



Måling av luftkvalitet



Science Camp 2019

for elever på videregående skole



Trøndelag
fylkeskommune



NTNU

Skolelaboratoriet for
matematikk, naturfag og teknologi



1 Innledning

Notatet beskriver oppbygging, kalibrering og bruk av et hjemmelaget luftkvalitetsmåler. Tanken er at instrumentet skal kunne anvendes til måling av partikkeltetthet i luft i tillegg til at det måler fuktighet og temperatur med tilhørende GPS-posisjon. Ideen til byggesettet er hentet fra Air:bit som er utviklet ved Universitetet i Tromsø, se airbit.uit.no. En takk til Edvard Pedersen som har latt oss bruke ideen.

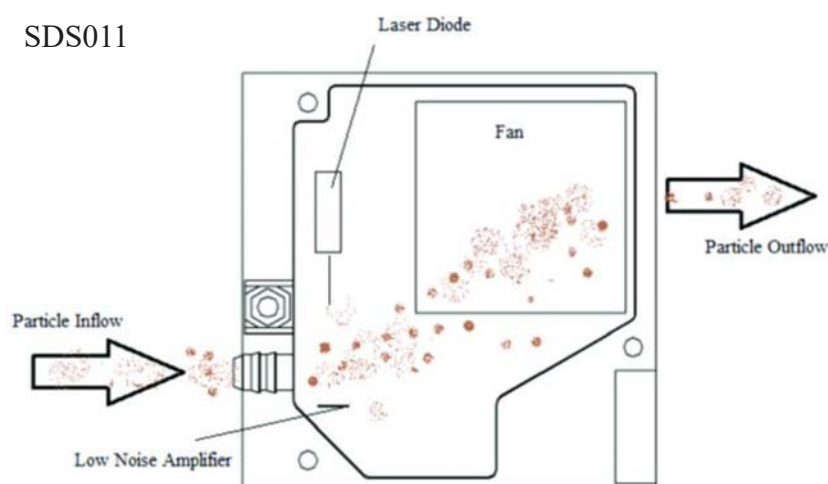
En partikkelmåler er et instrument som måler partikkeltettheten i luften. Dette skjer ved å sende en laserstråle gjennom en prøve av luften og se på spredningen av lyset. Spredningen er avhengig både av bølgelengden til lyset, partikkelstørrelsen og mengden eller tettheten av partikler. Instrumentet må derfor hente en prøve av luften inn i et lite kammer, belyse prøven og måle spredningen. På bakgrunnen av hvor mye lys som spres anslås partikkeltettheten eller antall partikler.

2 Arbeidsoppdrag

2.1 Kort beskrivelse av komponentene

En **partikkelmåler** består av et mørkt kammer og en vifte som drar inn luft i kammeret gjennom et lite rør i siden. En laser belyser luftprøven som fyller kammeret. En lyssensor er plassert til siden for laserstrålen slik at den kun fanger opp det lyset som spres på grunn av partiklene i kammeret. Dette signalet forsterkes, digitaliseres og regnes om til en partikkelkonsentrasjon $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

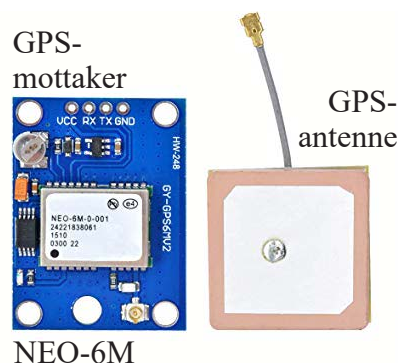
SDS011



En **GPS-mottaker** med antenne etablerer kontakt med et antall satellitter. Disse sender ned tidssignaler som mottakerne benytter for å beregne posisjonen på jordoverflata. Det kan ta noen minutter før kommunikasjonen med satellittene er etablert og en lysdiode begynner å blinke blått på GPS-mottakeren.

En stor **RGB LED** vil lyse enten rødt eller grønt avhengig av om GPS-mottakeren klarer å beregne en gyldig posisjon.

- Rødt ved mislykket posisjonsberegning
- Grønt ved vellykket posisjonsberegning

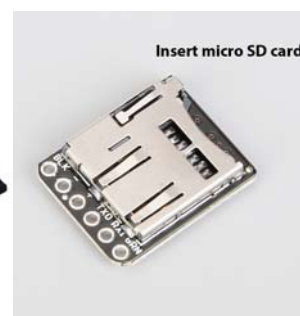




Tempe
sensor

HiH
4000Luftfuktighets-
sensor

Luftkvalitetsmåleren inneholder også en enhet som skriver dataene inn på en fil på et mikro SD-kort. Ved hjelp av en adapter kan dette kortet leses av PC'ene og ev. dataene hentes inn i Excel eller annen programvare for videre behandling.



Det ferdige instrumentet måler partikkeltetthet, relativ luftfuktighet (%), temperatur (°C) og posisjon i lengde- og breddegrader og høyde Følgende oppdrag skal løses:

- Bygg luftkvalitetsmåleren
- Programmer og test instrumentet
- Bruk av profesjonell måler BQ20
- Sammenlign egenbygget og profesjonelt utstyr
- Kalibrer temperatur og fuktighet
- Innhent data fra feltmålinger, veikryss og rundkjøring
- Analyser og dokumenter måleresultatene
- Presenter resultatene

Oppdrag 1 – Monter elektronikken måleinstrumentet:

- Koble opp måleinstrumentet.
Komponentene dere trenger for å bygge opp instrumentet er samlet i en pose.



I alt trengs: 5 stk. røde, 4 stk. blå, 3 stk. gule og 3 stk. grønne ledninger.

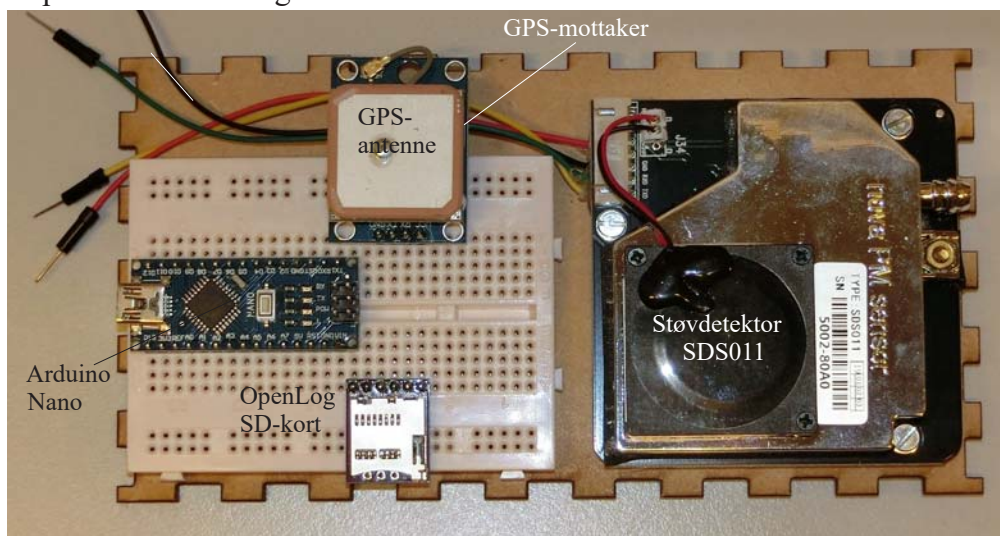
Figuren til høyre viser hvordan koblingsbrettet er konstruert, dvs. hvilke tilkoblingspunkter som er forbundet med hverandre med elektrisk ledende skinner på undersiden av hullene. Disse er markert med røde og blå linjer..

Vi lar den nederste raden med huller være pluss (+) og den nest nederste minus (-) som vist på figuren over.



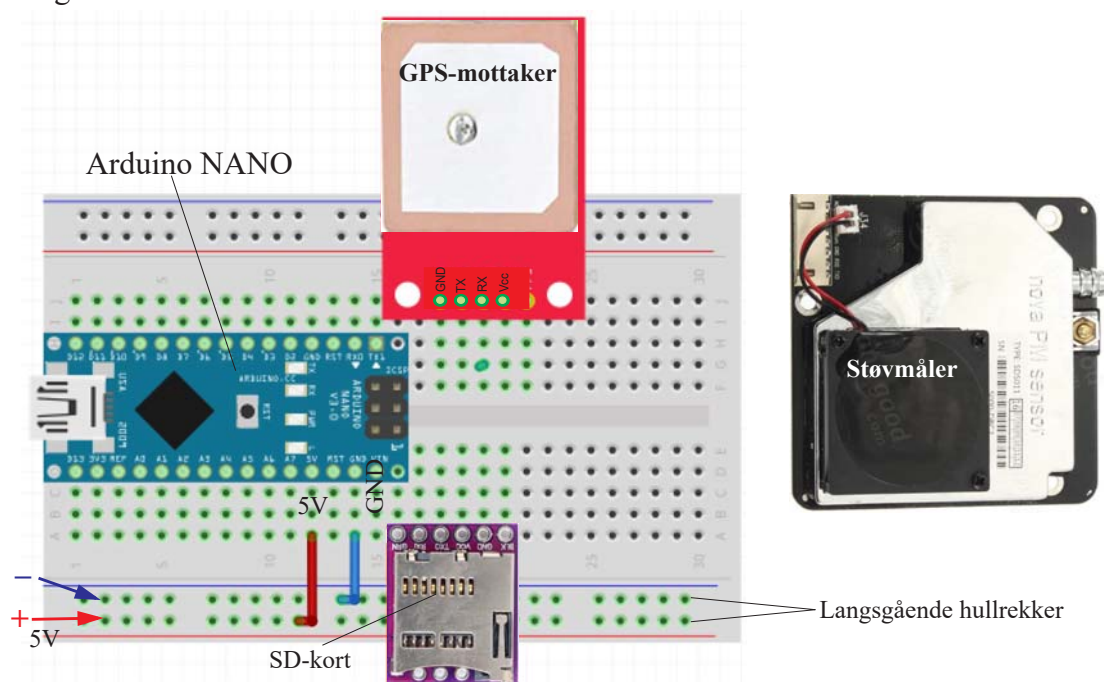


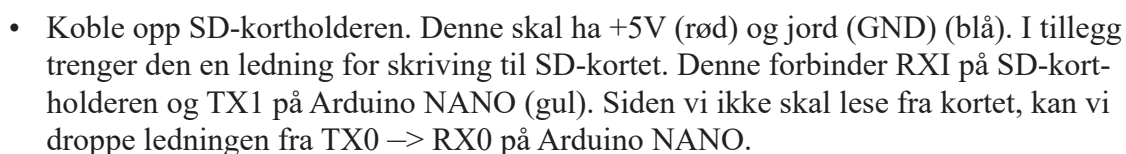
- Begynn med å plasser komponentene som vist på figuren under. Påse at hver komponent plasseres i de riktige hullene



Dette er også vist på tegningen under. Dette er alt gjort når dere får byggesettet.

Begynn med å forbinde de to langsgående hullrekkene til +5V og GND som vist på figuren under.



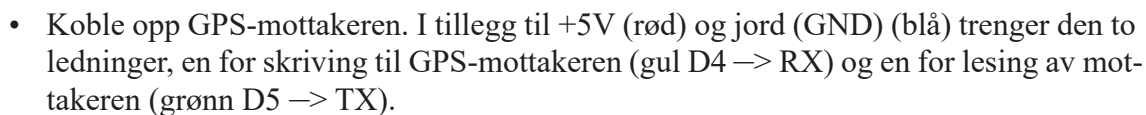


Oppkobling av SD-kortholderen “OpenLog”

The diagram shows the assembly of the OpenLog circuit board on a breadboard. The circuit board is blue and populated with various components, including a microcontroller, a USB-to-UART bridge, and a GPS module. The breadboard is populated with a GPS module (labeled 'GPS-mottaker') and an SD card (labeled 'SD-kort'). The connections are as follows:

- The GPS module's TX pin is connected to the RX pin of the circuit board (labeled 'RXI').
- The GPS module's RX pin is connected to the TX pin of the circuit board (labeled 'TXI').
- The GPS module's GND pin is connected to the GND pin of the circuit board.
- The GPS module's Vcc pin is connected to the Vcc pin of the circuit board.
- The SD card is inserted into the SD card holder, which is connected to the circuit board's SD card interface.
- The circuit board's TXI pin is connected to the TX pin of the GPS module.
- The circuit board's RXI pin is connected to the RX pin of the GPS module.
- The circuit board's GND pin is connected to the GND pin of the GPS module.
- The circuit board's Vcc pin is connected to the Vcc pin of the GPS module.

Langsgående linjer tilkobles 5V og GND



Oppkobling av GPS-mottakeren

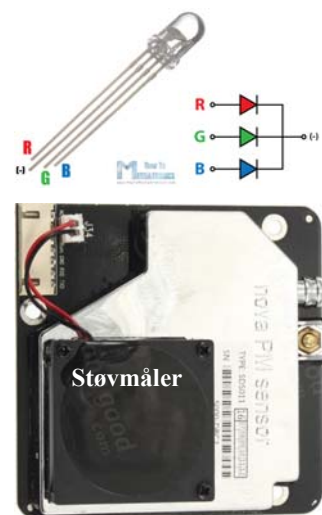
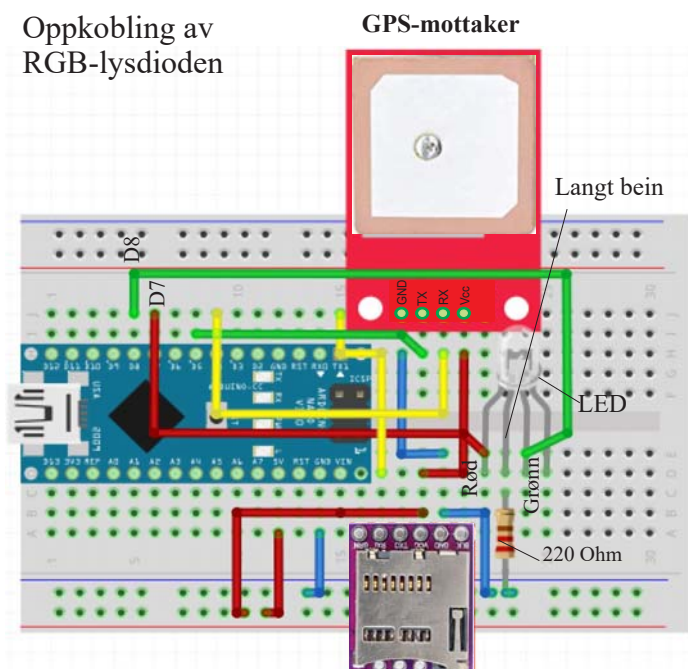
Diagram illustrating the wiring of a GPS module (GPS-mottaker) to an Arduino Uno (D5, D4) on a breadboard. The GPS module is connected to the Arduino's TX, RX, and Vcc pins. The SD-kort (SD card) is also connected to the Arduino's SD pins.





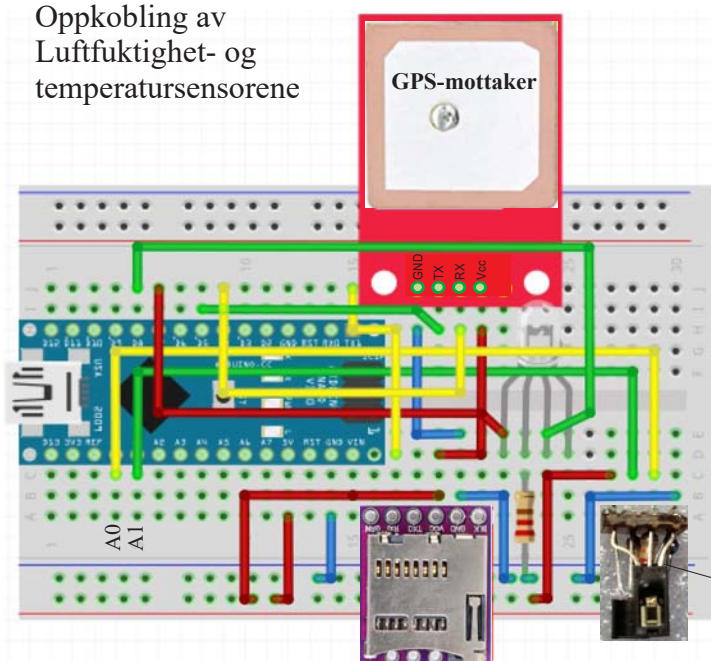
- Koble opp RGB-LED'en. Denne inneholder en rød, en grønn og en blå lysdiode. Vi skal bare bruke den røde og den grønne. Den har også en felles pinne, **det lengste beinet**, som kobles til jord via en motstand på 220 Ohm (rød rød brun). Den røde lysdioden kobles til port D7 (rød) og den grønne til D8 (grønn/blå) på Arduino NANO'en.

Oppkobling av
RGB-lysdioden



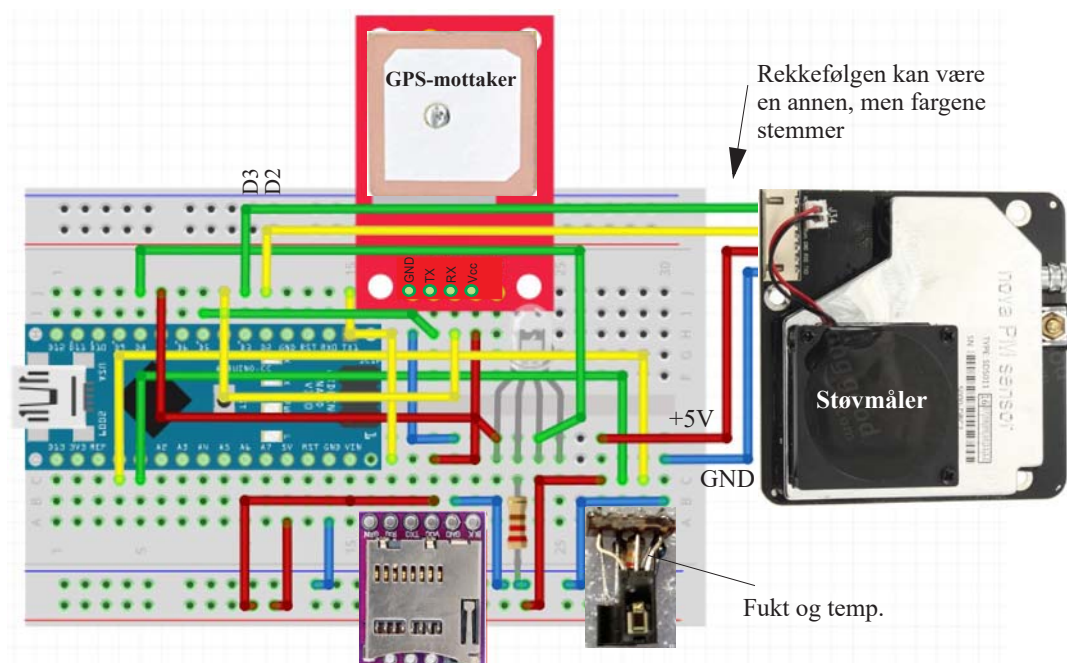
- Monter luftfuktighets- og temperatursensorene som er koblet opp på et eget lite kort. +5V (rød) og jord (GND) (blå) og forbindes med de langsgående koblingsskinnene nederst. I tillegg kobles fuktighetssensoren til A0 på Arduino NANO'en (gul) og temperatursensoren kobles til A1 (grønn) som vist på tegningen under.

Oppkobling av
Luftfuktighet- og
temperatursensorene

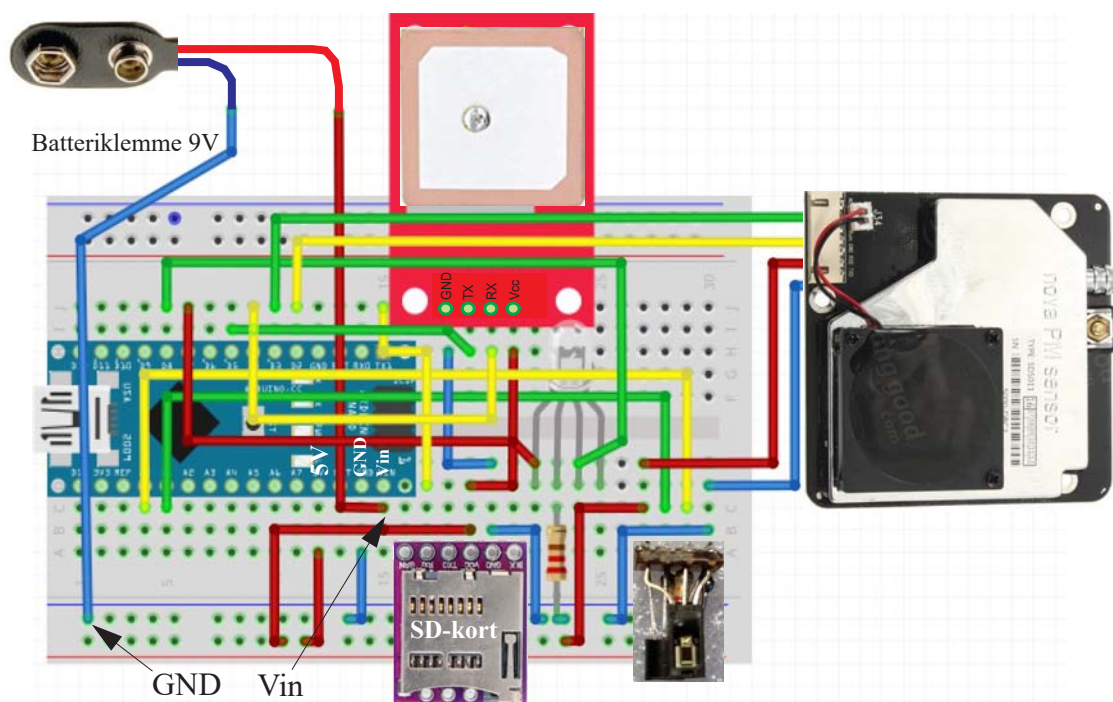




- Koble til støvsensoren, den store boksen som er montert til høyre. Denne har fire ledninger som kan koble rett til koblingsbrettet. I tillegg til +5V (rød) og jord (GND) (blå), har den to ledninger for å overføre data. En gul ledning som kobles til Arduino port D2 og en grønn ledning som kobles til port D3.

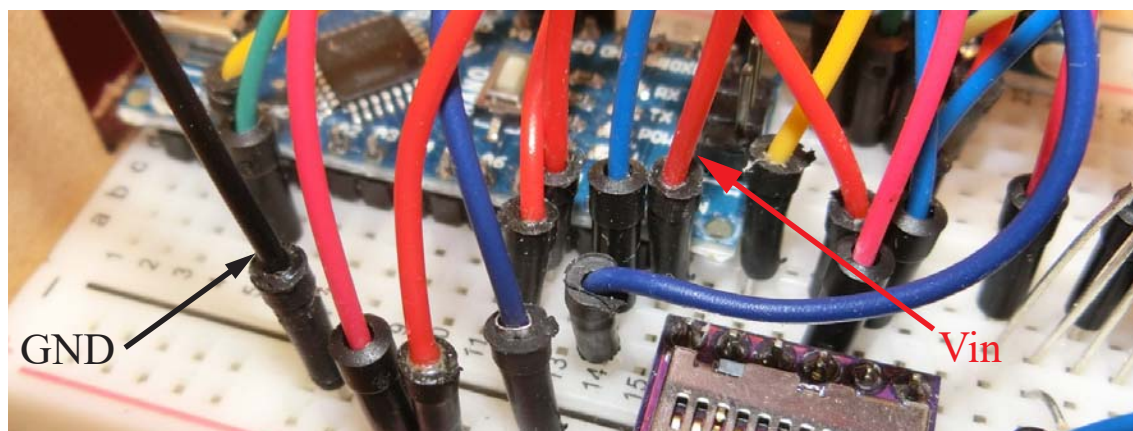


- Så kobler vi til den eksterne spenningskilden, et 9V batteri med en batteriklemme. Den røde ledningen kobles til V_{in} . NB! Det er særdeles viktig at denne kobles V_{in} og ikke til +5V





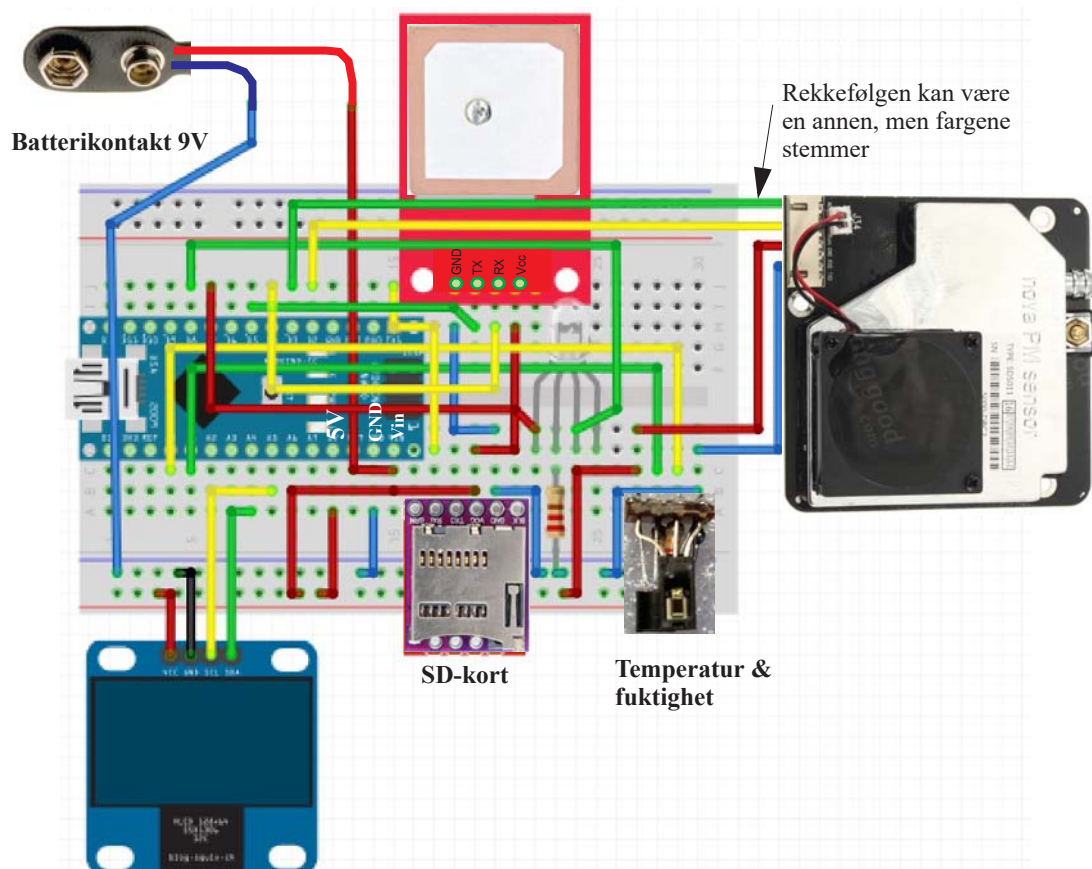
- Bildet under viser hvordan batterikontakten er montert. Rød ledning til V_{in} og sort til GND



Oppdrag 2 - Sett sammen boksen

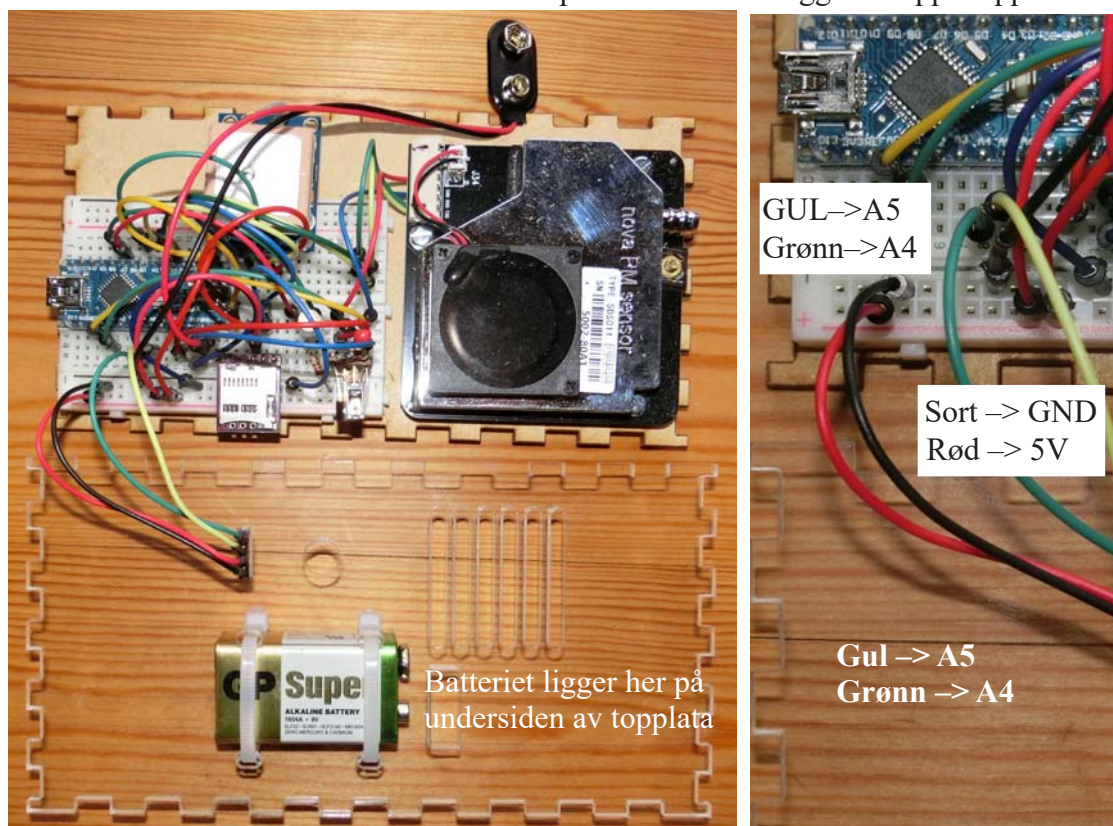
Til å beskytte elektronikken bruker vi en spesiallaget laserkuttet boks i MDF. Det er viktig at alle sideplatene plasseres på rett side da det er laget hull som passer til elektronikken på innsiden. Vi skal ikke lime sammen boksen, men kun presse sideplater og lokk sammen. Om de ikke sitter godt nok, bruker vi en strikk eller litt tape til å holde dem på plass.

- Det første vi gjør er å koble til ledningene fra displayet som sitter på toppplate. Displayet har fire ledninger med ulik farge som vist nederst på figuren under.

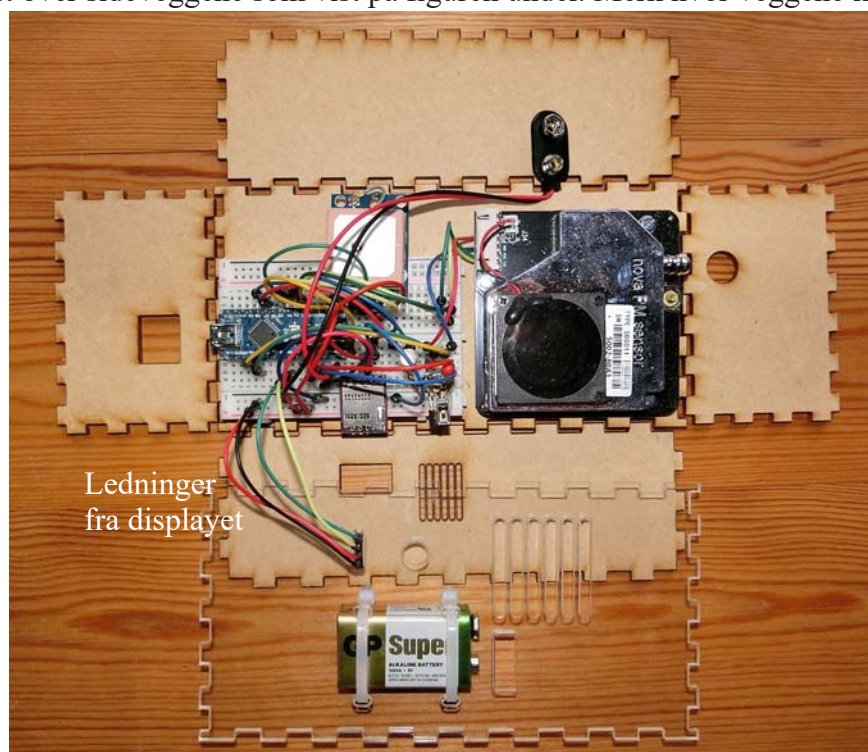




Vi legger topplata opp-ned ved siden av bunnplata og kobler til ledningene som vist på bildet under. Monter batteriet med to strips slik at det blir liggende oppå topplata.

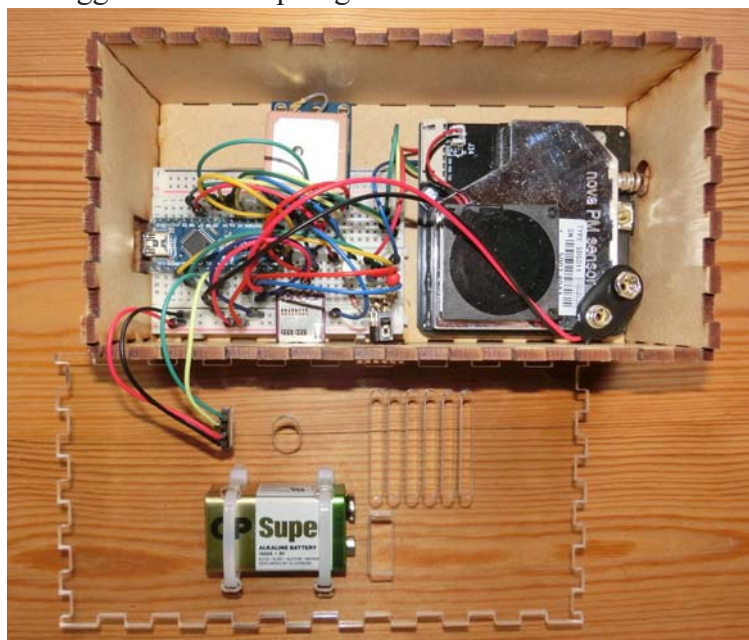


- Gå over og sjekk at alle ledningene er koblet opp riktig i henhold til skjemaet.
- Legg ut over sideveggene som vist på figuren under. Merk hvor veggene ligger.

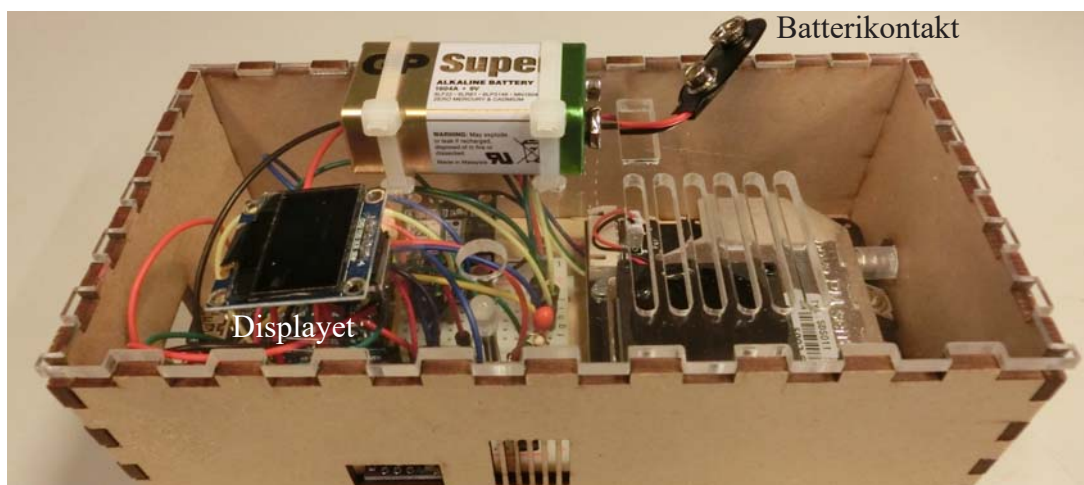




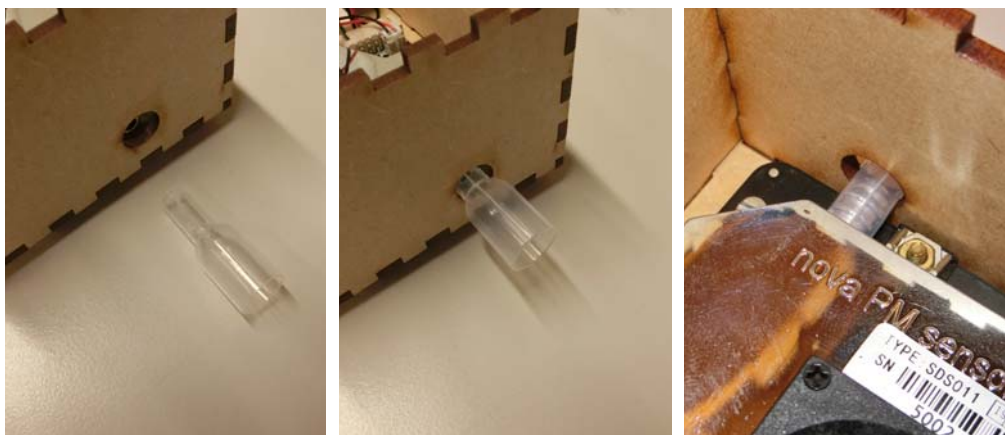
- Monter de fire veggene som vist på figurene under.



- Tre batteriklemme gjennom hullet i lokket og sett på lokket. Dermed settes displayet ned i sokkelen.

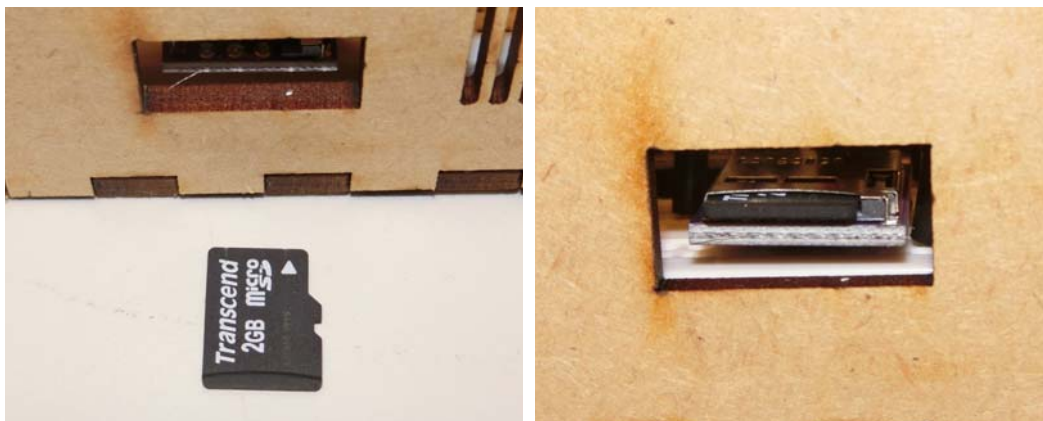


- Monter hetta over støvinntaket som vist på figuren under





- Sett inn SD-kortet. Dette presses inn i SD-kortholderen til man merker et lite klikk. Kortet tas ut med på trykke det inn til man hører et lite klikk og det kommer ut. Påse at kortet settes inn rett vei.



- Vent med å koble til batteriet.

Første sjekk

Den første sjekken av kortet gjøres ved å koble USB-kabelen mellom PC'en og Arduino NANOen ved hjelp av USB-kabelen.

Sjekk følgende:

1. En rød lysdiode skal lyse på Arduino NANO-kortet
2. Om denne ikke lyser. **NB! Ta ut kabelen og sjekk oppkoblingen.** Sjekk spesielt at de røde, blå og sorte ledningene er koblet rett.
3. Om den lyser. Sjekk at det blinker gult en gang i blant på undersiden av SD-kortholderen.



2.3 Programmering

Oppdrag 3 - Installer programmet og test at det fungerer

- Last opp et programmet som leser av alle sensorverdiene og skriver dem til SD-kortet.

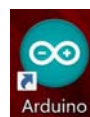
Hent programmet fra katalogen Science Camp 2019/Luftkvalitet/Arduinofiler/ eller hent programmet fra nettsiden: <https://www.ntnu.no/skolelab/bla-hefteserie>

Gå ned til fanen: *Science Camp 2019*

Hent fila: *Luftforurensning_SC_nkr_5.ino*

Legg den et sted på PC'en hvor dere finner den igjen

- Start Arduino IDE (editoren til Arduino)
Startes ved å trykke på programikonet (til høyre)





Kort innføring i bruk av Arduino editoren:

Når du åpner editoren ser du følgende bilde:



Det viktige er menylinjen og ikonene som er vist på figuren under



1. Koble til Luftkvalitetsinstrumentet ved hjelp av USB-kabelen
2. Påse at SD-kortet er montert i SD-kort holderen

Prosedyre for å sette opp editoren for kortet Arduino NANO:

3. Velg “Verktøy” fra menylinjen. Velg “Kort” og velg “Arduino NANO” fra lista
4. Velg “Verktøy” fra menylinjen. Velg “Port” og velg den porten med høyest nummer fra lista
5. Velg “Verktøy” fra menylinjen. Velg “Prosesor” og velg “ATmega328 (Old boot-loader)” fra lista

Prosedyre for å behandle programmet:

6. Hent opp programmet dere lastet ned ved å velge: 
Finn programmet og velg “Åpne” finn fila dere lastet ned

7. Sjekk at programmet er uten syntaksfeil ved å velge 



8. Kompiler og last opp programmet til Arduino NANO i instrumentet ved å velge
Programmet skal nå befinne seg i kontrolleren i instrumentet

Prosedyre for å observere data når man er utendørs eller nær vindu

Man har flere måter å observere data på, enten ved å åpne monitoren eller ved å studere displayet. La oss først bruke monitoren:



9. Ytterst til høyre på menylinja finner man monitorsymbolet



Velger man denne kommer det opp et nytt vindu hvor man kan studere data som skrives til SD-kortet

10. Åpne monitoren på PC'en og studer dataene som kommer.

Dersom dere befinner dere innendørs er det lite sannsynlig at GPS'en vil finne noen satellitter. Det er derfor nødvendig å gå utendørs for å teste GPS-mottakeren. Når GPS-kretsen låser til et tilstrekkelig antall satellitter vil den grønne lysdioden begynne å blinke, ellers vil den røde blinke.

Disse skal ha formen:

```
COM8

Luftforurensning_SC_nkr_4C
Tid (s), Lengdegrad, Breddegrad, Høyde, pm2.5, pm10, Temp(C), Fukt(%)
631,10.453965,63.426319,0.0,0.50,4.40,27.3,38.9
642,10.453982,63.426338,0.0,0.70,3.80,25.9,39.3
649,10.453991,63.426296,0.0,0.70,4.10,26.4,38.2
656,10.453999,63.426273,0.0,1.00,7.10,26.4,38.1
663,10.454012,63.426280,0.0,1.00,7.80,25.4,38.2
670,10.454033,63.426292,0.0,0.90,8.80,26.9,38.1
677,10.454045,63.426292,0.0,0.80,8.20,26.4,38.5
685,10.454057,63.426284,0.0,0.70,5.40,26.9,37.5
693,10.454100,63.426292,0.0,0.70,3.50,25.9,38.7
701,10.454136,63.426292,0.0,0.70,3.50,27.3,38.2
709,10.454094,63.426277,0.0,0.70,3.20,27.3,38.8
717,10.454081,63.426269,0.0,0.50,2.50,26.9,37.6
725,10.454035,63.426261,0.0,0.50,1.90,27.3,38.0
733,10.453997,63.426254,0.0,0.50,1.00,27.8,37.7

☐ Bla automatisk ☐ Vis tidsstempel
```

Tid i sekunder siden start, Lengdegrad, Breddegrad, Høyde over havet, Partikkeltetthet pm2.5 og pm10, temperatur og fuktighet.

Displayet



Bildet under viser displayet:



Bildet til venstre vises før GPS'en har låst til satellitter.

Bildet til høyre når alt fungerer som det skal:

T: Temperatur i grader C, **RF:** Relativ fuktighet i %

pm2,5: Konsentrasjon av 2,5 μ m partikler, **pm10:** Konsentrasjon av 10 μ m partikler,

L: Lengdegrad, **B:** Breddegrad

Prosedyre for testing av data innendørs

Programmet er laget slik at dersom det ikke mottas noen GPS-data så vil utstyret heller ikke skrive ut partikkeltetthet, temperatur og fuktighet. Under den innledende testingen hopper vi over GPS-målingene og venter med dem til vi kommer utendørs.

11. Slik endrer du programmet slik at det hopper over GPS-målingene

Gå inn i programmet og finn følgende programlinjer

```
//////// Testing og kalibrering //////////  
int intervall = 5;    // Angir ca. intervall i sek. mellom hver måling  
float tempCal=0.0;    // lineær kalibrering av temperatur  
float fuktCal=0.0;    // lineær kalibrering av fukt  
bool gpsOn = true;    // True = GPS-måling på False = GPS-måling avslått
```

Sett:

```
bool gpsOn = false;
```

Dermed vil programmet inntil videre hoppe over GPS-målingene og vise de øvrige måleverdiene slik at instrumentet kan kontrolleres og ev. kalibreres innendørs.

Oppdrag 4 Sjekk luftfuktighet og temperatur

- Slå på instrumentet
- Les av og skriv ned verdien for temperatur og luftfuktighet på *selvbygget instrument*:

Avlest luftfuktighet: _____ % relativ fuktighet

Avlest temperatur: _____ °C



Les av og skriv ned temperatur og luftfuktighet fra et **kalibrert instrument**

Avlest luftfuktighet: _____ % relativ fuktighet

Avlest temperatur: _____ °C

Sammenlign verdiene og kommenter:

Oppdrag 4 Sjekk partikkeltetthet

- Slå på instrumentet
- Les av og skriv ned verdier for partikkeltetthet på **selvbygget instrument**:

Avlest partikkeltetthet 2,5µm: _____ µg/m³

Avlest partikkeltetthet 10µm: _____ µg/m³

Les av og skriv ned verdier for partikkeltetthet **kalibrert instrument**

Avlest partikkeltetthet 2,5µm: _____ µg/m³

Avlest partikkeltetthet 10µm: _____ µg/m³

- Sammenlign målingene med grenseverdiene for krav til partikkeltetthet i lufta:

Alarmgrenseverdier for partikkelkonsentrasjon¹⁾

Luftkvalitet	Verdi i µg/m ³	Indikatorskala
Utmerket	0 til 10 µg/m ³	Grønn
Bra	10 til 35 µg/m ³	Gul
Lav belastning	35 til 75 µg/m ³	Oransje
Middels belastning	75 til 150 µg/m ³	Rød
Kraftig belastning	150 til 250 µg/m ³	Fiolett
Svært kraftig belastning	> 250 µg/m ³	Brun

Sammenlign verdiene og kommenter (se også Vedlegg D på side 43):



Oppdrag 5 Sjekk GPS-målinger og lagring av data

I dette oppdraget skal dere sjekke at GPS-mottakeren fungerer som den skal. Denne testen må gjøres utendørs.

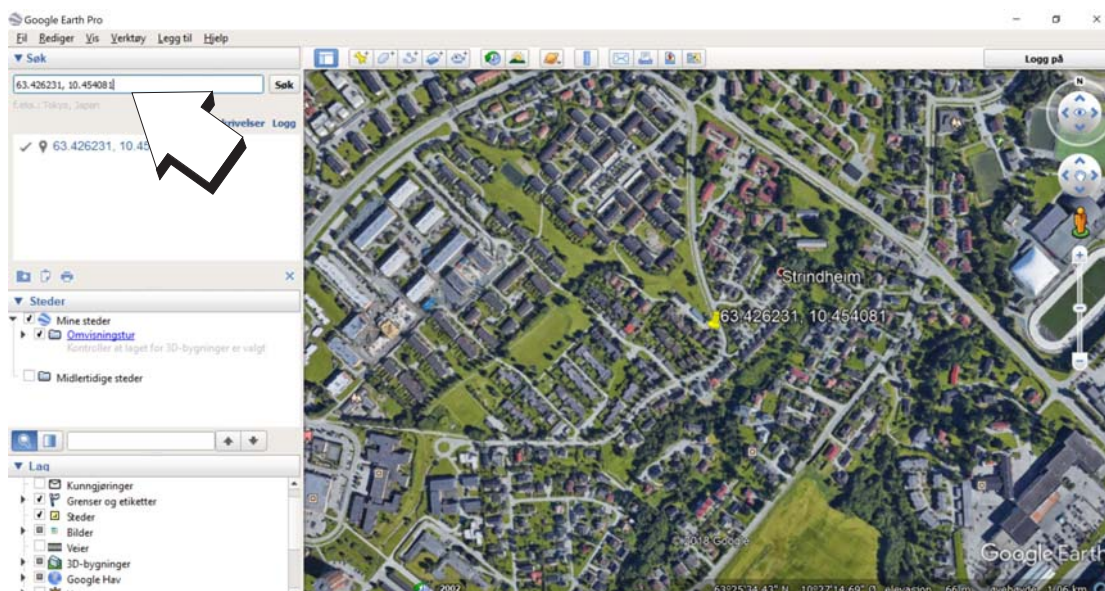


- Gå inn i programmet og slå på GPS målingene:
`bool gpsOn = true;`
- Sett et SD-mikro kort inn i SD-kortholderen
- Slå på instrumentet. Det er sannsynlig at den lille røde lysdioden på GPS-mottakeren lyser kontinuerlig, mens den store røde blinker, hvilket betyr at GPS-mottakerne ennå ikke har låst seg til satellittene og ingen målinger er tilgjengelig.
- Gå utendørs og vent til GPS-kretsen har låst seg til satellittene, det kan ta flere minutter. Dere vil da se at den lille røde lysdioden på GPS-mottakeren og at den store grønne (eller blå) dioden begynner å blinke.
- Bli stående og vent et par minutter, før dere slår av instrumentet og går inn for å sjekke data.
- Ta ut SD-mikro kortet og sett det inn i adapteren og sett det så inn i PC'ens kortleser. Klikk på fila og studer resultatet. Les av koordinatene og skriv ned:

Breddegrad: _____°

Lengdegrader: _____°

- Åpne Google Earth og skriv inn koordinatene fra målingene i søkefeltet (pila på figuren under). Husk at breddegraden (63.--°) skal stå først, deretter lengdegraden adskilt med komma (10.--°), desimaltegnet skal være ".". Bruk gjerne 5 eller 6 desimaler.



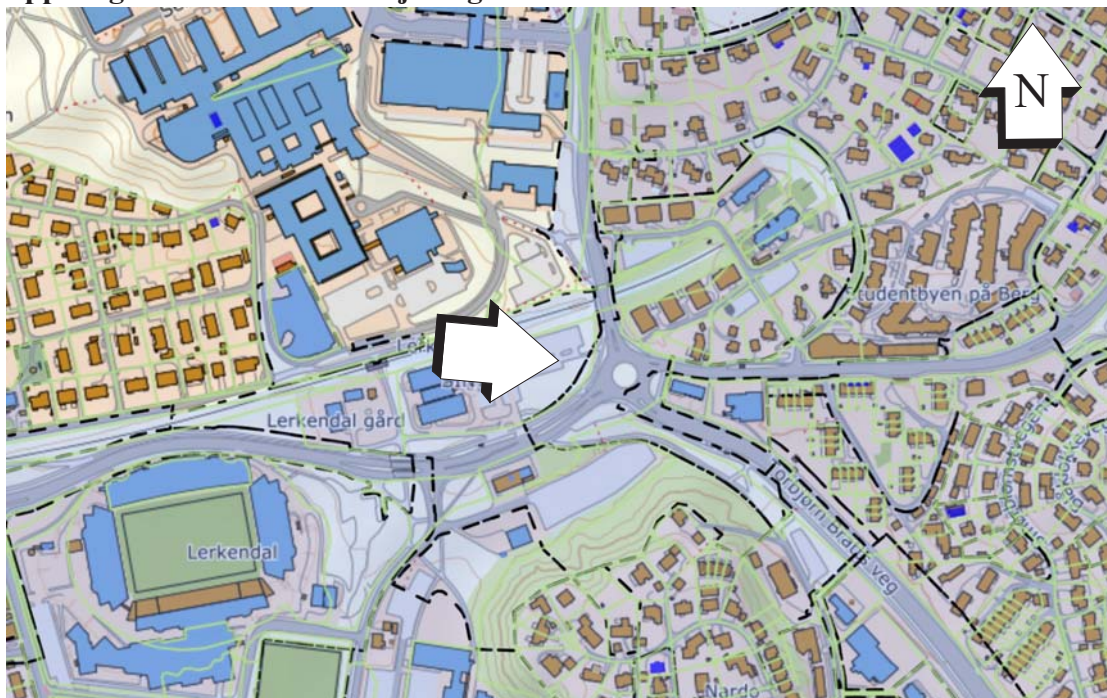
Hvordan stemmer dette med forventningene?



2.4 Feltnmålinger

Dersom alt ser ut til å fungere er dere klare for å dra ut på oppdrag i felten.

Oppdrag 6A Dra ut til rundkjøring ved Lerkendal



- **Gå til rundkjøringen ved Lerkendal**

Ta med dere instrumentet og dra ut til rundkjøringa nord for Lerkendal. Instrumentet slås på i det dere forlater Real-fagbygget og slås av idet dere kommer tilbake til Real-fagbygget. Det kan ta noen minutter før GPS'en har låst til satellittene. Når det skjer begynner den blå lysdioden på GPS-kortet å blinke og den grønne (eller blå) lysdioden begynner å blinke.

Plasser dere ved det angitte stedet og gjøre 2 min. opptak. Derneft skal dere gå rundt rundkjøringen og gjøre målinger mens dere går.

- **Bestem vindretningen ved rundkjøringen**

Forsøk å bestemme hvilken kant vinden kommer fra, bruk kartet for å orientere dere. *Tegn inn vindretningen på kartet.*

- **Gjør målinger med det hjemmelaget instrument**

Gjør målinger med hjemmelaget instrument og noter verdier på fire ulike plasser rundt rundkjøringen. **Merk av på kartet.** Les også av fuktighet og temperatur:

Fuktighet: _____ % Temperatur: _____ °C

1. Måling med hjemmelaget måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med hjemmelaget måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$



2. Måling med hjemmelaget måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med hjemmelaget måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3. Måling med hjemmelaget måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med hjemmelaget måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4. Måling med hjemmelaget måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med hjemmelaget måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- **Gjør målinger rundt rundkjøringen med profesjonelt instrument**

Gjør også målinger med profesjonelt instrument og noter verdier på de samme fire plassene rundt rundkjøringen. Les også av fuktighet og temperatur.

Fuktighet: _____ % Temperatur: _____ °C

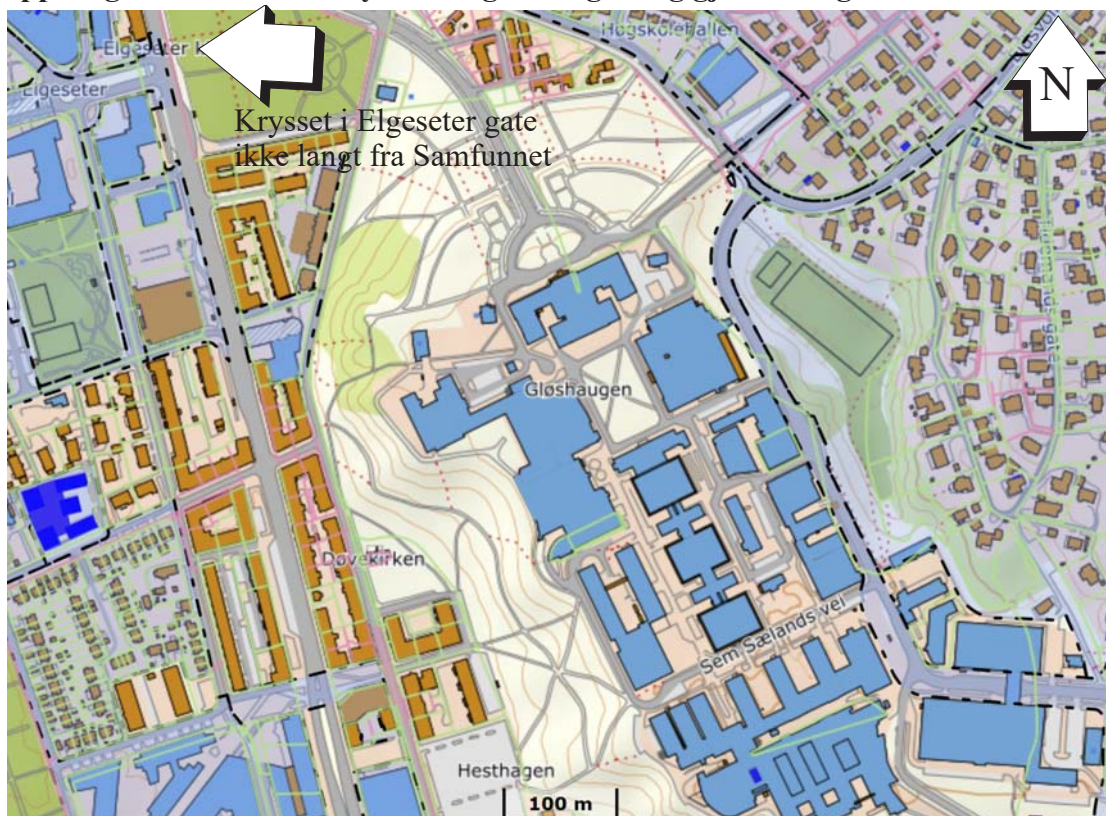
1. Måling med profesjonelt måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med profesjonelt måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2. Måling med profesjonelt måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med profesjonelt måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3. Måling med profesjonelt måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med profesjonelt måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4. Måling med profesjonelt måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med profesjonelt måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- **Dra gjerne tilbake til Realfagbygget å sjekk de innsamlede dataene**

Gå til oppdrag 8 for å se hvordan dere kan analysere dataene.



Oppdrag 6B Dra ned til krysset i Elgeseter gata og gjør målinger



- **Gjør målinger med det hjemmelagde instrumentet**

Ta med dere instrumentet og dra ned til krysset mellom Elgeseter gata og Olav Kyrres gate som går ned til St. Olavs sykehus. Instrumentet slås på i det dere forlater Realfagbygget og slås av idet dere kommer tilbake til Realfagbygget. Det kan ta noen minutter før GPS'en har låst til satellittene. Når det skjer begynner den blå lysdioden på GPS-kortet å blinke og den grønne (eller blå) lysdioden begynner å blinke.

Plasser dere ved det angitte stedet (pil på kartet) og gjøre 2 min. opptak. Derneft skal dere gå rundt krysset og gjøre målinger mens dere går.

- **Bestem vindretningen ved rundkjøringen**

Forsøk å bestemme hvilken kant vinden kommer fra, bruk kartet for å orientere dere. *Tegn inn vindretningen på kartet.*

- **Gjør målinger med det hjemmelagte instrument**

Gjør målinger med hjemmelaget instrument og noter verdier på fire ulike plasser rundt krysset. **Merk av på kartet under.** Les også av fuktighet og temperatur.

Fuktighet: _____ % Temperatur: _____ °C

1. Måling med hjemmelaget måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med hjemmelaget måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2. Måling med hjemmelaget måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med hjemmelaget måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$



3. Måling med hjemmelaget måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med hjemmelaget måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$

4. Måling med hjemmelaget måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med hjemmelaget måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$

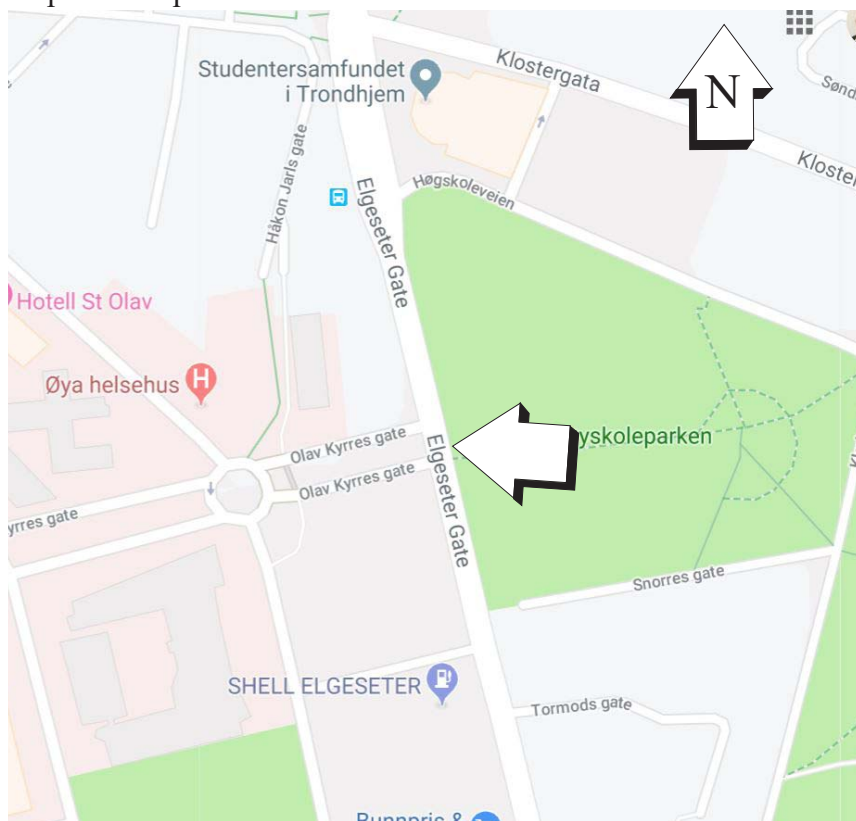
• **Gjør målinger rundt rundkjøringen med profesjonelt instrument**

Gjør også målinger med profesjonelt instrument og noter verdier på fire ulike plasser rundt rundkjøringen. **Merk av på kartet under.** Les av fuktighet og temperatur.

Fuktighet: _____ % Temperatur: _____ °C

1. Måling med profesjonelt måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med profesjonelt måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2. Måling med profesjonelt måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med profesjonelt måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3. Måling med profesjonelt måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med profesjonelt måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4. Måling med profesjonelt måleinstrument $2,5\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Måling med profesjonelt måleinstrument $10\mu\text{m}$: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$

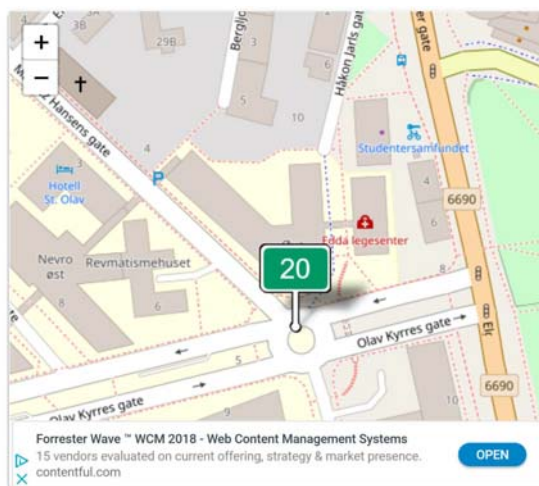
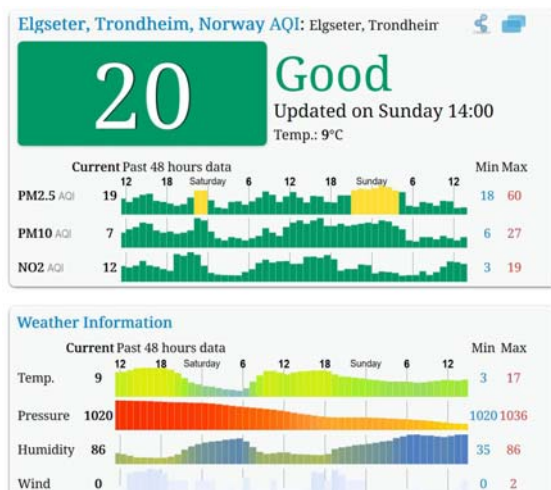
Merk av målepunktene på kartet under





Oppdrag 7 Les av data fra offentlig målestasjon og sammenlign med egne målinger

Gå inn på nettstedet: <http://aqicn.org/city/norway/norway/trondheim/elgseter/> og ta ut data fra målestasjonen ved Elgeseter gate for den aktuelle perioden når det gjelder temperatur, luftfuktighet og partikkeltetthet.



- Noter følgende parametere fra målestasjonen for det aktuelle tidsrommet:

Temperatur: _____ C

Luftfuktighet: _____ % relativ fuktighet

PM2.5: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PM10: _____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Sammenlign med egne målinger utført med den håndholdte profesjonelle måleren.

Kommenter resultatene og ev. avvik mellom de tre målingene:

Oppdrag 8 Behandling av data fra hjemmelaget instrument

Sammenlign de dataene dere fra det hjemmelagde med det profesjonelle instrumentet.

Dere skal nå analysere dataene dere har funnet. Følgende skal gjøres

- Plott temperatur, luftfuktighet og partikkeltetthet for $2,5\mu\text{m}$ og $10\mu\text{m}$ som funksjon av tiden. Excel kan gjerne brukes for å plote disse dataene.
- Om dere ønsker å plott ruta dere gikk i Google Earth, så er det forklart i vedlegg B.2 på side 34.
- Forsøk å knytte de to kurvene sammen slik at dere kan bestemme hvor de ulike målingene ble gjort.



Oppdrag 9 Konklusjon og presentasjon

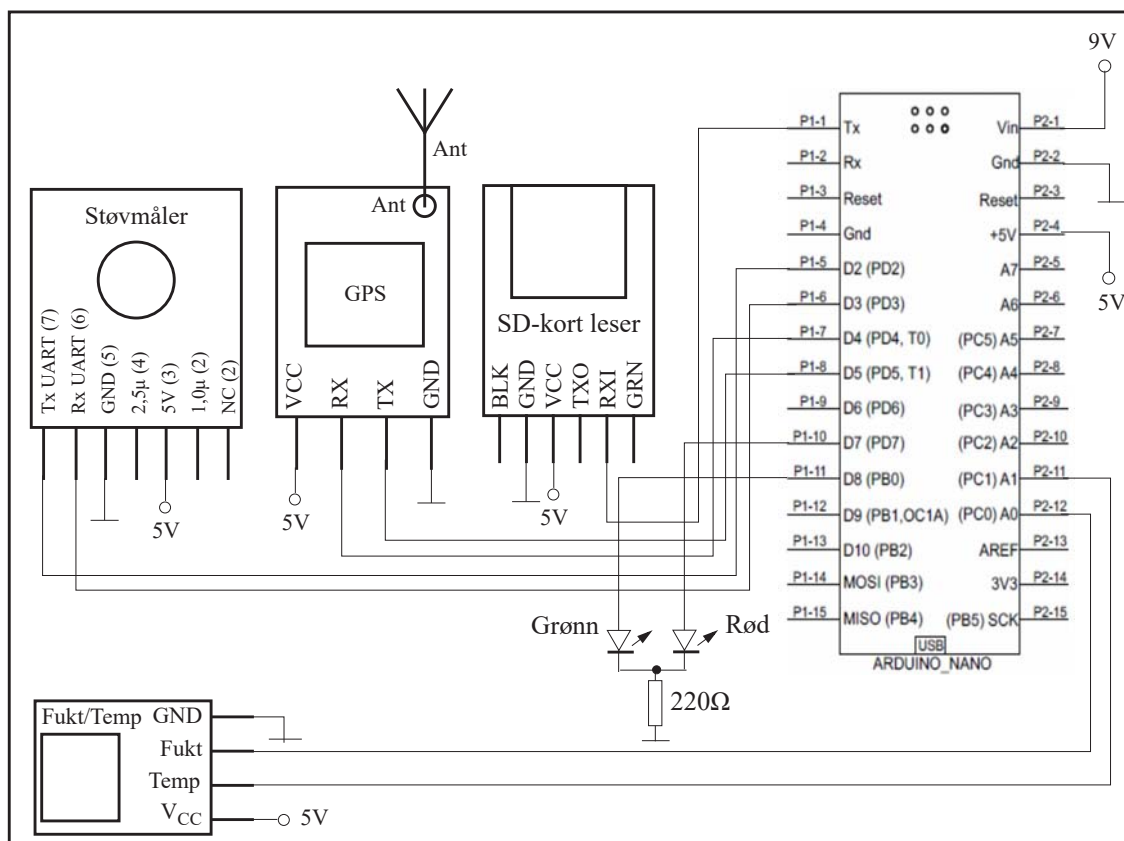
- Oppsummer resultatene og vurder:
 - ... luftkvaliteten på de stedene dere har gjort målinger
 - ... kvaliteten på deres egne målinger med hjemmelaget utstyr
- Lag en 4 min. lang presentasjon av prosjektet dere har gjennomført. Følgende bør være med:
 - ... Beskrivelse og vurdering av byggeprosjektet og uttesting
 - ... Resultater fra målinger, hva og hvor dere gjorde målinger
 - ... Vurdering av luftkvaliteten



Vedlegg A Tekniske detaljer om luftkvalitetsmåleren

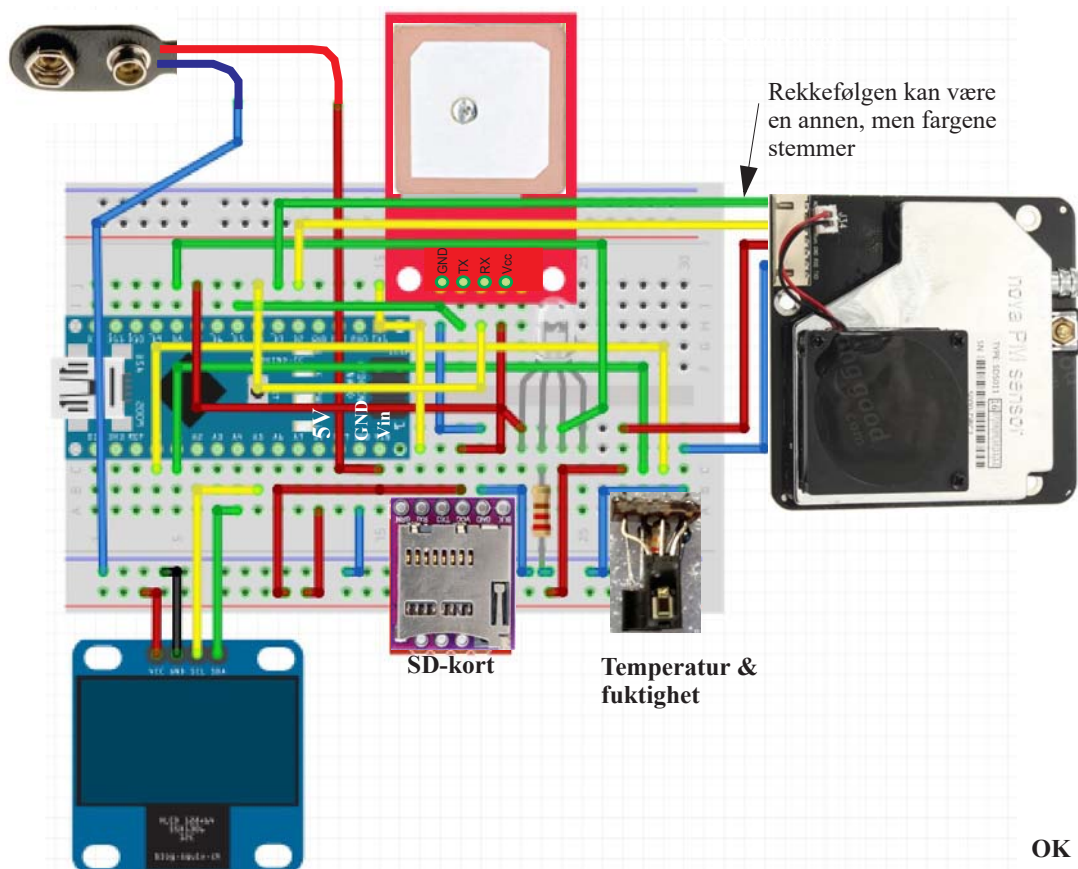
A.1 Koblingsskjema og oppkobling

Figuren under viser skjema for oppkobling av de ulike komponentene.





Kretsen kan kobles opp på et halvkort som vist på figuren under.



Tabellen under angir hvilke pinner som er koblet til hvilke ut- og innganger.

Tabell 2.1 Oversikt over tilkoblinger

Komponent	Pinne Komp	Pinne Nano	Funksjon
LED 1 (Rød)	anode	A1	Strøm
LED 2 (Blå)	anode	A0	Strøm
Temperatur/Fuktighets sensor LM35 og HiH4000	1	GND	GND
	2	A0	V_{LFout}
	3	A1	V_{Tout}
	4	Vcc	+5V
Støvmåler SDS011	3	Vcc	+5V
	5	GND	GND
	Rx UART (6)	D3	Data
	Tx UART (7)	D2	Data



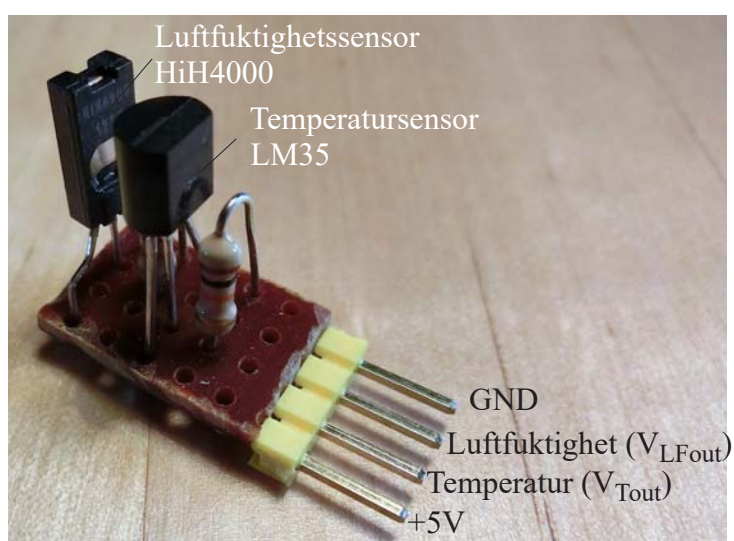
Tabell 2.1 Oversikt over tilkoblinger

Komponent	Pinne Komp	Pinne Nano	Funksjon
SD-kort - OpenLog	+	+5V	+5V
	–	GND	GND
	RXI	D0 ->Rx	Data
	TXO	D1 ->Tx	Data
GPS NEO-6M	VCC	+5V	+5V
	GND	GND	GND
	RXD	D5	Data
	TXD	D4	Data

A.2 Oversikt over komponenter med tilhørende pinning

Luftfuktighet og temperatur målinger

For måling av luftfuktighet og temperatur har vi montert to sensorer på et lite kort



Målingene kommer ut som to spenninger som må regnes om til grader C og luftfuktighet i prosent relativ fuktighet.

$$\text{Temperatur (}^{\circ}\text{C)} = T = V_{\text{Tout}} * 100^1$$

$$\text{Luftfuktighet (\%)} = (V_{\text{LFout}} - 0,16) \cdot (1,0546 - 0,00216 \cdot T) / 0,031$$

Dette forutsetter 5V spenningsforsyning. T settes inn i $^{\circ}\text{C}^2$

1. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>



SDS011 - Støvmåler

Figuren viser pinningen til komponenten, “bottum view”.



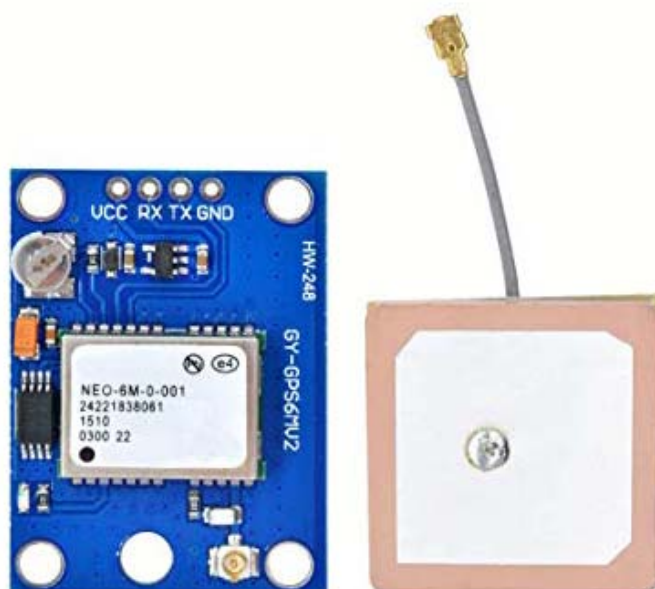
Målingene kommer ut som:

Mengde partikler med størrelse $2,5 \mu\text{m}$ angis i $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Mengde partikler med størrelse $10 \mu\text{m}$ angis i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

NEO-6M - GPS

Figuren viser pinningen til komponenten, “bottum view”



Her kan vi lese ut en rekke ulike data, men nøyer oss med følgende:

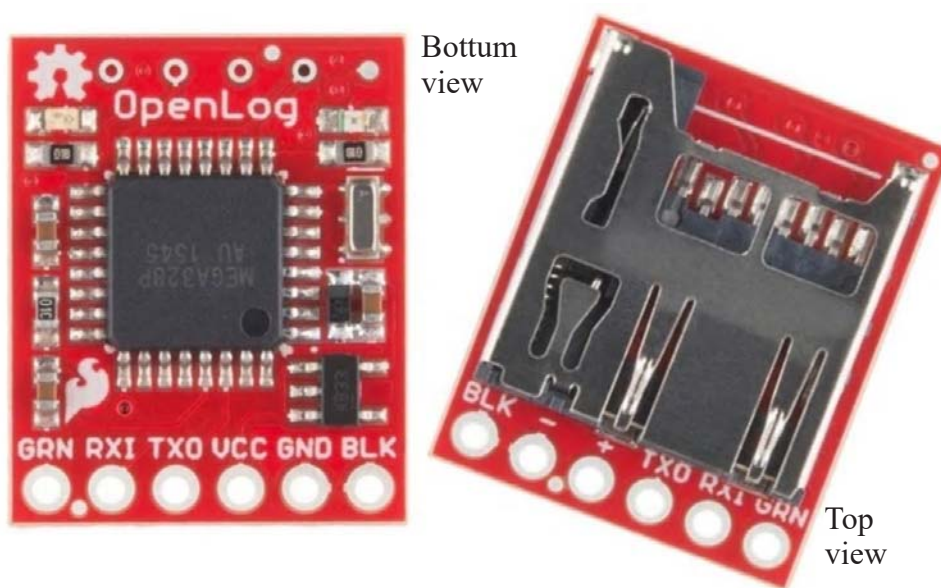
Tiden i timer, minutter og sekunder, lengdegrad i desimalgrader med seks desimaler, og breddegrad i desimalgrader med seks desimaler

2. <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-hih4000-series-product-sheet-009017-5-en.pdf>



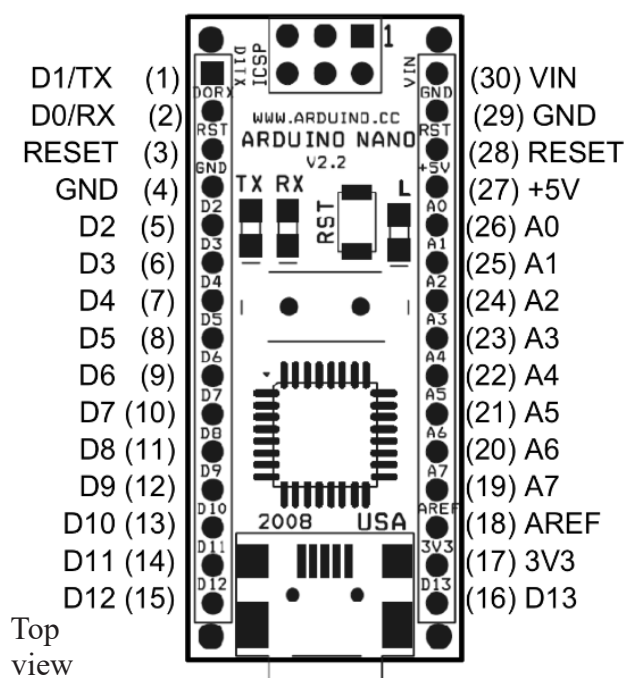
OpenLog

Figuren viser pinningen til komponenten



Arduino Nano

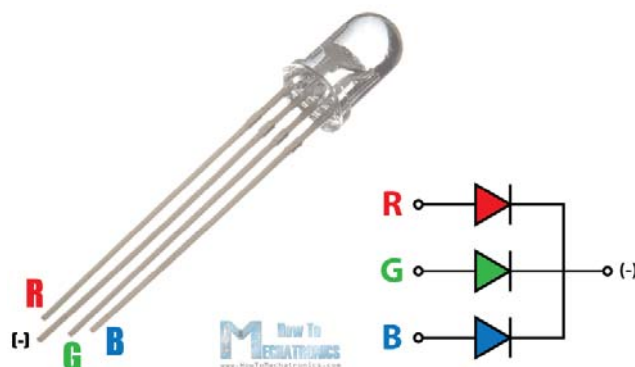
Figuren viser pinningen til komponenten





RGB LED

Figuren viser pinningen til komponenten



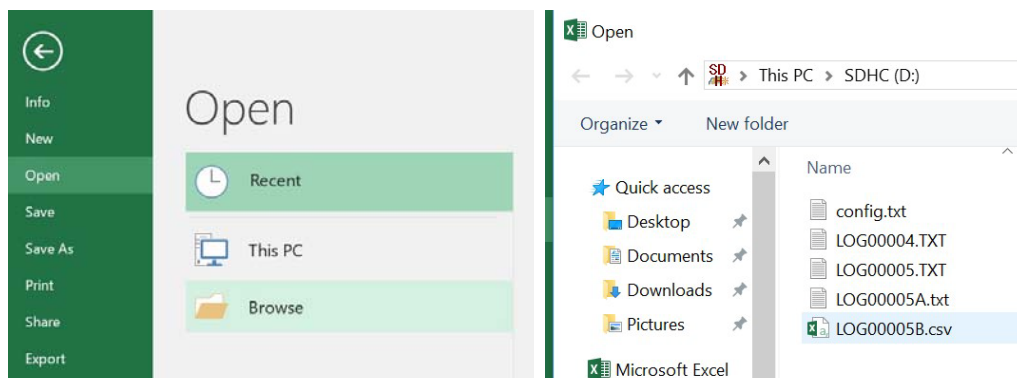


Vedlegg B Behandling av data

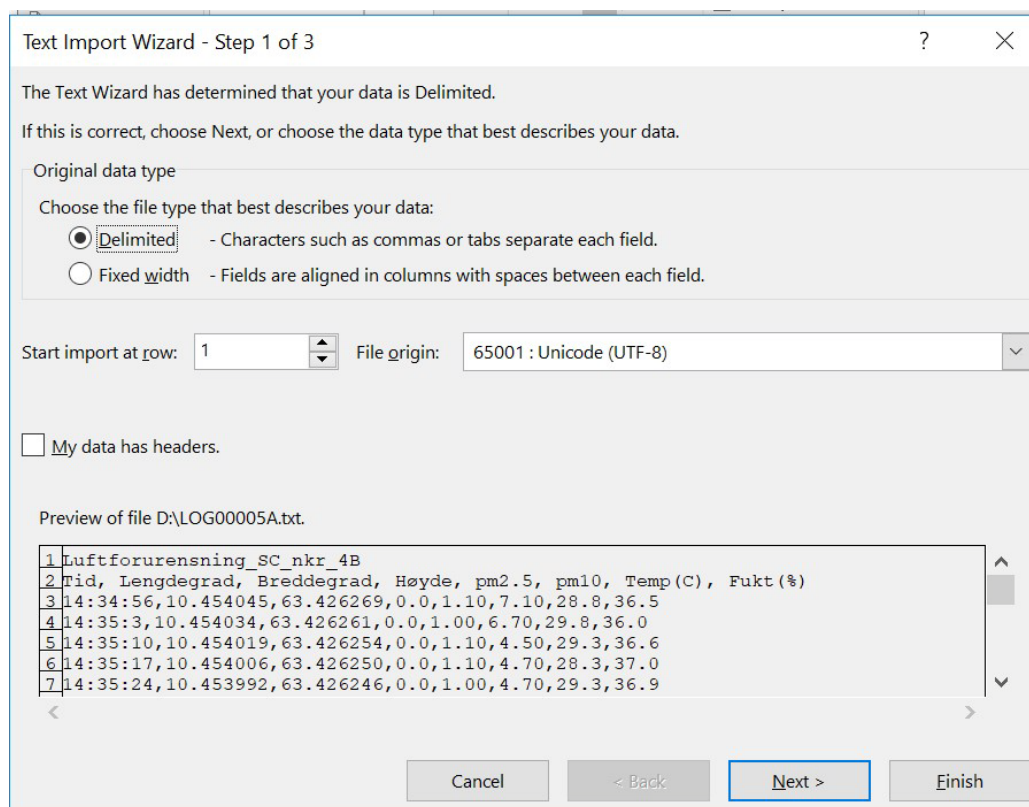
Dette vedlegget beskriver ulike måter å behandle dataene på.

B.1 Behandling av data for plotting av ruta i Google Earth

1. Start Excel
2. Velg «Open file» (under til venstre)



3. Velg «Browse» og velg SD-kort og den aktuelle filen, f.eks. LOG0005.TXT (over til høyre)
4. Du kommer da til «Text import Wizard» (under). Huk av på «Delimited», som betyr at vi kan skille kolonnene med skilletegn, f.eks. komma. Trykk «Next».





5. Fjern haken ved «Tab» og velg i stedet «Comma». Trykk så «Next» (under)

Text Import Wizard - Step 2 of 3

This screen lets you set the delimiters your data contains. You can see how your text is affected in the preview below.

Delimiters

☐ Tab

☐ Semicolon

☒ Comma

☐ Space

☐ Other:

☐ Treat consecutive delimiters as one

Text qualifier: "

Data preview

Luftforurensning_SC_nkr_4B	Lengdegrad	Breddegrad	Høyde	pm2.5	pm10	Temp (C)	F
Tid							
14:34:56	10.454045	63.426269	0.0	1.10	7.10	28.8	36
14:35:3	10.454034	63.426261	0.0	1.00	6.70	29.8	36
14:35:10	10.454019	63.426254	0.0	1.10	4.50	29.3	36
14:35:17	10.454006	63.426250	0.0	1.10	4.70	28.3	37
14:35:24	10.453992	63.426246	0.0	1.00	4.70	29.3	36

Cancel < Back Next > Finish

6. I dette vinduet kan du velge hvilke kolonner du vil ha med inn i regnearket. F.eks. tar vi bort tiden i første kolonnen. Vi velger også å ta bort pm2.5, pm10, Temp (C) og Fukt (%).

Text Import Wizard - Step 3 of 3

This screen lets you select each column and set the Data Format.

Column data format

☐ General

☐ Text

☐ Date: DMY

☒ Do not import column (skip)

'General' converts numeric values to numbers, date values to dates, and all remaining values to text.

Advanced...

Data preview

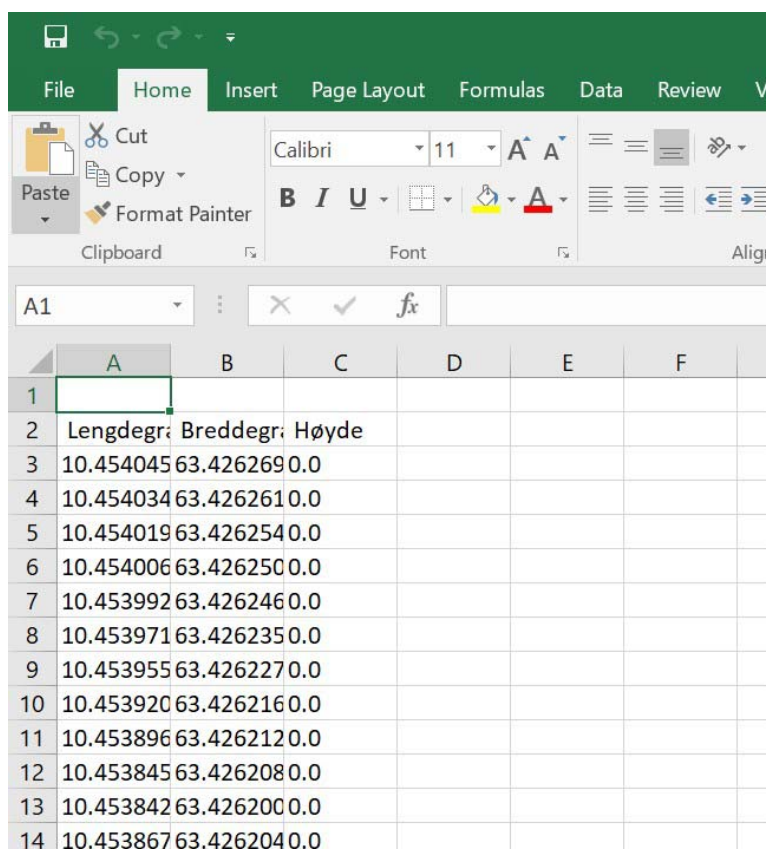
Skip Column	General	General	General	General	General	General	General
Luftforurensning_SC_nkr_4B	Lengdegrad	Breddegrad	Høyde	pm2.5	pm10	Temp (C)	F
Tid							
14:34:56	10.454045	63.426269	0.0	1.10	7.10	28.8	36
14:35:3	10.454034	63.426261	0.0	1.00	6.70	29.8	36
14:35:10	10.454019	63.426254	0.0	1.10	4.50	29.3	36
14:35:17	10.454006	63.426250	0.0	1.10	4.70	28.3	37
14:35:24	10.453992	63.426246	0.0	1.00	4.70	29.3	36

Cancel < Back Next > Finish

Disse skal vi behandle senere og velger å hake av på «Do not import column (skip)» for disse. Vi velger å ta med «Lengdegrad», «Breddegrad» og «Høyde» som vi merker med «General». Velg til slutt «Finish»

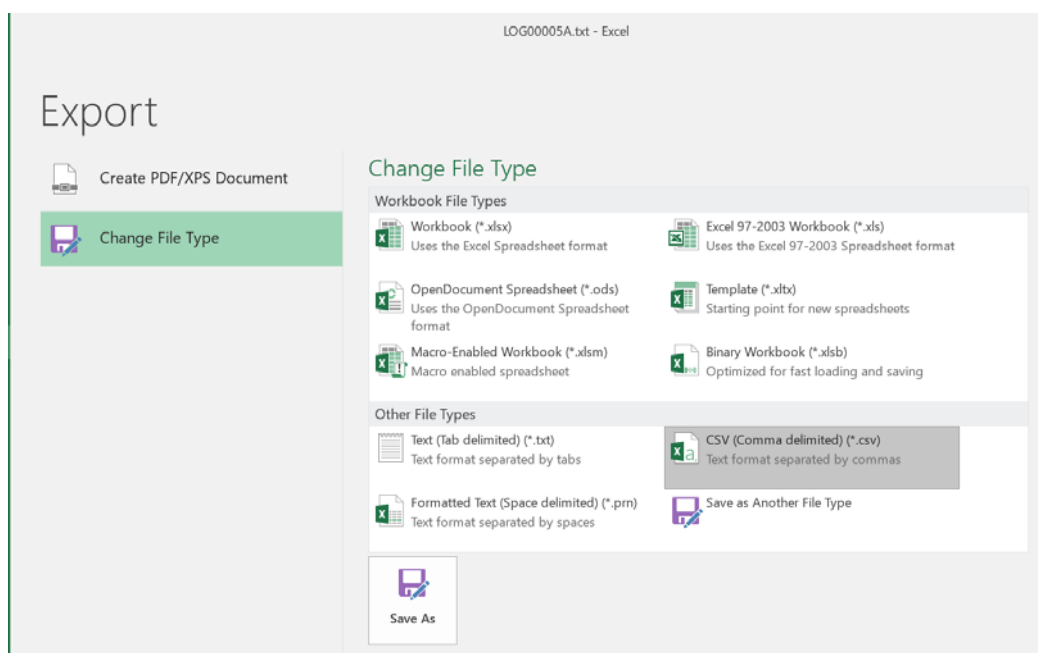


7. Vi skal nå få opp følgende bilde i Excel:



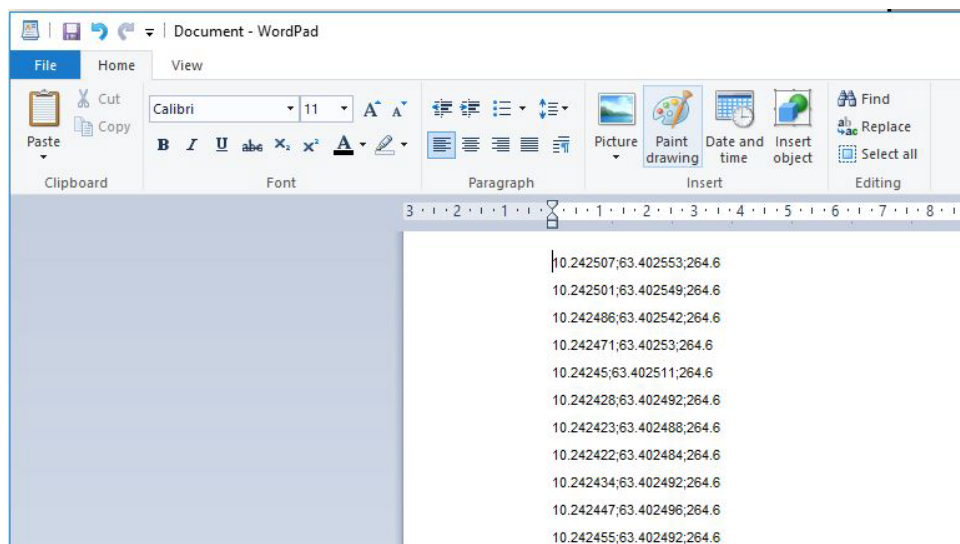
	A	B	C	D	E	F
1						
2	Lengdegrad	Breddegrad	Høyde			
3	10.454045	63.426269	0.0			
4	10.454034	63.426261	0.0			
5	10.454019	63.426254	0.0			
6	10.454006	63.426250	0.0			
7	10.453992	63.426246	0.0			
8	10.453971	63.426235	0.0			
9	10.453955	63.426227	0.0			
10	10.453920	63.426216	0.0			
11	10.453896	63.426212	0.0			
12	10.453845	63.426208	0.0			
13	10.453842	63.426200	0.0			
14	10.453867	63.426204	0.0			

8. Vi har nå Lengdegrad, Breddegrad og Høyde i hver sin kolonne. Denne filen skal vi nå lagre som en CSV-fil, dvs. en fil hvor dataene er separert med komma («Comma Separated Values»).





9. Velg «Save as», velg så Export» og deretter CSV (Comma delimited). Filen lagres nå som en lang rekke data separert med komma.
10. Åpne fila i WordPad og sjekk om skilletegner er “;” eller “,”. Om det er koloen. Velg “Replace” og endre alle “;” til “,”.

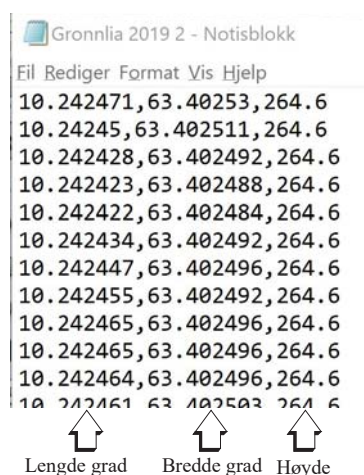


B.2 Plotting i Google Earth

Vi har nå laget txt-filen som inneholder lengdegrad, breddegrad og høyde over havet som vist i figuren under. Vi velger å hente opp fila ved hjelp av Notisblokk eller Notepad (En)

Dersom vi skal plote en trase i Google Earth må vi benytte et programmeringsspråk kalt “Keyhole Markup Language” (KML). Dette er et “markup language” utviklet for visualisering av to- og tredimensjonale traseer knyttet til kartdata.

Vi skal nå benytte en ferdig programkode og klippe inn våre data for lengde-, breddegrad og høyde. Den ferdige programkoden ligger i mappa “Science Camp 2019” under “Luftkvalitet”, “Google Earth filer” og heter: “**StrekningsMal.kml**”. Posisjonsdataene legges inn som en liste med i kml-koden som vist under, før kml-fila lagres med et ønsket navn.



NB! Ved lagring skriver man inn .kml etter filnavnet

Koordinater og høyde data legges inn som vist under:

10.454045,63.426269,65.0

Lengdegrader [°], Breddegrader [°], Høyde [m]

Programkode skrevet i kml (legg merke til at et sett med eksempelkoordinater og høyde er klippet inn).



```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
  <Document>
    <name>Paths</name>
    <description>Examples of paths. Note that the tessellate tag is by default
      set to 0. If you want to create tessellated lines, they must be authored
      (or edited) directly in KML.</description>
    <Style id="yellowLineGreenPoly">
      <LineStyle>
        <color>7f00ffff</color>
        <width>4</width>
      </LineStyle>
      <PolyStyle>
        <color>7f00ff00</color>
      </PolyStyle>
    </Style>
    <Placemark>
      <name>Absolute Extruded</name>
      <description>Transparent green wall with yellow outlines</description>
      <styleUrl>#yellowLineGreenPoly</styleUrl>
      <LineString>
        <extrude>0</extrude>
        <tessellate>0</tessellate>
        <altitudeMode>clampToGround</altitudeMode>
        <coordinates>
10.454045,63.426269,0.0
10.454034,63.426261,0.0
10.454019,63.426254,0.0
10.454006,63.426250,0.0
10.453992,63.426246,0.0
10.453971,63.426235,0.0
10.453955,63.426227,0.0
10.453920,63.426216,0.0
10.453896,63.426212,0.0
10.453845,63.426208,0.0
10.453842,63.426200,0.0
10.453867,63.426204,0.0
```



10.453885,63.426235,0.0
10.453924,63.426231,0.0
10.453936,63.426231,0.0
10.453932,63.426242,0.0
10.453831,63.426189,0.0
10.453737,63.426120,0.0
10.453672,63.426021,0.0
10.453612,63.425949,0.0
10.453562,63.425895,0.0
10.453533,63.425907,0.0
10.453561,63.425937,0.0
10.453541,63.425930,0.0

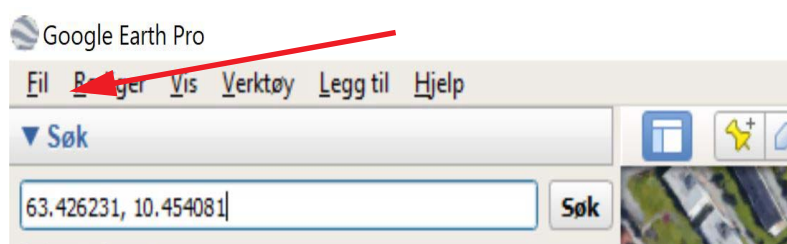
</coordinates>

</LineString>

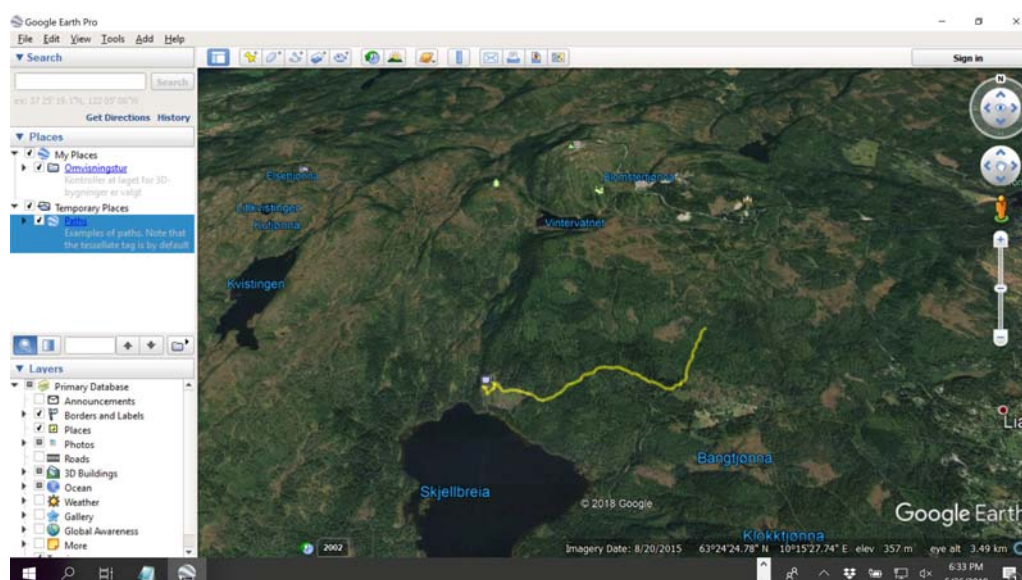
</Placemark>

</Document>

</kml>



Filen hentes opp i Google Earth ved å velge *Fil* og *Åpne* for å laste opp den filen hvor koden og dataene ligger (se figuren over). Ev. bare klikke på filnavnet. Figuren under viser ruta i Google Earth.





Dersom man ønsker å vise hvor man har godt en tur så kan det være upraktisk å måtte vise absolutt høyde. Høydemålinger kan ha store avvik slik at en kan oppleve at traseen går mange meter over bakken eller forsvinner under bakken til tross for at man hadde begge beina på jorda. I slike situasjoner kan det være greit å bytte ut kommandoen:

```
<altitudeMode>absolute</altitudeMode>
```

med kommandoen:

```
<altitudeMode>clampToGround</altitudeMode>
```



Vedlegg C Program for måling av luftkvalitet

Listingen under viser programmet som er brukt i luftkvalitetsmåleren.

Flytdiagram

```
// Programvare for måling av luftkvalitet
// Bygget på programvare utviklet til
Air:bit UiT
// Endret og tilpasset av Nils Kr. Rossing
Mai 2019
// Skolelaboratoriet, Institutt for fysikk,
NTNU

// Inkluder biblioteker
#include <SoftwareSerial.h> //
#include <TinyGPS++.h>
#include <SDS011.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

//////////////////// Display ///////////////////
Adafruit_SSD1306 display(4); // Deklarasjon
av enheten "display" av klassen
Adafruit_SSD1306

//////////////////// GPS ///////////////////
#define GPS_RX 5
#define GPS_TX 4

SoftwareSerial gpsCom(GPS_RX, GPS_TX);
TinyGPSPlus gps;

////////// Støvpartikler SDS011 //////////
#define PM_TX 2
#define PM_RX 3
SDS011 sds;

//////////////////// LED ///////////////////
#define LED_RED 7
#define LED_GREEN 8

////////// Fuktighet og temperatur //////////
int pinTemp = A1;
int pinFukt = A0;
float digTemp;      // Digitalt avlest temperatur
float digFukt;      // Digitalt avlest fuktighet
float temp;         // Beregnet temperatur i Celsius
float fukt;         // Beregnet relativ fuktighet i %
```



```
//////// Testing og kalibrering //////////
int intervall = 5;    // Angir ca. intervall i sek. mellom hver måling
float tempCal=-4.0;   // lineær kalibrering av temperatur
float fuktCal=0.0;    // lineær kalibrering av fukt
bool gpsOn = true;    // True = GPS-måling på False = GPS-måling avslått

//////////////////// setup() //////////////////////
void setup()
{
    // Aktiver LEDpinner
    pinMode(LED_RED, OUTPUT);
    pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);

    // Initialisering av seriekommunikasjon
    Serial.begin(9600);                // Til PC monitor
    sds.begin(PM_TX, PM_RX);           // Til støvsensor
    gpsCom.begin(9600);                // Til GPS mottaker

    display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); // Initialiser display med
    adresse 0x3C

    Serial.println("Luftforurensning_SC_nkr_5");
    Serial.println("Tid (s), Lengdegrad, Breddegrad, Hoyde, pm2.5, pm10,
    Temp(C), Fukt(%)");

    // Klargjør display for utskrift
    display.clearDisplay();             // Slett informasjon på display
    display.setTextSize(1);            // Sett størrelse på tekst
    display.setTextColor(WHITE);       // Hvit tekst på sort bagrunn

    // Skriver ut temperatur og fuktighet
    display.setCursor(26,6);            // Plasser markør
    display.println("Init. V5");        // Skriv Initialisering
    display.setCursor(8,16);           // Plasser markør øverst til venstre
    display.println("Kan ta minutter");
    display.display();
}

void loop() {

    ////////// Avlesning av temperatur og fuktighet //////////

    // Midling over 100 målinger for å fjerne tilfeldig støy
    digTemp = 0;
    for(int i = 0; i<100; i++)
    {
```



```
    digTemp = digTemp + analogRead(A1);
}
digTemp = digTemp/100;

temp = digTemp*500.0/1024 + tempCal;          //Omregning fra spenning
til C

// Midling over 100 målinger for å fjerne tilfeldig støy
digFukt = 0;
for(int i = 0; i<500; i++)
{
    digFukt = digFukt + analogRead(A0);
}
digFukt = digFukt/500;

fukt = (digFukt/1024 - 0.16)/0.0062;          // Omregning fra spenning
til fuktighet RH%
fukt = fukt/(1.0546 -0.00216*temp)+fuktCal; // Korrigerer fuktighets-
måling med temp

////////// Les fra GPS-enhet //////////

if(gpsOn)                                     // gpsOn=True Leser GPS-data - For
testing innendørs                             // kan GPS slås av dvs. gpsOn=False
{
    gpsCom.listen();
    bool gpsEncodeComplete = false;

    do
    {
        if (!gpsCom.available())             // Ingen GPS-data tilgjengelig. Les
på nytt
        {
            continue;
        }
        gpsEncodeComplete = gps.encode(gpsCom.read());
        if (!gpsEncodeComplete)              // Ufullstendig GPS-data tilgjengelig.
Les på nytt
        {
            continue;
        }
    } while (!gpsEncodeComplete);            // Gjenta lesning til gyldige data
oppnås

    bool gpsValid    = gps.location.isValid();
    bool gpsUpdated  = gps.location.isUpdated();
    bool isUseful    = gpsValid && gpsUpdated;
```




```
if (!isUseful)                                // Ugyldige data tenn rød lysdiode
{
    digitalWrite(LED_RED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(LED_RED, LOW);
    return;
}
else                                           // Gyldige data tenn grønn lysdiode
{
    digitalWrite(LED_GREEN, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(LED_GREEN, LOW);
}
}

////////// Les fra støvmåleren //////////

float pm25, pm10;
int error;
do
{
    error = sds.read(&pm25, &pm10);
} while (error != 0);    // Fortsett å les av støvmåleren helt til
gyldige data

//////// Skriv ut data til PC monitor og SD-kort //////////

Serial.print(long(millis()/1000));    // Skriv ut sekunder
Serial.print(",");
Serial.print(gps.location.lng(), 6); // Lengdegrader i desimalgrader,
6 desimaler
Serial.print(",");
Serial.print(gps.location.lat(), 6); // Breddegrader i desimalgrader,
6 desimaler
Serial.print(",");
Serial.print(gps.altitude.meters(), 1); // Høyde i meter, 1 desimaler
Serial.print(",");
Serial.print(pm25);                    // Skriv ut støvkonsentrasjon
2,5 um
Serial.print(",");
Serial.print(pm10);                    // Skriv ut støvkonsentrasjon 10 um
Serial.print(",");
Serial.print(temp,1);                  // Skriv ut temperatur
Serial.print(",");
Serial.print(fukt,1);                  // Skriv ut fuktighet
Serial.println();
```



```
// Klargjør display på toppen av instrumentet for utskrift
display.clearDisplay();           // Slett informasjon på display
display.setTextSize(1);          // Sett størrelse på tekst
display.setTextColor(WHITE);     // Hvit tekst på sort bagrunn

// Skriver ut temperatur og fuktighet
display.setCursor(0,0);          // Plasser markør øverst til venstre
display.print("T: ");            // Skriv "Lufttrykk
display.print(temp,1);           // Skriv verdien til lufttrykk med to
desimaler
display.print(" C");             // Skriv benevning mbar (mb)
display.print(", RF: ");         // Skriv "Temp.:", Temperatur
display.print(fukt,1);           // Skriv den målte temperaturen i ...
display.println(" %");           // ... grader C

// Skrive ut støvkonsentrasjon
display.setCursor(0,12);         // Flytt markør til neste linje
display.print("pm2.5: ");        // ... ug/m3
display.print(pm25,1);           // Skriv den målte pm 2,5 u
display.print(" pm10: ");        // ... ug/m3
display.println(pm10,1);         // Skriv den målte pm 10 u

// Skrive ut Lengde- og Breddegrad
display.setCursor(0,24);         // Flytt markør til neste linje
display.print("L:");
display.print(gps.location.lng(),5); // Skriv lengdegrad
display.print(" B:");
display.println(gps.location.lat(),5); // Skriv den målte pm 10 u
display.display();               // Overfør informasjonen til
displayet og vis

delay(intervall*1000);           // Intervall mellom hver måling
}
```



Vedlegg D BQ20 Partikkelmåler

Kompakt miljømåleenhet for registrering av finstøvbeklastning, lufttemperatur og luftfuktighet

Med BQ20 har du en kompakt miljømåler som er enkel å bruke og gjør det mulig å registrere helserelevante romklimaparametre med kun ett apparat: Lufttemperatur, luftfuktighet og fremfor alt støvkonsentrasjonen i romluften:



BQ20 registrerer kvantitative konsentrasjoner av luftbåren E-støv (PM10) og A-støv (PM2.5) samtidig. Partikkelmassene til disse vises direkte som masseandel av luften i mikrogram pr. kubikkmeter på displayet. Dessuten informerer en søyleindikator med fargede søyler om statusen til partikkelbelastningen akkurat der og da.

I tillegg kan individuelle grenseverdier defineres i apparatet. Overskridelse av disse signaliseres umiddelbart med en akustisk alarm – en spesielt nyttig funksjon ved bruk av BQ20 for kontinuerlig overvåking av rom innendørs. For slik permanent bruk kan strømtilførselen også skje direkte med USB-kabel for å skåne batteriet til den ellers mobile, batteridrevne BQ20.

På grunn av kombinasjonen av registrerbare miljøparametre som er helt unik for denne apparatklassen, anbefales BQ20 som et uunnværlig hjelpemiddel for rask overvåking av luftkvaliteten på arbeidsplassen, ved offentlige institusjoner eller hjemme.

Optisk partikkelmåler for kvantitativ registrering av konsentrasjonen av E- og A-støv.



Et menneskehår har en diameter på ca. 50 til 70 µm. Til sammenligning: diameteren til støvandelen som pustes inn (E-støv, PM10) og partiklene som trenger inn i alveolene (A-støv, PM2.5).

Det finnes nå i mange land lovlige grenseverdier for konsentrasjoner av finstøv for å beskytte nasjonens helse – for eksempel på arbeidsplassen.

Finstøv består av en kompleks blanding av ulike partikler og deles inn i ulike fraksjoner etter størrelse. Støv som kan pustes inn og trenger inn i neshulen, kalles E-støv og defineres som støvstørrelsesfraksjon PM10 der alle støvpartikler har en aerodynamisk diameter på under 10 mikrometer.

Støvfraksjonen PM2.5 omfatter dessuten alle finpartikler som kan nå inn til alveolene – også kalt A-støv. Disse kan trenge inn i bronkiene og lungeblærene.

BQ20 kan registrere disse støvfraksjonene iht. den internasjonale PM-standard (Particulate Matter) som PM10 og PM2.5. Måleren viser disse andelen numerisk per kubikkmeter romluft på fargedisplayet til BQ20. Dessuten fremstilles luftens belastningsgrad grafisk med søyler. På den måten kan du til enhver tid raskt komme med pålitelige kvantitative uttalelser om den rådende konsentrasjonen av finstøv med BQ20.



D.1 Kortfattet brukerveiledning

Dette er en meget kortfattet brukerveiledning og et utdrag av manualen som ligger på følgende nettsadresse:

<https://no.trotec.com/fileadmin/downloads/Messgeraete/Luftqualitaet/BQ20/TRT-BA-BQ20-002-NO.pdf>

D.1.1 Vanlig bruk av BQ20

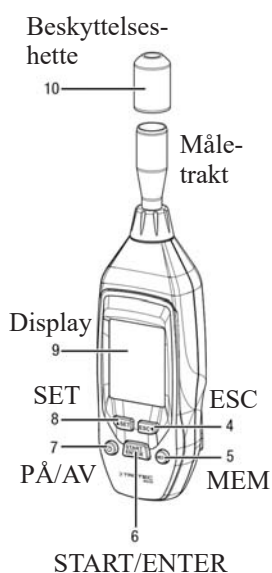


1. Slå på apparatet ved å holde PÅ-tasten inne til displayet begynner å lyse. Det høres et signal og apparatet er klart til bruk så snart skjermen begynner å lyse.
2. Ta av støvhette foran luftinntaket
3. Sikt med apparatet mot måleområdet
4. Trykk på START-knappen og inn-sugingen av luft starter. Apparatet teller ned ca. 5 sekunder før målingen starter. Deretter fortsetter målingen over det innstilte måleintervallet (30 sek. 1 min. 2. min. 5. min.) Måleresultatene vises på displayet (se over)
5. Trykk MEM-tasten for å lage data. Alle dataene lagres sammen med tidspunktet da prøven ble tatt.

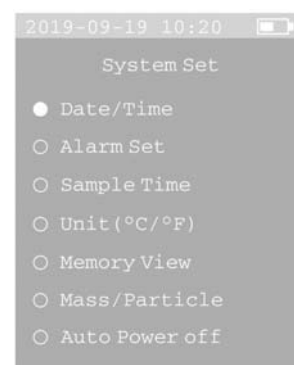


D.1.2 Innstillinger

Ved å holde SET-tasten inne og en meny følgende innstillinger vil komme opp på skjermen.



1. Hold SET-tasten inn og SYSTEM-menyen kommer opp (til høyre)
2. **Data/Time**
Sett dato og klokke
3. **Alarm Set**
Sett terskel for alarm
4. **Sample Time**
Sett lengden på prøvetiden (30 sek, 1 min., 2 min. 5 min.)
5. **Unit (°C/°F)**
Velg grader C eller grader F
6. **Memory View**
Se en liste over lagrede måleverdier
7. **Mass/Particle**
Velg å vise måleverdien i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ eller antall pr. m^3 .



8. **Auto Power off**
Sett tidsrom før automatisk "strømmen av"



D.1.3 Faregrenser

Tabellene under viser faregrenser for partikkelbelastning ...

Alarmgrenseverdier for partikkelbelastning¹⁾

Kanal	Grønn	Gul	Oransje	Rød	Fiolett	Brun
2,5 µm	0 til 545	546 til 1235	1236 til 2470	2471 til 3300	3301 til 4950	> 4950
10 µm	0 til 68	69 til 170	171 til 340	341 til 454	455 til 680	> 680

og partikkelkonsentrasjon.

Alarmgrenseverdier for partikkelkonsentrasjon¹⁾

Luftkvalitet	Verdi i µg/m ³	Indikatorskala
Utmerket	0 til 10 µg/m ³	Grønn
Bra	10 til 35 µg/m ³	Gul
Lav belastning	35 til 75 µg/m ³	Oransje
Middels belastning	75 til 150 µg/m ³	Rød
Kraftig belastning	150 til 250 µg/m ³	Fiolett
Svært kraftig belastning	> 250 µg/m ³	Brun

Alarmgrenseverdiene som er oppgitt her refererer til en gjennomsnittsverdi for partikkelkonsentrasjon PM_{2.5} over et tidsrom på 24 timer og er basert på de globale retningslinjene fra Verdens helseorganisasjon (WHO) for luftkvalitet.



Vedlegg E Luftkvalitet

Vedlegget gir en kortfattet oversikt over hva som ligger i begrepet luftkvalitet. Beskrivelsen er hentet fra nettstedet Luftkvalitet i Norge (<https://luftkvalitet.miljostatus.no/artikkel/170>).

E.1 Hva består luftforurensningen av?

Luftforurensning kan defineres som partikler, gasser og stoffer i lufta som er skadelige for mennesker og/eller økosystemer. Lokal luftforurensning har effekter på lokalt nivå og kan gi skader på:

- menneskers helse
- økosystemer og vegetasjon. Både nitrogendioksid (NO_2) og svoveldioksid (SO_2) bidrar til forsuring og overgjødning av vann og vassdrag. Bakkenær ozon kan skade vegetasjon.
- materialer og bygninger. SO_2 medfører korrosjon og nedbryting av materialer i bygninger og kulturminner. Bakkenær ozon kan skade materialer.

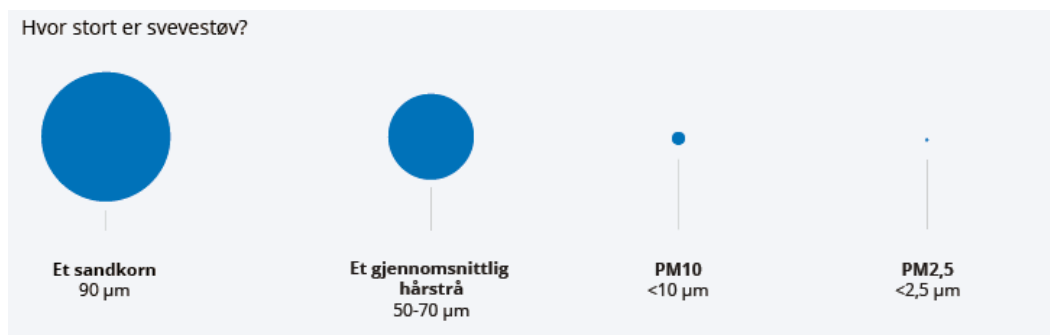
E.1.1 Svevestøv (PM)

Svevestøv, eller partikulært materiale (PM), er små, luftbårne partikler som varierer i størrelse og sammensetning. De viktigste størrelsesgruppene angitt i mikrometer (μm) er:

- PM_{0,1} (ultrafin fraksjon)
- PM_{2,5} (finfraksjonen)
- PM_{10-2,5} (grovfraksjonen)
- PM₁₀ (grovfraksjon og finfraksjon)

De største partiklene avsettes i øvre luftveier. Mindre partikler, med en diameter på under $2,5 \mu\text{m}$, kan følge med lufta vi puster inn og helt ned i lungene.

Svevestøv består av en blanding av mange ulike forbindelser, og kan dannes ved forbrenningsreaksjoner og mekanisk slitasje, virvles opp av vind, eller dannes direkte i atmosfæren ved kondensering av gasser. Forbrenningspartikler dominerer i fin-/ ultrafin fraksjon, mens mekanisk genererte partikler som oftest dominerer i grovfraksjonen. De viktigste kildene til svevestøv (PM₁₀ og PM_{2,5}) er veitrafikk, vedfyring og langtransportert forurensning.





Tabellen¹ under gir en oversikt over hva som regnes for å være akseptable og uakseptable verdier. Partikler angis gjerne som $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

AQI	Air Pollution Level	Health Implications	Cautionary Statement (for PM _{2.5})
0 - 50	Good	Air quality is considered satisfactory, and air pollution poses little or no risk	None
51 - 100	Moderate	Air quality is acceptable; however, for some pollutants there may be a moderate health concern for a very small number of people who are unusually sensitive to air pollution.	Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should limit prolonged outdoor exertion.
101 - 150	Unhealthy for Sensitive Groups	Members of sensitive groups may experience health effects. The general public is not likely to be affected.	Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should limit prolonged outdoor exertion.
151 - 200	Unhealthy	Everyone may begin to experience health effects; members of sensitive groups may experience more serious health effects	Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should avoid prolonged outdoor exertion; everyone else, especially children, should limit prolonged outdoor exertion
201 - 300	Very Unhealthy	Health warnings of emergency conditions. The entire population is more likely to be affected.	Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should avoid all outdoor exertion; everyone else, especially children, should limit outdoor exertion.
300+	Hazardous	Health alert: everyone may experience more serious health effects	Everyone should avoid all outdoor exertion

E.1.2 Nitrogendioksid (NO₂)

Nitrogenmonoksid (NO) og nitrogendioksid (NO₂) er reaktive gasser som dannes ved høy temperatur i forbrenningsprosesser, og disse har fellesbetegnelsen NO_x. I nærvær av ozon omdannes NO til NO₂. Hovedkilden til NO₂ er veitrafikk.

E.1.3 Svoveldioksid (SO₂)

Svoveldioksid (SO₂) er en fargeløs gass som er lett løselig i vann. Den dominerende menneskeskapte utslippskilden er svovelholdige fossile brennstoffer som kull og tungolje. Hovedkilden til SO₂ er industri.

E.1.4 Bakkenær ozon (O₃)

Ozon er en reaktiv gass som finnes både nær bakken og høyere opp i atmosfæren. Bakkenært ozon dannes i nærvær av NO_x, flyktige organiske forbindelser (VOC) og sollys. Hovedkilden til bakkenært ozon i Norge er langtransportert ozon fra Europa.

E.1.5 Metaller

Ulike metaller kan forekomme i luft, hovedsakelig bundet til svevestøv. Eksempler på metaller er bly, nikkel, kadmium og arsen. Kilder er lokal industri, trafikk og langtransportert luftforurensning.

1. <https://aqicn.org/sensor/sds011/>



E.1.6 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Forbrenning av organisk materiale fører til dannelse av PAH, også kjent som tjærestoffer. PAH inkluderer flere hundre forskjellige stoffer med ulike egenskaper.

PAH forekommer i forurenset luft som damp og bundet til svevestøv. Benzo(a) pyren er en av de mest helse- og miljøskadelige PAH-forbindelsene, og finnes i forurenset luft. Biltrafikk, industri og vedfyring er viktige kilder til PAH.

E.1.7 Benzen (C₆H₆)

Benzen er en fargeløs væske som fordamper raskt ved romtemperatur. I uteluft kan benzen forbli i dampform i noen timer til flere dager, avhengig av miljø, klima og annen forurensning. Benzen er en naturlig komponent i olje- og kullprodukter, som frigjøres ved kull-, olje- og vedfyring. Trafikk er den viktigste utslippskilden.

E.1.8 Karbonmonoksid (CO)

CO er en fargeløs gass som hovedsakelig dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale. Naturlige prosesser gir betydelige CO-utslipp, men det er likevel de menneskeskapte utslippene som har størst betydning for helseeffektene. Trafikk og vedfyring er de viktigste.

E.2 Kilder til luftforurensning

Det finnes ulike kilder til lokal luftforurensning. Veitrafikk og vedfyring er de viktigste i Norge.

E.2.1 Veitrafikk

Veitrafikk er den viktigste kilden til lokal luftforurensning i Norge

Veitrafikk bidrar til luftforurensning både gjennom eksosutslipp og slitasjepartikler. Utslipp fra veitrafikk bidrar mye til konsentrasjonene av luftforurensning fordi de skjer på bakkenivå.

Eksos fra kjøretøy med forbrenningsmotor kan bestå av blant annet små svevestøvpertikler og nitrogendioksid (NO₂). Diesel-kjøretøy er den viktigste kilden til NO₂-utslipp i Norge, men utslippene kan reduseres med renseteknologi.

En annen viktig kilde til lokal luftforurensning er slitasjepartikler fra vei, bildekk og bremses. Disse partiklene kalles ofte veistøv. Alle typer kjøretøy bidrar til slitasjepartikler, men det dannes langt mer veistøv når kjøretøy bruker piggdekk. Svevestøv fra veitrafikk kan virvles opp igjen om det ikke skylles bort av nedbør eller fjernes ved renhold.

Les mer om veitrafikk og luftforurensning på [Miljøstatus.no](https://www.miljostatus.no)¹.

1. <https://www.miljostatus.no/tema/luftforurensning/utslipp-fra-veitrafikk/>



E.2.2 Vedfyring og forbrenning

Vedfyring og forbrenning er en viktig kilde til luftforurensning i Norge

Ved forbrenning dannes det mange ulike stoffer som slippes ut i røyken. Spesielt utslipp av små svevestøvpartikler (PM_{2,5}) kommer i stor grad fra vedfyring. I tillegg slippes mange andre stoffer ut, blant annet PAH.

Utslipp fra vedfyring bidrar til konsentrasjoner av luftforurensning over større områder fordi de skjer via piper som er høyere opp enn bakkeplan, noe som fører til større spredning.

Les mer om vedfyring og luftforurensning på [Miljøstatus.no](https://miljostatus.no).

2.4.1 Skip og havn

Skipstrafikk og havneaktivitet kan bidra til luftforurensning lokalt

Utslipp fra skip og havn kan være en viktig kilde til luftforurensning lokalt. Selv om skip kan ha store totale utslipp av luftforurensning er det hovedsakelig det som slippes ut når skip ligger ved land med motorene i gang som påvirker lokal luftkvalitet i byer.

Nitrogendioksid, svoveldioksid og små svevestøvpartikler er de viktigste utslippene fra skip. Som for alle andre utslippskilder vil bidraget til lokal luftforurensning variere med lokale forhold som topografi og meteorologi. Det er for eksempel viktig om den dominerende vindretningen er fra eller mot land.

E.2.3 Industri

Industri er en viktig kilde noen steder i Norge

På enkelte steder i Norge er industri en vesentlig og viktig kilde til lokal luftforurensning. På landsbasis er industri generelt en mindre viktig kilde enn veitrafikk og vedfyring på grunn av strenge krav til rensing av utslipp, og fordi utslippene vanligvis slippes ut via høye skorsteiner.

Utslippene kan bestå av mange ulike stoffer, og varierer med type industri og hva som produseres. Svevestøv, nitrogendioksid, svoveldioksid, metaller og PAH er blant stoffene som kan slippes ut fra industri. I tillegg påvirkes luftkvaliteten i Norge av industriutslipp i andre land som transporteres til Norge med vinden.

Les mer om industri og luftforurensning på [Miljøstatus.no](https://miljostatus.no).

E.2.4 Langtransportert luftforurensning

Langtransportert luftforurensning kommer med vinden til Norge

Det er små svevestøvpartikler (PM₁₀ og PM_{2,5}) og gasser som ozon som lettest transporteres med vinden til Norge. Langtransportert luftforurensning kan stamme fra industriutslipp i andre land og fra naturlige kilder som skogbranner.



Les mer om langtransportert luftforurensning på [Miljøstatus.no](https://miljostatus.no).

E.2.5 Naturlige kilder

Naturlige kilder kan også bidra til lokal luftforurensning

Naturlige kilder kan være utslipp fra vulkaner i utbrudd og skogbranner. Skogbranner og vulkanutslipp vil gi lignende utslipp som vedfyring, og fordi det ofte er store områder som brenner kan skogbranner gir store utslipp på relativt kort tid. Utslipp fra både lokale kilder og fra andre land kan påvirke luftforurensningen i Norge.

E.2.6 Bygg- og anlegg

Bygg- og anleggsvirksomhet kan bety mye lokalt

Bygg- og anleggsvirksomhet kan være en betydelig kilde til utslipp av luftforurensning lokalt. For eksempel ved utslipp fra anleggsmaskiner, graving og transport av masser.

E.2.7 Andre kilder

Andre kilder som kan påvirke luftkvaliteten

Jordbruk kan bidra med utslipp av partikler, ammoniakk og utslipp fra kjøretøy som traktorer. Flytrafikk har utslipp som kan påvirke den lokale luftkvaliteten ved flyplasser. Slitasjepartikler fra skinner, hjul og bremses fra tog, trikk og t-bane kan bidra til høye nivåer av svevestøv på innendørs perronger.

E.3 Hva bestemmer hvor mye luftforurensning det er der jeg er?

Sted: Hvor du befinner deg har stor betydning. Om du befinner deg i nærheten av en forurensningskilde, for eksempel en vei med mye trafikk, og hvordan vær- og spredningsforholdene er (for eksempel mye eller lite vind) vil avgjøre hvor utsatt du er for å puste inn forurenset luft.

Nærhet: Avstanden til forurensningskildene har betydning for i hvilken grad du blir eksponert for luftforurensning. Jo lengre vekk du beveger deg fra forurensningskilden (for eksempel fra veikanten), jo mindre luftforurensning blir du eksponert for.

Skjer forurensende utslipp nær bakken får utslippet større betydning for mennesker som oppholder seg her, enn hvis det skjer høyere oppe. Utslipp fra piper skjer høyere oppe og blir uttynnet før det kommer ned til bakken.

Noen forurensninger har også lengre rekkevidde enn andre. Grove svevestøvpertikler faller raskere til bakken enn finstøv. Veistøv består mest av grove partikler. Det grove støvet når kortere ut fra veien, enn finstøv som kan fordele seg over større områder.

Tid: Luftkvaliteten varierer mye med årstidene og gjennom dagen. Luftkvaliteten er generelt på sitt verste om vinteren og er verre på dagtid enn om natten. Årsakene er spesielle værforhold om vinteren og høyere forurensningsaktivitet på dagtid.



Vær: Værforholdene påvirker hvordan luftforurensningen spres. Vind vil spre forurensningen, for eksempel eksosgass og veistøv fra biler. Nedbør vasker lufta for støv og binder det. Perioder uten nedbør fører til oppvirvling av veistøv fra tørre veibaner, slik at støvet bidrar til forverret luftkvalitet. Når veiene er våte blir det mindre oppvirvling av støv.

I noen tilfeller oppstår et værphenomen som kalles inversjon. Normalt synker temperaturen med høyden, men ved inversjon er det omvendt. Dette fører til at kald luft ligger under varm luft. Siden kaldluft er tyngre enn varmluft vil den kalde lufta virke som et lokk, der lufta under lokket ikke slipper ut. Forurensningen vil da hope seg opp og bli høy.

Omgivelser: Topografi, bygninger og vegetasjon påvirker spredningen av luftforurensning. I noen tilfeller kan omgivelsene fungere som en barriere mot forurensningskilden, og føre til mindre luftforurensning der man befinner seg. Også elver og åpent terreng vil kunne lede forurensningen til områder lenger unna. I andre tilfeller kan omgivelsene føre til mer luftforurensning, for eksempel kan bygninger hindre at forurensningen spres.

Vegetasjon: Vegetasjon kan både ha en filtrerende effekt på luftforurensningen, og kan påvirke luftstrømmene. Vegetasjon langs veier kan for eksempel bidra til å binde partikler og redusere forurensningen, i tillegg til å skjerme bakenforliggende områder. Om vinteren mangler mye av vegetasjonen bladverk og mister dermed sine filtrerende egenskaper.

E.4 Forholdene i Trondheim¹

Tabellen under viser varslingsgrenser for partikkeltetthet og NO₂.

TABELL 1 VISER DE NYE VARSLINGSKLASSENE FOR LOKAL LUFTKVALITET I NORGE (2015). TALLENE ER I MIKROGRAM PER KUBIKKMETER (µG/M³). MERK AT DE NYE VARSLINGSKLASSENE ER ENDRET, SLIK AT FORURENSNINGSNIVÅET LETTERE BLIR "HØYT", MENS DET SKAL MYE TIL FØR DET BLIR "SVÆRT HØYT".

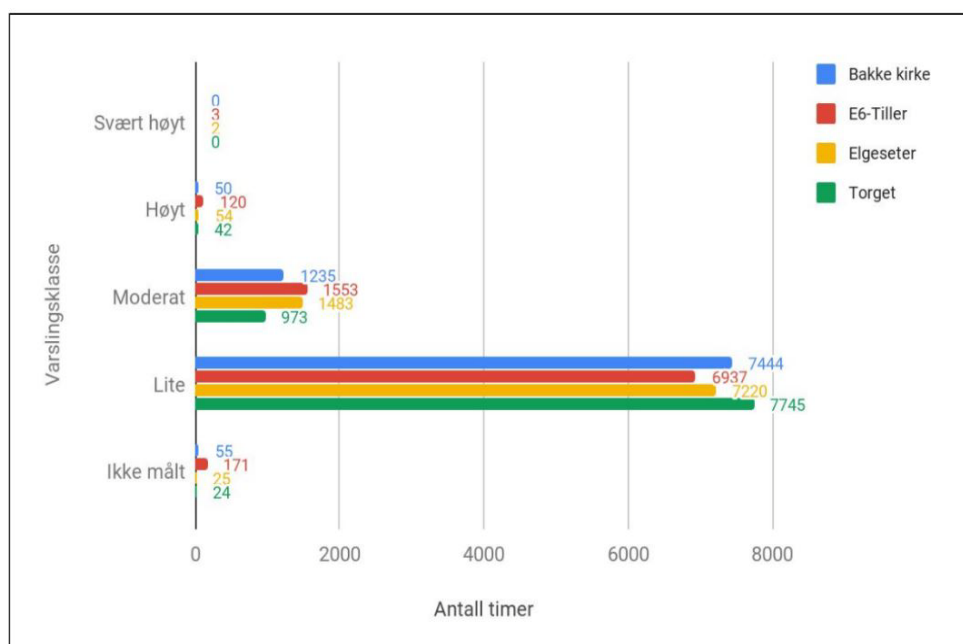
Varslingsklasse	PM ₁₀ døgn	PM _{2,5} døgn	PM ₁₀ Time	PM _{2,5} Time	NO ₂	Helsevirkninger	Helseråd
Lite	<30	<15	<50	<25	<100	Liten eller ingen helserisiko	Utendørs aktivitet anbefales
Moderat	30-50	15-25	50-80	25-40	100-200	Moderat helserisiko: Helseeffekter kan forekomme hos enkelte astmatikere og personer med andre luftveissykdommer, samt alvorlige hjertekarsykdommer	Utendørsaktivitet kan anbefales for de aller fleste, men enkelte bør vurdere sin aktivitet i områder med mye trafikk eller høye andre utslipp
Høyt	50-150	25-75	80-400	40-150	200-400	Betydelig helserisiko: Helseeffekter kan forekomme hos astmatikere og personer med andre luftveissykdommer, samt alvorlige hjertekarsykdommer	Barn med luftveislidelser (astma, bronkitt) og voksne med alvorlige hjertekar- eller luftveislidelser bør redusere utendørsaktivitet og ikke oppholde seg i de mest forurensede områdene
Svært høyt	>150	>75	>400	>150	>400	Alvorlig helserisiko: Følsomme grupper i befolkningen kan få helseeffekter. Luftveisirritasjoner og ubehag kan forekomme hos friske personer	Personer med hjertekar- eller luftveislidelser bør redusere utendørsaktivitet og ikke oppholde seg i de mest forurensede områdene

Luftkvaliteten i Trondheim er vanligvis god sommerstid. Om vinteren gir bruk av piggdekk på bar asfalt svevestøv, mens kalde motorer og fyring gir noe svevestøv, NO₂ og andre gasser. Det er mest luftforurensning i kaldt, vindstille, tørt vær i rushtidene og på

1. Informasjonen er hentet fra: Luftkvalitet i Trondheim 2017 Nettdresse:
<https://drive.google.com/file/d/1QonFWZ9bbNvuqwcWwrX8JhGfvVoD1QuX/view>

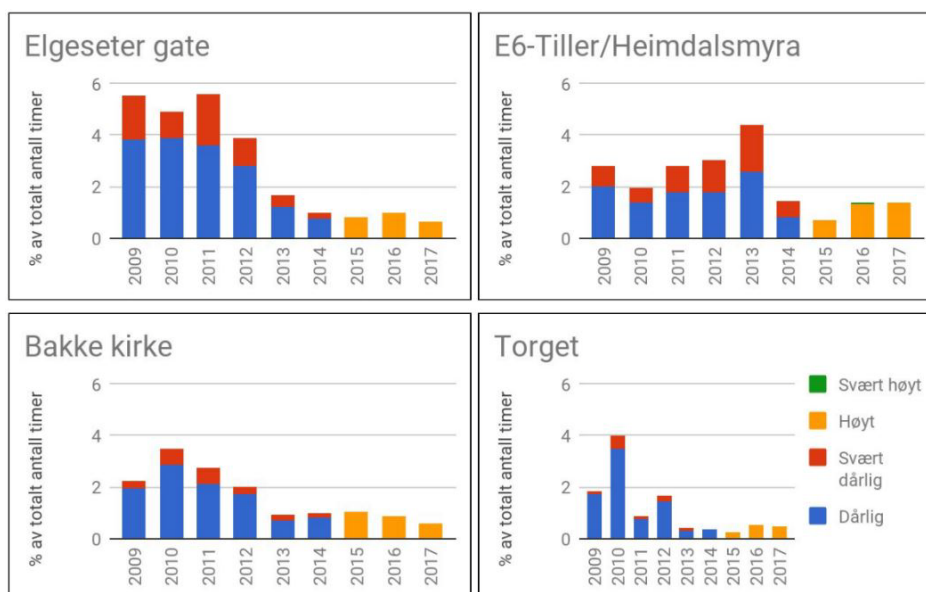


utfartsdager. Luftkvaliteten i Trondheim overvåkes på fire målestasjoner; E6-Tiller, Elgeseter, Bakke kirke og Torvet (se figuren under).



FIGUR 2 VISER LUFTKVALITETEN (NO_2 , PM_{10} OG $\text{PM}_{2.5}$) FOR HVER TIME FORDELT PÅ VARSLINGSKLASSE, JFR TABELL 1. KLASSIFISERINGEN "LITE" LUFTFORURENSNING, KREVER AT ALLE FORBINDELSENE ER KLASSIFISERT SOM "LITE". FOR DE ANDRE KLASSIFISERINGENE ER DET DÅRLIGSTE VERDI SOM AVGJØR. MERK AT MÅLESTASJONENE I 2017 HAR MANGE TIMER MED "MODERAT" LUFTKVALITET FORDI DET MANGLER DATA FOR EN ENKELT FORBINDELSE I PERIODER (FOR DATADEKNING, SE VEDLEGGFIGUR 3). DET VIL SÅ GODT SOM ALLTID VIL VÆRE LITE LUFTFORURENSNING OM NATTA, I HELGER OG FERIER, SAMT OM SOMMEREN.

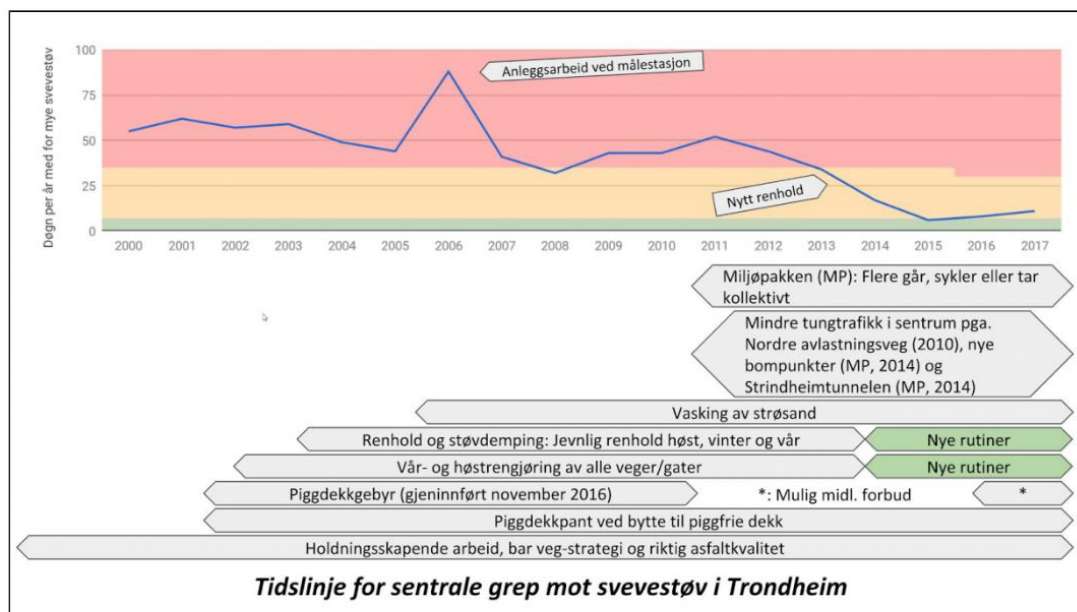
En av årsakene til de høye verdiene for moderat varslingsklasse var perioder med manglende NO_2 data. Av figuren under ser vi også at forholdene har bedret seg betydelig siden 2009. Det skyldes hovedsakelig økt renhold og bruk av støvdempende midler på veier og gater.



FIGUR 4 VISER ANDELEN "(SVÆRT) DÅRLIG" LUFT ELLER "(SVÆRT) HØYT" FORURENSNINGSNIVÅ (JFR. TABELL 1) FOR DE ULIKE MÅLESTASJONENE. FOR SAMMENLIGNING AV NYE OG GAMLE VARSLINGSKLASSE: GRENSEN FOR "HØYT" FORURENSNINGSNIVÅ MTP. PM_{10} ER 20 % LAVERE ENN GRENSEN VAR FOR "DÅRLIG" LUFT.

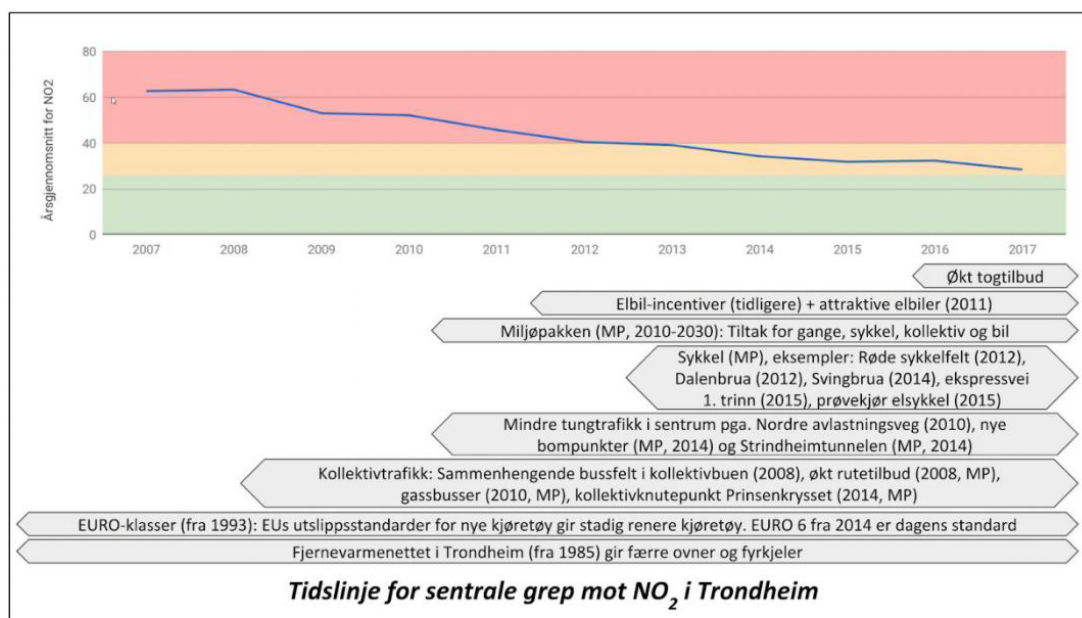


Det er gjort en rekke tiltak for å senke utslippet av svevestøv, NO₂ og klimagasser i Trondheim (se figur 5 og 6). Siden 2008, er mange av disse tiltakene innført eller intensivert i regi av Miljøpakken.



Figur 5 viser generelt trafikkreduserende tiltak og spesifikke tiltak rettet mot svevestøv (PM₁₀), samt målinger fra verste målestasjon.

Tilsvarende tiltak er gjort for å redusere utslipp av NO₂.



Figur 6 viser generelt trafikkreduserende tiltak og spesifikke tiltak rettet mot NO₂, samt målinger fra verste målestasjon.

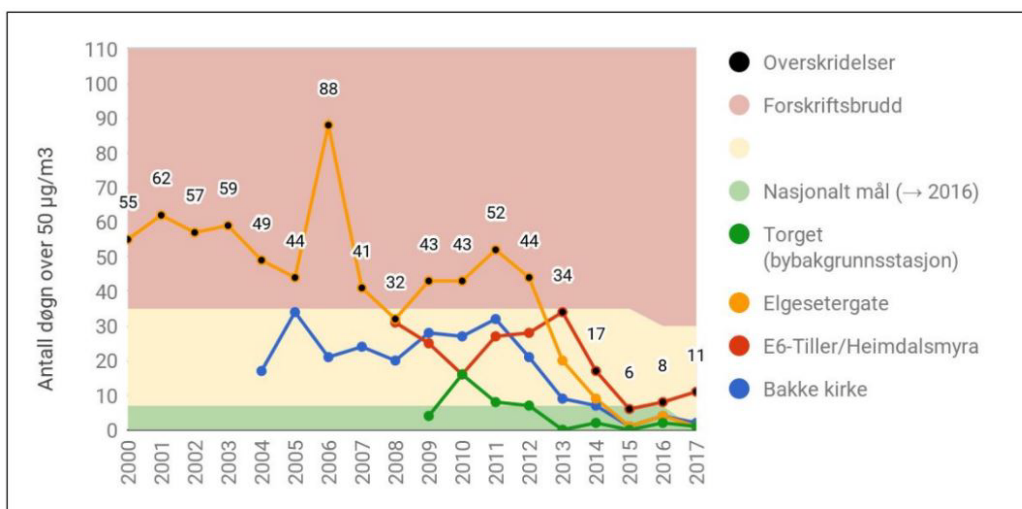
Kilder til svevestøv i Trondheim

I Trondheim er det støv fra veislitasje som følge av utstrakt bruk av piggdekk på bar asfalt som vanligvis er hovedårsaken til overskridelsene av grenseverdikrav for PM10. Lokalt eller i perioder kan bygge- og anleggsvirksomhet være den viktigste kilden - som ved E6-



Tiller i 2017, i forbindelse med utbyggingen av E6-sør. Bruk av piggdekk på bar asfalt var medvirkende årsak. Andre kilder til svevestøv er eksos og fyring. Disse gir mest fint svevestøv (PM_{2,5}). Hovedvegene (Elgeseter og E6-Tiller) har mest PM_{2,5} fra eksos, mens målestasjonene på Bakke kirke og Torget (bybakgrunnsstasjon) kan ha betydelig innslag av PM_{2,5} fra fyring i kalde vintre. Støvmengden i lufta påvirkes av været. Særlig regn har en effekt siden det "vasker" lufta og hindrer oppvirvling av støv, men vind påvirker også ved å tørke opp vegen og spre støvet.

Antall døgn over forurensningsforskriftens grenseverdi er vist i figur 10. Folkehelseinstituttets (FHI) luftkvalitetskriterier - eller anbefaling ut i fra et helseperspektiv - er at døgnmiddel PM₁₀ er maksimalt 30 µg/m³. Frem til 2013 var kriteriet 35 µg/m³.

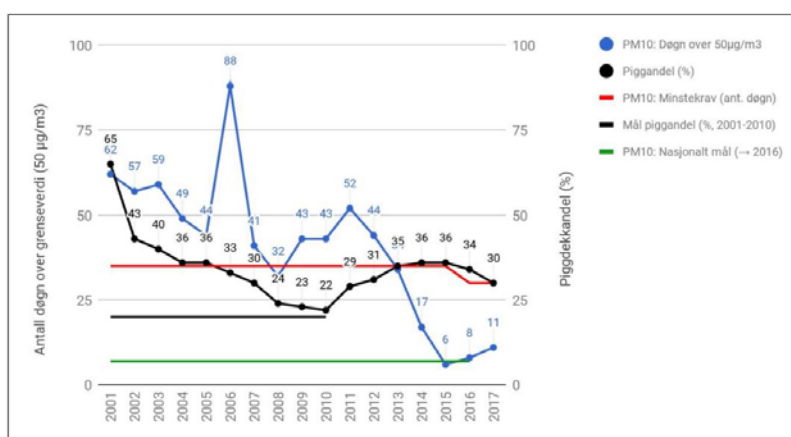


FIGUR 10 VISER ANTALL DØGN MED OVERSKRIDELSER AV GRENSEVERDIEN FOR SVEVESTØV (PM₁₀) I PERIODEN 2000 - 2017. DET VAR ANLEGGSARBEID VED ELGESETER I 2006, HEIMDALSMYRA I 2013 OG E6-TILLER I 2017.

Oppvirvling av vegstøv er hovedårsaken til samtlige overskridelser av døgnmiddelkravet for PM₁₀ i 2017.

Hovedkilden til vegstøvet på den mest forurensede målestasjonen E6-Tiller var omfattende massetransport i forbindelse med utbyggingen av E6-sør. Bruk av piggdekk på bar asfalt var medvirkende årsak. På de

andre målestasjonene kom overskridelsene i løpet av to dager med kaldt vær og høytrykk, som ga oppblomstring av vegstøv fra bruk av piggdekk på bar asfalt. Boligoppvarming bidro ikke nevneverdig til overskridelser på noen av målestasjonene i 2017. Figur 11 viser forholdet mellom piggdekkandel og svevestøv i perioden 2000-2017. Piggdekkandelen sank og lufta ble bedre da vi hadde piggdekkgebyr (2001-2010).



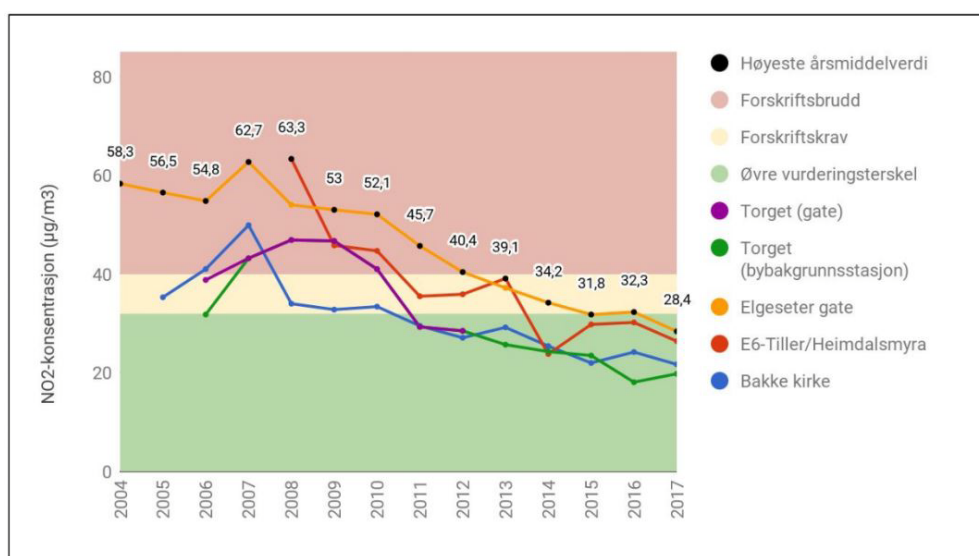
FIGUR 11: PIGGDEKKANDEL OG OVERSKRIDELSER AV DØGNMIDDELKRAVET FOR PM₁₀. ELGESETER HAR HATT FLEST OVERSKRIDELSER FREM TIL 2012, MENS E6-TILLER/HEIMDALSMYRA HAR FLEST OVERSKRIDELSER FRA 2013. RENERE LUFT FRA 2013 SKYLDES I HOVEDSAK RENHOLD OG STØVDEMPING.



Bedre asfaltkvalitet og andre tiltak antas også å ha hatt effekt på luftkvaliteten. Den absolutt største forbedringen kom imidlertid etter nytt renhold fra 2013: Sammenhengen mellom piggdekkandel og antall døgn med for mye svevestøv forsvinner med det nye renholdet. Økt piggdekkandel vil imidlertid kunne øke utgiftene til renhold og støvdemping, og gi dårligere luftkvalitet langs veger uten jevnlig renhold og støvdemping gjennom vinteren.

Nitrogenoksider i Trondheim

Trondheim hadde dessverre for lav datadekning på de mest forurensede målestasjonene i 2017. Målingene som foreligger, samt trend siste år tilsier likevel at grenseverdiene for NO₂ ble overholdt også i 2017. Forurensningsforskriften stiller krav om maks 18 timer over 200 µg/m³ per år, og maks 40 µg/m³ som gjennomsnittskonsentrasjon gjennom året (årsmiddelverdi). Det har ikke vært målt noen timer over 200 µg/m³ siden 2011. Høyeste årsmiddelverdi ble målt på E6-Tiller, med 28,4 µg/m³ (se figur 13). Denne verdien er trolig for lav, på grunn av manglende målinger vinterstid. I tillegg har Folkehelseinstituttet et luftkvalitetskriterium med en times midlingstid på 100 µg/m³.



FIGUR 13 VISER ÅRSMIDDELVERDIEN FOR NO₂ PÅ DE ULIKE MÅLESTASJONENE I BYEN SIDEN 2004.

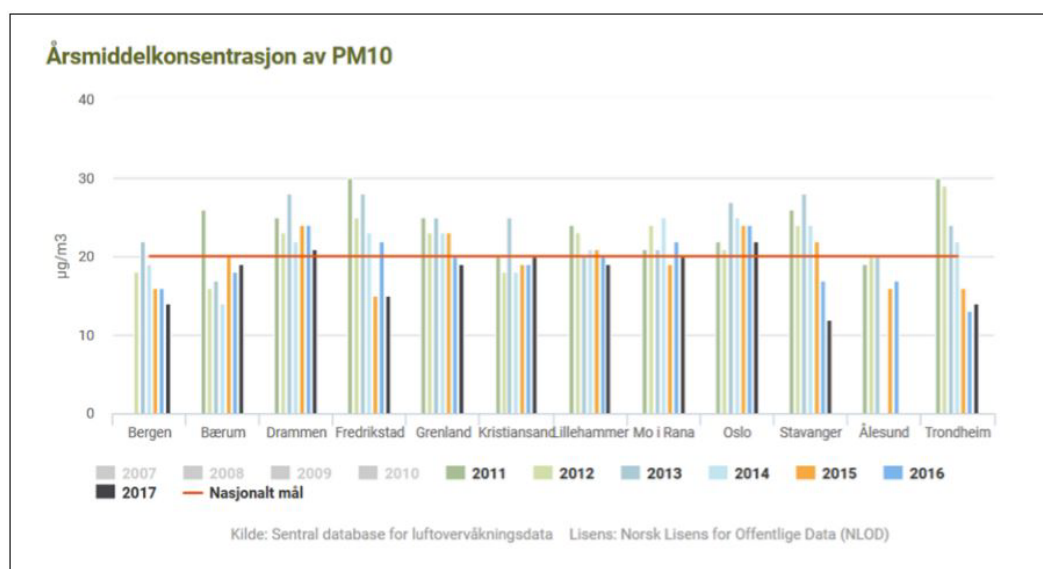
Figur 13 viser at NO₂-konsentrasjonen i Trondheim har gått sterkt ned i perioden 2004-2015. Reduserte utslipp fra personbiltrafikken er trolig hovedårsaken: Veksten i personbiltrafikken har stagnert; bilene har lavere utslipp; kollektivtrafikken har økt kraftig; bussene har skiftet drivstoff fra diesel- til gassbuss. Ikke minst har satsingen på gange, sykkel og elbiler gitt mange utslippsfrie trafikanter, mindre kø og dermed lavere utslipp fra andre trafikanter. Samtidig har det blitt mindre tungtrafikk gjennom sentrum etter bygging av Nordre avlastningsveg og differensierte bomtakster som leder trafikken via omkjøringsvegene. Utbygging av fjernvarmenettet har også gitt mindre fyring, sammen med stadig færre oljefyrer.



Utviklingen ser etter 2015 ut til å ha stagnert (verdien for 2017 er for lav på grunn av manglende måledata), så problemet med NO₂ er ikke løst. Hovedfartsårene fra sør og øst er fortsatt utsatte områder, sammen med innfartsårene til sentrum, Singsakerringen, samt ved hovedveiene på Heimdal og i Ila. Våre tiltak mot NO₂ er listet opp i kapitlet om tiltak mot luftforurensning (over).

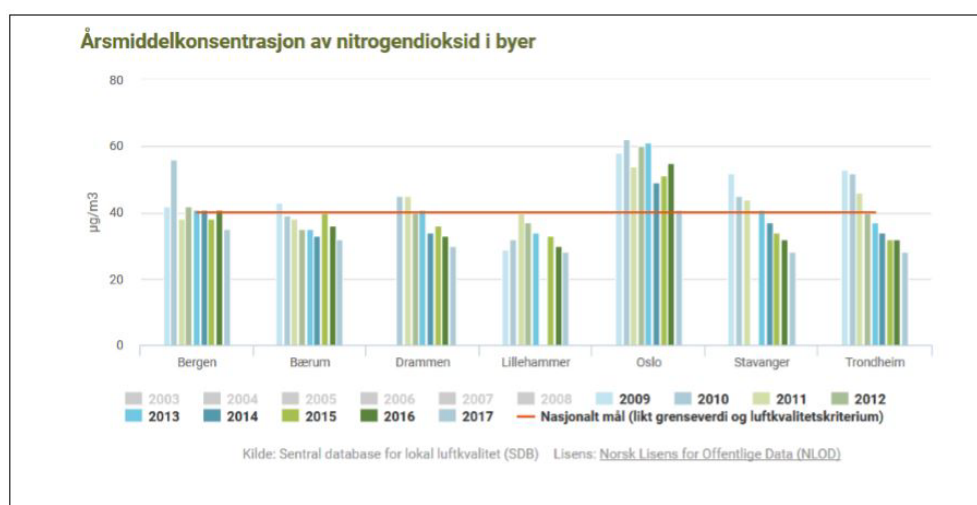
Hvordan ligger Trondheim an i forhold til andre norske byer?

Som vi ser av diagrammet under så har Trondheim gått fra å være en “værsting” til å bli omtrent best i klassen bare slått av Stavanger.



Figuren viser årsmiddelkonsentrasjonen av svevestøv for en rekke byer i Norge. Helsemyndighetenes anbefaling er at årsmiddelverdien bør ligge under $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ og dette er også regjeringens målsetting. Kilde: Miljostatus.no

Når det gjelder NO₂ så ser vi en lignende positiv trend.



Figuren viser årsmiddelkonsentrasjonen av NO₂ for en rekke byer i Norge. Helsemyndighetenes anbefaling er at årsmiddelverdien bør ligge under $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ og dette er også regjeringens målsetting. Kilde: Miljostatus.no