







Bruk av mikrosensorer for luftkvalitet gjennom flere forskningsprosjekter – et erfaringsdokument

BERGEN KOMMUNE

Kristiansand kommune

Oslo

Dato: 19.06.2026

Forsidebilder/-illustrasjoner: Bergen, Kristiansand og Oslo kommunene og NILU

Forfattere:
Halldis Haukås Lillefosse, Bergen kommune
Solvor Stølevik, Kristiansand kommune
Susanne Lützenkirchen, Oslo kommune

Innholdsfortegnelse

Ønske om mikrosensorer/behov for målinger 4
Anskaffelse av mikrosensorer 5
Installasjon av mikrosensorer 5
Folkeforskning 6
Kommune/forskningsinstitutt 7
Avtaler, betaling og ansvar ved ev. skade 7
Oppfølging og vedlikehold 7
Totalkostnader 8
Bærekraft 9
Datasikkerhet 9
Datakvalitet 9
Store datamengder og kvalitetssikring 10
Kombinasjon av mikrosensordata og andre data 11
Aktuelle bruksområder 11
Kartlegging av forurensning fra vedfyring 11
Informasjon og engasjement 11
Oppsummering 12
Referanser 13

Såkalte mikrosensorer for luftkvalitet er rimelige og små i størrelse og skal være lettere å installere enn akkrediterte målestasjoner. Stemmer dette, hva kan vi få ut av disse sensorene, hva kan de egentlig brukes til, og hva er egentlig totalkostnaden til syvende og sist?

Bergen, Kristiansand og Oslo kommunene har samarbeidet om utprøving av slike typer mikrosensorer i to forskningsprosjekter finansiert av Norges forskningsråd; iFLINK (Innovativ forvaltning av luft og miljø i norske kommuner - NILU (iFLINK)) og URBANITY (Urbanity – Sammen for bedre bymiljø og smartere byer). I iFLINK deltok også Bærum og Drammen kommuner. Kristiansand har i tillegg vært med i forskningsprosjektet NordicPATH (nordicpath), som ble finansiert av NordForsk. Videre gjennomfører NILU siden 2024 mikrosensormålinger i Oslo innenfor EU prosjektet more4nature (more4nature).

Gjennom deltakelse i disse forskningsprosjektene samt erfaringsutveksling med andre kommuner også i de andre nordiske landene, har Bergen, Kristiansand og Oslo kommuner fått noen erfaringer og gjort seg noen refleksjoner rundt bruken av mikrosensorer for luftkvalitet som er oppsummert i dette dokumentet. Erfaringene presenteres her fra kommunenes perspektiv, og dokumentet er først og fremst ment for andre offentlige aktører som arbeider med lokal luftkvalitet i Norge.

Med mikrosensor, også kalt lavkostsensor eller sensorsystem, menes i denne sammenhengen en liten og rimelig enhet som måler komponenter av luftforurensning utendørs.

I våre prosjekter har det vært fokus på måling av nitrogendioksid (NO_2) og svevestøv i form av PM_{10} og $PM_{2,5}$. I forbindelse med det første prosjektet, iFLINK, gjennomførte kommunene en anskaffelse. I den forbindelse ble det stilt følgende krav til mikrosensorene.
Mikrosensoren skulle:

- Omfatte både kapsling, sensorer, annen nødvendig hardware
- Ha mulighet for dataoverføring og tilkobling til strøm
- Kunne settes opp utendørs. Det betyr at de måtte tåle sol, regn, snø, is, storm, varme og kulde (temperaturer mellom – 25 og + 50 grader Celsius).
- Være slik utformet at den enkelt kan plasseres/monteres på lyktestolper, rekkverk o.l.
- Være mindre enn 60x45x35 cm med en maksimal vekt på 10 kg
- Koste mindre enn 30.000 NOK

Ønske om mikrosensorer/behov for målinger

Per i dag er det forholdsvis få akkrediterte målestasjoner i byene. Disse er store og ressurskrevende i anskaffelse og drift. Som følge av dette er det mange steder det ikke måles luftkvalitet. For å supplere målinger finnes det modellberegninger som kan vise spredningen av luftforurensningen over et større område. Modellberegninger har imidlertid svakheter og usikkerheter som gjør at ikke all luftforurensning fanges opp av modeller, og de har begrenset oppløsning i tid og rom. I tillegg vil kortvarige endringer i luftforurensning og svært lokale kilder som regel ikke inngå i modeller. Derfor er det av interesse å finne metoder for enkelt og rimelig å kunne kartlegge luftforurensningen lokalt. Interessante bruksområder for data er til:

- Å få generell oversikt over luftkvaliteten
- Arealplanlegging
- Kartlegging av lokale forurensningskilder, f.eks. anleggsvirksomhet, industri, vedfyring og vei
- Informasjon og tjenester til befolkningen
- Målinger som svar på spørsmål fra politikere eller befolkningen

- Kvalitetssikring/forbedring av modeller
- Å vurdere effekt av tiltak

Anskaffelse av mikrosensorer

Innkjøp i det offentlige skal følge reglene i Lov om offentlige anskaffelser (anskaffelsesloven) - Lovdata. Når det kjøpes en eller noen få mikrosensorer vil disse kunne anskaffes direkte fra én leverandør. Dersom det skal etableres et mer omfattende nettverk kan det være at det er behov for mer omfattende anskaffelsesprosesser. Uansett anskaffelsesprosess er det viktig at det stilles tydelige og gode krav til utstyret for å sikre at man får mikrosensorer som fungerer best mulig for formålet.

Det finnes tekniske spesifikasjoner for mikrosensorer for gasser og partikler (CEN/TS 17660-1 og CEN/TS 17660-2). Etter vår kjennskap finnes det derimot foreløpig ingen mikrosensorer som er offisielt testet iht. disse spesifikasjonene. I forbindelse med iFLINK-prosjektet har NILU utarbeidet en rapport om spesifikasjoner (Dauge et al. 2018). Selv om denne rapporten er fra 2018, kan mye av denne informasjonen være svært nyttig dersom man ønsker å anskaffe mikrosensorer. Etter vår erfaring, kan det likevel være vanskelig å evaluere på kvalitet, på grunn av stor variasjon i tilbudene og dokumentasjon. Det bør stilles mest mulige definerte krav til dokumentasjon f.eks. krav til resultater fra felt-tester under nordiske forhold. Referanseprosjekter med kontaktpersoner bør også etterspørres.

En annen faktor som kan være utfordrende er at mange leverandører av mikrosensorer er utenlandske. Dette kan by på utfordringer bl.a. med tanke på anskaffelsesdokumenter, dokumentasjon (både språk og relevans for norske forhold), kontraktsdokumenter og juridiske spørsmål, fakturering, frakt og toll.

Det er viktig at anskaffelsen og kravspesifikasjonen utformes slik at den er hensiktsmessig i forhold til behovet. Dokumentert datakvalitet bør vektlegges, samtidig som den må balanseres i forhold til pris. En mikrosensor slik vi har vurdert det, bør koste under 30.000 NOK/stk for å kunne kategoriseres som lavkost.

Det er også viktig at det ved kjøp eller leie av mikrosensorer spesifiseres at pakkeløsningen av målinger, ev. kalibreringer, tilgang til data og mulighet for innkjøp av ev. forbruksdeler skal vare hele mikrosensorens levetid/leietid. I tillegg bør man stille krav til lagring av data og ev. nedlastingsmuligheter også av historiske data ved behov.

Installasjon av mikrosensorer

Selv om mikrosensorene er mindre i størrelse, må de også plasseres ut, og det kreves en del forhold som må være på plass.

Stedet for plassering av mikrosensoren bør etter våre erfaringer tilfredsstille følgende:

- Ca. 2-3 m over bakken, omtrent samme høyde som akkrediterte målestasjoner og mest mulig utilgjengelig for publikum med tanke på hærverk
- Helst fritthengende. Når mikrosensorer henger f.eks inntil/på en vegg eller under tak vil dette kunne påvirke luftstrømmen og dermed målingene
- Ikke direkte påvirket av spesielle kilder som avtrekksvifter, piper, trikk/t-baneskinner, bussholdeplasser o.l.

- Luftkvaliteten bør være representativ for det man ønsker å måle

For å fungere og sende data trenger mikrosensorene som regel:

- Strømtilkobling.
  Strømtilkobling som enkelt kan på-/avkobles (f.eks. stikkontakt) for utskifting og restarting av mikrosensor kan være en fordel, men bør også sikres mot hærverk. Strømtilkobling er en faktor som kan være kostnadsdrivende og er viktig å inkludere i en kost- nytte vurdering.

  Det finnes også mikrosensorer med batteridrift, men manuell lading ev. bytte av disse anses som for driftsintensiv. Solcellepanel kan da være en mulighet, men funksjonaliteten er usikker i Norge vinterstid. Vi har ikke testet dette i våre prosjekter. Vi har imidlertid testet lading av batterier via strøm fra lyktestolper der strømtilførsel kun er på når det er mørkt. Dette fungerte en stund, men ble krevende på sommerstid pga. kort ladetid. Dette ble ikke testet tilstrekkelig, og batterikvaliteten/antall gjennomførte ladinger kan også ha spilt en rolle.

- Dataforbindelse for dataoverføring enten Wifi-tilkobling, 4G/5G, NB IoT eller LTE.

I tillegg trenger man materiell til installasjon. Dersom mikrosensorer skal installeres mange ulike steder på ulike måter, vil dette kunne kreve ulike installasjonsløsninger. Mest mulig lik montering kan være kostnads- og arbeidsbesparende.

I prosjektene vi har vært involvert i, har installasjon blitt gjennomført på to ulike måter; enten som folkeforskning eller at kommunen/forskningsinstitutter har satt ut mikrosensorer. Det er fordeler og ulemper med begge tilnærminger.

Folkeforskning

I denne sammenhengen menes med folkeforskning («citizens science») at privatpersoner får utdelt mikrosensorer som de selv, ev. med hjelp, installerer hjemme hos seg. Da vil mikrosensorene kobles til strøm (stikkontakt) og dataoverføring må igangsettes. For dataoverføring kan wifi hos deltakerne være aktuell å bruke.

Fordeler:

- Involvering av innbyggere skaper interesse for problemstillingen/utfordringen med luftforurensning.
- Installasjon av mikrosensoren er rimelig (privatpersoner gjør det gratis og fasiliterer, bl.a. strøm og wifi)
- De som har en mikrosensor, kan følge med på den.

Ulemper:

- Det kan være krevende å få nok interesserte i det området/på de stedene hvor man ønsker å måle
- Det kreves en del organisering, og man må ha et system for å følge opp privatpersonene.
- En vanlig forventning til hva mikrosensorer for luftkvalitet kan levere av data («Luftkvaliteten der du bor i sanntid») kan ofte ikke tilfredsstilles med mikrosensorene pga. dårlig/begrenset datakvalitet.
- Installasjon av mikrosensorene må gjøres slik at det passer for privatpersonene og/eller huset/leiligheten der mikrosensorene plasseres. Dette kan føre til

plasseringer som ikke er særlig egnet til å måle luftkvalitet eller at mikrosensorplasseringene ikke kan velges direkte basert på egnethet/ønske, men av hvem som melder seg.
- Man kan ikke kreve at privatpersonene følger opp mikrosensorene, og det er ikke sikkert at oppfølgingen er tilstrekkelig.
- Strenge krav til personvern.

Kommune/forskningsinstitutt

Når en kommune, et forskningsinstitutt eller en annen profesjonell part etablerer mikrosensorer vil mikrosensorene ofte plasseres ute i det offentlige rom. Det må lages egne løsninger for strømtilkobling og dataoverføring (Wifi er som regel ikke aktuell.).

Fordeler:

- Det er større mulighet til å velge plassering etter ønske.
- Tilgang til og kontroll på installasjon, oppfølging og vedlikehold

Ulemper:

- Mikrosensorene må installeres av profesjonelle. Dette trenger man ressurser til.
- Man må finne eller lage egnede strømtilkoblinger. Det kan være dyrt.
- Mikrosensorene må følges opp av profesjonelle. Dette trenger man ressurser til.

Avtaler, betaling og ansvar ved ev. skade

Det er viktig at det lages en avtale mellom den som ønsker å plassere ut og eieren av infrastruktur/stedet der mikrosensoren skal utplasseres. Dette gjelder både privatpersoner, bedrifter og offentlige etater. Avtalen bør regulere bl.a.:

- måleperioden
- ev. kostnadsfordeling f.eks. for strøm og dataoverføring
- ansvar for oppmontering og nedrigging av mikrosensoren og ev. materiell for installasjon og tilbakeføring
- ansvar for eventuelle skader på mikrosensoren eller skader som mikrosensoren kan medføre
- muligheten for å avslutte måleperioden tidligere enn tenkt, spesielt privatpersoner bør når som helst ha mulighet til å trekke seg.
- GDPR og ivaretakelse av personvern og datasikkerhet

Oppfølging og vedlikehold

Mikrosensorer markedsføres etter vår erfaring som vedlikeholdsfrie. Dermed finnes det heller ingen vedlikeholdsrutiner. Det har imidlertid vist seg at mikrosensorene trenger en god del oppfølging, noe som kan bli ganske tidkrevende jo flere mikrosensorer man har. Oppfølging og vedlikehold kan variere en del både fra mikrosensor til mikrosensor og sted til sted, men bør likevel tas med i betraktning når man vurderer måling med mikrosensorer.

Oppfølgings- og vedlikeholdsbehov gjelder bl.a.

- Feil med internettilkobling eller strømtilkobling
- Hærverk
- Fjerne tilvekst av vegetasjon rundt mikrosensor
- Tilsmussing eller snø på mikrosensoren
- Oppfølging og rengjøring av vifter for PM mikrosensorer
- Ev. bytte av mikrosensorer, særlig for gasser pga. forholdsvis kort levetid (estimert til ca. 2 år), eller ev. andre ødelagte deler (f.eks. pga. rust)

Det betyr at man bør sjekke data jevnlig (minst en gang i uken) for å oppdage ev. feil. Det bør vurderes å stille krav i anskaffelsen om at det skal være tilgjengelig statusinformasjon som sier noe om funksjonaliteten til mikrosensorer, f.eks. viftehastighet.

Totalkostnader

I tillegg til kostnader for selve mikrosensoren er det mange andre direkte utgifter samt arbeidstid.

Direkte utgifter omfatter:

- Installasjonskostnader
  - Oppheng/deler
  - Tilrettelegging for strøm og internett (både deler og arbeid)
  - Ev. elektrikerkostnader
- Løpende kostnader
  - Strømkostnader
  - Kostnader for dataoverføring (I vårt tilfelle ble dette hovedsakelig dekket innenfor prosjektene.)

Arbeidstid:

- Anskaffelse
- Samlokalisering
- Installasjon/montering
- Oppfølging av data og ev. kvalitetssikring
- Drift og vedlikehold inkl. oppfølging knyttet til plasseringen
- Nedrigging

I tillegg vil det kunne komme kostnader for datalagring (både database og arbeider), ev. automatisert kvalitetssikring og datavisning til publikum.

Basert på våre erfaringer, kan vi se følgende:

- Jo flere mikrosensorer man har jo rimeligere blir det per mikrosensor.
- Det kan se ut til at drift og vedlikehold samt oppfølging av data er mest tidsintensiv.
- Bruk av elektriker er kostnadsdrivende.
- Bruk av en mest mulig standardisert plassering, kan være kostnads- og tidsbesparende.
- Totalkostnader kan bli betydelig høyere enn selve kostnaden for innkjøp av mikrosensoren.

Bærekraft

Mange mikrosensorer har kort levetid. Flere leverandører tilbyr heller erstatningsenheter enn at mikrosensorene repareres. Dette genererer el-avfall. Selve mikrosensorene, særlig for gassmålinger, har kort levetid, ca. to år. Det bør velges mikrosensorløsninger med mulighet for å bytte enkeltsensorer og deler samt mulighet for reparasjon. Abonnementsløsninger kan være en mulighet. Dette bør det stilles krav til i anskaffelsen.

Det bør også stilles krav til garanti, i offentlige anskaffelser er det som regel minimum to år.

Datasikkerhet

Når det gjelder datasikkerhet anses risiko for at uønskede hendelser knyttet til datasikkerhet og personvern oppstår generelt som lav, og mulig konsekvensnivå av uønskede hendelser vurderes til moderat. Utgangspunktet for vurderingene er at data i utgangspunktet er åpne data og at data er kun tilleggsinformasjon og brukes foreløpig ikke direkte i forbindelse med myndighetsutøvelse eller informasjon til befolkningen.

Hærverk og cyberangrep på leverandør av utstyr/dataoverføring/database anses som de mest relevante sikkerhetsrisikoene.

Det er uansett viktig at det stilles krav til datasikkerhet. Under er noen aspekter som har kommet opp i vårt arbeid. Listen er ikke uttømmende, og hvilke krav som stilles bør vurderes innenfor hvert prosjekt:

- Data bør ikke eksponeres direkte på nett. Dette kan løses ved passordbeskyttelse, kryptering og med skjulte IP-adresser.
- Leverandører av utstyr og dataoverføring bør kunne dokumentere driftsrutiner for datasikkerhet i tråd med god praksis.
- Det er en fordel å bruke norske SIM-kort, slik at norske regler og lover følges, bl.a. når det gjelder personvern og GDPR. Utenlandske SIM-kort har man mindre kontroll på, og det oppstår også spørsmål knyttet til ansvarsfordeling. Det er videre viktig å sikre god signalstyrke for dataoverføring for å unngå treghet og unngå at det brukes mye strøm på dataoverføring, særlig dersom man skulle ha en mikrosensor med batteridrift.
- Dersom man kobler mikrosensorer til lokale wifi-nettverk vil dette kunne gjøre både datasikkerhet og ansvarsfordelingen mer kompleks.
- Det er svært viktig å ta hensyn til GDPR dersom mikrosensorene plasseres hos privatpersoner.
- Datasikkerhet bør vurderes også for lagring av data.

Datakvalitet

Mikrosensorer har betydelig lavere datakvalitet enn akkrediterte målinger. Det kan være stor variasjon fra mikrosensor til mikrosensor og/eller sted til sted. Datakvaliteten og dermed bruksområdene for dataene varierer også blant komponentene. Av de mikrosensorene som vi har kjennskap til, er datakvaliteten for de ulike komponentene ikke spesielt avhengig av leverandør. Det har blitt målt først og fremst NO_2, $PM_{2,5}$ og PM_{10}.

Kristiansand har testet mikrosensorer for SO_2 for å måle utslipp fra industri. Foreløpig viser disse testene at mikrosensorene fanger opp utslippstopper, men ikke forurensningsnivå. Det er kun mikrosensorer fra en leverandør som er testet her.

Generelt er vår erfaring at data for NO_2 og PM_{10} ikke kan brukes. Det kan da se ut til at flere mikrosensorer først og fremst måler små partikler i størrelsesordenen PM_1 når det gjelder støvmålinger. Måledata for $PM_{2,5}$ ser ut til å kunne brukes i mange tilfeller der hovedkilden til forurensningen er vedfyring.

Mikrosensorer bør samlokaliseres på en offisiell målestasjon, for å sjekke hvordan mikrosensorene måler sammenlignet med akkrediterte målinger.

Generelle utfordringer med datakvalitet er knyttet til temperatur, relativ fuktighet, partikkelsammensetning og -egenskaper, variasjon mellom årstidene, plassering av mikrosensoren og kildene (gjelder særlig for støv). Disse problemstillingene og hvordan de kan håndteres er nærmere beskrevet i vitenskapelige artikler som f.eks. Hassani et al. 2025, Giordano et al. 2021 og Hagan og Kroll 2020.

Én enkelt mikrosensor vil som regel ikke være tilstrekkelig til å kunne si noe om forurensningsnivået. Kvantitet (mange mikrosensorer) kan i enkelte tilfeller kompensere for kvalitet, f.eks. for $PM_{2,5}$ i vedfyringsområder. Imidlertid krever dette at data håndteres og kvalitetssikres (jfr. kapittel om

Store datamengder og kvalitetssikring). I tillegg er en sammenstilling av mikrosensordata med andre type data som f.eks. modellberegninger, en fordel og øker merverdien av mikrosensordata (jfr. kapittel om

Kombinasjon av mikrosensordata og andre data).

Store datamengder og kvalitetssikring

Mikrosensorer og da spesielt et nettverk av mikrosensorer genererer mye data. Disse dataene må lagres, og det bør være systemer tilgjengelig for både automatisk og manuell kvalitetssikring og kalibrering. Data på alle kvalitetsnivåer bør lagres, og det er viktig at man har kontroll på hva som er gjort med dataene underveis. Videre bør det kunne lagres andre relevante parametere om tilgjengelig og/eller nødvendig, f.eks. relativ fuktighet, temperatur, viftehastighet osv.

Det betyr at det både er behov for en tilpasset database og at man må bruke ressurser til dette.

En slik database er ganske omfattende og krever vedlikehold og videreutvikling.

Som regel tilbyr leverandører av mikrosensorer egne løsninger for datahåndtering. Dersom man holder seg til en leverandør, vil selve databasen/datavisningen kunne løses av leverandør. Imidlertid er det her viktig å sikre seg når det gjelder lagring og nedlastingsmuligheter for historiske data. Man må dessuten passe på hvordan og hvilke data som gjøres tilgjengelig samt om det er noe automatisk kvalitetskontroll av dataene. Dersom man bruker leverandørløsninger, har man ikke mulighet til egen kvalitetssikring/kalibrering uten at man laster ned data og lager et eget system. For komplekse kvalitetskontroll-løsninger kreves kompetanse og ressurser.

Om man bruker ulike type mikrosensorer og vil sammenstille data må man ha et eget system for datahåndtering.

Det bør uansett vurderes om data skal lastes ned til egen database. Dette for å ha kontroll på dataene og tilgang også etter at prosjekter/målekampanjer er avsluttet.

Uansett vil datahåndtering kreve IT-løsninger og dermed IT-kompetanse og ressurser. I tillegg vil både automatisk og manuell kvalitetssikring av data kreve kompetanse om mikrosensormålinger.

Data fra mikrosensormålinger som vi har gjennomført har blitt håndtert av NILU som har etablert en egen metode for kvalitetskontroll av mikrosensordata (FILTER, Hassani et al. 2025).

Kombinasjon av mikrosensordata og andre data

Etter vår erfaring er det størst verdi av data fra mikrosensorer når de sammenstilles med andre data. Erfaringen innenfor prosjektene som danner grunnlag for dette dokumentet, er først og fremst knyttet til kombinasjon av mikrosensordata og data fra modellberegninger. Mikrosensordata kan da vise konsentrasjonsnivåer på steder der man ellers ikke har målinger og brukes til å korrigere modellen og vice versa.

I prosjektene har det også blitt forsøkt å kombinere flere typer mikrosensorer, f.eks. for luftkvalitet og for trafikk. I tillegg har det blitt prøvd å bruke mobilitetsdata. Etter vår forståelse er denne type sammenstillinger fortsatt på forskningsstadiet. Det kan også tenkes at det kan være av interesse å sammenstille data fra mikrosensorer for luftkvalitet med f.eks. værdata, informasjon om støy og/eller andre miljø- og helsedata.

Kombinasjon av data vil også kreve egnede databaser, kompetanse og ressurser.

Aktuelle bruksområder

Kartlegging av forurensning fra vedfyring

Som nevnt har vi i prosjektene våre først og fremst sett nytten av å bruke mikrosensorer for å kartlegge $PM_{2,5}$ fra vedfyring.

- I Kristiansand indikerer mikrosensordata at $PM_{2,5}$ kan være over øvre vurderingsterskel.
- I Oslo og Bærum er det igangsatt et prosjekt der mikrosensorer skal brukes til å kartlegge vedfyring i Oslo vest og Bærum øst. Dette er et område der det er stor variasjon og usikkerhet i modellberegningene. (more4nature, Bylab)

Informasjon og engasjement

Et annet bruksområde for mikrosensorer er for informasjon til innbyggere, både voksne og barn, om luftforurensning mer generelt og for å skape engasjement og bevisstgjøring for temaet. Gjennom folkeforskningsinitiativer kan man f.eks. gjøre temaet luftforurensning mer konkret og dermed øke interesse og forståelse for saken, samtidig som innbyggerne kan få økt bevissthet for hva de selv kan gjøre for å redusere luftforurensning.

Oppsummering

Aktuelle bruksområder for mikrosensorer kan være bevisstgjøring gjennom folkeforskning og kartlegging av $PM_{2,5}$ fra vedfyring. For sistnevnte kan de da være et nyttig supplement til akkrediterte målinger.

For PM_{10}-målinger som også er en viktig komponent i våre kommuner både i form av veistøv og støv fra bygg- og anleggsplasser, har vi ikke funnet egnede mikrosensorer så langt.

I tillegg kreves det ressurser både for å installere, drifte, vedlikeholde og ta ned mikrosensorer samt følge med på og kvalitetssikre data, slik at bruk av mikrosensorer til syvende og sist ikke er så rimelig som det kan se ut til.

Alt i alt basert på kost-nyttevurderinger vurderer vi foreløpig bruksområder for mikrosensorer for luftkvalitet av det offentlige i Norge som ganske begrenset.

Referanser

Anskaffelsesloven (2016). *Lov om offentlige anskaffelser* (LOV-2016-06-17-73). Lovdata.

Dauge, Franck Rene, Leif Marsteen og Philipp Schneider (2018): *Spesifikasjoner for sensorsystemer til måling av luftkvalitet. Anbefalinger ved anskaffelse.* NILU rapport: 33/2018. Spesifikasjoner for sensorsystemer til måling av luftkvalitet. Anbefalinger ved anskaffelse. - NILU

European Committee for Standardization (2021): *Technical specification on Performance evaluation of air quality sensor systems - Part 1: Gaseous pollutants in ambient air*. (CEN/TS 17660-1)

European Committee for Standardization (2024): *Technical specification on Performance evaluation of air quality sensor systems - Part 2: Particulate matter in ambient air.* (CEN/TS 17660-2)

Giordanoa, Michael R., Carl Malings, Spyros N. Pandis, Albert A. Prestof, V. F. McNeillg, Daniel M. Westervelth, Matthias Beekmanna og R. Subramanian (2021): *From low-cost sensors to high-quality data: A summary of challenges and best practices for effectively calibrating low-cost particulate matter mass sensors*. Journal of Journal of Aerosol Science, 158, 105833. https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2021.105833

Hagan, D. H., & Kroll, J. H. (2020). *Assessing the accuracy of low-cost optical particle sensors using a physics-based approach*. Atmospheric Measurement Techniques, 13 (11), 6343–6355. https://doi.org/10.5194/amt-13-6343-2020.

Hassani, A., Salamalikis, V., Schneider, P., Stebel, K., & Castell, N. (2025). *A scalable framework for harmonizing, standardization, and correcting crowd-sourced low-cost sensor PM2. 5 data across Europe*. Journal of Environmental Management, 380, 125100. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125100