academic bodies».<sup>10</sup>

Det er verdt å merke seg at denne beskrivelsen ikke sier noe om «freedom to decide the subject of research», det står «freedom in carrying out research and publish the results» og «freedom from institutional censorship». Altså skal ikke forskeren dikteres metode og i hvert fall ikke konklusjoner. Men de økonomiske og organisatoriske rammene må respekteres og utgjør en begrensning i hvordan forskningen kan utføres.

Dette er noe annet enn det som uttrykkes i den norske loven om universiteter og høyskoler, der det heter i pkt. 5 i § 1-5 at «den som er ansatt i stilling hvor forskning eller faglig eller kunstnerisk utviklingsarbeid inngår

9 Dette er nærmere beskrevet av Narayanamurti, V. & Odumusu, T. (2016). *Cycles of Invention and Discovery*, Harvard University Press, 170 p, og er videre diskutert senere i denne artikkelen.

10 1997 UNESCO Recommendation: <https://en.unesco.org/news/protecting-academic-freedom-relevant-ever>

i arbeidsoppgavene, har rett til å velge emne og metode for sin forskning eller sitt utviklingsarbeid innenfor de rammer som følger av ansettelsesforholdet eller særskilt avtale». Frihet i valg av emne for forskningen er her en nokså eksplisitt rettighet, men denne rettigheten følger ikke av «akademisk frihet» etter UNESCOs formulering, som uttrykker et viktig og universelt prinsipp for forskningen i et demokratisk land.<sup>11</sup> Den norske lovformuleringen tolkes av juristen Inger Ørstavik som «frihet fra arbeidsgivers styringsrett», mens daværende stortingsrepresentant Georg Apenes uttrykte at formuleringen «ikke betyr at en forsker kan gjør som han/hun vil på statens bekostning».

Konsekvensen av universitets- og høyskolesektorens tradisjon og praksis er at punktene (b)–(h) over ikke har samme systematiske motivasjonskraft der som i instituttsektoren og som Meteorologisk institutt er en del av. Det er neppe tvil om at dette er en hemsko for utviklingskraften i forskningen på et så samfunnsnært og samfunns viktig fagområde som meteorologi og jordsystemforståelse. Med en aktiv behandling av erfaringsmaterialet som samles i alle deler av verdisyklusen (figur 1.1) av forskere, brukere, formidlere og IT-utviklere, bygges en nysgjerrighetskapende evne som kan betegnes som en «kulturell muliggjøring». Denne evnen har dårligere vekstvilkår innenfor en ramme der pkt. (a) ovenfor tillegges til dels mye større betydning enn de andre kriteriene i listen. En «muliggjørende kultur» kan være vel så viktig som «muliggjørende teknologier», et begrep som har fått stor oppmerksomhet i de senere år,<sup>12</sup> og som brukes både i forskningspolitikken, i næringslivet og i offentlig sektor. Når en «muliggjørende kultur» fungerer og det skapes tillit og gjensidighet på tvers av fagdisipliner og institusjoner, så kan den kanskje best sammenlignes med den fantasi og nysgjerrighet som kunsterisk aktivitet kan utløse? Det er fristende å sitere fra André Bjerkes dikt «Kunstneren», der det bl.a. heter «Skulpturen som fremtvinger form av uformelig masse, er virksom i barnet som leker med sand i en kasse. Ta kunstnerens blikk fra et barn, ta formgleden fra det, og se, det vil trå på

11 [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-04-01-15#KAPITTEL\\_3-4](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-04-01-15#KAPITTEL_3-4)

12 «Muliggjørende teknologier er teknologier som viser seg å bli så gjennomgripende at de fører til store endringer i samfunnet. De gir også grunnlag for mange andre, nye teknologier. Historiske eksempler er trykkekunst, jernbane, dampmaskiner, elektrisitet og moderne masseproduksjon.» Sitat fra Stortingsmelding 7 (2014–2015) Langtidsplan for forskning og høyere utdanning 2015–2024. kapittel 6.1. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/Meld-St-7-20142015/id2005541/?ch=6>

sitt spenn og vil kaste sin spade. Og se, det vil glemme sin lyst og gå under i skygge, og broer og byer og skip vil det ingen gang bygge!».<sup>13</sup>

Hva er det som utløser motivasjon, vilje, evne og glede til å gå løs på forsknings- og samfunnsoppgaver? Det er ofte ikke først og fremst fordi det foreligger en muligjørende eller industriell teknologi. Minst like viktig er den menneskelige motivasjonen og drivkraften, som er både individuell, gruppebasert og samfunnsdrevet. Hvorfor fungerer én forskningsgruppe mye bedre enn en annen? I et land som Norge henger det sjelden sammen med at den ene gruppen har tilgang til muligjørende teknologi mens den andre ikke har det. Det er heller kulturen som er forskjellig – karakterisert ved graden av tillit, delevilje, raushet, innsatsvilje, etterrettelighet, rettferdighet. Dette er elementer i «muliggjørende kulturer». Teknologien er ikke så mye verdt uten en kultur som motiverer til å ta den i bruk på en måte som skaper merverdi, og som i tillegg kan forbedre den ytterligere. «Muliggjørende kultur» er et viktig verdiskapende element i forskning og utdanning.

Historisk bunner den tilsynelatende motsetningen mellom «forskningens frihet» og «forskning til samfunnsnytte» bl.a. i den innflytelsesrike forskningspolitiske rapporten «Science, the endless frontier», som Vannevar Bush publiserte i juli 1945 på oppdrag fra president Roosevelt.<sup>14</sup> Her ble det anbefalt å etablere rigide grenser mellom «grunnleggende» kontra «anvendt» forskning, og betydelige ressurser er siden brukt ikke minst i USA for å opprettholde denne grensen – selv når den naturlige tilbøyeligheten til forskere er henimot forskningsaktiviteter som ikke følger denne forenkledde klassifiseringen.<sup>15</sup>

Meteorologisk forskning, miljøforskning og jordsystemforskning generelt arbeider med samfunnsnære problemstillinger, og kravet om at vitenskapen skal gi nyttige resultater er en spore og en inspirasjon, og ikke en hemsko. Forskerlivet er ikke så meningsfylt hvis det vi legger vår energi i, ikke vises noe sted: Da bekrefter det ingen, det berører ingen og det beveger ingen. Det at vitenskapen skal kunne være nyttig, er et nødvendig og positivt krav på systemnivå, summen av manges anstrengelse må over tid komme

13 <https://www.youtube.com/watch?v=Rs2iHi6QEIQ>

14 <https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>

15 Narayanamurti, V. & Odumosu, T. (2016). *Cycles of Invention and Discovery*, Harvard University Press, 170 p., side 10.

noe eller noen til gode. På individnivå er perspektivet annerledes. Hvis vi ser på Vigelands monument over Nils Henrik Abel på Abelhaugen ved Slottet i Oslo, så er Abel fremstilt symbolsk, som konsentrert, avkledd, senete, full av kraft, pliktfølelse og nødvendighet, båret fram av ideer, tanker, inspirasjon og nysgjerrighet – forskerindividet må våkne og vie sin energi, i lette og vanskelige tider, til en visjon som bidrar til det felles beste.

### 1.1.3 Om å «ta og beherske territorier»

Klimautviklingen er et stort samfunnsproblem og -utfordring. Samfunns- og brukerinformert forskning er avgjørende for at klimapolitikken skal være kunnskapsbasert. Innretning av klimaforskningen og realisering av dens brede samfunnsbetydning krever et komplekst samspill over tid mellom forskning, publisering, forskningspolitikk, anvendelse av resultater i forvaltning og næringsliv, formidling i allmennheten, og organisering og organisasjoner nasjonalt og internasjonalt. Dette samspillet krever at forskere, forvaltning og politikere i hovedtrekk har en felles situasjonsforståelse. Intellektuelle, organisatoriske, politiske og økonomiske ressurser må mobiliseres på en felles arena og holdes der over tid til det er kommet til en ordening av de samfunnsmessige utfordringene. Dette krever ledelse både av politikken og forskningen.

Dette kan karakteriseres som å etablere, ta og beherske territorier. I klimaspørsmålet gjorde for eksempel svenske myndigheter og med professor Bert Bolin ved Meteorologiska institutionen ved Stockholms universitet (MISU) i spissen en innsats ved å «ta territoriet» fra 1972 og framover til Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) var etablert med Bert Bolin som den første lederen.

Meteorologisk institutts direktør Ragnar Fjørtoft var en ivrig forkjemper for Global Atmospheric Research Program (GARP) fra tidlig på 1970-tallet,<sup>16</sup> men han tok ikke rollen som en samlende skikkelse. Han var mer en faglig sterk outsider, som er en viktig rolle når spørsmål og spennvidde i problemstillingene som det fokuseres på, er uavklarte.

Sett fra et «ta og beherske territoriet»-perspektiv så er det lett å argumentere for at Vilhelm Bjerknes hadde en slik rolle i Bergenskolen for vær-

16 Se nærmere beskrivelse i artikkelen om «Norges vei til medlemskap i ECMWF».

varsling etter første verdenskrig, og Einar Høiland i utviklingen av geofysisk hydrodynamikk på 1950-tallet. Ivar Isaksen fulgte etter Eigil Hesstvedt og «tok og behersket territoriet» i ozonlagsforskningen på 1980-tallet. Brynjulf Ottar gjorde det samme i sur-nedbør-forskningen nasjonalt og internasjonalt gjennom Nordforsk,<sup>17</sup> OECD og etableringen av EMEP<sup>18</sup> på 1970-tallet, mens Anton Eliassen tok denne rollen i EMEP-arbeidet og utviklingen av Konvensjonen for langtransporte luftforurensninger (CLRTAP) på 1980- og 1990-tallet. Anton Eliassen utviklet denne rollen også når det gjaldt endringen i datapolitikken på værområdet fra tidlig på 2000-tallet og framover, fra en situasjon der mange lands myndigheter og meteorologiske institutter gikk i retning av å mene at værinformasjon er en «vare» og et slags «privat gode» som kan selges for stykkpris og derigjennom finansiere arbeidet med å utarbeide værtjenestene, til en situasjon med en felles forståelse av at vær- og miljøinformasjon først realiserer sin samfunnsbetydning ved å anerkjennes som et «offentlig gode».

Andre eksempler på å «ta og beherske territorier» er Alf Nyberg ved SMHI i ECMWF-spørsmålet på 1970-tallet, Trond Iversen i etableringen av nasjonal klimaforskning på tvers av institusjoner og disipliner gjennom RegClim i årene rundt 2000, Øystein Hov i etableringen av europeiske programmer for atmosfærekjemisk forskning gjennom EU-kommisjonen på 1990-tallet og Lars-Otto Reiersens rolle i AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme) under Arktisk råd fra slutten av 1980-tallet og framover.

Det å ta og beherske et territorium kan sammenlignes med å lede en nettverksbygging med en klar hensikt. Arbeidet er ikke linjestyrt, men baserer seg på faglig og personlig tillit. I tradisjonelle, linjestyrt organisasjoner, slik som Meteorologisk institutt i stor grad var fram til årtusenskiftet, var det for eksempel direktørene som deltok i internasjonalt samarbeid, mens RegClim-prosjektet er et eksempel på begynnende nettverksorganisering. Å ta

---

17 Nordforsk var et samarbeidsorgan for den teknisk-naturvitenskapelige forskning i de nordiske land etablert i 1947 for å dekke behovet for kontakter over de nordiske grensene. Norges teknisk-naturvitenskapelig forskningsråd, NTNF, hadde ansvaret for det norske bidraget til Nordforsk.

18 European monitoring and evaluation programme, EMEP, er forskningsprosjektet som støtter policy-arbeidet for å redusere europeiske forurensningsutslipp til atmosfæren gjennom Convention on Long-range Transport of Air Pollutants, CLRTAP, under UN Economic Commission for Europe, UNECE.

og beherske et territorium krever andre lederegenskaper enn i tradisjonell linjeledelse. Erfaringen her er at en kombinasjon av faglig styrke og gode altruistiske egenskaper er en forutsetning for å lykkes med å ta og beherske et territorium.

#### 1.1.4 Operasjonell infrastruktur bør også være forskningsinfrastruktur

Det er verdt å merke seg at det finnes gode eksempler på realisering av verdisyklus-tankegangen illustrert i figur 1.1. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), se artikkelen «Veien til norsk medlemskap i ECMWF», har lyktes i å integrere forskning og operasjonell værvarsling og værtjenesteutvikling, og med utvidelser særlig til biogeo-kjemiske kretsløp, klima og havvarsling (Copernicus Atmospheric Services CAMS, Copernicus Climate Change Services C3S, og Copernicus Marine Service CMEMS<sup>19</sup>). ECMWF er først og fremst en brukerinformert og forskningsdrevet infrastruktur med et operasjonelt siktemål som er styrende for virksomheten, som i kortversjon består i å beregne prognoser fire ganger i døgnet av globale værvarsler for de neste ti dagene. Til nå har disse prognosene til enhver tid – 24/7/365 – vært av verdensledende kvalitet. Infrastrukturen utvikles, støttes og drives av en dedikert internasjonal organisasjon. Den fungerer også som en forskningsinfrastruktur på daglig basis for egen forskning og forskning ved de meteorologiske instituttene i landene som er medlem av ECMWF-konvensjonen, og i økende grad også gjennom gode relasjoner med partnere i omkringliggende akademier. Dette er en vesentlig utvikling, ettersom det trekker forskningsmiljøene inn i samlingen av erfaring, kunnskap og utfordringer som bygges opp gjennom tjenesteytingen og gjennom den operative bruken av informasjon. ECMWF har bidratt vesentlig til utviklingen og anvendelsen av dataassimilering, metodikk for ensembleberegninger, prosessbeskrivelser og jordsystemkobling. Det skjer gjennom en forskningdrevet og brukerinformert kombinasjon av modellering, observasjoner, datahåndtering og tungregning.

---

19 <https://www.ecmwf.int/en/about/what-we-do/environmental-services/copernicus-atmosphere-monitoring-service>, <https://www.ecmwf.int/en/about/what-we-do/environmental-services/copernicus-climate-change-service>, <https://marine.copernicus.eu/>

Lokalt i Norge har Meteorologisk institutt organisert videreutviklingen av værtjenesten på en tilsvarende måte gjennom Senter for utvikling av værtjenesten ledet av Jørn Kristiansen. Senteret har lyktes med å bli en viktig bidragsyter i nordisk og europeisk forskning, i organisering og anvendelse av datastrømmer fra observasjoner og modellberegninger, i utvikling og drift av felles numeriske værprognosemodeller og i tjenesteutvikling og -leveranser. Forskere, IT-utviklere og statsmeteorologer med ansvar for den daglige værtjenesten har fått et samlet miljø og et felles mål – å redusere værrelatert samfunnsrisiko og med Yr.no som en viktig formidlingskanal. Realiseringen av en slik felles tankegang på tvers av mange kategorier ansatte har gitt en betydelig gevinst i kvalitet, omfang og ressursbruk, og åpnet for nye muligheter som f.eks. utvikling og operasjonell drift av en spesialisert værvarslingsmodell for den norske delen av Arktis («AROME-Arctic»), der ikke minst modelleringen av sjøis er bragt et stort skritt videre.<sup>20 21</sup> Å få fram en felles tankegang, et samlet miljø og et felles mål har i praksis fungert som en «kulturell muliggjøring» som var nødvendig for å sette Vilhelm Bjerknes' erkjennelse av at værvarsling er et initialverdiproblem i klassisk fysikk ut i livet. Nå varsles været uten subjektive vurderinger fra meteorologen på vakt. Dette er resultat av et frivillig, konstruktivt og langsiktig samarbeid mellom enkeltpersoner med forskjellig faglig bakgrunn og med et felles mål om å oppnå noe alle har nytte av. Som det framgår av artikkelen i denne boken om numerisk værvarsling, så har nordmenn gitt gode bidrag til denne viktige historien. Meteorologen på vakt kan nå i stor grad konsentrere seg om værvarselets samfunnsmessige konsekvenser.

For eksempel i fornybar energiutvikling er det ganske opplagt at det vil være av stor betydning å få en infrastruktur for forskning, utvikling og planlegging som er nært koblet til den beste operasjonelle meteorolo-

20 Se f.eks. <https://forskning.no/meteorologi-meteorologisk-institutt-partner/derfor-bli-vaervarselet-aldri-perfekt/1639872>

21 AROME Arctic-utviklingen har funnet sted ikke minst i det nasjonale prosjektet Arven etter Nansen, og i det internasjonale polare samarbeidet som ble utviklet gjennom Polar Prediction Project i regi av WMO og der forsker og leder av Senter for utvikling av værtjenesten, Jørn Kristiansen, var medlem av styringsgruppen. Se også Batrak, Y., E. Kourzeneva & M. Homleid (2018). Implementation of a simple thermodynamic sea ice scheme, SICE version 1.0-38h1, within the ALADIN-HIRLAM numerical weather prediction system version 38h1 1. *Geosci. Model Dev.*, 11, 3347–3368, <https://doi.org/10.5194/gmd-11-3347-2018>

giske infrastrukturen. Denne problemstillingen er imidlertid ikke gjenstand for diskusjon eller oppmerksomhet i dag, kanskje fordi den berører «forskningens frihet». Men det er grunn til å tro at forskningsinfrastruktur på områder med stor samfunnsrelevans og -nærhet vil kunne kaste mer av seg både forskningsmessig og samfunnmessig – og indirekte økonomisk – om det var forpliktende koblinger til en operasjonell infrastruktur av høy kvalitet og betydning. Det teller også med i en slik sammenheng at viktige operasjonelle infrastrukturer gjerne har en langsiktig finansiering. Erfaringen ved Meteorologisk institutt tilsier dessuten at en operasjonell infrastruktur som leverer data og informasjon av høy kvalitet og med en datapolitikk som tilfredsstiller FAIR-kriteriene, kan etter hvert også tiltrekke seg observasjoner fra privat sektor og som tradisjonelt kan ha hatt begrenset distribusjon, og derigjennom øker kvaliteten på data og informasjon ytterligere.

Denne analysen og argumentasjonen er for øvrig ikke fremtredende i Forskningsrådets forskningsinfrastrukturstrategi,<sup>22</sup> og heller ikke i European Strategy for Research Infrastructure (ESFRI), som EU-kommisjonen støtter, der målet er å etablere rene forskningsinfrastrukturer uten at det legges særlig vekt på anvendelsesmuligheter i operasjonelle rutiner. Nyten og avkastningen av slik infrastruktur i tjenesteytingssammenheng vil da som regel være mer tilfeldig og begrenset, selv om den måtte være samfunnsnær og samfunnsrelevant. Det er gode eksempler fra andre fagområder på sammenfallende eller overlappende forskningsinfrastruktur og operasjonell infrastruktur, slik som i klinisk medisin, der f.eks. MR- og CT-maskiner på universitetssykehusene ofte brukes både i forskning og i klinisk behandling, og forskningen er knyttet til behandling. Her er det behov for erfaringsoverføring fra medisin til jordsystemforskning og tilknyttede tjenester.

I Copernicusprogrammet, som er bygget opp i et samarbeid mellom EU-kommisjonen og European Space Agency (ESA) siden slutten av 1990-tallet, er det et sammenfall av operasjonell og forskningsorientert infrastruktur,<sup>23</sup> og der hovedformålet er «Looking at the planet and its environment for the benefit of Europe's citizens». Tjenestedelen i Copernicusprogrammet

---

22 [https://www.forskingsradet.no/siteassets/sok-om-finansiering/nasjonal\\_strateg\\_for\\_forskning-sinfrastruktur20182025.pdf](https://www.forskingsradet.no/siteassets/sok-om-finansiering/nasjonal_strateg_for_forskning-sinfrastruktur20182025.pdf)

23 [copernicus.eu/en](https://copernicus.eu/en)



er konsentrert om brukerinformerte og forskningsbaserte tjenester knyttet til atmosfæremiljø, hav, landjord, klima, ekstremsituasjoner og samfunnsikkerhet. Datagrunnlaget for tjenestene forsterkes gjennom en ny generasjon med satellittbaserte observasjoner, der EU-kommisjonen finansierer byggingen av seks typer satellitter i det som benevnes Sentinel-familien. Syv Sentinel-satellitter er operative nå (oktober 2022).<sup>24</sup>

Viktige trekk ved Copernicus er samarbeid mellom institusjoner og land om å realisere en felles og varig målsetting om å redusere samfunnsrisiko. Dette gjøres bl.a. gjennom arbeidsdeling knyttet til metodisk kapasitet innen observasjoner, modellering, produksjon, dataflyt og -forvaltning, tjenesteyting, og dialog og erfaringsutveksling med anvendte sektorer. Partene konsentrerer seg om det de har spesialkompetanse på. På denne måten øker forutsetningene for å dekke et saksfelts fulle bredde og dybde både med hensyn til forskning og tjenesteyting, og det blir gjort innenfor eksisterende organisatoriske strukturer uten å etablere nye institusjoner.

Dette tankesettet er nært beslektet med SAK – samarbeid, arbeidsdeling og konsentrasjon – som regjeringen Stoltenberg lanserte som et fornyende virkemiddel ikke minst i norsk forsknings- og utdanningssektor rundt 2010<sup>25</sup> for å vinne framgang i forskning, politikktutvikling, økonomi og risikoreduksjon i komplekse spørsmål der mange institusjoner og styringslinjer er involvert. Aktuelle eksempler er klimaspørsmålet, forvaltningen av landarealer og biodiversitet, havforvaltning, vannressursforvaltning og energiforsyningen. Det nasjonale forskningsprogrammet Arven etter Nansen<sup>26</sup> ble planlagt som et SAK-prosjekt. Meteorologisk institutt har viktige roller i Arven etter Nansen og i deler av Copernicussamarbeidet (hav i samarbeid med Havforskningsinstituttet og Nansensenteret i Bergen, og i atmosfære- og klimadelene).

Når forskningsinnsatsen kretser omkring den samme infrastrukturen og verdikjeden som leverer instituttets tjenester, fremmes evnen til å drive innovasjon. I boken *Cycles of Invention and Discovery* beskrives dette ut fra

---

24 <https://www.romsenter.no/no/Fagomraader/Jordobservasjon2/Dette-er-Copernicus>,  
<https://www.copernicus.eu/en>

25 <https://www.fpol.no/politikk-for-samarbeid-arbeidsdeling-og-konsentrasjon-i-hoyere-utdanning-status-i-norge-i-lys-av-erfaringer-fra-sverige-og-finland/>

26 <https://arvenetternansen.com/nb/arven-etter-nansen/>

erfaringene Narayanamurti og Odumosu gjorde seg ved Bell Laboratories i New Jersey og ved MIT i Boston. De sier at «having a goal and a well-defined mission (as the industrial laboratories in the United States all had) catalyzes research that leads to both inventions and discoveries»,<sup>27</sup> og de gir mange eksempler. Evnen til å drive innovasjon fostres når barrieren mellom forskning og anvendelser er overkommelig. Flere eksempler på innovasjon som har involvert Meteorologisk institutt, er gitt i artiklene i denne boken. Innovasjon kan finne sted når en kompetent bruker møter en ekspert i forskningen på like fot og over tid.

### 1.1.5 Dataforvaltning

Dataforvaltningen er et kritisk element for at verdisyklusen i vær- og jord-systemvarsling og -forskning skal fungere (figur 1.1). Én ting er nødvendigheten av å ha felles standarder og regler nasjonalt og internasjonalt, noe annet er at reglene formuleres slik at dataenes samfunnsmessige verdi optimaliseres.

Den internasjonale utviklingen i meteorologi gjennom WMOs programmer World Weather Watch (WWW) og Global Atmospheric Research Programme (GARP), som begge startet på 1960-tallet, førte til at værvarslenes kvalitet økte, og de økonomiske gevinstene fra værvarsling og meteorologiske data ble tydeligere. Dette førte til at nasjonale myndigheter i en del land påla sine værtjenester å søke inntekter fra sine data og tjenester («cost recovery») i stedet for å utveksle dem fritt, og i enkelte land ble dette lovpålagt, slik som i Tyskland. Fra den norske regjeringen ble det bare tatt innledende skritt i denne retningen. Denne utviklingen kunne ha ført til en oppløsning av den internasjonale datautvekslingen som var en forutsetning for suksessen i værvarslingen, og som var regulert gjennom resolusjoner vedtatt av WMOs høyeste organ, kongressen, der alle medlemsland og -territorier har stemmerett (193 per 2022). Det oppstod usikkerhet om den videre utviklingen av værvarslere og andre miljøanalyser, men WMO lyktes i 1995 å få medlemmene med på en forpliktelse om fri og ubegrenset internasjonal utveksling av de viktigste meteorologiske data og produkter, inkludert ret-

---

27 Ibid. p. 66.

ningslinjer om forholdet til kommersiell meteorologi.<sup>28</sup> Tilsvarende resolusjoner er siden vedtatt om hydrologiske data og klimadata.

Meteorologisk institutt og instituttets direktør Anton Eliassen tok ledelsen nasjonalt og internasjonalt i utviklingen av datapolitikken ved å erklære alle norske værobservasjoner og værvarsler med alle punktvarsler og modell-data, som gratis og fritt tilgjengelige i digital form i 2007.<sup>29</sup> All erfaring tilsa at værdata er et offentlig gode, ikke et privat gode, og at samfunnsverdien av informasjonen ville bli betydelig større ved å avholde seg fra betalingskrav tidlig i verdikjeden. Dette åpnet for etableringen av Yr.no som formidlingstjeneste både av meteorologiske data og av norske og globale værvarsler, og den frie datapolitikken gir næringslivet og alle andre mulighet til å laste ned data fra Meteorologisk institutt og benytte dem i egne løsninger og produkter. Denne nedlastningstjenesten er blitt en stor suksess nasjonalt og internasjonalt, med ringvirkninger i fattigdomsbekjempelsen i mange utviklingsland.<sup>30</sup> Det er i adgangen til fri nedlasting av alle data at verdiskapingen knyttet til frie data først og fremst ligger.

Denne vendingen i datapolitikken som ble satt i gang fra Meteorologisk institutt, skapte turbulens i det internasjonale meteorologiske samarbeidet, der betalingskrav for meteorologisk informasjon var på vei inn i mange land. Men det ble etter hvert klart at for å kunne ivareta det økende samfunnsansvaret knyttet til meteorologi i bred forstand (klima, miljø, hav, vann, isdekke, romvær; i bredere forstand både energi- og matforsyning, transport til lands, sjøs og i luften, trådløse kommunikasjonssystemer inkl. navigasjon, vannforvaltning, samfunnsrisiko ved ekstremvær) så var det avgjørende å utvikle den internasjonale ordningen for utveksling av data, og basere vesentlige deler av den på fri flyt av data under nærmere avtalte vilkår.

28 World Meteorological Congress Cg XII Resolusjon 40, 1995.

29 Formelt skjedde dette i et brev til Verdens meteorologiorganisasjon fra Norges faste representant i organisasjonen av 5. januar 2007 (met.no-referanse 07/29/063.10): «I am pleased to inform you that all Norwegian synoptic data are to be considered as essential in the meaning of WMO Resolution 40, consequently there will be no additional data from Norway any longer. Would you therefore please delete the list of Norwegian additional data published on your web under OIS, with immediate effect.» (OIS: Operational Information Service WMO, «additional data» betyr andre data enn dem som er definert som «essential»).

30 Ikke minst ved å kunne laste ned lokale værvarsler og data via mobiltelefon.

Dette arbeidet førte fram til en ny WMO-resolusjon som ble vedtatt som Resolusjon 1 på WMOs ekstraordinære kongress i 2021, «WMO Unified data policy».<sup>31</sup> Det siteres fra denne:

The WMO community started seeking to expand its data exchange to areas beyond weather, climate and water data to include domains such as atmospheric composition, oceanography, cryosphere and space weather. At the same time, the WMO community recognized that the critical importance of ensuring reliable, robust and equitable access to weather, climate and water data for all nations, rich and poor, was making it necessary to review and update WMO's data policy.

(The 2021 extraordinary WMO Congress) «agrees to have one unified data policy for all WMO domains and disciplines; Decides that the scope of the data policy shall cover Earth system data exchanged among Members under the auspices of the WMO Convention and the decisions of the World Meteorological Congress», ... «adopts the following policy on the international exchange of Earth system data: As a fundamental principle of WMO and in consonance with the expanding requirements for its scientific and technical expertise, WMO commits itself to broadening and enhancing the free and unrestricted international exchange of Earth system data; further agrees that Members<sup>32</sup> should provide without charge access to all recommended data exchanged under the auspices of WMO to public research and education communities for their non-commercial activities; Encourages all users of Earth system data to honour reasonable requests for the attribution of input data wherever possible».

Selv om manglende oppfølging av vedtak i FN-systemet sjelden utløser sanksjoner, så er likevel denne resolusjonen av vesentlig betydning for evnen til å utføre «forskning til samfunnsnytte» i meteorologi i bred forstand, og den tidlige reverseringen av den norske værdatapolitikken var et viktig bidrag i erfaringsgrunnet som måtte etableres før arbeidet med resolusjonen startet.

---

31 WMO Extraordinary Congress 2021, Resolution 1, [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=11256](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11256)

32 Members med stor M i WMO-tekster indikerer en medlemslandsforpliktelse.

WMOs «Unified data policy»-resolusjon legger til rette for den internasjonale forvaltningen av jordsystemdata. Viktige punkter er standardiseringen av metadata-vokubalaret<sup>33</sup> på tvers av fagområder og disipliner, global søkbarhet i alle metadata slik at det er mulig å få en oversikt over hva som er tilgjengelig av data og på hvilke vilkår, fysisk datalagring hos dataeier og interoperabilitet mellom observasjonssystemene slik at dataforvaltningen fostrer forskning med et bredt jordsystemperspektiv snarere enn å avgrense slike utviklingsmuligheter.<sup>34</sup>

### 1.1.6 Formidling. Eksemplet yr.no

Formidlingskanalene er av avgjørende betydning for en velfungerende verdisyklus (figur 1.1). Yr.no har en stor plass i dette bildet. NRK har tradisjonelt hatt hovedkanalene for Meteorologisk institutts formidling av værvarslene. Yr.no ble etablert i denne tradisjonen som et samarbeid mellom Meteorologisk institutt og NRK. Det kan være grunn til å gå litt nærmere inn på tankegangen som lå til grunn for etableringen av yr.no som et samarbeid med NRK.

Det er her nærliggende å basere dette på en kronikk som ble skrevet av Anton Eliassen, Meteorologisk institutts direktør, og Linda Orvedal, førsteamanuensis ved Norges Handelshøyskole, tidligere sjeføkonom i Konkurransetilsynet og medlem av styret for Meteorologisk institutt 2007–2014. Denne kronikken ble publisert i Dagens Næringsliv 12. januar 2014, og selv om den ble skrevet i en bestemt politisk kontekst der regjeringen tenkte på å vurdere å regulere NRKs mulighet til å være vertskap for nettjenesten yr.no, så inneholder den en rekke tidsuavhengige, prinsipielle vurderinger av relevans for diskusjonen av resultatformidlingens betydning i «forskning til samfunnsnytte».

33 Metadata er «data om data», f.eks. parameternavn, observasjonstidspunkt og -sted, instrumentering, kvalitetsprosedyrer, eier, lagringssted, betingelser for tilgang, formatering osv.

34 Forsker Øystein Godøy ved Meteorologisk institutt har gitt viktige bidrag nasjonalt og internasjonalt til denne utviklingen som ikke minst skjøt fart i løpet av det internasjonale polaråret (The International Polar Year IPY 2007–2008), se Godøy, Ø. (2011). Felles datahåndtering – visjon og virkelighet, s. 36–38 i Polaråret 2007–2008, det norske bidraget (2011). Olav Orheim og Kristen Ulstein (red.). Norges forskningsråd, 192 s.

## **Yr.no ut med badevannet?**

Meteorologisk institutt (MET) følger debatten rundt NRKs framtid og den bebudede NRK-meldingen med interesse. I januar i fjor antydet statsråd Thorild Widvey at hun var usikker på om NRK skulle yte værtjenester på nettet. Tjenesten har vakt debatt i medie-Norge, det argumenteres bl.a. for at NRKs mandat bør avgrenses til områder som det kommersielle markedet ikke selv ivaretar, og at NRK bør holde seg til radio og TV. Vi antar derfor at Yr er med i utredningen.

Nettjenesten Yr er et samarbeid mellom MET og NRK. Men Yr er også Meteorologisk institutts viktigste kanal for å nå ut til befolkningen med sine værvarsler. Tjenesten har altså andre kvaliteter enn hva debatten så langt har fått fram, og er derfor for viktig til å bli diskutert kun fra et medieperspektiv.

Vi skal avholde oss fra å mene noe om et fremtidig NRK – med unntak av én oppfordring, som herved går til statsråd Torhild Widvey og regjeringen: Ikke la Yr være en del av utredningen! Se verdien av en detaljert værvarsling for Norge som en egen sak, uten å skjule til spørsmålet om hva NRK skal gjøre eller ikke gjøre!

Vi fastslår: Værvarsling er dyrt. Innsamling og analyse av værdata er så kostbart at ingen andre enn staten – dvs. du og jeg – er villig til å ta kostnaden. Det ligger ingen inntjening i å drive en værradar eller en vindmåler. Det man eventuelt kunne tjene penger på, er å formidle værvarslene sammen med reklame.

Vårt utgangspunkt: En værmelding har ingen verdi før den er mottatt og forstått av brukerne. En værmelding har stor betydning i et samfunn. Noen ganger kan den handle om liv og død, andre ganger om å hindre tap av verdier. MET har gjennom samfunnsoppdraget et særlig ansvar for å varsle det farlige været. Derfor er det særdeles viktig at værvarslene fra MET ikke bare er så korrekte som mulig, men også at de formidles på en profesjonell måte. Og fordi innholdet kan ha en avgjørende betydning for mottakeren, setter MET et absolutt krav til at tjenesten skal være reklamefri. Reklame drar oppmerksomhet vekk fra viktige budskap. Reklame bidrar til å gi budskap et «lettere» og mindre offisielt preg. Har regjeringen noen gang vurdert å ha reklame på regjeringen.no? Hvorfor ikke, i så fall? Svaret er mest sannsynlig at i Norge serverer vi ikke offisielle budskap fra staten sammen med reklame. Værvarsler fra MET er et budskap

fra staten. I et slikt perspektiv antok Meteorologisk institutt (naivt?) at et samarbeid om formidling av værvarsler ikke ville vekke interesse hos en mediebransje som trenger hver krone den kan drive inn.

Kunne MET ta formidlingsjobben selv? Hvorfor skape splid i det norske medielandskapet ved å velge ut én medieaktør og gi oppdraget til denne? Svaret er så prosaisk som at MET for det meste består av naturvitere; geofysikere, matematikere, og en og annen doktor i kjemi. Her er ingen interaksjonsdesignere, grafiske designere, brukertestingsmiljøer eller pedagoger. Når staten bevilger rundt 280 millioner kroner til værvarslingsformål, har MET gått ut fra at staten ønsker at pengene skal brukes best mulig på alle måter. Hvorfor skulle instituttet benytte ressursene til å ansatte egne mediefolk, når staten allerede har huset fullt nede på Marienlyst?

Må MET samarbeide med NRK for å greie dette? Svaret her er nei, men et mediemiljø med kompetanse på moderne formidling må til – så framtidig målet er å få værvarslene spredt og forstått. Et mediemiljø med muskler og vilje til å drive et kontinuerlig forbedringsarbeid, uten å få så mye som én reklamekrone igjen for det.

Kan man tenke seg at de nødvendige ressursene tilføres MET, slik at instituttet tar hele jobben selv? Ja, det er fullt mulig, men da må man igjen vurdere hva slags kompetanse MET skal holde seg med, og samtidig gjøre en vurdering av hva slags fagmiljø instituttet har å tilby disse medarbeiderne.

Hva er det å tjene på en eventuell oppløsning av Yr-samarbeidet? Det følger ingen pengestrøm med Yr, bare utgifter og arbeid, for den som eventuelt vinner oppdraget. De virkelige pengene som genereres via Yr, skriver seg fra den frie datapolitikken til Meteorologisk institutt. Den frie datapolitikken gir næringslivet mulighet til å laste ned data fra bl.a. `api.met.no` eller `api.yr.no`, og benytte dem inn i egne løsninger og egne produkter. I dag foretas det samlet rundt hundre millioner nedlastninger fra alle METs api-er, hvert døgn. Dette forteller oss at det er her pengene ligger, ikke i at muligheten for å drifte Yrs frontend får gå på rundgang mellom norske mediebedrifter.

Vi vil til slutt påpeke at Meteorologisk institutt har gjort alt regjeringen har bedt om når det gjelder norsk datapolitikk. Instituttet har sørget for distribusjon av informasjon i et maskinlesbart format, som er tilrettelagt

for viderebruk, bl.a. gjennom en kanal som alle kjenner til. At værvars-lene spres og per i dag når «hele» Norge, og at dataene viser seg å være nyttige for så mange og til så mange formål, sier oss at Yr er for viktig til å utgjøre en liten snipp av den omfattende NRK-meldingen. Yr er en egen sak; kanskje noe av det mest vellykkede staten har foretatt seg i de senere år. Ikke hell barnet ut med badevannet!

Det at meteorologiske data fra Meteorologisk institutt ble gjort frie i 2007, muliggjorde yr.no. Instituttet forstod også at en god internettløsning var nødvendig i formidlingen. Men betydningen av yr.no i formidlingen av værvarsler og av frie data, og tilbakekoblingen til forskningen, ble større enn det noen hadde trodd på forhånd. Kronikken over syv år etter at datapolitikken ble snudd i 2007 bygger på disse erfaringene.

### 1.1.7 Samarbeid, arbeidsdeling og konsentrasjon i forskning, tjenesteyting og samfunnsnytte i jordsystemsammenheng

«Forskning til samfunnsnytte» forutsetter at skrankene reduseres mellom forskning og anvendelse, mellom institusjoner, mellom disipliner og mellom organisasjoner.

I artikkelen om framveksten av nasjonal klimaforskning går det fram at det som tradisjonelt var faglige «fragmenter» ved en lang rekke forskningsinstitusjoner, mer og mer har vokst sammen i en evne som kan kalles (nasjonal) klimaforskning, og som er fremtidsrettet fordi evnen til å svare på dagsaktuelle spørsmål om klima, øker. Dette er ikke en prestasjon som kan tilskrives én institusjon, det er snarere et resultatet av mange impulser og bidrag på tvers av disipliner, institusjoner og landegrener, og som gode fagledere har trukket i en retning som er samlende.

Tilsvarende muligheter og utfordringer finnes for de meteorologiske aspektene ved forvaltningen av ressurser og miljø knyttet til klima, energiforsyning, naturmangfold, og kan omfatte atmosfæren, hav, ferskvann og landarealer. Gjennom samarbeid, arbeidsdeling og konsentrasjon mellom institusjoner (SAK) kan og bør farbare veier etableres til en samfunnsnyttig konvergens i forskningen her. Som nevnt over lanserte regjeringen Stoltenberg SAK som et fornyende virkemiddel ikke minst i forsknings-



og utdanningssektoren rundt 2010<sup>35</sup> for å vinne framgang i forskning, politikkutvikling, økonomi og risikoreduksjon i komplekse spørsmål der mange institusjoner og styringslinjer må involveres.

«Forskning til samfunnsnytte» er en vesentlig drivkraft i EUs forskningsprogrammer, ikke minst knyttet til hav, klima, helse, vann og miljø, og der kravet til verdisyklustankegang er omfattende. Historisk har det internasjonale engasjementet hatt stor betydning for meteorologirelatert forskning i Norge, slik som innenfor sur nedbør, luftforurensning og helse, ozonlagsreduksjon og klima. I mange tilfeller har forskningen vært av stor samfunnsnytte, og har vært drevet av behovene for ekspertrådgivning i policy-prosesser, der enkeltpersoner har tatt rollen som «honest broker» i Roger Pielke jr.s<sup>36</sup> forstand: «... en som engasjerer seg aktivt med beslutningstakere og samfunnssektorer for å løse spesielle problemer ved å utvikle policy-alternativer».

### 1.1.8 Verden er langt inne i klimaforandringene

På klimaområdet er Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) og United Nations Framework Convention for Climate Change (UNFCCC) mellomstatlige slik som WMO er, men her er det regjeringene og det politisk oppnevnte klimadiplomatiet som sitter i førersetet. Dette skulle en tro skulle være en sterk konstruksjon for å kunne påvirke politikk og samfunnsutvikling, men det har vist seg at klimaspørsmålet er så sammensatt at vi i praksis er dårligere stilt på klimaområdet i dag enn i 1988 da IPCC hadde sitt første møte i Genève. Dette kan underbygges med noen nøkkeltall: Global populasjon var 5,5 milliarder i 1990, 7,8 milliarder i 2020; CO<sub>2</sub>-utslippene var 22 GtCO<sub>2</sub> 1990, 35 GtCO<sub>2</sub> 2020, dvs. 4 tCO<sub>2</sub>/person i 1990, 4,5 tCO<sub>2</sub>/person i 2020. I 1990 var utslippsfordelingen ca. 55 % og 45 % mellom OECD-landene og resten av verden, i dag er dette forholdet svært annerledes (32 %

35 <https://www.fpol.no/politikk-for-samarbeid-arbeidsdeling-og-konsentrasjon-i-hoyere-utdanning-status-i-norge-i-lys-av-erfaringer-fra-sverige-og-finland/>

36 Pielke, R.A. Jr. (2007). *The honest broker. Making sense of science in policy and politics.* Cambridge University Press. Det kan diskuteres om «honest broker» er den beste betegelsen siden den indirekte sier at andre former for vitenskapsbasert rådgivning kan være «dishonest» eller preges av en svakere form for «honesty». «Science broker» er en mer verdinøytral betegnelse og er å foretrekke.

og 68 %).<sup>37</sup> Dette skyldes ikke at OECD har redusert sine utslipp noe særlig, men at industrien er lagt ned i Vesten og flyttet til Asia og først og fremst til Kina, og så importeres CO<sub>2</sub> bygget inn i industriproduktene, tilbake til Vesten. I Kina er 65 % av CO<sub>2</sub>-utslippene fra industri,<sup>38</sup> i Storbritannia, verdens første industristormakt, er dette tallet sunket til 17 %.

Globalt kommer 70–80 % av CO<sub>2</sub>-utslippene fra energiproduksjon, som må gjøres CO<sub>2</sub>-fri og fremdeles sørge for at kloden årlig har 162 000 TWh til rådighet, som er energiproduksjonen og forbruket nå.<sup>39</sup> Det globale folketallet øker fortsatt, samtidig som store folkegrupper må løftes ut av fattigdom. I så henseende kan det argumenteres for at det er et globalt underforbruk av energi.<sup>40</sup> En hærsikare av klimaforskere og klimadiplomater har levd hele sitt profesjonelle liv (1988–2022) i denne situasjonen som i realiteten er blitt verre og verre. Samtidig har inntrykket vært at «når vi bare får neste rapport fra IPCC, så vil alle bli overbevist» – og underforstått, løftene som avgis i kampens hete, vil bli holdt og de nødvendige tiltakene vil bli gjennomført. Under de årlige Conference of the Parties (COP)-møtene holder verden pusten i påvente av store gjennombrudd eller fiasko, mange land lover stadig sterkere tiltak, et inntrykk av at «dette ordner seg» sprer seg. Samtidig med tiltagende klimaendringer vokser til dels overlappende, alvorlige problemstillinger, jf. biodiversitets- og arealforvaltningsdiskusjonen. Mat- og vannforsyningen er også nær tilknyttet.

Det er fristende å si at vi i dag har en stabil symbiose mellom en stor «klimaforskningsindustri» og en «klimadiplomatiindustri» der disse to «industriene» vokser, er godt finansiert, og lever i gjensidig balanse, den ene er en forutsetning for den andre, og dette har vart i over 30 år. Samtidig vokser konsekvensene av at klimaforandringene «løper fra» tiltakene, og det sprer seg usikkerhet om en demokratisk styreform med folkelig medbestemmelse egner seg når klimaproblemet skal «løses». Jon Naustdalslid<sup>41</sup> argu-

37 Kinas utslipp alene var omtrent det samme som OECD-landenes i 2020, mens det var knapt 20 % av OECD-landenes i 1990, <https://data.oecd.org/air/air-and-ghg-emissions.htm>

38 Data: Our World in Data, Eurostat, Statista, 2019.2017.

39 IEA Net Zero by 2050. A roadmap for the global energy sector. 2021. [https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapforthe-GlobalEnergySector\\_CORR.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapforthe-GlobalEnergySector_CORR.pdf)

40 Naustdalslid, J. (2022). *Klimatrussele. Krise for demokratiet?* Kolofon forlag, 388 sider.

41 Ibid.

menterer tydelig for at «Det er demokratiske land som har størst sjanse til å handtere klimaproblemet, så la oss ikkje stelle oss slik at vi i iveren etter den utopiske 'løysinga' undergrev det demokratiet som, trass i alle sine manglar, er betre enn noko anna system til å møte ei upredikerbar og usikker framtid».

Realiteten er at vi er langt inne i klimaendringene, de er ikke «foran oss» og kan ikke «unngås». Behovet for samfunnsrisikoanalyse og prediksjon på sesong- og årsbasis vokser raskt. Dette er faglig sett særlig utfordrende, og krever operasjonelle jordsystemorienterte observasjonssystemer, modellsystemer og tjenestetilbud for å kunne hanskes best mulig med risikobildet både på kort og lang sikt. Dette er egentlig ikke agendaen til IPCC og UNFCCCs organer, men ivaretas av andre nasjonale og internasjonale institusjoner og organisasjoner som for eksempel ECMWF, WMO, Copernicus og enkelte av de nasjonale meteorologiske instituttene. «Forskning til samfunnsnytte» må være tilnæringsmåten, snarere enn et ensidig fokus på publisering av artikler som passer inn i IPCCs forskningsevaluering. Det er, og i økende grad vil bli, særlig viktig å ta sikte på resultater og publikasjoner som bidrar til å utvikle metoder og resultater som virkelig støtter tjenester som bidrar til målbar risikoreduksjon. Energiomstillingen utgjør en avgjørende del av dette, hvordan flytte energihøstingen fra fossile reservoarer til jordens overflate, og dessuten samtidig ivareta vesentlige hensyn til naturmangfold og samfunnsbehov i arealbruken?

Klimatilpasning har til nå mest vært tenkt som tiltak i spesifikke samfunnssektorer, snarere enn som en mer omfattende prosess der hele samfunnet omstilles – transformeres – til en framtid med et annet klima enn det som vi har kjent til nå. Dette innebærer også å redusere gapet mellom det som er teknologisk og økonomisk innen rekkevidde og det som er gjennomførbart sosialt, kulturelt og politisk. Klimaspørsmålet kan ikke «løses»; læring, innovasjon og nytenking trengs på bred basis der vi aksepterer at vi lever i en verden der klimaet er i endring. Relasjonen mellom natur og samfunn må defineres om.<sup>42</sup> Perspektivet i vær- og klimaforskningen vil måtte utvides og bidra til at samfunnet kan fungere godt selv om klimaet endres og er usikkert. Helt sentralt her er forsyningen av energi og mat.

Dagens rammeverk for å slå fast hva som samlet må til for å lykkes både med klimatilpasning i en overgangsfase og med varige løsninger som må

---

42 Ibid.

mer ha karakter av samfunnstransformasjon, er ganske svakt utviklet nasjonalt og internasjonalt, selv om særlig IPCC, IPBES og IEAs<sup>43</sup> utredninger har tiltrukket seg stor oppmerksomhet. Men kunnskapsgrunnlaget for opinionsdannere og beslutningstagere er utilstrekkelig, og evnen til å møte eller avbøte alvorlige globale kriser er lite utviklet.

Harald Dovland var norsk forhandlingsleder i arbeidet med å realisere hensikten med FNs klimakonvensjon (UNFCCC) 1995–2007 og hadde dermed i en lang periode en nøkkelrolle i de internasjonale bestrebelsene for å oppnå reelle kutt i klimautslippene. Før den tid var Harald Dovland sentral i det internasjonale forsknings- og forhandlingssamarbeidet som førte til iverksettingen av Konvensjonen om langtransportert grenseoverskridende luftforurensninger (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, CLRTAP). Denne konvensjonen var det første juridisk bindende internasjonale instrumentet på luftforurensningsområdet, og førte til at forsurening og virkninger av sur nedbør ikke lenger er et stort problem i Norge og Europa.<sup>44</sup> Harald Dovland ble tildelt St. Olavs orden for sitt arbeid i 2021. Under markeringen av tildelingen 23. september 2021 i Oslo ble han intervjuet av journalist Snorre Tønset som spurte om han var optimist i klimaspørsmålet. Harald Dovland svarte da: «Det tette samspillet mellom forskning–policy-utvikling som var i CLRTAP, er manglende i UNFCCC, og det har vært en bremse, f.eks. når det gjelder å ta i bruk modeller for optimale scenarier for utslippsreduksjoner. Jeg er pessimist, det har gått for lang tid, nå må alle land gjøre alt de kan. Nå må alle sette alle kluter til.»

### 1.1.9 Værets betydning for vann, energi, mat, miljø og samfunnssikkerhet øker raskt

Meteorologiens samfunnsbetydning er økende, ikke bare gjennom værvarslerne, men gjennom transformasjonen av energisystemet – energiomstillingen. «Høstingen» av energi fra fossile karbonholdige reserver under bakken må erstattes av høsting av vind-, sol- og vannkraft på jordens overflate, og der de lokale meteorologiske forhold til enhver tid avgjør energiproduksjo-

43 <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>, <https://ipbes.net/global-assessment> og <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

44 <https://www.nilu.no/2021/09/harald-dovland-utnevnt-til-ridder-av-st-olavs-orden/>

nen. Energihøstingen fra jordens overflate vil få store konsekvenser for disponeringen av arealressursene. Befolkningen øker, klimautviklingen fører til at fordelingen og konsekvensene av værhendelser (temperatur, nedbør, vind) og biogeokjemiske kretsløp av f.eks. karbon og nitrogen og forholdene til havs vil endre seg. Konsekvensene for matforsyningen og vilkårene for bosetting og levekår, og for regional og global sikkerhet vil kunne ha en transformerende betydning for samfunnets stabilitet og funksjonsdyktighet. Behovene for samfunnsrisiko-analyse og prediksjon av vær- og jordsystemsparametre vil vokse både innenfor en kort tidshorison (dager) og på sesong- og årsbasis, som er særlig utfordrende faglig sett, og dette gjelder lokalt såvel som globalt. Dette krever operasjonelle jordsystemorienterte observasjonssystemer, modellsystemer og tjenestetilbud. De samfunnspolitiske og kulturelle sidene ved å hankses best mulig med dette risikobildet både lokalt, nasjonalt, regionalt og globalt er svært utfordrende. Samfunnsbehovet for relevante tjenester og for ekspertbasert rådgivning vil øke kraftig, og dekke et bredt og sammenhengende temafelt – meteorologi, oseanografi, ferskvannsressurser, arealdisponering, biogeokjemiske kretsløp knyttet til terrestriske og marine økosystemer, naturmangfoldet. Sektorinteresser må knyttes sammen. Meteorologiens rolle i bred forstand vil bli sentral og kritisk.<sup>45</sup> Gapet mellom det som på den ene siden er teknologisk og økonomisk innen rekkevidde, og det som på den andre siden er gjennomførbart sosialt og politisk, må reduseres. Samfunnsrisiko og de faglige utfordringene er svært brede og omfattende, det samme gjelder tjenestebehovet nasjonalt, regionalt og globalt.

## 1.2 Bokens innhold – kort presentasjon av fem artikler

### 1.2.1 Utviklingen av numerisk værvarsling i Norge

I Norge har statsmeteorologene tradisjonelt hatt hånd om utarbeidelsen av værvarselet. Det omfattet å ha oppsyn med observasjonssinnsamlingen, analysen av vær-situasjonen basert på observasjonene og utarbeidelsen av en

---

45 Meteorologi, hydrologi, oseanografi, biogeokjemiske kretsløp, vekselvirkningen med endringer i arealbruk og samfunnsorganisering.

prognose for de neste en til to dagene, og formidlingen av varselet via radio, TV, aviser eller telegrafisk. Væranalysen var særlig basert på målt lufttrykk, temperatur, nedbør, skyer og vind samtidig over et geografisk område som for Norges del kunne omfatte Nord-Atlanteren, Skandinavia, deler av europeisk Arktis og Nord-Europa. Værkartet med linjer for konstant lufttrykk ved bakken viser langt på vei også vindfordelingen i området, og omvendt kan observert vind si noe om trykkgradienten. Radiosonderinger ga observasjoner av fordelingen av temperatur og trykk med høyden. Værkartene med isobarer og isotermer var nyttige når det kom inn samtidige observasjoner over et visst minimumsantall. En erfaren værvarsler kunne se for seg hvordan storskala vind kunne endre temperaturfeltet de kommende timene. Værvarsling var en erfaringsbasert blanding av vitenskap, observasjoner og «regler» som kunne være nokså svakt fundert vitenskapelig, og var en subjektiv snarere enn en objektiv vitenskap. Utover på 1960-tallet begynte det å komme «objektive» operasjonelle værvarsler basert på numerisk løsning av forenklede ligninger for atmosfærisk bevegelse, f.eks. fra UK Meteorological Office ved Bracknell i England. Disse første objektive prognosene hadde ikke direkte beregninger av vær-elementer. Meteorologene på vakt måtte «oversette» til vær, slik at varselet til brukere ennå lenge var subjektivt i den forstand at ulike meteorologer på vakt kunne gi værvarsler som ikke var sammenfallende. Det kontinuerlige arbeidet med værvarslene, i dag formidlet først og fremst via yr.no, gir stadig nye erfaringer om begrensninger i dagens numeriske værprognoser, og dette erfaringsmaterialet utnyttes i videre forskning og utvikling.

Det har tatt drøyt et hundreår fra Vilhelm Bjerknes' erkjennelse av at værvarsling er et initialverdiproblem i klassisk fysikk, til vi nå faktisk varsler været uten subjektive vurderinger fra en meteorolog på vakt. Dette er resultat av et frivillig, konstruktivt og langsiktig samarbeid for å oppnå noe alle har nytte av, og nordmenn har bidratt vesentlig til denne viktige historien.

Trond Iversen beskriver utviklingen av numerisk værvarsling i Norge i artikkelen *Numerisk værvarsling ved Meteorologisk institutt og i norsk akademia*.

### 1.2.2 Norsk klimaforskning og Meteorologisk institutts rolle

Artikkelen *Norsk klimaforskning og Meteorologisk institutts rolle* er skrevet av en arbeidsgruppe som har bestått av Rasmus Benestad, Anton Eliassen, Eirik J. Førland, Inger Hanssen-Bauer, Jan Erik Haugen, Øystein Hov, Knut Iden, Ketil Isaksen, Trond Iversen, Øyvind Nordli og Lars Petter Røed, med Øystein Hov som redaktør, og i artikkelteksten er det angitt hvilke delkapitler den enkelte har hatt ansvaret for. Hensikten har vært å beskrive noen hovedtrekk ved norsk klimaforskning med særlig vekt på perioden etter 1970, og der Meteorologisk institutt har bidratt. I artikkelen beskrives også hvordan kartlegging av Norges klima og formidling har vært en av Meteorologisk institutts hovedoppgaver siden opprettelsen i 1866. Fram til 1990-tallet var klimaforskningen i Norge disiplinær, og var i tillegg til den klimatologiske kartleggingen som Meteorologisk institutt stod for, mest knyttet til paleoklima, havenes sirkulasjon og biogeokjemiske kretsløp av kjemiske sporstoffer som påvirker atmosfærens varmebalanse. Klimasystemforskning i Norge begynte utover på 1990-tallet ved flere institusjoner og omfatter nå alle jordsystemets elementer (atmosfære, hav, landjord, is, biogeokjemiske kretsløp) og deres sammenkoblinger, og med mange nasjonale og internasjonale forgreninger.

### 1.2.3 Norges vei til medlemskap i European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)

Framover på 1960-tallet var datamengden og anvendelsesmulighetene for værvarslings- og klimainformasjon etter hvert blitt så omfattende at det var nødvendig med en annen organisering av arbeidet enn slik det var ved Meteorologisk institutt, der statsmeteorologene hadde hovedansvaret både for bruken av observasjonene, væranalysen, prognosefremstillingen og formidlingen – statsmeteorologen var i én forstand både forsker, teknolog, datakyndig og formidler, og hadde i praksis kontroll over hele verdikjeden, eller verdisyklusen, i værvarslingen. På 1960-tallet gjennomførte WMO en oppdeling av verdikjeden som statsmeteorologen tradisjonelt hadde kontroll over, i «observasjoner» organisert i GOS (Global Observing System), «datateknologi» (GTS, Global Telecommunication System) og «varsling» (GDPS, Global Data Processing System, senere GDPFS, Global Data Processing and

Forecasting System, og i dag S-GDPFS, Seamless Global Data Processing and Forecasting System), som peker hen til jordsystemfokus og sammenkobling av jordsystemelementene i prognosemodellene og med dataassimilasjon for å bestemme initialbetingelsene i prognosekjøringene. Til sammen utgjorde GOS, GTS og GDPS elementene i World Weather Watch (WWW) som WMO innførte midt på 1960-tallet som en hjelp til de nasjonale meteorologiske institutters (NMHSs) organisering av arbeidet, og de fleste nasjonale meteorologiske institutter ble etter hvert organisert på denne måten. Denne oppdelingen var så effektiv at det med tiden gikk ut over dynamikken i evnen til å videreutvikle værvarslingen og klimatologiarbeidet. Verdikjedene hang ikke lenger godt sammen, og det utviklet seg gap mellom de ulike delene av verdikjeden. Etter en generasjon var det få med erfaring fra de «gamle» statsmeteorologenes arbeidsform med oversikt over hele verdikjeden der observasjonene ble plottet på kart, værsituasjonen analysert og prognose utarbeidet og formulert som et værvarsel som ble lest på radio, vist på TV eller trykt i dagspressen. I de siste årene har reetableringen av verdikjedetankegangen i en moderne kontekst hatt stor betydning for meteorologisk forskning og tjenesteutvikling.

I artikkelen *Veien til Norges medlemskap i ECMWF* beskriver Øystein Hov og Anton Eliassen hvordan og hvorfor det tok over 15 år fra konvensjonen for European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) ble etablert og satt i verk, til Norge ble medlem fra 1. januar 1989. Dette utgjorde en hemsko for norsk forskning og værvarsling. ECMWF er både et forskningsinstitutt og en 24/7/365 operasjonell tjeneste. Senteret produserer globale numeriske værprognoser og annen digital informasjon, og er også en infrastruktur av stor betydning i vær-, klima- og miljøforskning i medlemslandene og etter hvert globalt. ECMWF disponerer en av verdens største supercomputere og datalagringsfasiliteter. Senterets tjenester stilles først og fremst til medlemslandenes rådighet, men ECMWF yter også omfattende bistand i bruk og anvendelse av produktene til WMO og WMOs medlemsland. Kvaliteten på ECMWFs værvarsler og produkter har utviklet seg raskt, i de siste tiårene har man vunnet «one day per decade». Det innebærer f.eks. at varselet for den fjerde dagen er like godt som varselet var for den tredje dagen ti år tidligere. ECMWF har i over 40 år vært verdensledende og er av avgjørende betydning for eksempel for Meteorologisk institutts evne til å løse sitt samfunnsoppdrag – å sikre liv og verdier.



Arbeidet med å opprette ECMWF-konvensjonen startet i 1969 i regi av De europeiske fellesskapene (EF) som et COST-prosjekt (Concerted action in science and technology). ECMWF-konvensjonen ble signert i 1973 og trådte i kraft 1. november 1975. Landene som ble medlemmer da, var Belgia, Danmark, Spania, Tyskland, Frankrike, Irland, Jugoslavia, Nederland, Finland, Sverige, Sveits og Storbritannia. Hellas, Italia, Portugal, Østerrike og Tyrkia var også klare til å gå inn. Av landene som var med i planleggingsfasen, sto bare Luxembourg og Norge utenfor. Til forskjell fra de øvrige nordiske land som var medlemmer fra starten, kom ikke Norge med før vel 15 år senere. Norsk forskning i dynamisk meteorologi stod sterkt internasjonalt på 1950- og utover på 1960-tallet, og det stengte kanskje for evnen til å tro at et europeisk samarbeid kunne føre til ny kunnskap og reduksjon i begrensningene som værprognosene til da var underlagt.

#### 1.2.4 Norske forskeres varsling av klimaendringer før IPCC

Artikkelen *Norske forskeres varsling av klimaendringer før IPCC*, av Trond Iversen, Anton Eliassen og Øystein Hov,<sup>46</sup> er et tilsvaret til en artikkel på forskning.no<sup>47</sup>, «Hvorfor varslet ikke norske forskere om klimaendringene tidligere», der pressestoff om drivhuseffekten i tre aviser (Aftenposten, VG og Dagbladet) gjennomgås over perioden 1959–1988.

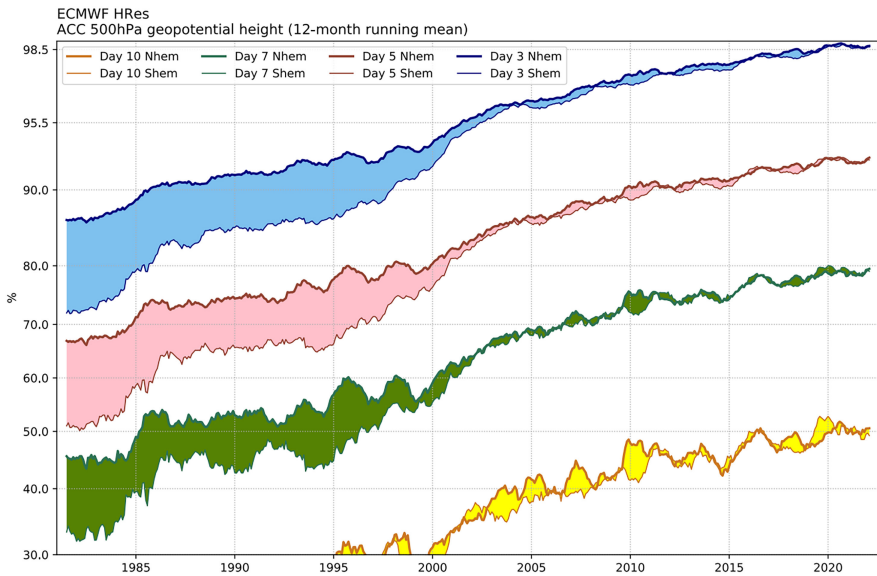
#### 1.2.5 «Hurum-saken» og Meteorologisk institutts målinger

I artikkelen *Måleprosjektet på Hurum: Tilsvar til 30 år med mistenkeligjøring av måleprosjektet*, av Per-Ove Kjensli, Lars Andresen, Knut Harstveit og Ove Grasbakken<sup>48</sup>, dokumenteres måleprosjektet som ga grunnlagsdata for

46 Trykt i *Norsk mediehistorisk tidsskrift* nr. 1 2021.

47 Jakobsen, S.E. (2021). *Hvorfor varslet ikke norske forskere om klimaendringene tidligere?* Artikkel på nettstedet forskning.no, 11.01.2021. <https://forskning.no/media/hvorfor-varslet-ikke-norske-forskere-om-klimaendringene-tidligere/1795682?fbclid=IwAR0lR2pUPDSeU-pDiwmlO-A4NOr5lEXLLJJAouun2xyLX0K7uloXHCptmWbk>

48 Også publisert som MET-info nr 25/20 ISSN 1894-759X, Oslo 30.11.2020, og er tilgjengelig via <https://www.met.no/publikasjoner/met-info/met-info-2020>



**Figur 1.2** Figuren viser ECMWF-varslenes kvalitetsutvikling uttrykt ved feilen i beregnet høyde på 500 hPa-flaten sammenlignet med observasjoner for den nordlige og sørlige halvkule hver for seg som en funksjon av år og for dag 3, 5, 7 og 10 i prognosen. Fram til slutten av 1990-tallet er feilen i beregnet høyde på 500 hPa-flaten mye større over den sydlige halvkule enn over den nordlige, og kvaliteten på værprognosene tilsvarende dårligere. Utviklingen i satellittobservasjoner og evnen til å ta observasjonene i bruk i prognoseberegningene har ført til at kvalitetsforskjellen mellom halvkulene er mye mindre i dag. Kvaliteten på prognosene fra ECMWF har omtrent siden senterets operasjonelle oppstart vært verdensledende når det sammenlignes med resultatene fra andre globale værvarslingscentre.

en detaljert klimatologisk analyse av Hurum-alternativet for storflyplassutbyggingen på slutten av 1980-tallet, med det resultat at Luftfartsverket ikke kunne anbefale utbygging på Hurum-landet. Norsk meteorologi ble her for kanskje første gang involvert i en sak med svært stor medieoppmerksomhet og politisk kraft, med fare for nattesøvn og det som verre var for ellers fredelige meteorologer. Artikkelen beskriver bakgrunnen for den såkalte Hurum-saken.

### 1.2.6 Andre trekk ved nyere norsk meteorologisk forskning

Meteorologisk institutt har helt siden 1970-tallet bidratt mye til miljøforskningen, særlig til forståelsen av langtransport av luftforurensninger i Europa og Arktis. Her i boken er tematikken berørt flere steder basert på tidligere publikasjoner,<sup>49</sup> og det gis ikke her en systematisk fremstilling av dette arbeidet og dets forurensningspolitiske betydning. Oseanografisk forskning er omtalt i flere sammenhenger, ikke minst i delkapitlene 3.2.11 og 3.3.6 i Norsk klimaforskningshistorie der Meteorologisk institutt har bidratt. Men en samlet fremstilling er ikke gjort for denne boken. Dette gjelder også for utviklingen i satellittobservasjoner og deres bruk og nytte, og i dataforvaltning, selv om noen hovedtrekk er nevnt i kapittel 1.1.5.

## 1.3 Publisert litteratur om norsk meteorologisk forskning

Norsk meteorologisk forskning med hovedvekt på arbeid etter 1960 og der Meteorologisk institutt har bidratt, er dokumentert gjennom vitenskapelige publikasjoner og rapporter, men er bare i liten grad beskrevet tidligere i en forskningshistorisk kontekst.

I forbindelse med Meteorologisk institutts 100-årsjubileum i 1966 redigerte Asbjørn Barlaup en artikkelsamling som gir en bred og instruktiv beskrivelse av institusjonen som hadde totalansvaret for all værvarsling i Norge inkl. forskning.<sup>50</sup>

---

49 Viktige trekk ved dette arbeidet er beskrevet bl.a. i Rotschild, R.E. (2018). *Poisonous Skies. Acid Rain and the Globalization of Pollution*. University of Chicago Press. 336 p.

Grennfelt, P., A. Engleryd, M. Forsius, Ø. Hov, H. Rodhe & E. Cowling (2020). Acid rain and air pollution: 50 years of progress in environmental science and policy. *Ambio*, 49, 849–864. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01244-4>

Grennfelt, P. & Hov, Ø. (2005). Regional Air Pollution at a Turning Point, *Ambio*, 34, 2–10.

Grennfelt, P. & Hov, Ø. (2022). An international science – policy mechanism that has worked (How a small international organisation became instrumental for policy development and forming legacy within the field of air pollution). Under skriving.

50 Barlaup, A. (red.) (1966). *Det norske meteorologiske institutt 1866–1966*, Fabritius & Sønners Forlag, 212 s.

Til Norsk Geofysisk Forening 100-årsjubileum i 2017 ble det utgitt en omfattende samling artikler redigert av Magnar Gullikstad Johnsen ved Nordlysobservatoriet, Tromsø geofysiske observatorium, UiT-Norges arktiske universitetet.<sup>51</sup> Jubileumbokens målsetting var å se nærmere på de ulike fagretningenes historie og utvikling gjennom foreningens historie, deres kobling til Norsk Geofysisk Forening og tanker om fremtiden. Bokens artikler er skrevet for et bredt publikum der målgruppen ble definert til å ligge på førsteårsnivå på universitetet og oppover.<sup>52</sup>

Forskningshistorien etter andre verdenskrig er bare beskrevet summarisk og i fragmenter i den siste boken om norsk meteorologi (Nilsen & Vollset, 2016).<sup>53</sup> Det er et behov for å formidle utviklingen fram til i dag der værvarselet beregnes ved hjelp av omfattende numeriske modeller og regnemaskiner med stor datakraft. Statsmeteorologene har nå en sentral rolle ikke minst i kraft av innsikten og erfaringen de har i brukermiljøenes bruk av og behov for tilpasset informasjon om værutviklingen og virkningen som uvær kan få. Den gamle «forskermeteorologen» har endret karakter siden meteorologiens barndom da samme person var både vitenskapsmann og værvarsler, forskningen og varslingen har skiftet karakter fra å kunne håndteres av en og samme person med papir og blyant, til høyt spesialisert aktivitet der det tar tid og innsats å bli spesialist og ekspert. For 100 år siden var meteorologien et umodent fag, i sin tidlige utvikling. Metodene var enkle sett med dagens øyne. Meteorologi er nå et modent fagfelt med et avansert metodisk grunnlag i matematikk, fysikk, kjemi, instrumentering, informasjonsteknologi, økonomi og samfunnsorganisering, kommunikasjon og formidling.

Forskning krever spesialutdannelse og dybdeerfaring. Enkeltforskere kan bety svært mye, men som regel mest i et nettverk med et overordnet mål direkte eller på lengre sikt, knyttet til kvaliteten på vær- eller klimavarsling. Forskningstemaene «eies» ikke av en bestemt institusjon, det forskes og

51 [http://www.ngfweb.no/docs/jubileumbok\\_100aar\\_small.pdf](http://www.ngfweb.no/docs/jubileumbok_100aar_small.pdf), 221 s.

52 Norsk geofysisk forenings jubileumbok inneholder følgende artikler: Historisk overblikk ved Magnar Gullikstad Johnsen, geodesi (Bjørn Geirr Harsson), seismologi og den faste jords fysikk (Hilmar Bungum), glasiologi (Olav Orheim), hydrologi (Arne Tollan), meteorologi (Sigbjørn Grønås og Magne Lystad), oseanografi (Peter Mosby Haugan), romfysikk (Asgeir Molmen Brekke).

53 Barlaup, A. (red.) (1966). *Det norske meteorologiske institutt 1866–1966*, Fabritius & Sønners Forlag, 212 s.

arbeides i nettverk, team, på tvers av institusjoner, disipliner og landegrenser. Tilsvarende utvikling er i ferd med å skje innenfor formidling av tjenester og informasjon. Institusjonstilhørighet er mest en nødvendighet for å organisere arbeidet, sørge for forskningsinfrastruktur og avholde medarbeider-samtaler, ikke for å få arbeidet gjort.

Thorleif Aass Kristiansens PhD-avhandling<sup>54</sup> er en forskningshistorisk beskrivelse av Arnt Eliassen (1915–2000) og Ragnar Fjørtofts (1913–1998) virke, begge nestorer i norsk meteorologisk forskning.

Meteorologisk forskning til samfunnsnytte er nært knyttet til Meteorologisk institutt, og været har tradisjonelt hatt en stor plass i folks liv og i landets utvikling. Dette gjenspeiles i den norske kultur- og naturhistorien, der f.eks. det meteorologiske nettverket av bakkestasjoner har bundet landet sammen og vært en forutsetning for værvarslene og for vær- og klimaforskning. Formidlingen av værvarslene har hatt en sentral plass i samfunnet, fra telegraf og aviser via radio og TV til dagens yr.no. Værvarsler er dårlige salgsobjekter, men viktige samfunnsobjekter. Observasjonssystemet endrer seg med den teknologiske utviklingen for øvrig, samtidig som arven fra «det gamle» er viktig å ivareta inntil forskningen viser at «det nye» faktisk er bedre. Dette er historien som fortelles av Hugo Lauritz Jenssen og Guri Dahl og utgitt til Meteorologisk institutts 150-årsjubileum i 2016,<sup>55</sup> og med et historisk billedmateriale fra mange sider av det instrumentelle, bakkebaserte observasjonssystemet.

### 1.3.1 Vitenskapsakademiets institutt for vær- og klimaforskning ved Universitetet i Oslo (1947–1960)

Magnus Vollset publiserte i 2015<sup>56</sup> en drøfting av Vitenskapsakademiets institutt for vær- og klimaforskning ved Universitetet i Oslo (1947–1960) og som professor Einar Høiland ledet, og et sammendrag av denne drøftingen

54 Kristiansen, T.Aa. (2017). *Meteorologi på reise. Veivalg og impulser i Arnt Eliassen og Ragnar Fjørtofts forskerkarrierer*. PhD-avhandling. Universitetet i Bergen.

55 Jenssen, H.L. & Dahl, G. (2016). *Værfolk fra kysten Lindesnes og dalstrøka innafor til yr.no*. Forlaget Press, 304 s. Ted Torfoss ved Meteorologisk institutts avdeling for drift av observasjonssystemer var en nøkkelperson i bokens tilblivelse.

56 Vollset, M. (2015). Asking too much? Postwar climate research in Norway, 1947–1961, *History of Meteorology*, 7, 83–97.

er gitt i Nilsen og Vollsets bok *Vinden dreier*<sup>57</sup> fra 2016. De skrev boken på oppdrag fra Meteorologisk institutt. Vollset sier at «Ved landets eneste rene meteorologiske forskningsinstitusjon var utviklingen av tung teori løsrevet fra alle hensyn til praktisk nytte», og at «forskningen var ekstremt teoretisk». «Mens kjernen i numerisk meteorologi var ekstreme forenklinger, startet Høilands institutt i motsatt ende. Selv om forskningen ga nye innsikter, var overføringsverdien fra teoretisk forskning til praktisk nytte minimal», og det konkluderes: «I praksis endte Institutt for vær- og klimaforskning som lite annet enn et rekrutteringstiltak for framtidige forskere.»

Det er neppe hold i disse påstandene. Einar Høiland var ganske nytteorientert og -bevisst i sitt virke. I artikkelen «Numerisk værvarsling ved Meteorologisk institutt og norsk akademia» annetsteds i denne boken har Trond Iversen synspunkter som går i en annen retning enn det som Vollset har skrevet om betydningen av Institutt for vær- og klimaforskning under Einar Høilands ledelse.

Professor John Grue ved Matematisk institutt, Universitetet i Oslo, og elev av Enok Palm, som var en av forskerne i Høilands senter på 1950-tallet, sier<sup>58</sup> at senteret bidro til mer enn rekruttering av forskere til akademia. Senteret var en skole av internasjonal standard og bidro til å løfte den internasjonale forskningen i geofysikk generelt. Flere av deltakerne ledet senere den videre utvikling innen meteorologi inkludert kjemisk meteorologi og oseanografi, innen f.eks. dypvannsdannelsens bidrag til den globale havsirkulasjonen.

I note 904 hos Nilsen og Vollset<sup>59</sup> står det at følgende forskere var innom instituttet: Per Martin Breistein, Arne Foldvik, Yngvar Gotaas, Einar Høiland, Jack Nordø, Eyvind Riis, Sigurd Smebye, Kristian Trægde, Arnt Eliassen, Ragnar Fjørtoft, Kaare Pedersen, Eigil Hesstvedt, Marius Todsen og Enok Palm. Mange av disse dannet på hver sine måter forskningstradisjoner i grener av meteorologien og i anvendt matematikk fra 1960-tallet, og gjennom sine elever har disse forskningstradisjonene utviklet seg videre og

---

57 Nilsen, Y. & Vollset, M. (2016). *Vinden dreier. Meteorologiens historie i Norge*. Scandinavian Academic Press, 509 s.

58 Epost fra John Grue til Øystein Hov 21. oktober 2016.

59 Nilsen, Y. & Vollset, M. (2016). *Vinden dreier. Meteorologiens historie i Norge*. Scandinavian Academic Press, 509 s.

blitt en del av grunnstammen for tjenestene og forskningen både ved Meteorologisk institutt, ved Universitetet i Oslo (Institutt for geofysikk, senere Institutt for geofag, og deler av nåværende Matematisk institutt), ved Universitetet i Bergen (Geofysisk institutt), ved NILU, CICERO, og i noen grad ved Havforskningsinstituttet, Nansensenteret, Polarinstituttet, NIVA, Akvaplan NIVA og UiT – Norges arktiske universitet.

Flere av dem som ble rekruttert til akademiske stillinger via sitt engasjement i Høilands senter, bygget senere opp forskningsmiljøer som i perioder har vært verdensledende, og som har et stort antall meteorologer ansatt og som mange har vært innom i kortere eller lengre perioder i utdanningsøyemed, til videre kvalifisering eller som fast ansatte. Tverrfaglighet, utnyttelse av meteorologien i hele sin bredde, samfunnsanvendelser og -engasjement, internasjonalisering, faglig utvikling og faglige anvendelser i nasjonale og internasjonale nettverk, nedtoning av instituttgrensene, konkurranseutsattethet, innovasjonskraft og global rekrutteringsevne beskriver mange av disse miljøene. Eksempler er utviklingen av forskningsmiljøet i hydrodynamikk ved Universitetet i Oslo (Enok Palm), miljøet i atmosfærekjemi ved Universitetet i Oslo (Eigil Hesstvedt) og forskningen ved Universitetet i Bergen innenfor dypvannsdannelse (Arne Foldvik).

### 1.3.2 Et sideblikk til Bergen

Den historiske dokumentasjonen av meteorologisk forskning ved Bergen museum etter første verdenskrig og ved Universitetet i Bergen etter andre verdenskrig er ganske omfattende. Vilhelm Bjerknes og Bergenskolen hadde en dominerende plass etter første verdenskrig.<sup>60</sup> Fremveksten av geofagene ved Universitetet i Bergen er beskrevet av Jostein Goksøyr i jubi-

60 Bergeron, T., Devik, O. & Godske, C.L. (1962). V. Bjerknes March 14 1862 – April 9 1951. Publisert i In memory of Vilhelm Bjerknes on the 100<sup>th</sup> anniversary of his birth, *Geophysica Norvegica* vol. XXIV, s. 7–25, Det Norske Videnskaps-Akademi i samarbeid med American Meteorological Society, Boston, USA.

Friedman, R.M. (1993). *Appropriating the Weather: Vilhelm Bjerknes and the Construction of a Modern Meteorology*, Cornell University Press, 280 s.

Jewell, R. (2017). *The weather's face*. Fagbokforlaget, 516 s.

Pettersen, S. (1974). *Kuling fra nord. En værvarslers erindringer*. H. Aschehougs & Co, Oslo, 312 s.

leumsboken som ble gitt ut ved universitetets 50-årsjubileum i 1996,<sup>61</sup> mens forskningshistorien med hovedvekt på den siste generasjonen og ved Geofysisk institutt og Universitetet i Bergen er dokumentert ved flere jubileer ved instituttet.<sup>62</sup>

Selv om Bjerknes-navnet er flittig brukt i dag, så er det neppe en klar linje fra Vilhelm Bjerknes' tid i Bergen, frem til dagens Bjerknessenter for klimaforskning. Vilhelm Bjerknes' visjon, at værvarsling var et initialverdiproblem i klassisk fysikk hvor man fra en initialtilstand kunne beregne fremtidige tilstander ut fra lovene i klassisk fysikk, fikk han selv aldri prøvd i praksis. Det er to grunner til dette: Beregningsoppgaven krever store elektroniske regnemaskiner, som ikke fantes på den tiden. Dessuten hadde han ingen muligheter til å få bestemt en initialtilstand tilstrekkelig godt til å gjennomføre en beregning på et virkelig værsystem.

Han utviklet en enklere modell for lavtrykkenes tilblivelse og utvikling (frontmodellen) ved hjelp av observasjonene han hadde. Modellen sammenfattet typiske trekk ved lavtrykkenes indre struktur i forskjellige stadier av deres utvikling. Den gjorde det mulig å forutsi en omtrentlig værutvikling et døgn frem eller så, ved å tolke observasjonene i lys av det man visste om lavtrykkenes struktur og hvordan denne utviklet seg med tiden. Grunnlaget for Bergensskolemodellen ble utviklet i årene fra 1904 fram til og med Leipzig-perioden, i og med at han fikk midler til å ansette assistenter som han brukte til å forsøke å løse ligningene grafisk. Det var gjennom disse grafiske analysene han og assistentene fikk øynene opp for konvergenlinjene (konfluenslinjer) i vindfeltene som henger sammen med temperaturkontraster, dvs. fronter. Han hadde værvarslingsprosessen i fokus: Bestemmelse av starttilstand – analysen – som grunnlag for en prognose basert på analyser av fronter og deres vertikalstruktur. Det er en rød tråd fra 1904-gjennombruddet – som egentlig var basert på sirkulasjonssatsen og betydningen av baroklinitet – til Bergensskolemodellen.

61 Goksøyr, J. (1996). *De ikke-biologiske realfagene. Universitetet i Bergens historie bind II*, s. 128–243. Universitetet i Bergen.

62 Hovland, E. (2007). *I vinden. Geofysisk institutt 90 år*. Fagbokforlaget, 158 s.

Utaaker, K., red. (1999). *Bergen geofysikeres forening 1949–1999*. Allkopi, Bergen, 94 s.

Vollset, M., Hornnes, R. & Ellingsen, G. (2018). *Calculating the world. The history of geophysics as seen from Bergen*. Fagbokforlaget, 416 s.



I dag utføres værvarslingen ved å realisere Bjerknes' opprinnelige visjon ved hjelp av moderne metoder for observasjon, og store regnemaskiner som assimilerer dataene for å bestemme atmosfærens tilstand, og så beregner utviklingen fremover i tid etter lovene i klassisk fysikk. Først etter årtusenskiftet er værvarselet etter hvert bestemt hovedsakelig på denne siste måten, og ikke ved hjelp av meteorologenes generelle meteorologiske kunnskap. Dagens klimamodeller er formulert etter de samme grunnleggende prinsipper, og må også kjøres på store regnemaskiner.

Vilhelm Bjerknes flyttet til Oslo i 1926. I Bergen ble tiden omtrent fram til Bjerknessenterets tilblivelse preget av at professorene og andre forskere stort sett bestemte sin egen forskningsagenda, og de samarbeidet med dem de hadde lyst til å samarbeide med. Det var ingen klar strategi som bandt bergensmiljøet sammen. Men etter hvert ble det mulig å sette sammen værvarslings- og klimamodeller basert på grunnleggende naturvitenskapelige prinsipper, og kjøre slike modeller fremover i tid på store regnemaskiner. Klimamodellene er så omfattende at flere forskere må samarbeide i modellutviklingen og i den videre tolkning av resultatene. I Bergen hadde man også arbeidet mye med observasjoner av havet, både i overflaten og nedover i dypet, og av atmosfærens grenselag mot bakken, og de nye modellene sammen med observasjonene ga nye tolkningsmuligheter.

I tillegg forsto enkelte av forskerne i Bergen at et samarbeid ga større muligheter for å få økt finansiering. Samlet ga disse elementene bergensmiljøet en drivkraft som gjorde at mange så fordelen ved å samarbeide innenfor et rammeverk med en strategi som var lett å kommunisere til bevilgende myndigheter. Forskningsmiljøene i Oslo hadde tatt eierskapet til den teoretiske hydrodynamiske forskningen, det skjedde da Vilhelm Bjerknes flyttet til Oslo og konsentrerte seg om hydrodynamisk teori. At bergenserne konsentrerte seg om andre ting, er ikke så rart. I 1970-årene var meteorologisk forskning i verden ganske fragmentert i mindre fagområder som dynamikk, skyfysikk, stråling, atmosfærekjemi og turbulens. Man kommuniserte ikke særlig mye på tvers av disse fagbåsene. Endringene kom da datamaskinene ble kraftige nok til at værmodellene kunne inkludere fysiske prosesser som skyer, stråling og parameterisering av konveksjon og turbulens. Denne utviklingen kom rundt 1980, omtrent samtidig med at ECMWF begynte sine operasjonelle prognoser og f.eks. Meteorologisk institutt begynte utviklingen av den norske numeriske varslingsmodellen NorLAM.

Jordsystemorienteringen i klimamodellene krever samarbeid mellom de involverte fagområder for å lage best mulige klimaprognoser. Dette har forent den meteorologiske forskningen, så vel i Bergen som andre steder. Bergenserne var raske til å se fordelene av å samarbeide innenfor en synlig struktur, det taler til deres fordel.

Det teoretiske miljøet innenfor hydrodynamikk i Oslo fra 1926 og fremover krevde ikke samarbeid på samme måte, her kunne de beste teoretikerne kollokvare sammen, for så å regne videre på sine problemer hver for seg. Samarbeid ut over gode kollokvier var ikke nødvendig. Gode teoretikere er i betydelig grad individualister.

Forskningssamarbeid avhenger også av aktørenes personligheter. Den viktigste suksessfaktoren for etableringen av Bjerknessenteret som et senter for fremragende forskning (SFF) var nok at «three young scientists took, or were granted, a mandate to formulate a vision for climate collaboration in Bergen. These were marine geologist Eystein Jansen, meteorologist Nils Gunnar Kvamstø and the mathematician and climate modeller Helge Drange». Dette mandatet realiserte de både faglig og organisatorisk i tilstrekkelig grad til å nå fram med søknaden om SFF.<sup>63</sup>

Sett fra Oslo bidro en rekke personer i Bergen til forarbeidet og grunnlaget for det som ble Bjerknessentret. Vi vil nevne geologiprofessor Jan Mangerud med mangeårig paleoklimaforskning, geologiprofessor Eystein Jansen med bakgrunn i marin kjerneboring i Ocean Drilling Programme, oseanografiprofessor Arne Foldvik (og andre fra Geofysisk institutt) med mangeårig observasjonsbasert innsikt i global havsirkulasjon og særlig Weddellhavets betydning, Helge Drange med karbonsyklus-modellering utført ved Nansensenteret og knyttet til global havmodellering, daværende førsteamanuensis ved UiB Nils Gunnar Kvamstø med kompetanse i meteorologi og på den franske klimamodellen Arpège, forsker på Havforskningsinstituttet (HI) Harald Loeng, som involverte HI i klimaforskningssamarbeidet i Bergen, og oseanografiprofessor og Nansensenterleder Ola M Johannesens med lang erfaring i å bygge livskraftige forskningssamarbeid. Sett fra Meteorologisk institutt har geologimiljøet ved Universitetet i Bergen hatt

---

63 Vollset, M., Hornnes, R. & Ellingsen, G. (2018). *Calculating the world. The history of geophysics as seen from Bergen*. Fagbokforlaget, 415 s, s. 302.

mye å si for å knytte instrumentperioden i klimaforskningen (fra midten av 1850-tallet) sammen med forståelsen av det naturlige klimaets variabilitet på lengre tidsskala, og dette har motivert både klimamodelleringen og etableringen av tidsserier for klimaparametre bakover i tid. Med kombinasjonen av faglig innsikt og pedagogisk formidlingsevne har ikke minst professorene Jan Mangerud, Atle Nesje og John B. Birks ved Universitetet i Bergen evnet å motivere forskningen i andre disipliner, slik som på Meteorologisk institutts ansvarsområder.