

Årsrapport 2020

Innholdsfortegnelse

Direktøren har ordet.....	3
Luftforskning i koronaens tid.....	4
Klimagassovervåkning på Zeppelin og Birkenes: Rekordnivåer 19 år på rad.....	8
Møt rekordholderne	10
Fordeler og kostnader ved å produsere energi fra fornybare kilder	12
Innovativ infrastruktur for overvåkning av luftkvalitet i norske kommuner – iFlink.....	14
HAPADS: En mobil overvåkingsplattform for luftkvalitet.....	17
Avdamping av flyktige kjemikalier fra myke, morsomme leketøy.....	18
Dyra i Oslo røper hvilke miljøgifter vi lever med.....	20
Ny mast gir nye målemuligheter ved Birkenesobservatoriet	22
DRAQCL: Hvor pålitelige er inkonsekvante måledata?	24
Ikke-spesifikk karakterisering av organiske forbindelser av økende miljørelevans i luft og biota.....	25
NILUs arbeid for likestilling og mot diskriminering (utdrag)	26
Nøkkeltall	27

Redaktør: Christine Forsetlund Solbakken, NILU.

Layout: Ingunn Trones, NILU.

Forsidebilde: Den nye masten på Birkenesobservatoriet – sett ovenfra. Foto: Chris Lunder, NILU.



Direktøren har ordet



Administrerende direktør Kari Nygaard. Foto: StudioF2, Fotograf Ingar Næss.

For NILU startet 2020 optimistisk med en solid prosjektportefølje. Men som mange andre måtte vi flytte mesteparten av instituttdriften til hjemmekontorer, samtidig som alle ansatte arbeidet for å opprettholde mest mulig normal aktivitet på de kjemiske og tekniske laboratoriene. Koronaepidemien ga NILUs langvarige satsing på IT-infrastruktur og digitalisering en grundig test.

De ansatte tilpasset seg raskt den nye hverdagen med strenge smittevernstiltak og en krevende arbeidssituasjon. NILU klarte å gjennomføre 2020 i overraskende stor grad i henhold til planene, med både høy produksjon og et solid økonomisk resultat. Det skyldes en imponerende innsats fra alle ansatte: Både de på hjemmekontor og de som har stått på i laboratoriene våre skal ha ros for å ha klart å bidra til nær normal drift!

Pandemien har medført endret adferd, med både positive og negative konsekvenser. I denne årsrapporten skriver vi litt om forskning som er relatert til utslipp i koronatider. Ved flaggskipene våre – observatoriene på Svalbard, Birkenes og Trollhaugen – overvåker vi

de langsiktige endringene av klimagasser og langtransporterte miljøgifter. De store trendene med rekordhøye nivåer av klimagasser i atmosfæren fortsetter i negativ retning, og vi kan bare håpe at vi tar med oss noen erfaringer fra dette året som kan hjelpe oss å snu utviklingen.

NILU har mye spennende forskning knyttet til innemiljø – resultatene her er bare blitt mer aktuelle med mye hjemmesitting. Her er det mye vi kan bidra med for et sunnere samfunn, på tross av at utfordringene med å få finansiert denne type forskning vedvarer. Men, vi mener å se en økt interesse for temaet, og satser på å kunne bidra aktivt.

Et annet satsningsområde der vi ser stor aktivitet i de kommende årene er

innen sirkulær økonomi og gjenvinning. Her er NILU i ferd med å bygge seg opp, og vi har allerede flere spennende prosjekter på gang.

Vi gleder oss over et godt år, tross alt. Og som alltid går overskuddet fra vår oppdragsvirksomhet tilbake til forskning for et bedre miljø – god lesning!

Kari Nygaard
adm.dir

Luftforskning i koronaens tid

Hva skjer med luftkvalitet og CO₂ i atmosfæren når land stenger grensene, fly settes på bakken og folk parkerer bilen til fordel for hjemmekontor? I 2020 fikk forskerne på NILU en mulighet til å se nærmere på dette.

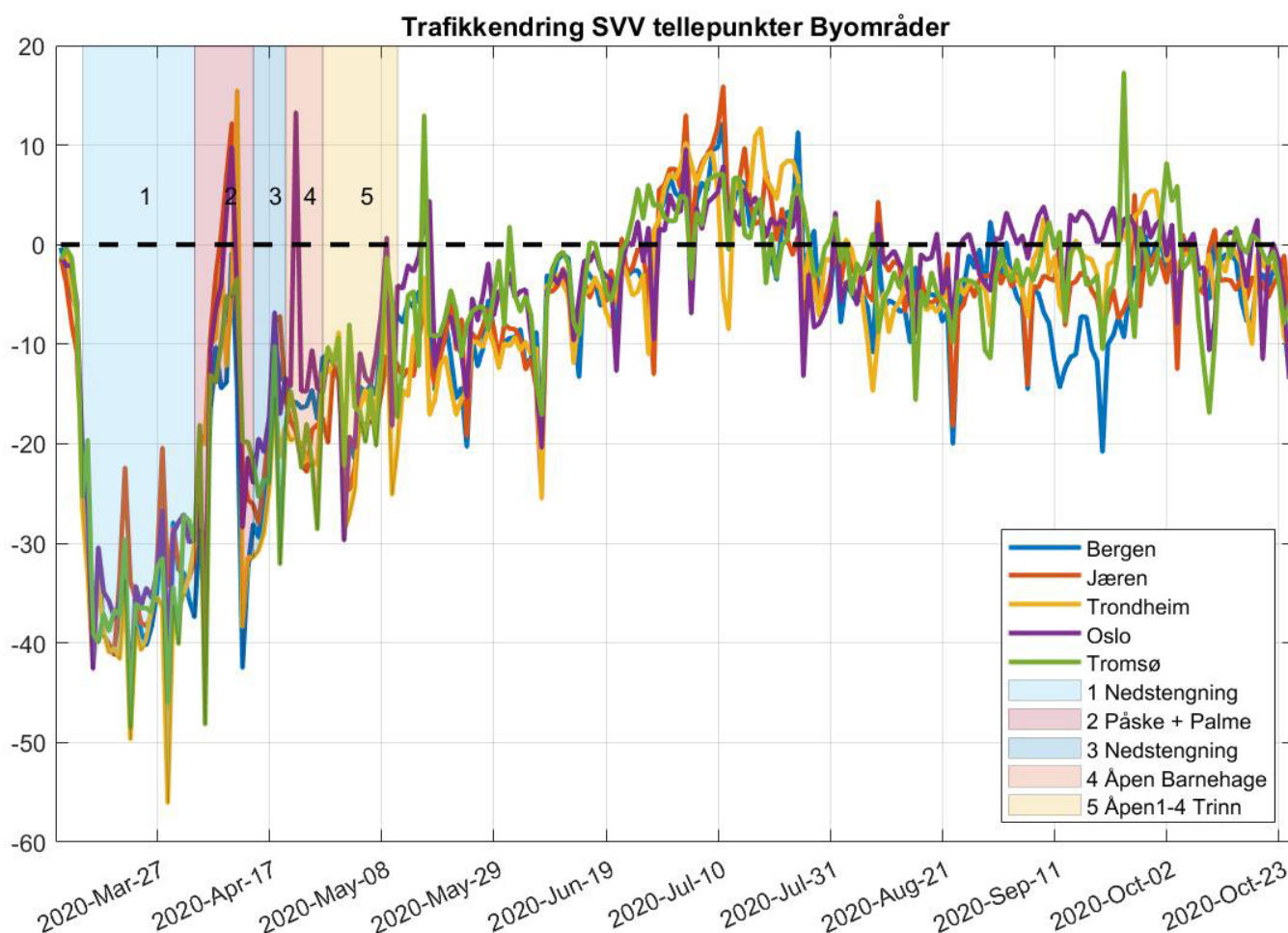
Christine Forsetlund Solbakken
kommunikasjonssjef

Koronatiltakene som ble iverksatt i Norge i mars 2020 hadde stor effekt på lokal luftkvalitet, ifølge beregninger utført av forskere på NILU. I perioden 13.-31. mars gikk utslipp fra transportsektoren ned med omtrent 15-20% for veitrafikk og 70-80% for flytrafikk.

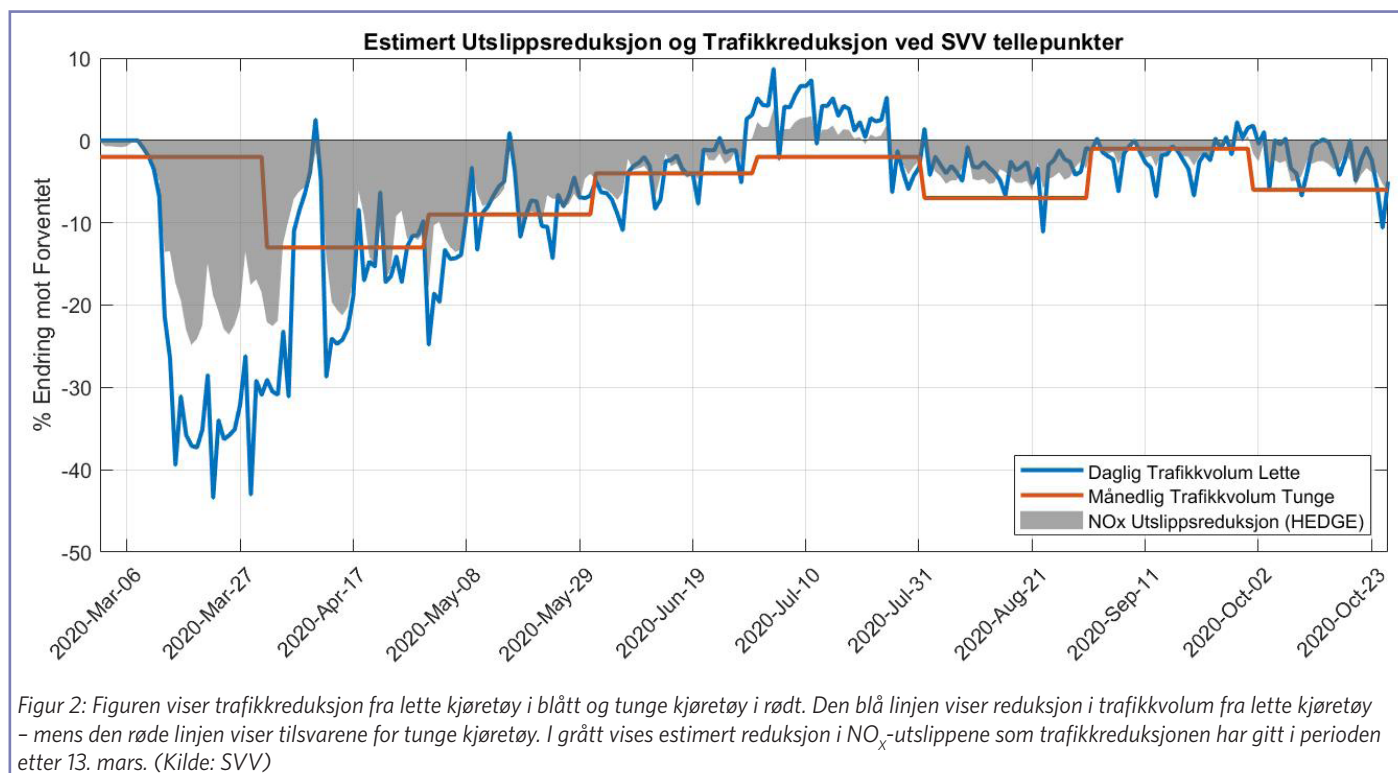
Kraftig koronaeffekt lokalt

– Fredag 13. mars 2020 viste tall fra Vegvesenets automatiske trafikktegnere en trafikknedgang på rundt 20 prosent i morgenrushet på veiene ut og inn av Oslo samt i Oslo, sammenliknet med de tre fredagene før. Det førte til at eksostslippene gikk ned med 12-13 prosent, forklarer forsker Henrik Grythe fra NILUs avdeling for by og industri (INBY).

Den laveste trafikkmengden var rundt 18. mars, med en gjennomsnittlig reduksjon på ca. 36%. Etter dette viste Vegvesenets tall for april og mai at trafikken sakte, men sikkert økte igjen i alle byområdene i Norge. Særlig i påsken var det (for koronaperioden) uvanlig mye folk ute og kjørte i storbyene. I juli var det til dels mye trafikk i byene, mens på høsten var det mindre trafikk enn normalt – dog betydelig mer enn før sommeren.



Figur 1: Statens vegvesen har lagt ut trafikkendringer for det største byene etter 13. mars. Her ser vi hvordan trafikken har endret seg i de fire største byene i Norge fra 6 mars – 30. oktober. (Kilde: SVV)



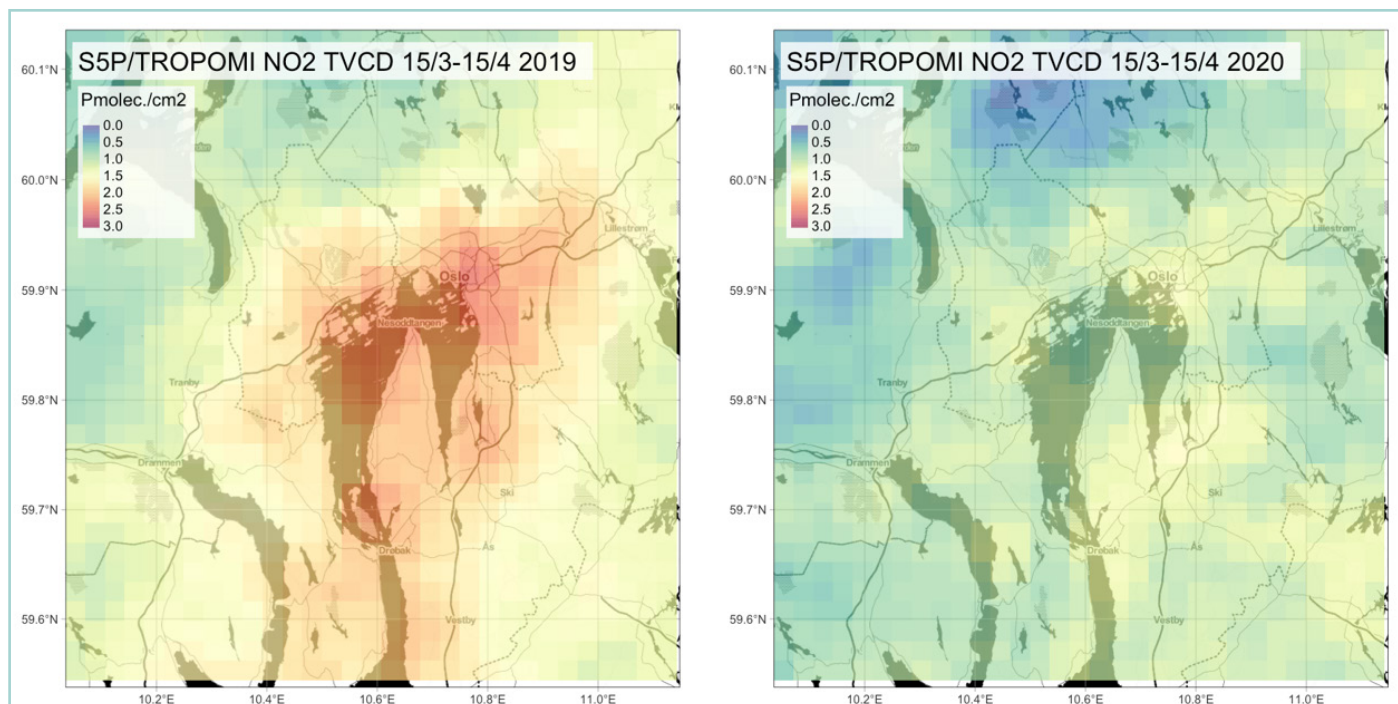
Ved hjelp av utslippsmodellen HEDGE har Henrik Grythe estimert hvordan trafikkreduksjonen har påvirket NO_2 -utslippene totalt sett i Norge. Beregningene gir en markant reduksjon i NO_x -utslippene etter 13. mars, mens i påsken er vi nesten tilbake til normalen. Etter påske avtar reduksjonen i takt med at trafikken øker.

Koronatiltak sett fra verdensrommet

Mange husker sikkert satellittbilder som viste hvordan NO_2 -nivåene i atmosfæren over industriområder i Kina og Nord-Italia endret seg i løpet av nedstengningene. Seniorforsker Philipp Schneider (INBY) kan fortelle at forskere har brukt satellitter til å overvåke luftkvaliteten siden 1990-årene. På den

tiden var den romlige dataoppløsningen svært grov, men det endret seg med Sentinel-5P-satellitten som ble sendt opp for litt over to år siden.

– Sentinel-5P er utstyrt med TROPOMI-instrumentet, som er spesial-laget for å studere ulike forurensninger i atmosfæren, forteller han. – Det måler både den synlige delen av spekteret,



langt inn i den ultrafiolette delen av solspekteret, samt kortbølget infrarød stråling.

Disse detaljerte spektraldataene gir forskerne anledning til å estimere mengden ulike luftforurensninger i atmosfæren, deriblant NO₂.

Denne typen data kan brukes til å visualisere den betydelige NO₂-reduksjonen som fulgte av koronatiltakene i fjor. Satellittbildene på forrige side viser NO₂-konsentrasjonen i atmosfæren over Oslo i henholdsvis 2019 og 2020.

Schneider understreker at estimatene av endringen i NO₂-nivåer som følge av koronatiltakene har vesentlige usikkerheter. Hele reduksjonen skyldes ikke nødvendigvis koronatiltakene, fordi endringer i meteorologiske forhold også kan spille en rolle.

– Data fra satellitter er ikke direkte sammenlignbare med observasjoner

fra målestasjoner på bakken, sier han, – men de gir oss et unikt romlig perspektiv. For å utføre en komplett analyse av hvordan Covid-19 påvirker luftkvaliteten må vi sammenstille data fra både satellitter, målestasjoner og modeller.

Europeisk luftkvalitet våren 2020

I Europa rapporterer alle land inn sine luftkvalitetsdata til Det europeiske miljøbyrået (EEA). Alle benytter de samme målemetodene, og er underlagt den samme strenge kvalitetssikringen. Dermed er alle europeiske luftkvalitetsdata direkte sammenlignbare på tvers av landegrensene.

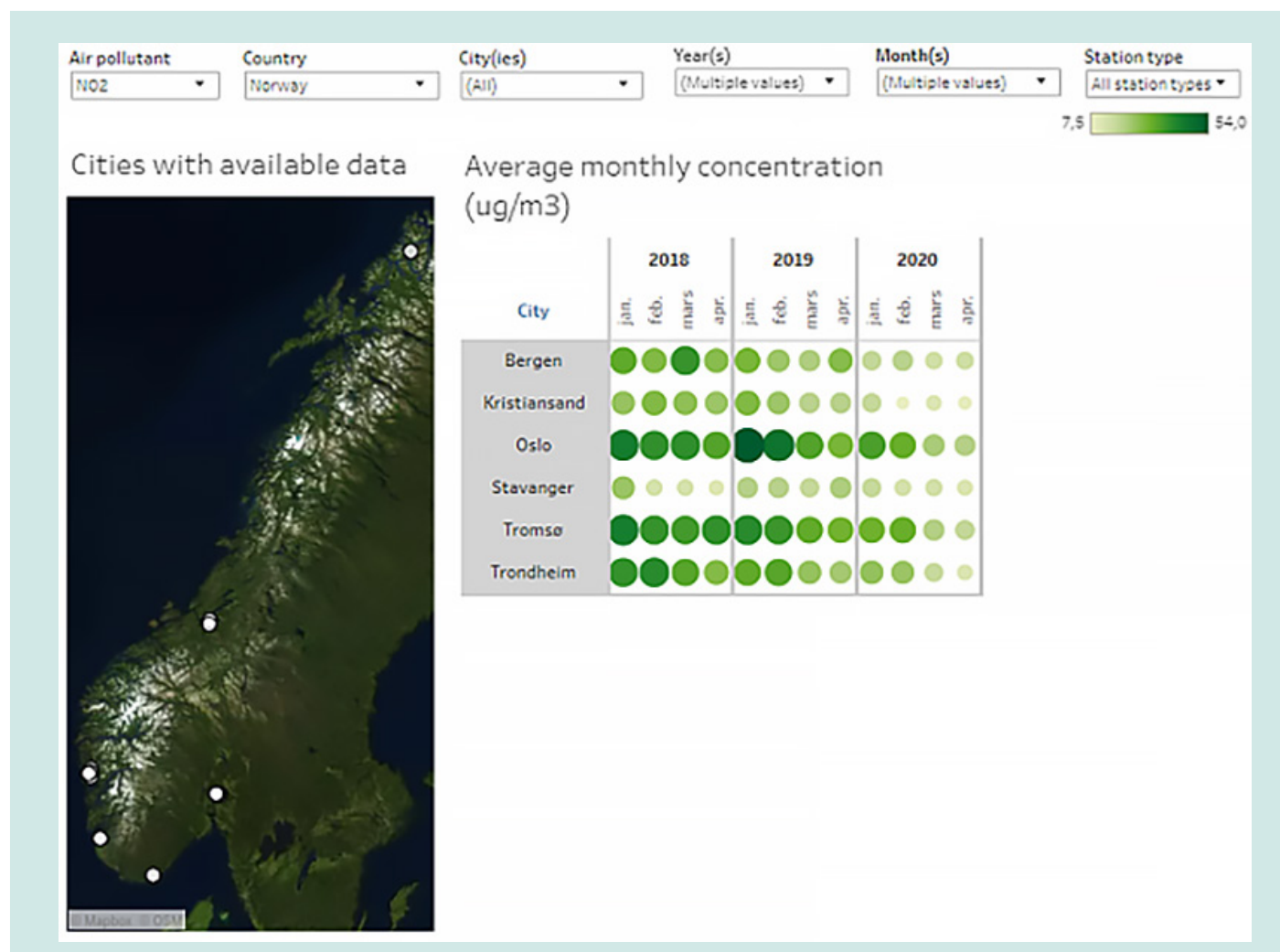
I den årlige rapporten «Air Quality in Europe», som forskningsdirektør Cristina Guerreiro fra NILUs avdeling for miljøeffekter og bærekraft er hovedforfatter for, oppsummeres hvert år status for europeisk luftkvalitet.

– I forbindelse med rapporten for 2020 bestemte vi oss tidlig for at vi måtte ha med et eget kapittel med fokus på luftkvalitetsendringene som skjer som følge av koronatiltakene, forteller Guerreiro.

Alle de 31 landene rapporterer inn ukes- og månedsdata for NO₂ samt svevestøvfraksjonene PM_{2,5} og PM₁₀ til EEA. I EEAs «viewer» er dette visualisert på en måte som gjør det enkelt å se utviklingen for de største byene i hvert land. Fig. 4 nedenfor viser månedlige NO₂-data fra januar-april 2018, 2019 og 2020 fra de største norske byene.

Brukte NILU-modell til koronaberegninger

Guerreiro og kollegaene Sverre Solberg, Sam-Erik Walker og Philipp Schneider benyttet den NILU-utviklede statistiske modellen GAM, Generalised Additive Model, til å beregne hvor stor effekten



Figur 4: Bildet viser månedlige NO₂-data fra januar-april 2018, 2019 og 2020 fra de største norske byene.

av nedstengningen våren 2020 var på den europeiske luftkvaliteten. GAM predikerer konsentrasjonen av ulike forurensende stoffer på målestasjoner i hele Europa, samtidig som den tar hensyn til meteorologiske variasjoner. Dette arbeidet ble også publisert i en vitenskapelig artikkel i *Atmosphere* med tittelen «*Quantifying the Impact of the Covid-19 Lockdown Measures on Nitrogen Dioxide Levels throughout Europe*».

Figur 5 nedenfor viser de beregnede endringene i NO₂-konsentrasjoner for utvalgte europeiske land i april 2020:

Beregningene viser ganske store forskjeller fra land til land. Størst prosentvis endring i NO₂-nivået finner vi i Spania og Frankrike, med en gjennomsnittlig nedgang på henholdsvis 61% og 52%. Til sammenlikning

indikerer modellberegningene at NO₂-konsentrasjonen i Norge gikk ned med 39%.

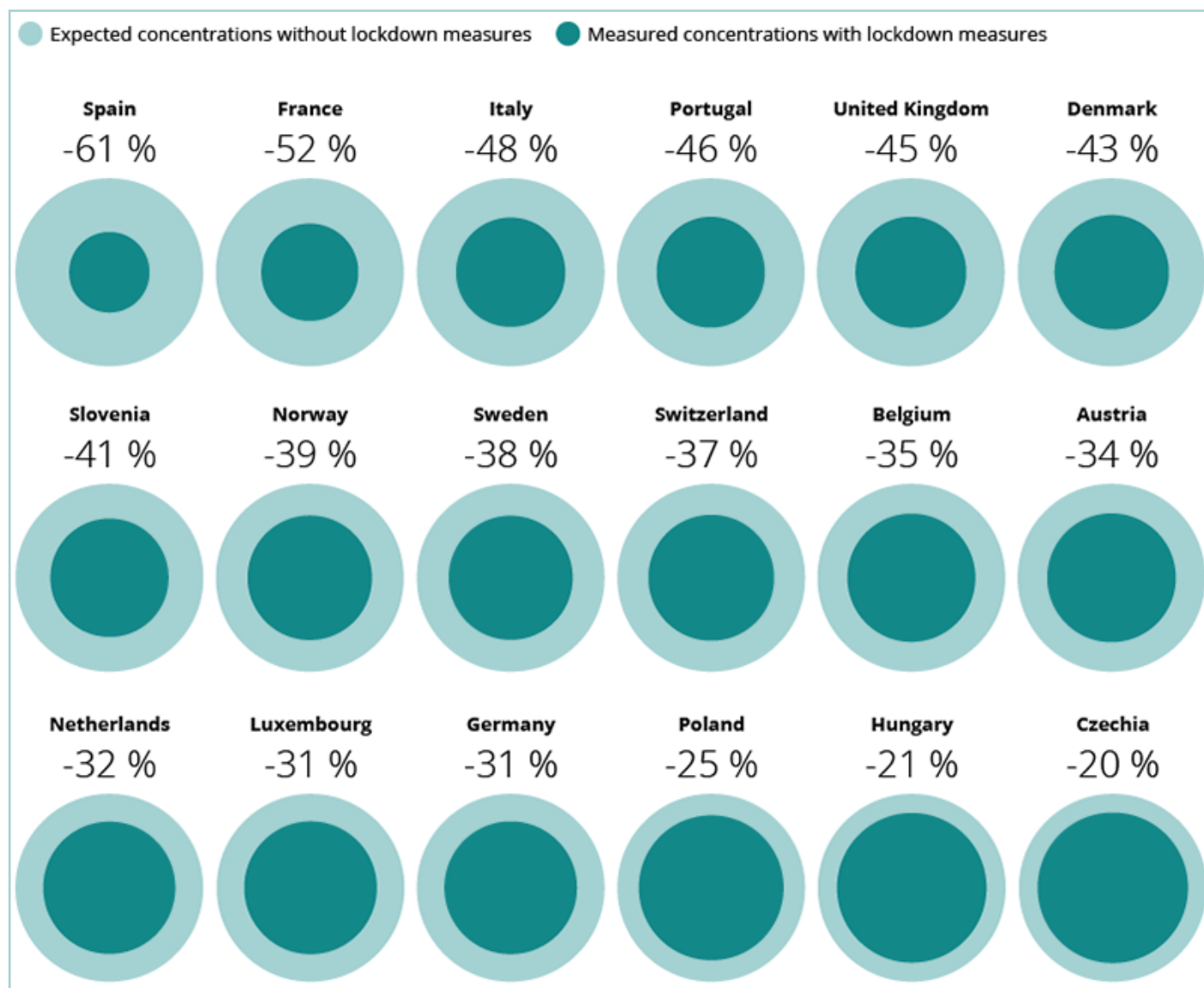
Dette samsvarer bra med trafikktegninger i de største norske byene (Statens Vegvesen, 2020). Vegvesenets tellinger viser en trafikkreduksjon på 30-40% første uke av april og 10-30% siste uke av april sammenlignet med 2019 (de to midterste ukene kan ikke sammenlignes pga. påskeavvikling).

– I flere europeiske land, for eksempel Spania og Frankrike, innførte de streng lockdown med forbud om å gå ut. Det betød jo at antall kjøretøy på veiene sank brått, og siden biltrafikk er hovedkilden til NO₂-forurensning i byene er forskjellen svært stor enkelte steder, sier Guerreiro.

Hva skjer med lufta nå?

I løpet av sommeren 2021 ser vi forhåpentligvis enden på koronapandemien her i Norge og ellers i Europa. Det vil også si at vi etter hvert kan gå tilbake til vår «vanlige hverdag», med reiser til og fra jobb og flyreiser i inn- og utland.

– Hva den totale effekten av de samlede koronatiltakene blir vet vi ikke før vi ser både utslippsberegningene samt målte og beregnede konsentrasjoner av luftforurensninger for hele 2020 og 2021, sier Henrik Grythe. – Når industri- og transportaktiviteten normaliseres vil utslippene stige. Spørsmålet blir om denne unntaksperioden med begrenset mobilitet vil ha noen varig effekt på folks reisevaner, og dermed på luftkvaliteten.



Figur 5: Figuren viser de beregnede endringene i NO₂-konsentrasjoner for utvalgte europeiske land i april 2020: Kilde: Det europeiske miljøbyråets orientering «COVID-19 and Europe's environment: impacts of a global pandemic».

Klimagassovertvåking på Zeppelin og Birkenes:

Rekordnivåer 19 år på rad

Zeppelin, Svalbard. Foto: Ove Hermansen, NILU.

Konsentrasjonene av karbondioksid (CO₂) og metan var rekordhøye i atmosfæren over Norge også i 2019. For CO₂ er det 19. året på rad, og metan hadde den høyeste årlige økningen siden overvåkingen startet.

*Christine Forsetlund Solbakken
kommunikasjonssjef*

20. november 2020 ble siste rapport fra Miljødirektoratets overvåkningsprogram for konsentrasjon av klimagasser og partikler i atmosfæren publisert. Målingene utføres av NILU på oppdrag fra Miljødirektoratet.

Gjennom året overvåkes konsentrasjonen av klimagasser på Zeppelin-stasjonen på Svalbard og Birkenesobservatoriet i Aust-Agder.

Måleresultatene herfra inngår i et globalt nettverk av målestasjoner som overvåker utviklingen av klimagasser i atmosfæren.

Nye CO₂-rekorder hvert år siden 2001

– Vi har observert nye CO₂-rekorder på Zeppelin hvert eneste år siden 2001, sier seniorforsker og programansvarlig Cathrine Lund Myhre. – Så lenge vi slipper ut mer CO₂ enn det som forsvinner, vil konsentrasjonen i atmosfæren fortsette å øke.

Observasjonene fra 2019 viser at årsmiddelkonsentrasjonen av CO₂ i fjor var på hele 411,9 ppm (parts per million,

milliondeler) på Zeppelinobservatoriet ved Ny-Ålesund, Svalbard. Det er 2,6 ppm høyere enn i 2018, og i samsvar med utviklingen i den globale middelverdiøkningen publisert av Verdens meteorologiorganisasjon (WMO). På Birkenes i Agder er konsentrasjonen 416,1 ppm, noe som er 0,9 ppm høyere enn året før.

For høy CO₂-konsentrasjon for å nå målet i Parisavtalen

Et viktig mål i Parisavtalen er at den globale oppvarmingen skal holdes under 2 grader, men helst under 1,5 grader. For å nå 2 gradersmålet må CO₂-konsentrasjonen stabilisere seg på et nivå under 400 ppm. Skal vi nå målet i Parisavtalen må altså konsentrasjonen i atmosfæren ikke øke – den må gå ned.

Ifølge WMO passerte det globale årsgjennomsnittet 400 ppm i 2015. Målingene i atmosfæren over Norge viser dessverre en ytterligere økning år for år, av både CO₂ og metangass.

Metan med høyeste årlig økning siden 2001

Konsentrasjonen av metan har også økt

de siste årene. Metan er en klimagass som er 30 ganger så sterk som CO₂, men den har kortere levetid.

– Når metanutslippene øker så mye som de gjør må CO₂-utslippene reduseres mer enn først antatt, om vi skal ha noen sjanse til å nå målet i Parisavtalen, sier Lund Myhre.

De årlige metan-middelverdiene ble målt til 1961,2 ppb (parts per billion, milliarddeler) på Birkenes og 1952,9 ppb på Zeppelin.

I forhold til 2018-nivået representerer dette en økning på Zeppelin på 14,3 ppb, den høyeste årlige økningen noen gang registrert. Også på Birkenes var økningen betydelig, med 8,2 ppb.

Økningen i den globale middelverdien for metan fra 2018-2019 var ifølge WMO også betydelig; 8 ppb. Det vil si en tilsvarende økning som på Birkenes, men vesentlig lavere enn på Zeppelin.

Usikkerhet rundt metankilder

– Økningen av metankonsentrasjonen er fortsatt et lite mysterium for klimaforskerne. Vi vet ikke med sikkerhet om økningen skyldes utslipp av metan fra menneskelig aktivitet, eller

om det skyldes at klimaendringene har satt i gang prosesser i naturen som slipper ut mer metan til atmosfæren, sier Cathrine Lund Myhre.

Menneskeskapte metanutslipp omfatter blant annet utslipp fra forbrenning av kull, olje, gass og biomasse, lekkasjer fra rørledninger og andre olje- og gassinstallasjoner, utslipp fra drøvtyggere, rismarker og avfallsdeponier.

I tillegg kommer metanutslipp fra naturlige kilder. Disse utgjør anslagsvis 40 prosent av de totale metanutslippene per år.

– Et varmere og våtere klima kan frigjøre mer metan fra naturlige kilder, som økning av våtmarker og tining av permafrost i taiga og tundra. Hvis metan frigis fra disse kildene vil det være vanskelig for oss å stoppe det. Det vil også kunne ha en selvforsterkende effekt ved å bidra til ytterligere klimaendringer, forklarer Lund Myhre.

Følgene Lund Myhre sikter til er blant annet økt risiko for flom og ekstremnedbør med påfølgende skader på hus og andre strukturer, stigende havnivå, tørke og endrede livsvilkår for både mennesker og dyr. Det vil antagelig også ha effekter som fortsatt er ukjente, og kan overraske.

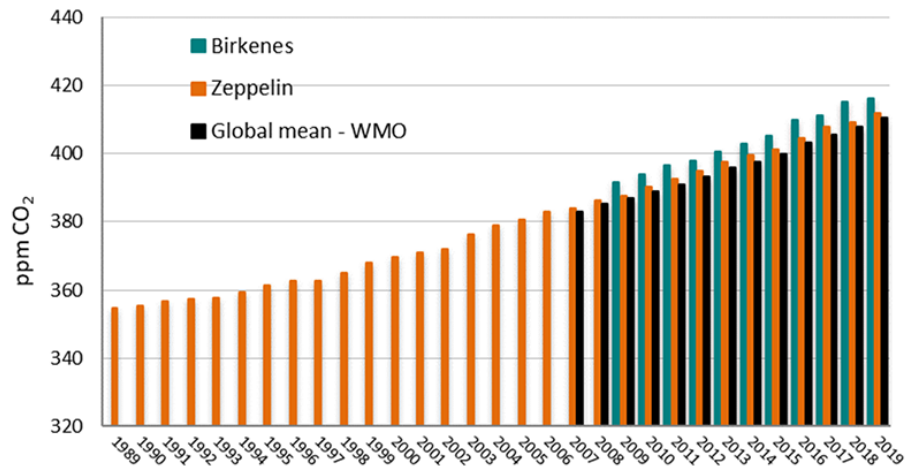
Global klimagassrapport fra WMO

Verdens Meteorologiorganisasjon (WMO) publiserte sin klimagassrapport for året 2019 mandag 23. november. Den er basert på årlige gjennomsnittsverdier fra målinger foretatt over hele verden, der de norske stasjonene på Svalbard og i Agder inngår.

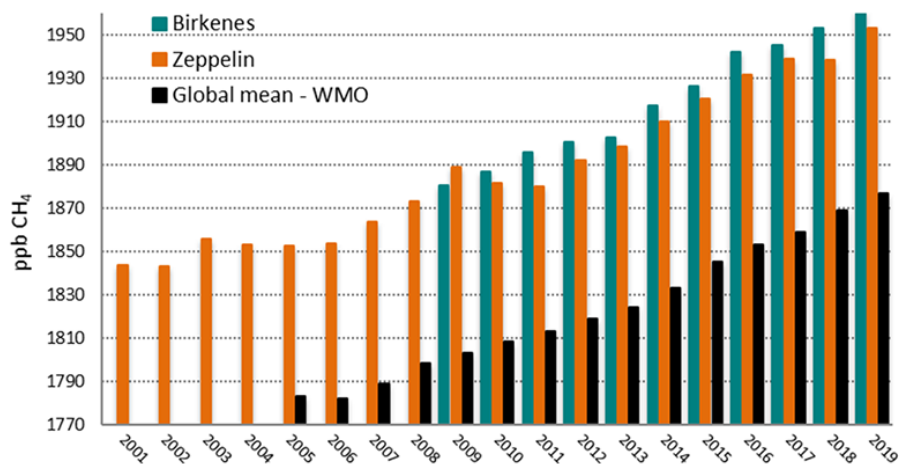
Om måleenheter for klimagasser

CO₂ måles i ppm eller parts per million. Det vil si at når konsentrasjonen i atmosfæren er på 400 ppm, er det 400 CO₂-molekyler for hver million luftmolekyler.

Tilsvarende måles metan i ppb eller parts per billion, altså en milliarddel. Når konsentrasjonen i atmosfæren er på 400 ppb, er det 400 metan-molekyler for hver milliard luftmolekyler.



Figur 1: Årlig middelerdi for karbondioksid (CO₂) på Zeppelin (orange stolper) og Birkenes (grønne), sammenlignet med global middelerdi fra Verdens meteorologiorganisasjon, WMO (svarte stolper). Kilde: NILU / Miljødirektoratet



Figur 2: Årlig middelerdi for metan (CH₄) på Zeppelin (orange stolper) og Birkenes (grønne), sammenlignet med global middelerdi fra Verdens meteorologiorganisasjon, WMO (svarte stolper). Kilde: NILU / Miljødirektoratet



Birkenes. Foto: Harald Willoch, NILU.

Klimagassovertvåkning på Zeppelin og Birkenes:
rekordnivåer 19 år på rad (forts.):

Møt rekordholderne

Observasjonene fra 2019 viser nye rekordhøye nivåer for de fleste av de 46 klimagassene som er med i overvåkningsprogrammet. De største og mest alvorlige økningene skjer for klimagassene CO₂, metan og lystgass. Alle disse finnes naturlig i atmosfæren, og er viktige for det naturlige kretsløpet.

Klimagassene absorberer varmestråling fra jorda, og holder varmen nær jordens overflate. Uten denne effekten, som vi ofte kaller «drivhuseffekten», ville det ikke vært mulig å leve på jorda.

Samtidig viser klimagassovertvåkning at menneskelig aktivitet skaper et overskudd av både CO₂, metan og lystgass som slippes ut til atmosfæren. Økende mengder av disse klimagassene i atmosfæren fører til en gradvis temperaturøkning, som igjen fører til ubalanse i klima- og miljøsystemene på jorda.

Karbondioksid CO₂

- selve klimakjempen

Hovedkilder:

Menneskeskapte kilder til CO₂ i atmosfæren er i all hovedsak forbrenning av fossilt materiale, så som olje, gass og kull. I tillegg kommer ulike industriprosesser og avskoging. Naturlige kilder til CO₂ er ulike prosesser i skog, hav og land.

Karbondioksid er den viktigste av klimagassene, og den som bidrar mest til menneskeskapte klimaendringer (ca. 65%). Dermed er det også den det er viktigst å redusere utslippene av dersom vi skal klare å nå togradersmålet.

Forskerne mener at i førindustriell tid, før år 1750, var CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren på ca. 280 ppm (parts per million). For 2019 meldte Verdens meteorologiske organisasjon (WMO) om en global gjennomsnittskonsentrasjon på 410,5 ppm.

De siste 60 årene har den årlige økningen av CO₂ i atmosfæren foregått ca. 100 ganger raskere enn tidligere naturlige økninger, som for eksempel de som skjedde på slutten av den siste istiden for 11.000-17.000 år siden.

Ifølge Global Carbon Project er de fossile CO₂ utslippene i 2019 61% over 1990-nivå. Men, de vil sannsynligvis være 7% lavere i 2020 enn i 2019, delvis som følge av pandemien.

For å få bukt med CO₂-utslippene må vi legge om livsstilen. Kort sagt må vi forbrenne mindre fossilt drivstoff, som i praksis betyr å kjøre mindre bil, fly mindre og forbrenne mindre kull og gass.

Kilder:

- Global Carbon Project, the Global Carbon Budget 2020:
<https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>
- Miljøstatus
<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/>
- WMO Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin) - No. 16:

Foto: Ove Hermansen, NILU.

<https://public.wmo.int/en/resources/library/wmo-greenhouse-gas-bulletin-no16-november-2020>

- Lindsey, Rebecca. *Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide*: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>, akseptert oktober 2020
- Monitoring of greenhouse gases and aerosols at Svalbard and Birkenes in 2019: <https://www.nilu.no/pub/1850243/>

Metan



- mer enn kuer

Hovedkilder:

Metan (Karbontetrahydrid – CH_4) har både menneskeskapte og naturlige kilder, utslippene er fordelt ca. 60%/40% i dagens atmosfære. Blant de menneskeskapte kildene finner vi olje- og gassinstallasjoner, kullgruver, branner, søppelfyllinger, rismarker og drøvtyggende husdyr. Naturlige kilder er blant annet våtmarker, ville drøvtyggere, termitter og muligens tinende permafrost i taiga og tundra.

Metan regnes som den nest viktigste av klimagassene. Over en hundreårsperiode har metan ca. 32 ganger så stor oppvarmingseffekt i atmosfæren som CO_2 , så den har sterk innvirkning på klimaregnskapet. Over et kortere tidsperspektiv er den enda viktigere.

Samtidig brytes metan i atmosfæren ned i løpet av ca. 10 år, mye raskere enn CO_2 . Det betyr at dersom vi klarer å kutte i metanutslippene vil vi se effekten ganske fort.

Hvis metanøkningen fortsetter som nå vil det være nødvendig med mye større reduksjoner i CO_2 for å begrense oppvarmingen til 2°C. Dette er ikke tatt hensyn til i strategiene som er laget for å nå målene i Parisavtalen.

Før den industrielle revolusjonen rundt år 1750 lå metannivåene i

atmosfæren på rundt 700 parts per billion (ppb). Etter det begynte nivåene å stige, fram til slutten av 1990-tallet. Måledata fra både Zeppelinobservatoriet på Svalbard og fra resten av verden viser at i perioden 1998-2006 var nivået tilnærmet stabilt. Så begynte nivåene å stige igjen, fra 2007 med i gjennomsnitt 6 ppb per år. Fra 2014 startet en enda kraftigere økning, på rundt 7-10 ppb i året.

Foreløpig er ikke atmosfæreforskerne helt sikre på nøyaktig hva metanøkningen i atmosfæren de siste årene kommer av. Det som er sikkert er at det er utrolig viktig å forstå om økningen skyldes endring i kilder i naturen som følge av klimaendringer, eller om det er økning i utslipp fra menneskeskapte kilder. Det er nemlig kun menneskeskapte utslipp vi kan klare å regulere, naturlige utslipp er utenfor vår kontroll.

Kilder:

- <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/>
- <https://nilu.no>
- Monitoring of greenhouse gases and aerosols at Svalbard and Birkenes in 2019: <https://www.nilu.no/pub/1850243/>

Lystgass



- ikke noe å le av

Hovedkilder:

Av menneskelige kilder er bruk og produksjon av nitrogenbasert kunstgjødsel den største kilden til N_2O (dinitrogenoksid – også kalt lystgass).

I tillegg kommer husdyrgjødsel, forbrenning av biomasse, avløp, kompostering og katalytisk rensing i transportsektoren. Lystgass slippes også naturlig ut som følge av prosesser i hav og skog/regnskog.

Lystgass er kanskje den minst kjente av de viktigste klimagassene. Av den totale globale oppvarmingen som skyldes «de tre store» (karbondioksid,

metan og lystgass), bidrar lystgass med ca. sju prosent

Sju prosent høres kanskje ikke så mye ut, men lystgassutslipp fra menneskelige aktiviteter (primært jordbruk) har økt globalt med 30% siden 1980-tallet. Økningstakten har overgått alle utslippsscenarioene FNs klimapanel (IPCC) har skissert. Lystgassutslipp utgjør altså en trussel mot å nå målene i Paris-avtalen, dvs. å begrense oppvarmingen til mindre enn 2°C.

Hvis lystgassutslippene fortsetter som nå vil det dessuten være nødvendig med mye større reduksjoner i de andre viktigste klimagassene, CO_2 og metan, for å begrense oppvarmingen til 2°C.

Det meste av de menneskeskapte lystgassutslippene skyldes bruk av nitrogenbasert kunstgjødsel. Kunstgjødsel er nødvendig for at verdens befolkning skal ha nok mat. Derfor er det å redusere lystgassutslipp fra landbruket ganske vanskelig.

En mulighet er å bruke nitrogengjødsel mer effektivt, slik det har blitt gjort i Europa siden 1990-tallet. Men for å få ned lystgassutslippene må vi gjøre mer enn å bare effektivisere bruken av kunstgjødsel. Vi må også kutte matsvinn og endre kostvanene våre – så som å spise mindre kjøtt. Det vil faktisk ha positiv effekt på både lystgass og metan.

Kilder:

- Tian, H., Xu, R., Canadell, J.G. et al. *A comprehensive quantification of global nitrous oxide sources and sinks*. Nature 586, 248–256 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2780-0>
- Thompson, R.L., Lassaletta, L., Patra, P.K. et al. *Acceleration of global N_2O emissions seen from two decades of atmospheric inversion*. Nat. Clim. Chang. 9, 993–998 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0613-7>
- <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/>

Fordeler og kostnader ved å produsere energi fra fornybare kilder

Fornybare energikilder som vind eller vann har blitt stadig viktigere for energisektoren det siste tiåret. Men har økt bruk av fornybar energi til strømproduksjon utelukkende positive virkninger?

Sonja Grossberndt
forsker

Å gå fra fossilt brensel til fornybare energikilder er en viktig del av klimastrategier over hele verden. I 2020 studerte NILU fordeler og kostnader for miljøet ved økt bruk av fornybare og lavkarbon-energi kilder til strømproduksjon i de europeiske medlemsstatene (EU-27). Studien var en del av NILUs arbeid som partner i «European Topic Center for Climate Change Mitigation and Energy (ETC/CME)». Temasenteret ble finansiert av Det europeiske miljøbyrået (EEA).

Miljøavtrykk fra strømproduksjon

– For å estimere miljøavtrykket fra en økonomisk aktivitet, som for eksempel produksjon av strøm, bruker vi en livsløpsvurdering (Life Cycle Assessment, LCA), forklarer Dr. Evert Bouman.

Bouman er seniorforsker ved NILUs avdeling for miljøeffekter og bærekraft og leder for ETC/CME-studien.

– Med LCA-metoden kan vi estimere miljøpåvirkningen i alle stadier av et produkts levetid, som utvinning av råvarer, prosessering, produksjon, distribusjon og bruk og avhending/gjenvinning. Denne prosessen dekker alle stadier i livssyklusen – fra «vugge til grav», fortsetter Bouman.

Ved hjelp av livsløpsvurderingsmodellen beregnet Bouman miljøpåvirkningen av livssyklusen for den årlige strømproduksjonen i EU-27, på tvers av en rekke påvirkningskategorier som for eksempel klimaendringer og partikkeldannelse. Deretter

sammenlignet han resultatene med et «no-action» hypotetisk scenario som beskriver et europeisk el-system der strømproduksjon fra fornybare kilder er holdt på samme nivå som i 2005.

Ved å sammenligne påvirkningspotensialet i livssyklusene til de to scenariene, ble det mulig for Bouman å beregne fordeler og kostnader knyttet til økt innføring av fornybare energikilder i den europeiske elektrisitetsmiksen.

Miljøpåvirkningen reduseres gjennom fornybare energikilder...

– Resultatene våre viser at påvirkningen fra elektrisitetsproduksjon varierte betydelig avhengig av energikilden som ble vurdert. I tillegg varierte effektindikatorverdiene for de enkelte energikildene betydelig mellom forskjellige medlemsland og år. Dette hadde for eksempel sammenheng med den årlige variasjonen i påvirkning ved forbrenning av drivstoff, og utnyttelsen av den tilgjengelige kapasiteten for elektrisitetsproduksjon, forklarer Bouman.

– Samlet sett ser vi at den økte bruken av fornybare energikilder har ført til en absolutt reduksjon i potensielt negative konsekvenser for de fleste av effektindikatorene som er undersøkt i studien.

Han forklarer at det er to viktige medvirkende faktorer. For det første er bruk av fornybare energikilder til energiproduksjon generelt mindre forurensende enn bruk av fossile kilder. For det andre har andelen av fornybare energikilder i den europeiske elektrisitetsmiksen økt betydelig i perioden 2005-2018. Den økte

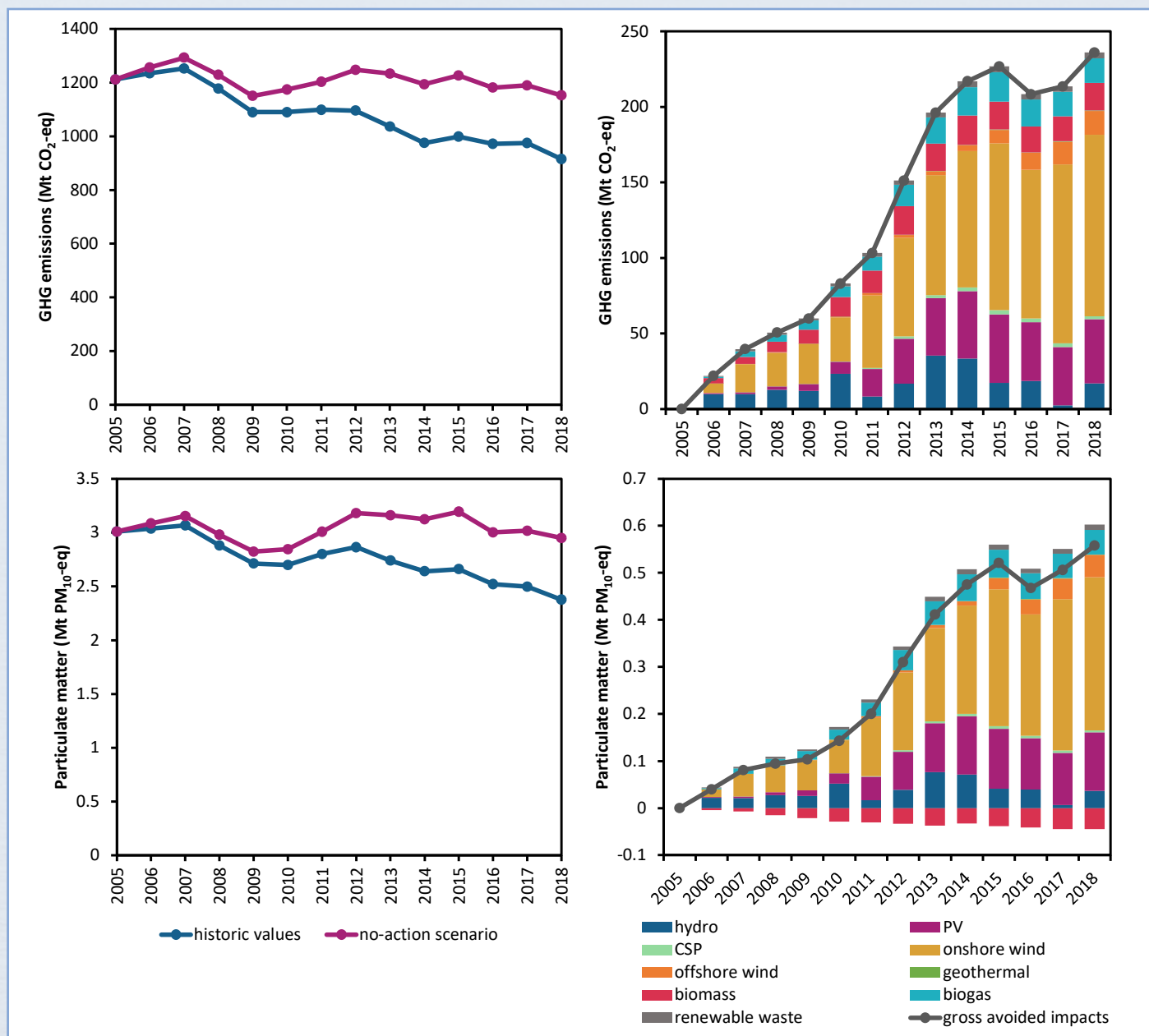
elektrisitetsproduksjonen fra solceller og vindkraft på land, fulgt av bioenergi kilder som biogass og fast biomasse, bidro dermed til lavere livssykluseffekter. Dette er indikert ved en reduksjon i totale utslipp av klimagasser eller partikler.

... men det er kompromisser

Figurene på neste side viser at bruken av fornybare energikilder har ført til en reduksjon i klimagassutslipp. Forskjellen mellom de to scenariene som er presentert til venstre, kan tolkes som «brutto unngåtte miljøpåvirkninger».

Figurene til høyre viser det individuelle bidraget fra fornybare energikilder til de årlige unngåtte miljøpåvirkningene. All elektrisitet fra fornybare kilder bidrar til å unngå påvirkninger i form av drivhusgasser. Økt forbrenning av biomasse, som f.eks. ved, bidrar imidlertid negativt til å unngå partikkelutslipp i form av svevestøv. Men dette kompromisset mellom forbrenning av biomasse og bruk av elektrisitet blir mer enn kompensert gjennom positive bidrag fra de andre fornybare energikildene.

Boumans studie avdekket flere effekter forårsaket av økt bruk av fornybare energikilder, som økt potensial for økotoksiske utslipp til ferskvann (f.eks. relatert til verdikjeder knyttet til produksjon av solceller) og et større «landavtrykk» assosiert med elektrisitetsproduksjon. «Landavtrykket» refererer til landarealet som utnyttes over tid. Det er hovedsakelig relatert til elektrisitetsproduksjon fra fast biomasse, for eksempel gjennom områder dedikert til å dyrke trær for drivstoff. Disse effektene kalles



Figurene til venstre viser utviklingen i klimagassutslipp (uttrykt som megatonn (Mt) CO₂-ekvivalent) og dannelse av partikler (uttrykt som Mt PM₁₀-ekvivalenter) fra årlig strømproduksjon i EU-27, både for de faktiske utslippene og det hypotetiske scenariet.

også «miljøproblemforskyvning» – uforutsette negative konsekvenser ved bruk av fornybare energikilder.

Veien videre

– Rapporten viser at den økende produksjonen av elektrisitet fra fornybare kilder har redusert klimagassutslippene betydelig i perioden 2005-2018, siden den har erstattet bruken av fossilt drivstoff, sier Bouman.

– Vi kan også fastslå at vi har unngått dannelse av partikler, forsuring og eutrofiering.

Imidlertid sier Bouman at disse fordelene koster i form av økt toksisitet og utnyttelse av landområder. Til tross for kompromisser, kunne Bouman også vise at de positive effektene av individuelle fornybare energikilder kan kompensere for negative effekter knyttet til andre fornybare energikilder.

Rapporten viser viktigheten og nødvendigheten av å vurdere fornybare energikilder helhetlig. Dette fordi de fleste alternativene for å redusere klimaendringene både har fordeler og ulemper, som kan få alvorlige konsekvenser for miljø og mennesker.

– Rapporten er publisert av ETC/CME. Vi håper at den gir verdifull informasjon til beslutningstakere i arbeidet med å forme bruken av fornybare energikilder i Europa, avslutter Bouman.

Les mer i rapporten «A life cycle perspective on the benefits of renewable electricity generation», ETC/CME EIONET report 4/2020:
<https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-cme/products/etc-cme-reports/etc-cme-report-4-2020-a-life-cycle-perspective-on-the-benefits-of-renewable-electricity-generation>.



Foto: Jøran Solnes Skaar, NILU.

Innovativ infrastruktur for overvåkning av luftkvalitet i norske kommuner – iFlink

Det er for tiden stor interesse fra en rekke kommuner for å ta i bruk rimelige sensorsystemer til måling av luftkvalitet. Slike målenettverk har potensial til å levere luftkvalitetsdata med høy oppløsning i tid og rom, og åpner for nye måter å presentere miljørelatert informasjon til kommunens innbyggere på.

*Sonja Grossberndt
forsker*

For å støtte denne utviklingen, jobber NILU for tiden med en infrastruktur som skal kunne administrere data fra disse luftkvalitetssensorene. På sikt skal infrastrukturen kunne utvides til å administrere data fra diverse miljøsensorer.

– På NILU har vi jobbet med målesystemer som er basert på bruk av rimelige mikrosensorer i ti år nå.

Det vi vet er at disse rimelige sensorsystemene fortsatt står overfor en rekke utfordringer, sett fra et forskningsperspektiv, sier Dr. Núria Castell. Hun er seniorforsker ved avdeling for by og industri på NILU og har jobbet med bruk av sensorsystemer til luftkvalitetsmåling i flere år. NILU leder nå en rekke prosjekter der bruk av rimelige sensorsystemer står sentralt.

Kostnadseffektive og åpne

– Basert på vår erfaring er datakvaliteten fra rimelige sensorsystemer ennå ikke sammenlignbar med kvaliteten på data fra de offisielle målestasjonene, forklarer Castell.

– I tillegg krever slike nettverk en infrastruktur som kan garantere god og stabil nettverkstilkobling og dataoverføring.

Foruten dette har kommunene også sine egne krav.

– For oss er det viktig å ha kontroll over luftkvalitetsdata fra sensorsystemer som eies av kommunen, forklarer Susanne Lützenkirchen fra Bymiljøetaten i Oslo.

– Vi trenger god oversikt over dataflyt og databehandling, hele veien fra sensor til dataplattform og videre til brukerne. Det er også avgjørende å kjenne til kvaliteten av dataene for å forstå hva de kan brukes til.

Oslo kommune samarbeider med NILU i iFLINK-prosjektet. I iFLINK hjelper NILU kommunene med å utplassere sensornettverk, og utvikler en ny datainfrastruktur for å samle inn, lagre, analysere, visualisere og kommunisere sensordata i nær sanntid. Både nettverket og infrastrukturen testes i Bergen, Bærum, Drammen, Kristiansand og Oslo.

Store forventninger

– Vi må forsikre oss om at informasjonen vi gir til innbyggerne våre er av høy kvalitet. Den må være pålitelig og vitenskapelig forsvarlig, fortsetter Lützenkirchen.

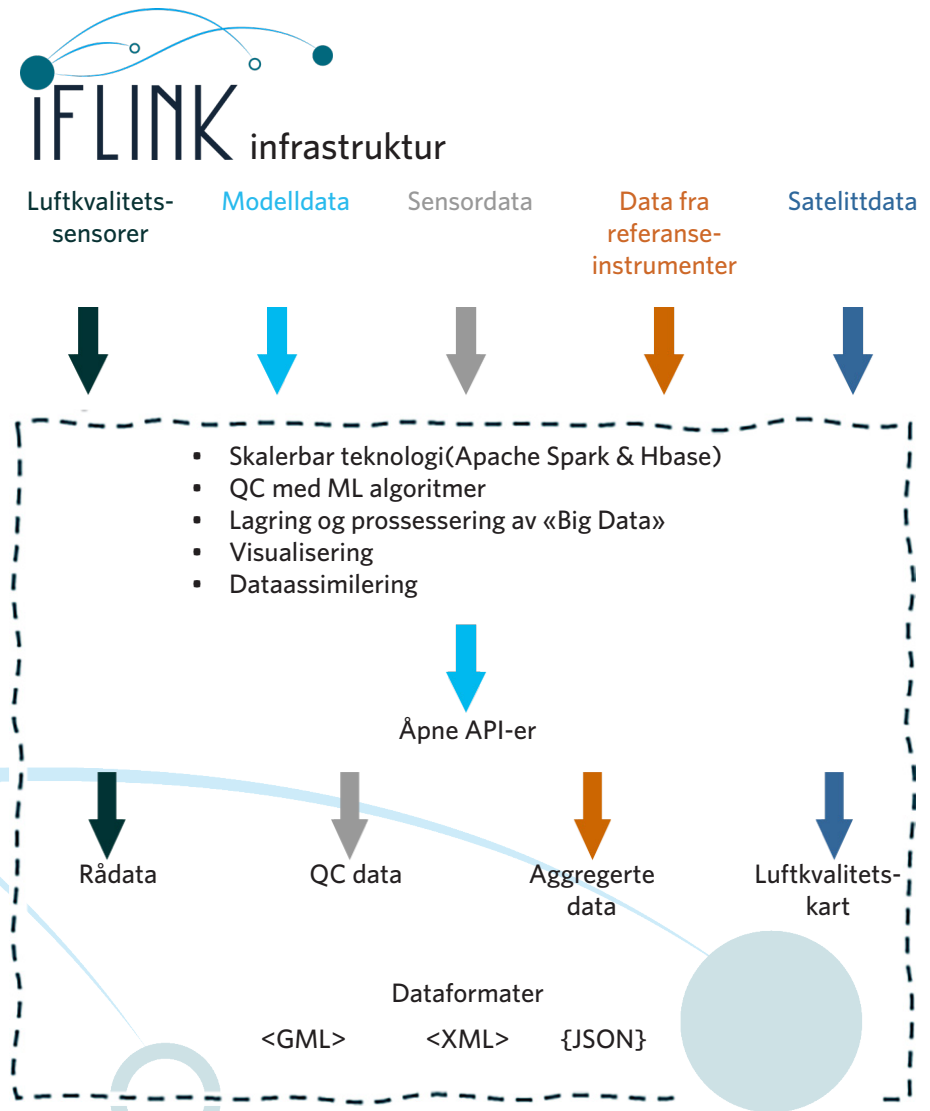
– Vi trenger også åpen tilgang til dataene til enhver tid under prosessen for å kunne bruke dem i det formatet vi trenger. På sikt håper vi å kunne ta i bruk sensorer på flere områder (f.eks. støy, klimagasser, vannkvalitet, trafikk) og kombinere flere datasett for å få en enda bedre oversikt og for å kunne gi enda bedre informasjon til befolkningen

Utstyrt med denne smørbrødlisten over krav fra både et forsknings- og brukerperspektiv, tok NILUs forskere utfordringen og begynte arbeidet med en infrastruktur for å håndtere data fra rimelige sensorsystemer.

Plattformen skulle være åpen, skalerbar og i stand til å integrere og kvalitetskontrollere data fra ulike sensorer, og samtidig levere høyoppløselige resultater. Dataene skulle være tilgjengelige for kommunene i ulike formater og stadier i prosessen, og på sikt også for kommunens innbyggere og andre brukere. Arbeidet fokuserer på to avhengige deler: rimelige målesystemer og datainfrastruktur.

Å etablere et nettverk av rimelige sensorsystemer

– Først måtte vi bli kjent med kommunenes anskaffelsesprosesser,



et arbeid som kan være rimelig tidkrevende. Deretter måtte vi definere hvilke spesifikasjoner og krav som var viktige for sensorene i vår infrastruktur, og som samtidig møtte behovene fra kommunene, forklarer Castell.

Dette krevde ikke bare spesifikasjon av hvilke luftkvalitetsparametere som skulle overvåkes, men kanskje enda viktigere, å identifisere utfordringene knyttet til datainnsamling og -overføring.

– Mange bedrifter leverer en «svart boks» der databehandling og prosedyrer rundt kvalitetskontroll ikke er transparente, fortsetter hun.

– Men for vårt behov er det også viktig å vite hva som skjer på innsiden av denne «svarte boksen», så vi vet hvilke algoritmer vi trenger for å gjennomføre smart kalibrering og kvalitetskontroll. Det var derfor essensielt å velge målesystemer som kan sende data til vår plattform, og at dataene er åpent tilgjengelige.

Etter at målesystemene var levert, måtte Castell og kollegaene hennes

teste dem mot referanseinstrumenter. De testet sensorenheter fra seks ulike produsenter. For noen atmosfæriske komponenter, (nitrogendioksid [NO_2] og små partikler [$\text{PM}_{2.5}$]), samsvarte data fra sensorene godt med data fra referanseinstrumentene.

Men sensorenes evne til korrekt måling av andre komponenter, som for eksempel PM_{10} (grovere partikler som bl.a. skyldes veistøv), var begrenset. Det ble også tydelig at datakvaliteten varierte, avhengig av meteorologiske forhold, hvilken type partikler det var snakk om og konsentrasjonsnivå.

For eksempel ble målinger av partikler påvirket av høy relativ luftfuktighet. NO_2 -sensorene fungerte heller ikke godt når NO_2 -konsentrasjonene var veldig lave eller når konsentrasjonen av ozon var veldig høy.

– Av den grunn brukte NILU egnede regresjons- og maskinlæringsalgoritmer til å utvikle smarte kalibreringsalgoritmer for å forbedre

datakvaliteten. Vårt mål er å utvikle beregningsalgoritmer og standardiserte prosedyrer for arbeidsprosesser, som også kan anvendes i andre kommuner, forklarer Castell.

En innovativ datainfrastruktur

Basert på disse erfaringene har NILU utviklet en standardisert infrastruktur for innsamling og bearbeiding av sensordata.

Programvaregrensesnittet «REST API» er internettbasert og gjør det mulig å koble til flere ulike sensorsystemer, uavhengig av dataformat eller lokalisering. Sofistikerte algoritmer for dataassimilering integrerer store mengder sensordata med data fra eksisterende kilder, i sanntid.

Alle data er tilgjengelige i ulike stadier i prosesseringen (rådata, GIS-data, etc.) gjennom et annet API. Dette gjør det mulig for kommunene å tilby effektive informasjonsløsninger til sine innbyggere, for eksempel i form av «klimatedashbord» (paneler som viser sammenstilling av forskjellige data) og forurensningskart.

På sikt kan denne løsningen hjelpe offentlige og private aktører med å utvikle miljørelaterte tjenester i sanntid for f.eks. luftkvalitet, klimaendringer

eller støy, med et sømløst grensesnitt til hvilken som helst smartbyløsning.

– I 2020 dedikerte vi mye tid til å utvikle databasen og algoritmene for sensorkalibrering som en del av iFLINK-prosjektet, forteller Castell.

– I 2021 skal vi etablere store sensornettverk med ulike luftkvalitets-sensorer i de deltagende byene. I Oslo vil vi etablere et enda større nettverk, som del av både iFLINK-prosjektet og det europeiske forskningsprosjektet SensEURcity (se tekstboks).

Vi samarbeider med Ruter og Urban Infrastructure, som tillater oss å montere sensorene våre på bussholdeplasser og bysykkelstativer, der vi også får tilgang til strøm.

Dataene vi samler inn på denne måten vil hjelpe oss å teste infrastrukturen og å forbedre algoritmene i databasen.

Dataplattformen som er utviklet i iFLINK-prosjektet benyttes allerede i flere nye forskningsprosjekter der bruk av sensorsystemer står sentralt, bl.a. i NordicPATH-prosjektet (se tekstboks).

Åpner for mer involvering av innbyggerne

For 2021 har NILU planer om å ta i bruk den nye infrastrukturen for å teste ulike måter å involvere innbyggerne

i måleaktiviteter og bruk av dataene. Som en del av NordicPATH-prosjektet har en veldig engasjert kommune og brukergruppe i Kristiansand allerede begynt å måle luftkvaliteten med rimelig måleutstyr. De konsentrerer seg om deler av byen som ikke allerede er dekket av offisielle målestasjoner. Måleresultatene blir overført til den nye databasen.

Som en del av det europeiske ACTION-prosjektet (se tekstboks) skal skoleklasser i Oslo bygge PM-sensorer og pushe måledata til NILUs nye plattform via API.

Denne plattformen skal også bli en integrert del av aktiviteter i Oslo, Kristiansand og Bergen som en del av URBANITY-prosjektet (se tekstboks), en videreføring av arbeidene som ble påbegynt i iFLINK. Dette prosjektet får støtte fra Norges forskningsråd og starter opp i september 2021. Prosjektet fokuserer på å engasjere kommunenes innbyggere i overvåking av luftkvalitet, ved å bruke NILUs iFLINK-plattform.

iFLINK

Målet med iFLINK-prosjektet (Innovativ forvaltning av luft og miljø i norske kommuner) er å utvikle en kostnadseffektiv og åpen infrastruktur for maskin til maskin-kommunikasjon, også kalt tingenes internett, for å kunne håndtere lokale miljørelaterte data fra rimelige sensorsystemer. NILU er prosjekteier, med Oslo kommune som prosjektleder. Andre prosjektpartnere er Telia, Telenor, OsloMet og Vicotee AS. Prosjektet mottar også støtte fra Norges forskningsråd.

SensEURcity

I dette prosjektet skal to avdelinger under EUs Generaldirektorat (det felles forskningssenteret og miljøavdelingen) evaluere bruken av rimelige målesystemer for luftkvalitet og sammenlikne dem med tradisjonelle metoder for overvåking av luftkvalitet. Partnere er VITO (koordinert fra Belgia), Flanders miljøbyrå (Belgia), Institutt for medisinsk forskning og arbeidshelse (Kroatia), og NILU (Norge).

ACTION

EUs Horisont 2020-prosjekt ACTION forvandler måten vi gjennomfører folkeforskning på; fra en hovedsakelig forskningsstyrt prosess mot en mer deltagende, inkluderende og innbyggerstyrt en. Den anerkjenner mangfoldet i folkeforskningslandskapet og de utfordringene folkeforskningsteamene møter når prosjektene deres utvikler seg.

NILU leder et initiativ der elever fra videregående skoler i Norge bygger og koder sine egne PM-sensorer og designer sine egne forskningsprosjekter innen luftkvalitet.
<https://actionproject.eu/>

NordicPATH

Det overordnede målet med NordicPATH er å etablere en ny modell for innbyggerdeltakelse og samarbeidsplanlegging i Norden. Prosjektet setter søkelys på urban luftkvalitet og de tilknyttede utfordringene med hensyn til klimaendringer. NordicPATH får støtte av NordForsk og ledes av NILU. Partnere er IVL (Sverige), Göteborgs universitet (Sverige), Maptionnaire (Finland) og Aalborg universitet (Danmark).
<https://nordicpath.nilu.no/>

URBANITY

URBANITY har som mål å sette innbyggerne i stand til å ta en ledende rolle i produksjon av data, bevis og kunnskap om luftkvalitet og klimagassutslipp, og å designe nye mobilitetsløsninger i sine egne nabolag. Prosjektet får støtte av Norges forskningsråd med Oslo kommune Bymiljøetaten som prosjekteier. Forskningsdelen ledes av NILU. Andre partnere er OsloMet (Oslo metropolitan university), TØI (Transportøkonomisk institutt), Ruter AS, Telenor, Vicotee AS og Oslo, Bergen, Kristiansand og Lillestrøm kommune.

NO₂

HAPADS: En mobil overvåkingsplattform for luftkvalitet

Tenk deg dette: Du kjører lastebilen din nedover gaten, og får en advarsel om høye nivåer av NO₂ i lufta i førerhuset. Bilens innebygde klimaanlegg stenger straks av det utvendige luftinntaket, og forhindrer dermed at du får inn mer NO₂ i bilen.

Christine Forsetlund Solbakken
kommunikasjonssjef

– Dette kan være realiteten om noen år, sier Tuan-Vu Cao, forsker ved NILU og en av lederne for prosjektet HAPADS: “Highly Accurate and Autonomous Programmable Platform for Providing Air Pollution Data Services to Drivers and the Public”.

I dette prosjektet samarbeider forskere fra Gdańsk University of Technology, AGH University of Science and Technology, Wrocław University of Science and Technology, LESS Industries, UiT Norges arktiske universitet og NILU. Målet er å utvikle en ny, svært nøyaktig og selvstyrt mobil plattform for overvåking av de luftforurensende stoffene nitrogendioksid (NO₂) og partikler (PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁).

Flere bilprodusenter tilbyr allerede overvåking av luftkvalitet, men disse løsningene er integrert i klimaanleggene og kan ikke kjøpes separat. HAPADS vil tilby en ettermonterbar løsning som både overvåker luftkvaliteten i kabinen og gir en nøyaktig sanntidsmåling av

forurensningen utenfor, via sensorer plassert på kjøretøyet.

De mobile HAPADS-sensorene benytter Edge Intelligence, som tillater lokal databehandling og forbedrer sensortyelsen:

- Redusert datavolum som må overføres via trådløst nettverk
- Forbedret datakvalitet
- Kortere responstid
- Avgjørelser i sanntid

Innovasjonen i HAPADS er ikke begrenset til selve plattformen for overvåking av luftkvalitet. HAPADS vil dessuten utvikle nye sensorteknologier som skal unngå utfordringene med de lavprissensorene som er på markedet per i dag. Mange av dem benytter elektrokjemiske celler for gasser og nefelometre for partikler.

En annen bonus ved å bruke små, mobile luftkvalitetssensorer er at dataene de gir vil forbedre den romlige overvåkningsoppløsningen og bidra til å identifisere «hotspots» for forurensning. Kort sagt vil HAPADS bidra med luftkvalitetsdata i høyere tidsmessig og romlig oppløsning.

– Målet vårt er å gjøre det mulig for sluttbrukere som sjåfører, transportselskaper, kommuner og allmennheten å ta informasjonsbaserte beslutninger for å redusere sin eksponering for luftforurensning, sier Cao.

HAPADS er finansiert av EØS-midlene (EEA Grants) og den norske finansieringsordningen (Norway Grants), 2020-2023.

Les mer her: <https://hapads.eu/>



Tuan-Vu Cao Foto: Finn Bjørklid, NILU.

Avdamping av flyktige kjemikalier fra myke, morsomme leketøy

Posene med leker og prøvetakere ble fylt opp med ren og VOC-fri luft og lukket tett igjen. Så sto de i romtemperatur inne på laboratoriet i 24 timer før prøvetakerne ble tatt ut og analysert. Foto: Ingunn Trones, NILU.

Har du hørt om «squishies»? Det er myke skumleker i glade farger, som de siste årene har fylt både leketøysbutikker og barnerom over hele Norge. Barna leker med dem, samler på dem og koser med dem. Men er det trygt?

Christine Forsetlund Solbakken
kommunikasjonssjef

– Ikke nødvendigvis, sier seniorforsker Pernilla Bohlin-Nizzetto ved NILUs avdeling for miljøkjemisk.

Myke, parfymerte leker

På vegne av Miljødirektoratet har Bohlin-Nizzetto og seniorforsker Norbert Schmidbauer i avdeling for måle- og instrumentteknologi undersøkt et utvalg leker for barn under tre år, blant dem såkalte «squishies».

Målet var å finne ut om lekene inneholder og slipper ut flyktige organiske forbindelser (såkalte VOC-er) til innelufta i mengder som kan være skadelige for helsen.

Noen VOC-stoffer kan blant annet virke irriterende på øyne og luftveier. Langvarig eksponering kan også gi skader på lever, nyrer og nervesystemet, samt økt risiko for kreft. De er også koblet til astma eller forverring av astma.

«Squishies» er leker laget av mykt og fargerikt polyuretanplastskum som

ofte er parfymert. Skummet lekene er laget av inneholder blant annet VOC-er. Spørsmålet, og hensikten med denne studien, var å undersøke hvilke VOC-er som slippes ut, og i hvilke mengder. Samtidig ville NILU-forskerne finne ut om også andre plast- og gummileker inneholder og slipper ut VOC-er.

Leketøy på laboratoriet

Undersøkelsene Bohlin-Nizzetto og Schmidbauer utførte ble gjort i to steg. Først samlet de alle lekene, som Miljødirektoratet hadde kjøpt i ulike norske nett- og fysiske butikker, i laboratoriet på NILU. Hver enkelt leke ble pakket ut av emballasjen sin og plassert i en egen lufttett ziplock-plastpose sammen med en passiv luftprøvetaker av typen Tenax TA. Så ble posen fylt opp med ren og VOC-fri luft og lukket tett igjen.

– Etter det lot vi posene stå i romtemperatur i 24 timer før vi tok ut prøvetakerne og analyserte dem, forteller Bohlin-Nizzetto.

Det de fant var ikke oppløftende.

– Vi fant mellom 12-30 individuelle VOC-er per leke med klart målbare konsentrasjoner og klar kjemisk identifikasjon, sier Bohlin-Nizzetto. – Om vi ser på alle lekene samlet fant vi opp mot 150 ulike VOC-er.

Hun forteller videre at nivåene av total-VOC emittert fra enkelte leker var svært høye. Hvis leken som slapp ut mest hadde blitt plassert i et barnerom hadde den vært en større kilde til VOC-er enn vegger, gulvbelegg eller møbler.

Hva skjer med innelufta?

Etter den første runden med analyser plukket forskerne i samarbeid og etter ønske fra Miljødirektoratet ut de tolv lekene som hadde hatt høyest utslipp av VOC-er, og fordelte dem i fire grupper avhengig av type utslipp.

Så ville Bohlin-Nizzetto og Schmidbauer finne ut hvordan stoffene som slippes ut fra lekene påvirker innelufta i et hjem.

For å simulere et så reelt miljø som mulig fikk de låne en ubebodd leilighet på ca. 40 kvadratmeter,

med et barnerom på ca. 6 kvadratmeter.

– Siden ingen bodde der var det ikke noen hudpleieprodukter, rengjøringsmidler eller klær som kunne påvirke målingene, forteller Norbert Schmidbauer. – Dermed var vi ganske sikre på at det prøvetakerne våre ville fange opp kom fra lekene.

I leiligheten plasserte de ut den første gruppen leker i hodeenden av senga på barnerommet. Deretter ble Tenax TA-prøvetakere plassert ut på tre ulike steder i leiligheten: En prøvetaker ble satt i senga, rett ved siden av lekene, for å måle utslipp i umiddelbar nærhet av ansiktet til det tenkte barnet. Prøvetaker nummer to ble plassert på den andre siden av barnerommet, og den tredje og siste prøvetakeren satte de ute i stua.

– Vi lot den første gruppen leker være i senga i 10 timer, forklarer Schmidbauer. – Så tok vi ut både lekene og prøvetakerne, luftet i 24 timer, og satte inn en ny gruppe leker og tilhørende prøvetakere. Dette gjentok vi til vi hadde fått målt utslippene fra alle de fire gruppene med leker. Resultatene fra del 2 viste at lekene med høye nivåer av sykloheksanoner og sykliske siloksaner også påvirket innelufta. Ved å plassere disse lekene i barnerommet økte nivåene av VOC-er i innelufta såpass at det gir grunnlag for videre undersøkelser om eventuell helserisiko.



Bildet viser en av lekene fra undersøkelsen i en lufttett ziplock-plastpose. Metallrøret er Tenax TA-luftprøvetakeren. Foto: Ingunn Trones, NILU.

Lekene med høye nivåer av aromatiske VOC-er og den potensielt irriterende mykgjøreren TXIB påvirket derimot ikke VOC-nivåene i innelufta i leiligheten.

– En årsak til det kan være at de aromatiske VOC-ene allerede hadde rukket å fordampe i tiden som gikk fra del 1 i november og del 2 i februar, forklarer Bohlin-Nizzetto. – Det kunne vi også merke på at lekene luktet mindre da vi pakket dem opp igjen i leiligheten, i forhold til det de gjorde da de var nye.

Luft lekene!

Basert på denne ene undersøkelsen kan ikke de to NILU-forskerne fastslå

med sikkerhet at slike myke leketøy er skadelige for barn som leker med dem eller sover med dem i sengen. Men resultatene er urovekkende, og de ønsker seg mer forskning på området.

I mellomtida er deres råd å ikke pakke ut og sette nye og sterkt duftende leker rett opp i senga eller inn på barnerommet. Siden VOC-nivåene ser ut til å minske over tid anbefaler de å sette dem til «lufting» et godt ventilt sted først.

Miljødirektoratet undersøker videre om VOC-ene som lekene skiller ut kan utgjøre en helserisiko for barn. De vil også vurdere eventuelle behov for videre oppfølging på EU-nivå.



Pernilla Bohlin-Nizzetto (t.v.) og Norbert Schmidbauer har på vegne av Miljødirektoratet undersøkt et utvalg leker for barn under tre år, for å finne ut om de slipper ut flyktige organiske forbindelser (såkalte VOC-er) til innelufta. Foto: Christine Forsetlund Solbakken, NILU.



PFOS-konsentrasjonen i gråstegg fra den gamle søppelfyllinga på Grønmo er mer enn ti ganger høyere enn gjennomsnittet av de andre gråsteggene forskerne analyserte. Illustrasjonsfoto: Eldbjørg Heimstad, NILU.

Dyra i Oslo røper hvilke miljøgifter vi lever med

Rødrev, rotter, meitemark, gråstrost, spurvehauk og kattugle. Alle disse dyra lever i og rundt storbyen Oslo, der de er omgitt av – og påvirkes av – alt det mennesker eier, spiser og gjør.

Christine Forsetlund Solbakken
kommunikasjonssjef

På oppdrag fra Miljødirektoratet har NILU – Norsk institutt for luftforskning, Norsk institutt for naturforskning (NINA) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA) hvert år siden 2012 samlet inn og undersøkt miljøgifter i en rekke ulike prøver fra flere forskjellige dyr som lever i og rundt Oslo.

Vil vite mer om bydyra

Det forskerne leter etter er ulike miljøgifter – alt fra metaller som bly, til kjemiske stoffer som bl.a. flammehemmere og perfluoreerte stoffer (PFAS-er).

Prøveresultatene forteller oss hva dyra får i seg, som et direkte resultat av

hvordan vi mennesker påvirker naturen og miljøet i byen vi bor i.

– Vi vet faktisk mindre om miljøgifter i dyra som lever på landjorda enn vi vet om miljøgifter i økosystemene i havet, forteller forskningsdirektør og miljøkjemiker Eldbjørg Heimstad.

– Det var bakgrunnen for at Miljødirektoratet i sin tid startet opp dette overvåkningsprogrammet, som skulle ha fokus på dyr i byer.

Det forskerne finner er viktig informasjon for Miljødirektoratet. Datagrunnlaget benyttes i nasjonal sammenheng, men inngår også i internasjonale miljøgiftreguleringer som REACH og Stockholmkonvensjonen.

Gamle synder

Oslo er Norges største by, med både tettbebyggelse, industri og skogområder

innenfor bygrensa. Dermed må forskerne ta prøver av både jord, luft og dyr fra industri- og boligområder, parker, skiarenaer, vannrenseanlegg og tidligere søppelfyllinger for å få et godt bilde av situasjonen.

Prøvene analyseres for et hundretall av miljøgifter, og de ulike stoffene forskerne finner deles inn i grupper: Metaller, PCB-er, PBDE-er, klorerte parafiner, PFAS-er, pesticider m.m. For hver stoffgruppe sammenliknes forurensningsnivåene på tvers av arter og steder. I tillegg har forskerne vurdert hvilke stoffgrupper som er dominerende i de ulike prøvene og artene, samtidig som de ser på hvor forurensningen kommer fra.

Seniorforsker Dorte Herzke forteller at både nivåer og hvilke miljøgifter de finner varierer stort fra sted til sted.

- Vi fant for eksempel den høyeste konsentrasjonen av PFAS i form av PFOS i grårostegg fra Grønmo, meitemark fra Alnabru og i rottelever generelt. Dette har vi sett gjennom flere år; PFOS-konsentrasjonen i grårost fra for eksempel Grønmo er mer enn ti ganger høyere enn gjennomsnittet av de andre grårosteggene. Siden Grønmo er en gammel søppelfylling, og Alnabru et industriområde, er ikke det så overraskende. Våre «gamle synder» påvirker fortsatt miljøet rundt oss.

Hvor kommer miljøgiftene fra?

Alle rottene med svært høye PFOS-konsentrasjoner i seg er vanskeligere å knytte til en enkelt kilde. Mest sannsynlig betyr det at det finnes flere andre plasser i byen med PFAS-forurensning. Men er det sikkert at dyra får i seg miljøgiftene der de fanges?

- Biologene på NINA har forklart at dyrene mest sannsynlig får i seg stoffene lokalt, sier Herzke. - Fugl kan jo bevege seg over lange avstander, men spesielt mindre fugler forbrenner det de spiser svært raskt. Dermed er sjansen stor for at miljøgiftene vi finner i eggene deres er inntatt nær reirene.

Likevel er det ikke alltid like lett å vite akkurat hva som har skjedd. Når forskerne finner rottegift i rev vet de ikke om reven har spist giftig åte, eller om den har spist forgiftede rotter som dermed er syke og lettere å fange. Det sistnevnte er det forskerne kaller sekundær forgiftning, og kan også forekomme når de finner bly i rovdyr og -fugl. Har de fått i seg blyet direkte, eller har de spist andre dyr eller åtsler som inneholder blyhagl?

Solkrem og såpe svever avsted

Heimstad forteller videre at luftprøvene de har tatt skiller seg ut fra de andre prøvene. De finner helt andre nivåer av noen av miljøgiftene i luftprøvene enn de gjør i prøvene fra dyr, jord og vann.

- Vi kan ta siloksaner om eksempel, sier hun. - Det er en gruppe miljøgifter som brukes mye i såkalte personlige pleieprodukter, som sjampo, solkrem, såpe og fuktighetskremer. I tillegg er siloksaner veldig flyktige, de fordampes lett. Når du dusjer følger de med avløpsvannet ut, så vi finner dem igjen i luftprøver fra VEAS, Norges største vannrenseanlegg. De dukker også opp i luftprøvene vi tok i den populære Slottsparken i sentrum av Oslo.



Forskingsdirektør Eldbjørg Heimstad (t.v.) og seniorforsker Dorte Herzke finner en lang rekke ulike miljøgifter i prøver tatt av dyr som lever i og rundt Oslo. Foto: Linda Hanssen, NILU.

Lufta kan altså fortelle oss noe om hvilke stoffer vi som lever i byen omgir oss med. Samtidig finner forskerne mange andre stoffer som er mindre flyktige, som ikke brytes lett ned, og som både dyra og vi tar opp i oss via først og fremst maten vi spiser. I de fleste prøvene fra dyra ser forskerne at det er de velkjente miljøgiftene PFAS og PCB som dominerer.

Unik overvåkning

Foreløpig finnes det ikke noe tilsvarende overvåkningsprogram i regi av andre land. Det har blitt gjort enkeltstudier, men det spesielle med dette norske programmet er at det tas gjentatte prøver med samme utforming over mange år. Det gir en unik innsikt i utviklingen over tid, samtidig som det er rom for å følge opp interessante funn og utvide hvis nødvendig.

- Å undersøke lokal forurensning er viktig, sier Heimstad. - Ikke bare rører det gamle synder, det avslører nye. De neste fire årene skal vi utvide programmet med prøvetaking på nye stoffer og steder, som i Markasonen, og av nye arter. Både rådyr, bier, humler,

snegler, rovedderkopper og rognetrær står på lista.

For dyra i hovedstaden lever i nær kontakt med menneskene som bor der - og alt de lager, slipper ut og kaster. Det er dette som fører til funn av lokalt høye nivåer av miljøgifter, for langt de færreste av stoffene miljøforskere finner i Oslo-dyra forekommer naturlig i miljøet.

- Vi forsker på dyr og miljø, sier Herzke. - Vi kan ikke si noe sikkert om hva funnene våre betyr for mennesker, men det er sannsynlig at de kan fungere som en indikator for hva vi kan forvente å finne i folk. Kanskje vi bør tenke litt mer på det? Og på det faktum at det er vårt ansvar og vår plikt å vite hvilke kjemikalier vi slipper ut - og slippe ut så lite som mulig av dem - til det nærmiljøet vi og dyra i byen er en del av.

Les mer

Les den siste rapporten i overvåkningsprogrammet MILBY: Environmental pollutants in the terrestrial and urban environment 2019:

<https://www.nilu.no/pub/1846964/>



De som jobber med å sette opp selve masta, og instrumentene i den, er til enhver tid godt sikret. Foto: Chris Lunder, NILU.

Ny mast gir nye målemuligheter ved Birkenesobservatoriet

I Aust-Agder ligger Norges eldste atmosfæriske observatorium, Birkenes. Der har NILU målt langtransportert luftforurensning siden 70-tallet – men 11. september 2020 startet en ny æra. Da kom de første måleresultatene fra den splitter nye 75 meter høye masten. Den gjør Birkenesobservatoriet til del av ICOS-nettverket for atmosfærisk overvåkning.

*Christine Forsetlund Solbakken
kommunikasjonssjef*

– ICOS (Integrated Carbon Observation System) er en europeisk forskningsinfrastruktur som fokuserer på å forstå karbonsyklusen, inkludert karbondioksid og andre drivhusgasser, forklarer forsker Stephen Matthew Platt fra NILUs avdeling for atmosfære og klima.

– Det stilles en rekke krav for at atmosfæriske observasjoner skal kunne inngå i ICOS-målenettverket. Blant annet skal det kunne tas luftprøver minimum 100 meter over bakken,

og i flere nivåer nedover. Siden Birkenesobservatoriet står på en ca. 40 meter høy bakketopp, gjør den nye 75 meter høye masten at vi nå oppfyller dette kravet.

Ikke arbeid for folk med høydeskrekk

Arbeidet med oppsettingen av masten nærmer seg slutten. Ingeniørene fra Norconsult er ferdige med å sette opp selve masten, og NILUs egne ansatte har nettopp montert alt nødvendig utstyr.

– Dette er ikke arbeid for folk med høydeskrekk, forteller avdelingsdirektør

Kjersti Tørnkvist fra avdeling for måle- og instrumentteknologi. – De tre forskerne og ingeniørene som har holdt på i høyden har vært godt sikret underveis. På forhånd var de gjennom fallsikringskurs, og de har etterlevd et strengt sikkerhetsregime.

Noe av det første NILUs forskere og ingeniører gjorde så fort masta var reist, var å montere og isolere et inntaksrør. Det fører luft fra 75, 50 og 10 meters høyde ned til et instrument som registrerer karbondioksid-, metan- og karbonmonoksiddata. De har også montert meteorologiske instrumenter

på bommer som stikker ut på 75 og 10 meters høyde.

Luftmåling over trekronene

– Grunnen til at vi må måle så høyt oppe er for å fange det vi kaller bakgrunnsluft, forklarer seniorforsker Cathrine Lund Myhre.

– Bakgrunnsluft vil si nivået av ulike partikler og gasser som finnes i atmosfæren, men som ikke skyldes lokale utslipp. Det får man kun målt på steder der annen aktivitet ikke bidrar med lokal forurensning. I tillegg vil vi minimere direkte påvirkning fra fotosyntese og CO₂ fra vegetasjonen rundt observatoriet, så vi må opp over trekronene. Det gjør det også mulig å studere utvekslingen mellom atmosfære og vegetasjon.

– Birkenesobservatoriet får med dette status som ICOS-målestasjon klasse 2, følger Platt opp. – Metan- og CO₂-målingene fra Birkenes er like gode som de vi gjør på Zeppelinobservatoriet på Svalbard, men siden vi ikke måler like mange komponenter på Birkenes er det bare Zeppelin som så langt får status som klasse 1 i systemet.

Måledata fra Birkenes vil bli brukt i en rekke ulike sammenhenger. I tillegg til å være åpent tilgjengelige fra ICOS' karbonportal, rapporteres de inn til Miljødirektoratet årlig som del av det norske klimaovervåkningsprogrammet.

– I all hovedsak er dette data som benyttes til forskning, forklarer Lund Myhre. – Her på NILU bruker vi ICOS-data i vår forskning for å forstå utslipp og kilder til CO₂ og metan. Birkenes-data er viktige for å estimere totale utslippsdata fra Europa, og forsøke å skille mellom hva som er menneskeskapte utslipp og hva som har naturlige kilder.

Tanken er at Birkenesmasten på sikt også skal kunne brukes til andre målinger enn bare meteorologi, CO₂ og metan. Lund Myhre ser for seg at det med tiden blir mulig å etablere forskning også på andre komponenter.

Sikker drift i lang tid framover

Masten er satt opp med nødvendig sikring mot lyn og isnedfall. I tillegg ble det utarbeidet egne HMS-prosedyrer for at alle som skal jobbe i og ved masta skal være trygge.

– Disse prosedyrene gjelder for forskere og ingeniører, sier

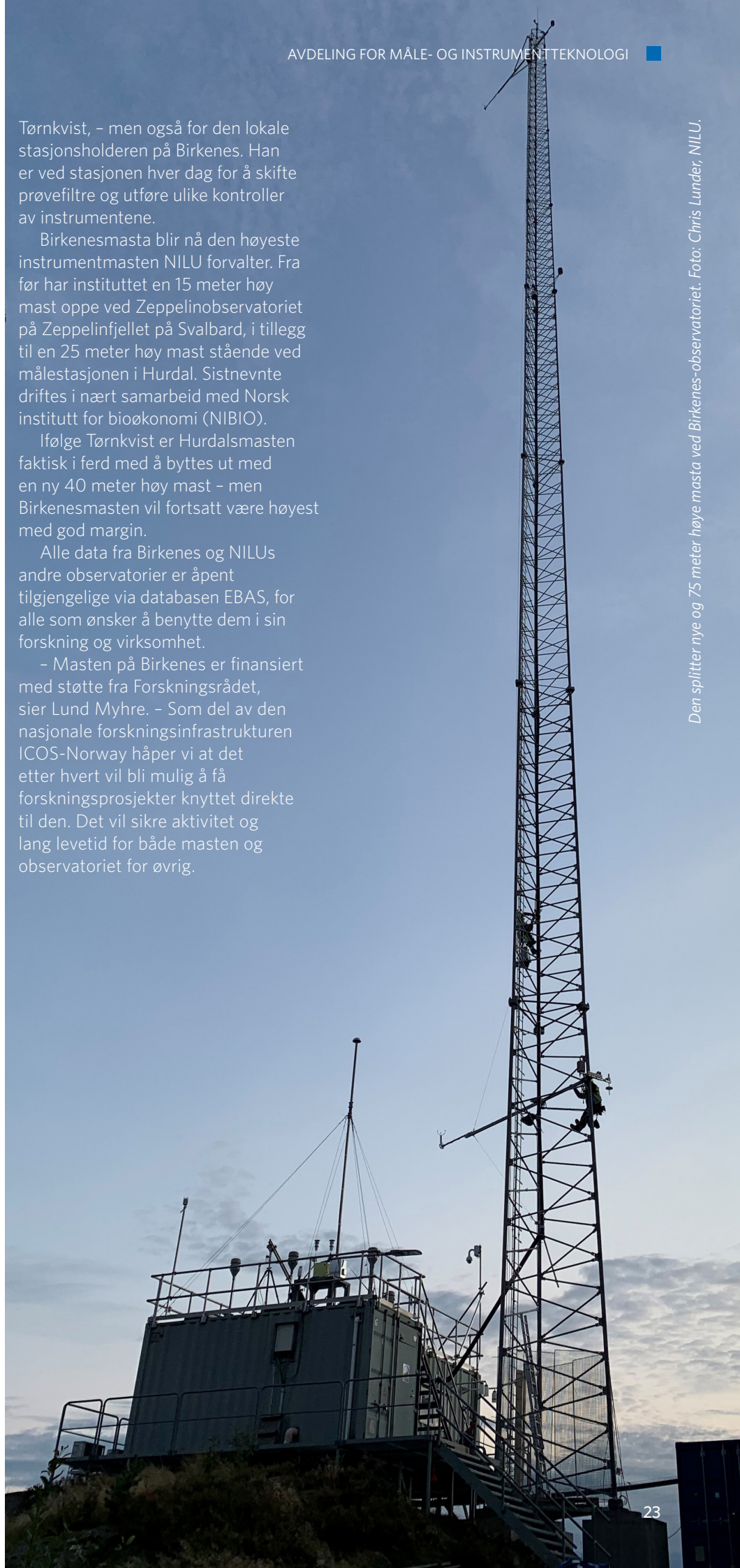
Tørnkvist, – men også for den lokale stasjonsholderen på Birkenes. Han er ved stasjonen hver dag for å skifte prøvefiltre og utføre ulike kontroller av instrumentene.

Birkenesmasta blir nå den høyeste instrumentmasten NILU forvalter. Fra før har instituttet en 15 meter høy mast oppe ved Zeppelinobservatoriet på Zeppelinfjellet på Svalbard, i tillegg til en 25 meter høy mast stående ved målestasjonen i Hurdal. Sistnevnte driftes i nært samarbeid med Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).

Ifølge Tørnkvist er Hurdalsmasten faktisk i ferd med å byttes ut med en ny 40 meter høy mast – men Birkenesmasten vil fortsatt være høyest med god margin.

Alle data fra Birkenes og NILUs andre observatorier er åpent tilgjengelige via databasen EBAS, for alle som ønsker å benytte dem i sin forskning og virksomhet.

– Masten på Birkenes er finansiert med støtte fra Forskningsrådet, sier Lund Myhre. – Som del av den nasjonale forskningsinfrastrukturen ICOS-Norway håper vi at det etter hvert vil bli mulig å få forskningsprosjekter knyttet direkte til den. Det vil sikre aktivitet og lang levetid for både masten og observatoriet for øvrig.



Den splitter nye og 75 meter høye masta ved Birkenes-observatoriet. Foto: Chris Lunder, NILU.

DRAQCL: Hvor pålitelige er inkonsekvente måledata?

Overvåkning av luftkvalitet er ikke enkelt. Måleinstrumenter som streiker, menneskelige feil, visse typer vær og et tøft utemiljø kan forårsake såkalte outliers eller avvik i luftkvalitetsmålingene.

Jean-Marie Lepioufle
forsker

Avviks- eller outlierdeteksjon handler om å identifisere sjeldne hendelser, målinger eller observasjoner som kan forekomme i datasett.

Hvis slike avvik ikke blir oppdaget, men anses som normale målinger og forblir i datasettet, kan de påvirke det endelige måleresultatet.

Mennesker versus maskiner

Å oppdage avvik er en viktig kvalitetskontrolloppgave som utføres manuelt av luftkvalitetsekspertene. Å flagge luftkvalitetsobservasjoner som gyldige eller ugyldige, samt angi årsaken til avvikende verdier, er komplisert og tidkrevende. Det er heller ikke skalerbart til store datasett.

- Forurensende stoffer viser særlig rike variasjonsmønstre i tid og rom på flere skalaer, forklarer forsker Jean-Marie Lepioufle ved NILUs avdeling for software- og hardwareutvikling.
- Disse variasjonene er drevet av komplekse prosesser med kjemiske reaksjoner, atmosfærisk transport, utslipp og avsetning.

Lepioufle har jobbet med maskinlæring i flere år. Han forklarer at verken statistiske metoder eller maskinlæringsmetoder automatisk kan tilpasses bymiljøer i utvikling. Dermed er menneskelig ekspertise en nødvendighet når observasjoner av luftkvalitet mangler, ikke er konsistente eller er av dårlig kvalitet.

Ugyldige data har fortsatt en verdi

Selv eksperter på kvalitetskontroll har problemer med å avgjøre om en

luftkvalitetsverdi er 100% gyldig eller 100% ugyldig.

Videre kan en verdi som ikke er helt korrekt fremdeles gi relevant informasjon. Heldigvis er forskere vant til å håndtere vektete data, for eksempel for å evaluere hvor viktige ulike observasjoner er for datafusjonsformål.

For å imøtekomme dette kom Lepioufle opp med idéen til DRAQCL-prosjektet: "Deployable and Re-usable AQ Quality Control protocols". Målet er å forutsi «vekten» eller påliteligheten til hver enkelt observasjon fra en målestasjon for luftkvalitet, dvs. prediktiv fordeling eller avviksprediksjon.

For å få til dette må Lepioufle og hans kollegaer løse to hovedutfordringer. Den første er at den vanlige protokollen for maskinlæring – å «trene opp» prediksjonsmodellen ved hjelp av referanse- og input-data – er irrelevant her. Den protokollen forutsetter at alt er sikkert (uten usikkerhet), og det stemmer ikke.

- Referansedata inneholder feil, det samme gjør input-data, forklarer han.
- Algoritmene som skaper grunnlaget for prediksjonsmodellene kan generere såkalte artefakter, kunstige produkter som ikke har rot i virkeligheten. Og sist, men ikke minst: Vår ufullstendige kunnskap om det fysiske fenomenet gjør oss ute av stand til å lage den rette prediksjonsmodellen.

Den andre utfordringen er at forskere, ingeniører og teknikere tester forskjellige prediksjonsmodeller for luftkvalitet med ulike algoritmer og datasett. Dette vanskeliggjør videre testing og reproduksjon av studier. Det er også vanskelig å konstruere et betaprodukt som kan

testes uten tilgang til svært spesialisert IT-infrastruktur.

Finpusser teknikken i nye prosjekter

Etter ett års intens innsats har forskerne i det NILU-finansierte DRAQCL-prosjektet kommet et stykke nærmere løsningen: De har implementert en grunnleggende feilprognosemodell for luftkvalitetsmålestasjoner. I tillegg har de utviklet en lettvekts-infrastruktur for bedre distribusjon og reproduserbarhet.

Lepioufle og kollegene hans vil fortsette å jobbe med å forbedre disse metodene og modellene i det pågående prosjektet HAPADS (se artikkel på side 17). De skal også videreføre arbeidet i det ambisiøse prosjektet AirQMan, som er finansiert av Norges forskningsråd.

- Vårt mål er å generalisere denne metoden slik at den passer til alle typer miljøobservasjoner, sier Lepioufle, – og kunne si hva som forårsaker avvikene: Er feilen intern, for eksempel forårsaket av et instrument? Eller er det eksternt, som når veiarbeid forårsaker et uforutsett hopp i svevestøvkonsentrasjonen? Å kunne avgjøre det ville være svært nyttig for våre luftkvalitetsekspertene.

Les mer om AirQMan:

Low Latency Air Quality Management:
<https://www.mn.uio.no/ifi/english/research/projects/airqman/>

Doktorgrad ved NILU:

Ikke-spesifikk karakterisering av organiske forbindelser av økende miljørelevans i luft og biota

Fredag 25.09.2020 forsvarte Laura Röhler sin ph.d.-oppgave ved NMBU – Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Opponentene hennes befant seg henholdsvis i Russland og Sverige, så disputasen foregikk via Zoom. Forskingen er utført ved avdeling for miljøkjemi ved NILU.

*Ingunn Trones
kommunikasjonsrådgiver*

Oppgavens originaltittel er «Non-target and suspect characterisation of organic chemicals of emerging concern in air and biota».

I denne ph.d.-oppgaven ville Laura Röhler finne nye metoder for å skanne etter et stort antall forbindelser i miljøprøver av luft og biota. Målet var å identifisere hittil ukjente forbindelser med potensiell fare for miljøet, såkalte «nye miljøgifter» (chemicals of emerging concern – CEC-er).

Laura utviklet og evaluerte også nye metoder for å unngå bruk av

destruktive eller selektive opprensingsprosesser i prøveopparbeidingen. Hun ønsket å beholde så mange interessante forbindelser som mulig i det endelige prøveekstraktet.

Evalueringen av den nye opprensingsmetoden viste at den kunne gi ekstrakter av tilsvarende renhet og kvalitet som ved tradisjonell metode (bruk av konsentrert svovelsyre). De inneholdt også et bredere utvalg av forbindelser (dvs. også syrelabile forbindelser).

Andre mål med arbeidet var å utvikle nye arbeidsflyter for databehandling for å kunne påvise, identifisere og prioritere nye potensielle CEC-er. I tillegg kom

utvikling av en omfattende instrumentell metode med todimensjonal gasskromatografi kombinert med lavoppløselig massespektrometri.

Kombinasjonen av disse to omfattende deteksjonsmetodene, de nye opprensingsmetodene og nye arbeidsflyter for databehandling avslørte flere potensielle CEC-er i miljøprøvene, noen for aller første gang.

Noen av CEC-ene som ble oppdaget i luft ble påvist både i Sør-Norge og Arktis. Det viser at de kan transporteres over lange avstander i atmosfæren.

CEC-er i biota viste seg å også kunne ha et bioakkumuleringspotensial. Det betyr at de kan ende opp på toppen av næringskjeden.

Lauras funn understreker viktigheten av ikke-spesifikk karakterisering av organiske forbindelser for å påvise nye CEC-er i miljøet på et tidlig tidspunkt. Videre forskning er nødvendig for å evaluere miljøskjebnen til disse nye miljøgiftene og vurdere mulige reguleringstiltak.

Röhler, L. (2020). *Non-target and suspect characterisation of organic chemicals of emerging concern in air and biota = Ikke-spesifikk karakterisering av organiske forbindelser av økende miljørelevans i luft og biota* (Philosophiae doctor (PhD) thesis, 2020:42). Norwegian University of Life Sciences, Faculty of Chemistry, Biotechnology and Food Sciences, Ås, Norway.



Laura Röhler i arbeid i laboratoriet ved Universitetssenteret på Svalbard (UNIS) i Longyearbyen. Utsikt over Adventfjorden mot Hiorthfjellet. Foto: Laura Röhler.

NILUs arbeid for likestilling og mot diskriminering (utdrag)

NILUs arbeid for likestilling og mot diskriminering er forankret i bedriftens overordnede strategi og forretningsplan, visjon og verdier. Det er etter drøftelser med de tillitsvalgte utarbeidet en overordnet personalpolitikk, en lønnspolitikk, en seniorpolitikk, samt retningslinjer for varsling av kritikkverdige forhold.

Kristin Butveit,
HR-sjef

Prinsipper og målsetninger

NILUs personalpolitikk slår fast at NILUs medarbeidere er likeverdige, uavhengig av alder, funksjonsnivå, trosbekjennelse/livssyn, språk, kulturelle forskjeller og seksuell legning. Individuelle egenskaper respekteres og verdsettes.

Status

Med utgangspunkt i styringsverktøyene arbeider ledelsen aktivt sammen med de tillitsvalgte for nå målsetningene gjennom personalprosesser som rekruttering (intern og ekstern), fastsettelse av lønns- og arbeidsvilkår og kompetanseutvikling.

Statistikk

162 ansatte pr. 31.12.2020.

Kjønnsbalanse		Midlertidig ansatte		Foreldrepermisjon		Faktisk deltid	
Prosentandel av alle ansatte		Prosentandel av alle ansatte		Gjennomsnitt antall uker		Prosentandel av alle ansatte	
Kvinner	Menn	Kvinner	Menn	Kvinner	Menn	Kvinner	Menn
52 %	48 %	4 %	1 %	31,3	9,4	10 %	8 %

Fullstendig informasjon er tilgjengelig på NILUs nettsider: <https://www.nilu.no/>

Nøkkeltall

Utdrag fra årsregnskap (alle tall i MNOK):

RESULTATREGNSKAP	2020	2019
Prosjektinntekter	156,0	154,8
Grunnbevilgning	35,0	32,2
Nasjonale oppgaver og tildelinger	12,0	12,0
STIM-EU	5,4	5,9
Driftsinntekter	208,3	204,9

Lønn og sosiale kostnader	-142,4	-143,4
Eksterne utlegg	-20,0	-23,4
Andre driftskostnader	-38,9	-41,3
Driftsresultat	7,0	-3,3

Netto finansposter	-2,9	-1,7
Skatt på ordinært resultat	-1,4	0,6
Årsresultat	2,7	-4,4

BALANSE	31.12.20	31.12.19
Anleggsmidler	89,5	97,2
Omløpsmidler	100,9	82,9
Sum eiendeler	190,4	180,1

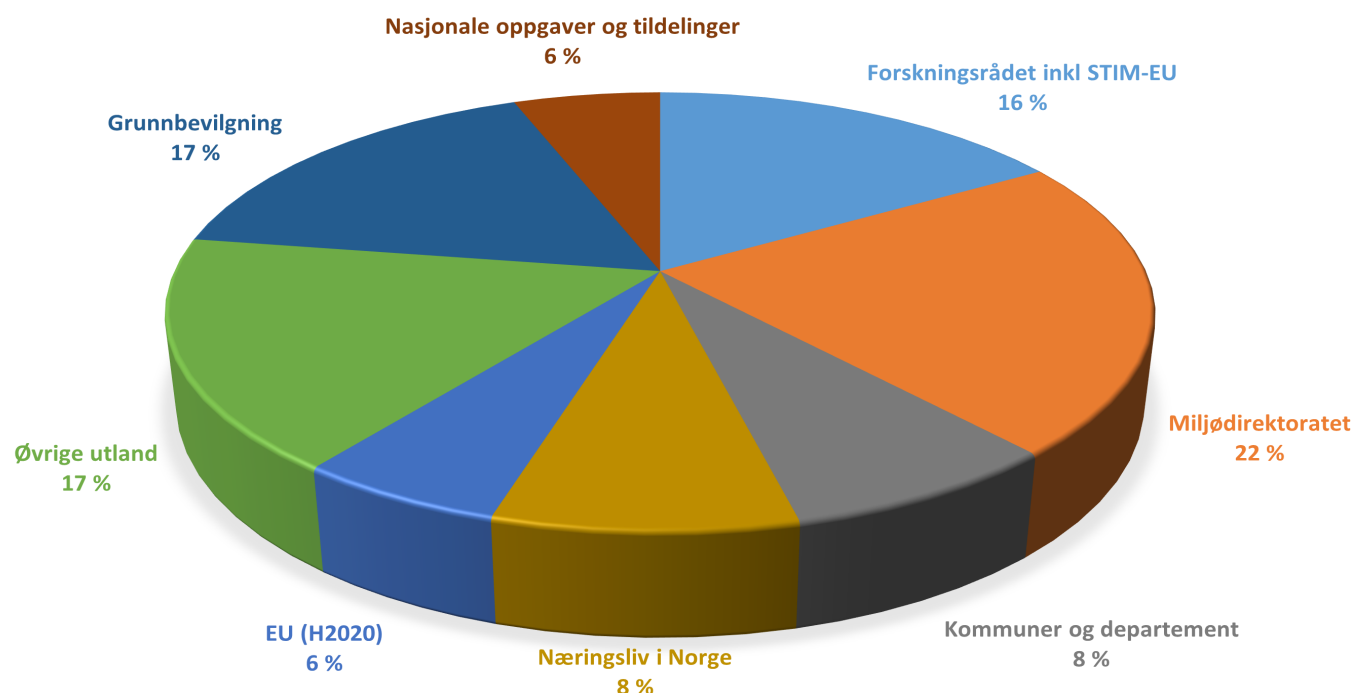
Egenkapital	119,0	116,3
Kortsiktig gjeld	71,4	63,8
Sum gjeld og egenkapital	190,4	180,1

ANTALL UTFØRTE ÅRSVERK	2020	2019
Totalt	147	155
- herav forskerårsverk	72	101
- herav årsverk andre ansatte	75	54
Omsetning per forskerårsverk	2 893	2 038

ANTALL ANSATTE	31.12.20	31.12.19
Totalt fra over 20 ulike nasjoner	162	161
- herav kvinner	85	81
- herav menn	77	80
Antall ansatte med doktorgrad	70	68

PUBLISERING OG FORMIDLING	2020	2019
Vitenskapelige artikler og kapitler	105	104
Foredrag og postere	97	254
NILU-rapporter	30	26
EMEP/CCC-rapporter	4	4
Eksterne rapporter	18	22
Oppslag i media	526	320
Antall følgere på Facebook	1295	1217

Prosjektportefølje – prosentvis fordeling 2020





NILU – Norsk institutt for luftforskning

NILU – Norsk institutt for luftforskning er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåking og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.

NILUs verdier: Integritet – Kompetanse – Samfunnsnytte
NILUs visjon: Forskning for en ren atmosfære

www.nilu.no

NILU – Norsk institutt for luftforskning
Hovedkontor
Postboks 100
2027 Kjeller
Besøksadresse: Instituttveien 18, Kjeller
Telefon 63 89 80 00
E-post nilu@nilu.no
www.nilu.no

NILU i Framsenteret
Hjalmar Johansens gate 14
9296 Tromsø
Telefon 63 89 80 00
E-post nilu@nilu.no
www.nilu.no

ISBN 978-82-425-2971-8 (trykt)
ISBN 978-82-425-2972-5 (elektronisk)