

Test af nye metoder til undersøgelse af losseplads- emission

Poul Larsen

Audun Erikstein Bjerga

Søren Bastholm Olesen

Andreas Houlberg Kristensen

Marius Johansen

Lars Bjørneby

Ingvill Gjellevik Sande

Jacob Mønster

Norbert Pirk

} DMR A/S

} EBY Oslo

Kommune

} FORCE A/S

Universitet i Oslo



Baggrund - Emission af gas fra lossepladser

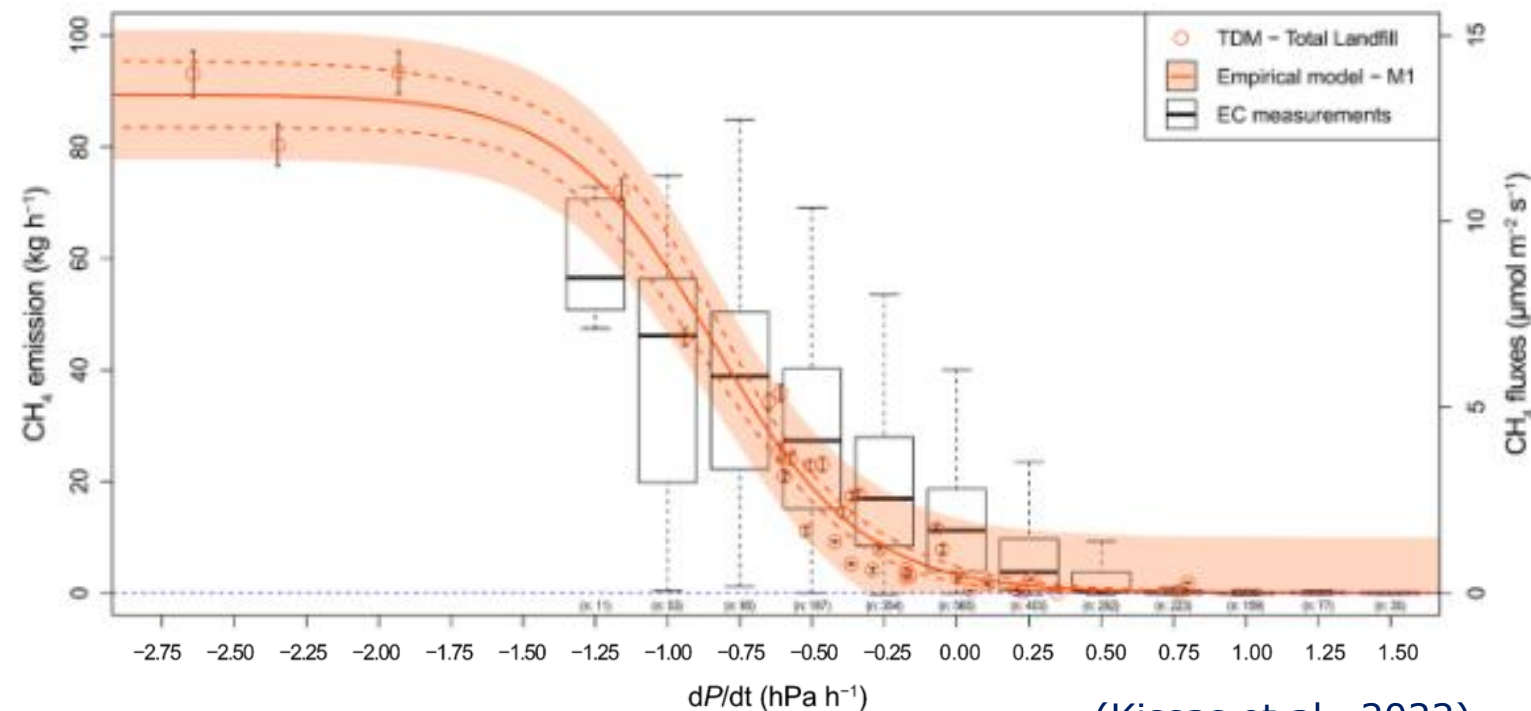
- Mange nedlagte lossepladser.
 - >850 i Norge (M-2129-2021).
 - >3.000 i Danmark (Miljøprojekt nr. 1604).
 - Ofte bebygget.
- Stor variation i fyldets sammensætning.
- Eksplosionsrisiko (CH₄).
- Indeklimarisiko (CO₂ og VOC).
- Klimapåvirkning fra CO₂, CH₄.
- I Norge stilles der krav til kontrol med udslip (emission).
- Stort fokus på emissionsmålinger i Norge.

Lossepladser i Norge



Tidslige og stedslige variationer i gasemission

- Tidslige variationer skyldes bl.a.
 - Trykændringer.
 - Nedbør.
 - Frost.
- Rumlige variationer skyldes eks:
 - Geologi.
 - Affaldssammensætning.
 - Befæstning.
 - Installationer (eks. kloakker).



Traditionelle metoder til emissionsmåling

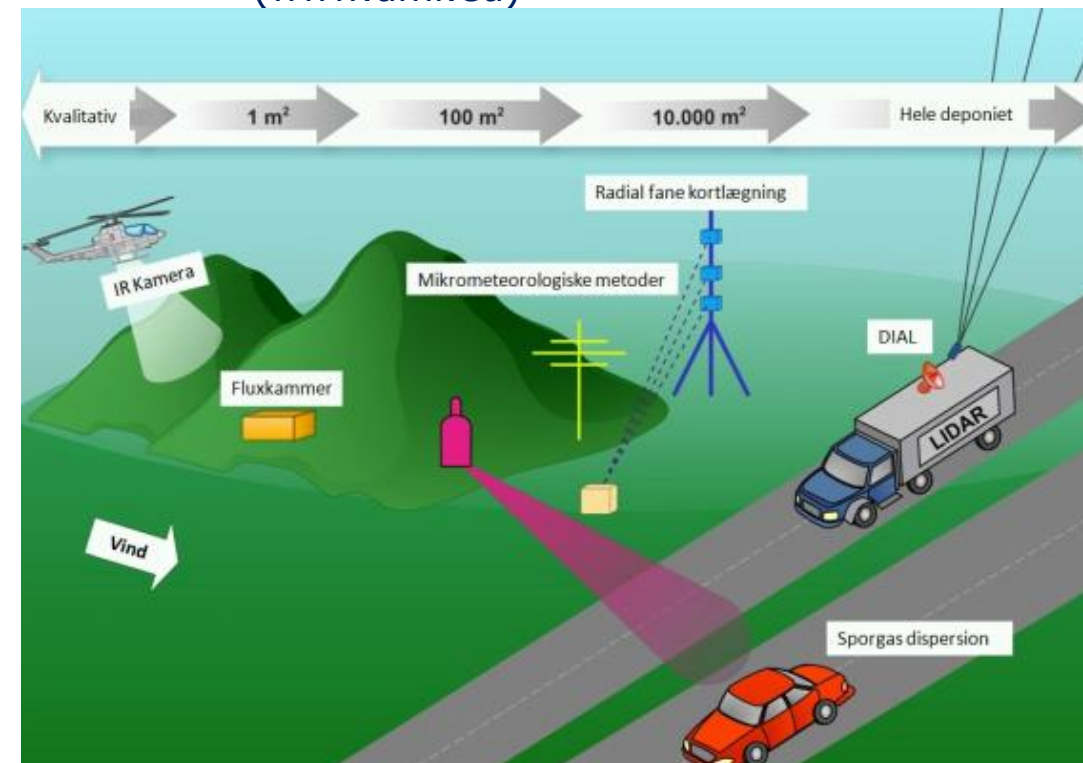
- Screening for hotspots:
 - FID (Flamme ionisering detektor).
 - Dronemålinger.
 - Typisk ikke specifikke for CH₄. (Måler brændbare gasser)
- Kvantificering af hotspots eks.:
 - Fluxkammer.
 - Poreluftmålinger.
 - Dispersed tracergas måling.
 - Eddy Covariance flux.
- Fluxkammer og dispersed tracergasmetoden er i dag blandt de hyppigst anvendte metoder.



(www.dmr.eu)



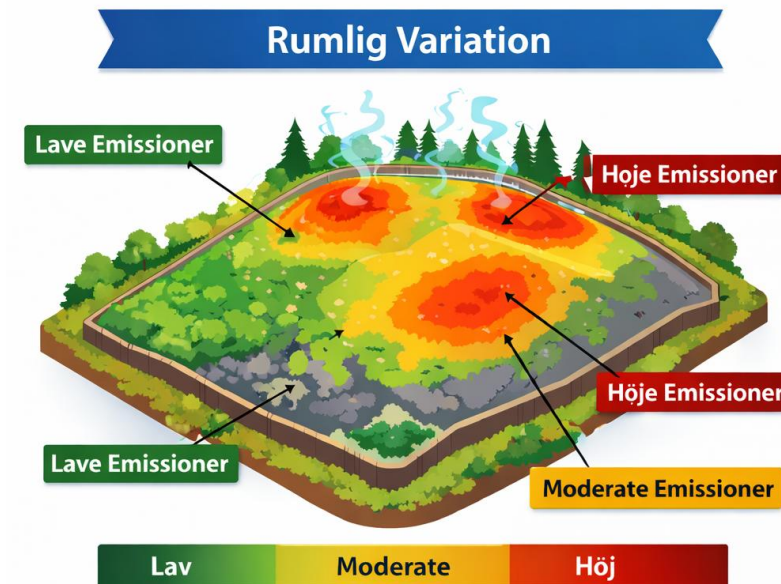
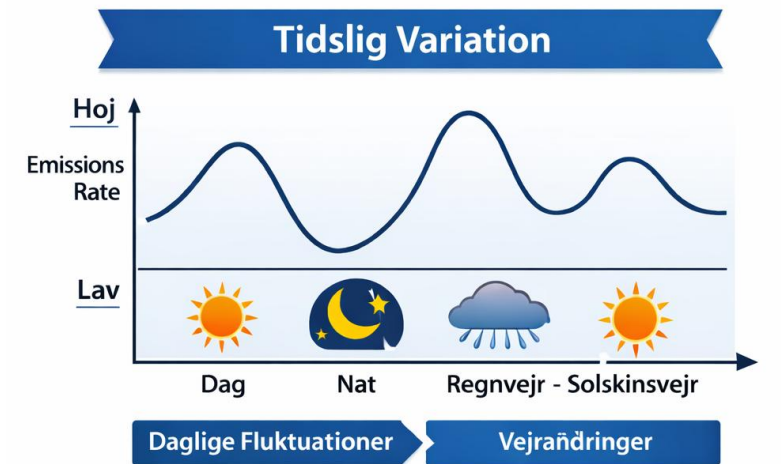
(Tuzson et al., 2020)



(Miljøprojekt nr. 1646)

Ønsker til undersøgelsesstrategi

- Håndtering af tidslige og stedslige variationer.
- Være operationel:
 - Hurtig udrykning ved rette måleforhold.
 - Være hurtig at sætte op.
- Muligt at adskille bidrag fra enkelte punktkilder.
- Udstyr der kan købes i dag.
 - Analyzere til eks. acetylen og metan forhandles ikke mere.
- Prisbevist.
 - Analyser til specifik måling for metan er dyr!



Flerstrengt målemetode

- Indledende kvalitativ screening til kortlægning af stedslig variation.
 - Vigtig for placering af kamre.
 - Vigtig for placering af acetylen.
 - Vigtig for at sammenholde med kort fra droner (validering).
- Kvantitativ afhængig af lokale forhold:
 - Kamtermålinger:
 - Ofte vanskelige da det kræver mange punkter.
 - Dronemetoder:
 - Attraktiv og hurtig at sætte op
 - Ikke mulig alle steder pga. tilladelser.
 - Tracermetoden:
 - Velaftestet og robust.
 - Kræver dyrt udstyr.
 - Satellit metode:
 - Storskala og udjævning af tidslig variation.
 - Varierende datatæthed.



Udvikling af screeningsmetode - LandfillSniffer

- Ønsker:
 - Enhed uden interferens fra andre kulbrinter.
 - Lang batteridrift.
 - Mulighed for løbende at kunne tilpasse plan for målinger.
 - Kort responstid på sensor.
- Primære data på udviklet enhed:
 - Sensor: CH₄
 - Ingen interferens fra andre flygtige kulbrinter.
 - Måleområde: 0,8-40.000 ppm (Baggrund: ≈ 2 ppm).
 - Kobling med data fra høj-præcision GPS. (< 10 cm).
 - Responstid: 1,8 s (flow på 2 L/sek).
 - Batterilevetid: > 8 timer.
 - Realtids opdatering af kort på felt PC.
 - Farvekoder der indikerer koncentrationsniveau
 - Ergonomisk rygsæk så hænder er fri.



Værkstedstests af landfillSniffer



Testlokalitet

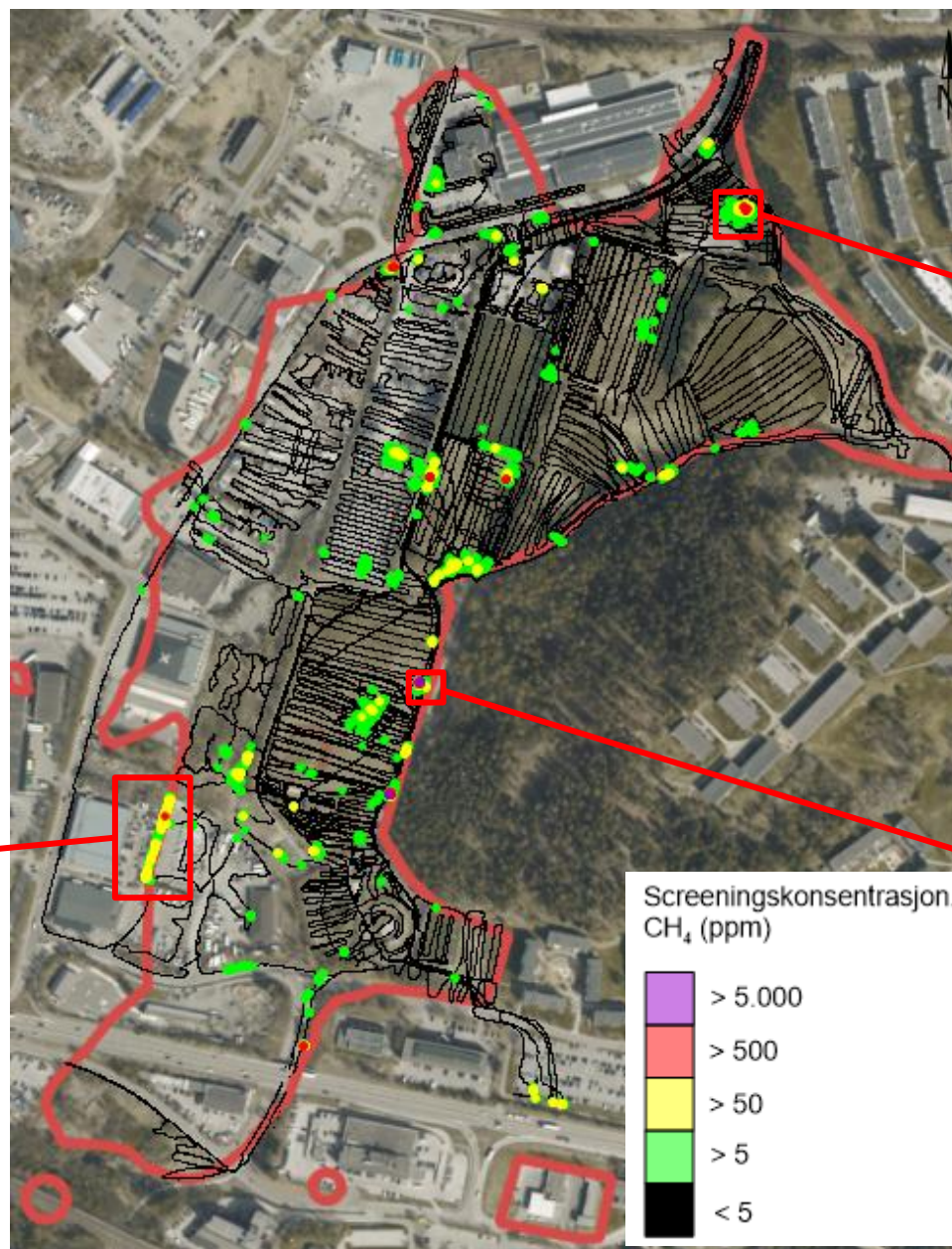
- Rommen Affaldsdeponi:
 - Deponering foregået 1959 – 1969.
 - Areal: 250.000 m².
 - Årlig udvinding af gas til varmeproduktion ca. 390.000 m³.
 - Der er tidligere udført målinger med store forskelle i emission metoder imellem:
 - Fluxboks: 0,9-1,1 kg CH₄/time.
 - Tracergas: 25,2-25,4 kg CH₄/time.
 - Indikationer på kraftige ukendte punktkilder.
 - Oslo Kommune har et mål om at være 0-utslippsby inden 2030.
 - Reduktion af emission fra deponier er et af virkemidlerne.



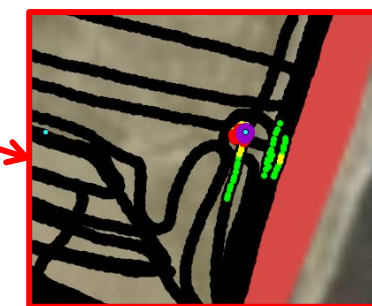
Resultater fra screening på Rommen Affaldsdeponi

- Heterogent fordelt.
- Op til >30.000 ppm. (Eksplodingsrisiko = 50.000 ppm)
- Usandsynligt at fange punktkilder med gitter med fluxbokse.

Ca. 75 m



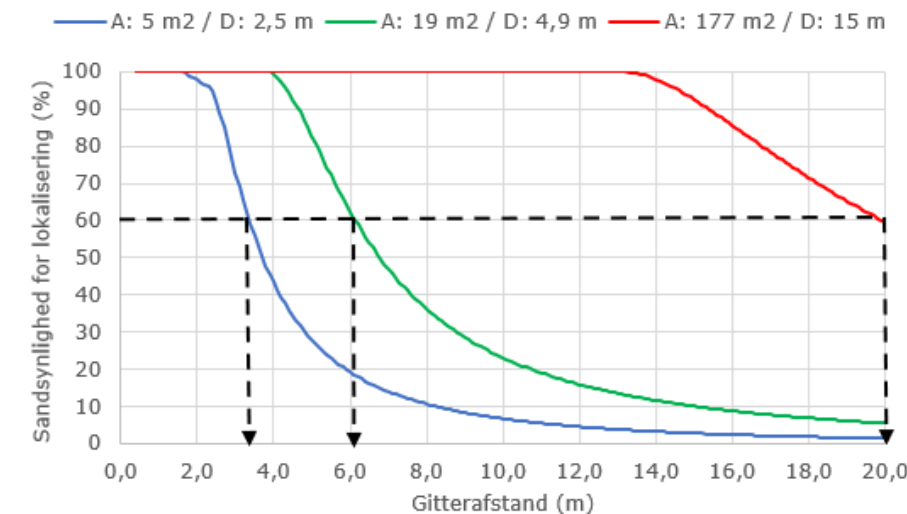
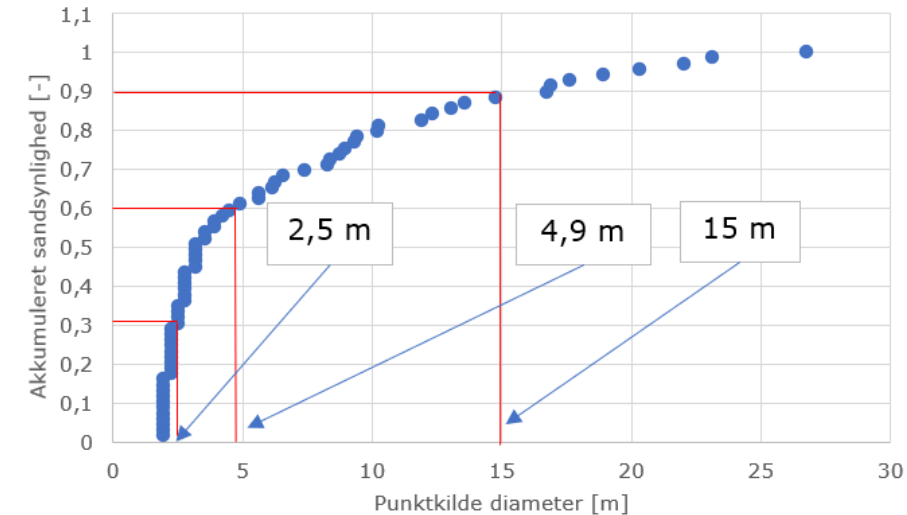
A: Ca. 420 m²
D: Ca. 23 m



A: Ca. 90 m²
D: Ca. 11 m

Lokalisering af punktkilder med fluxboks uden screening

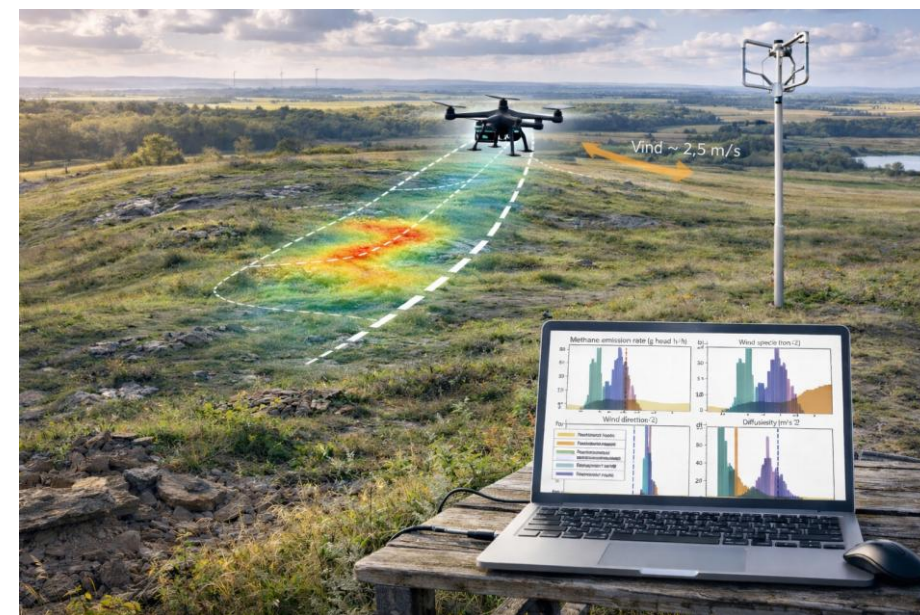
- Lokaliseret 69 punktkilder.
 - Median areal: 8 m².
 - Median diameter: 3,2 m.
- Nødvendig afstand mellem målepunkter ved screening på 60% fraktil:
 - Punktkildediameter på 2,5 m = 3,4 m.
 - Punktkildediameter på 4,9 m = 6,1 m.
 - Punktkildediameter på 15 m = 20 m.
- Nødvendigt antal målepunkter på Rommen deponi for at nå 60% fraktil:
 - Afstand mellem punkter på 3,4 m = ca. 22.000 stk.
 - Afstand mellem punkter på 6,1 m = ca. 6.800 stk.
 - Afstand mellem punkter på 20 m = ca. 670 stk.



Yderligere undersøgelser i april/maj 2026



- Kvantificering af enkeltbidrag fra punktkilder med kombination af stort kammer og dispersed tracergas metode.
- Test af ny dronebaseret metode:
 - Drone kortlægger metanskyen nedstrøms.
 - Vindretning og hastighed måles på drone eller mast.
 - Model regner baglæns (inversionsmodel).
 - Estimerer hvilken udledning der kan skabe metanskyen.



Inferring methane emissions from African livestock by fusing drone, tower, and satellite data

Alouette van Hove¹, Kristoffer Aalstad¹, Vibeke Lind², Claudia Arndt³, Vincent Odongo³, Rodolfo Ceriani^{4,5}, Francesco Fava⁵, John Hulth¹, and Norbert Pirk¹

¹Department of Geosciences, University of Oslo (UiO), Oslo, Norway

²Division of Food Production and Society, Department of Grassland and Livestock, Norwegian Institute of Bioeconomy Research (NIBIO), Tjøtta, Norway

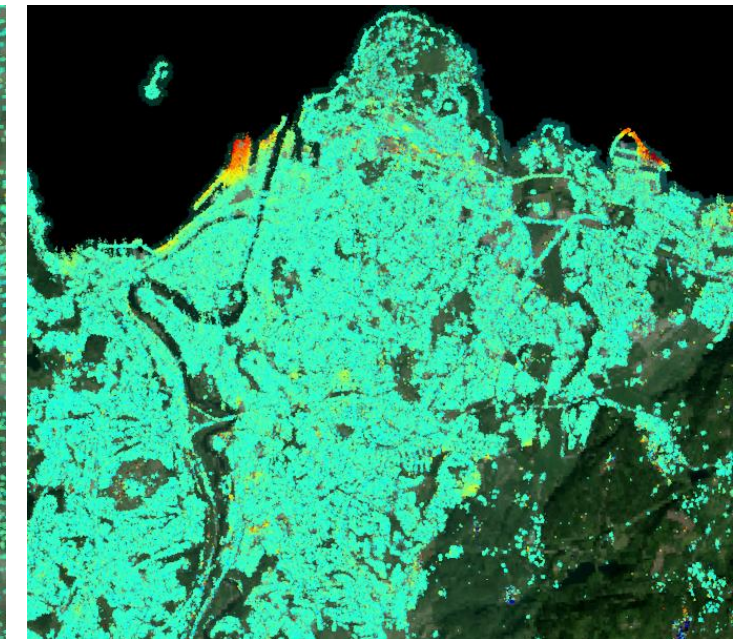
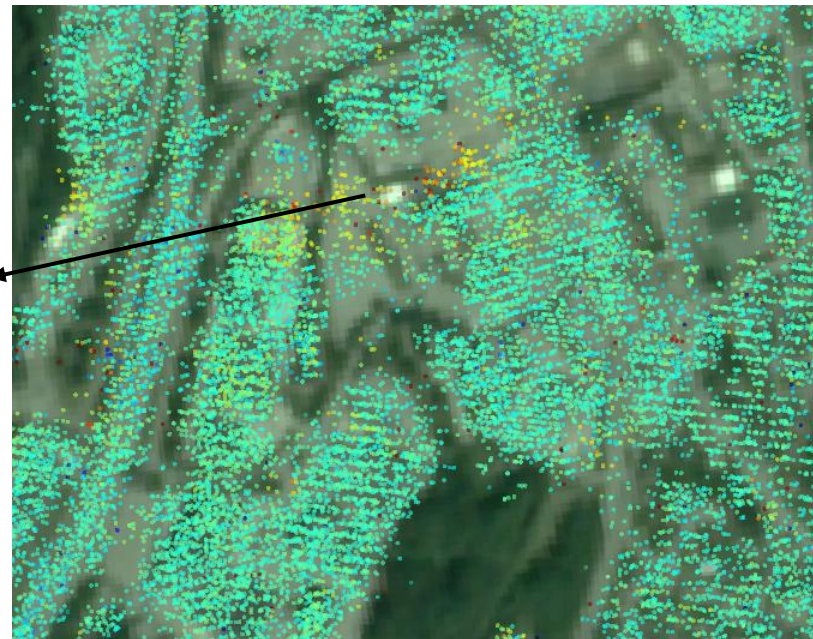
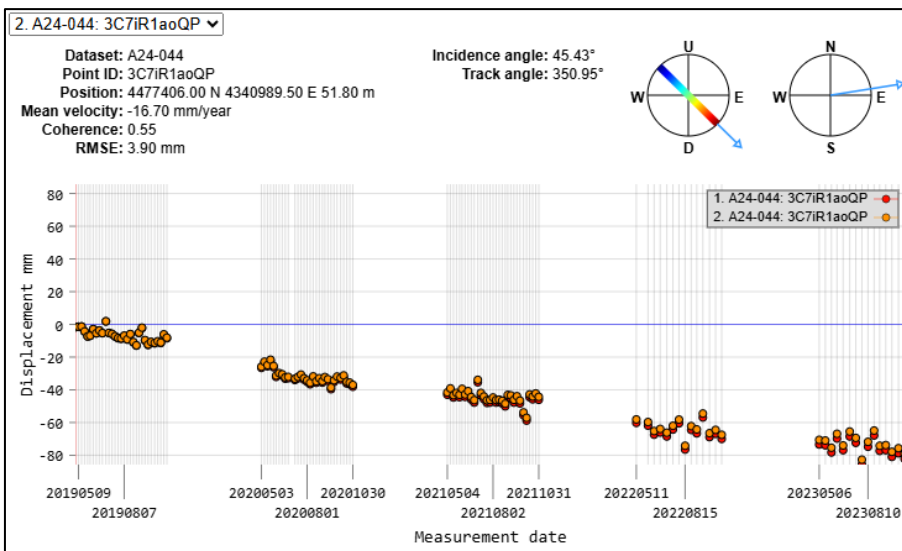
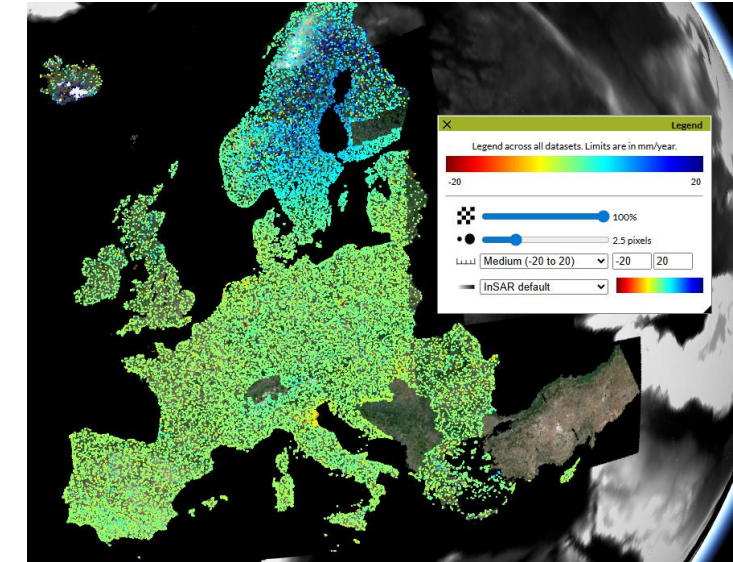
³Mazingira Centre, International Livestock Research Institute (ILRI), Nairobi, Kenya

⁴Department of Agricultural and Environmental Sciences, University of Milan (UNIMI), Milan, Italy

⁵Department of Environmental Science and Policy, University of Milan (UNIMI), Milan, Italy

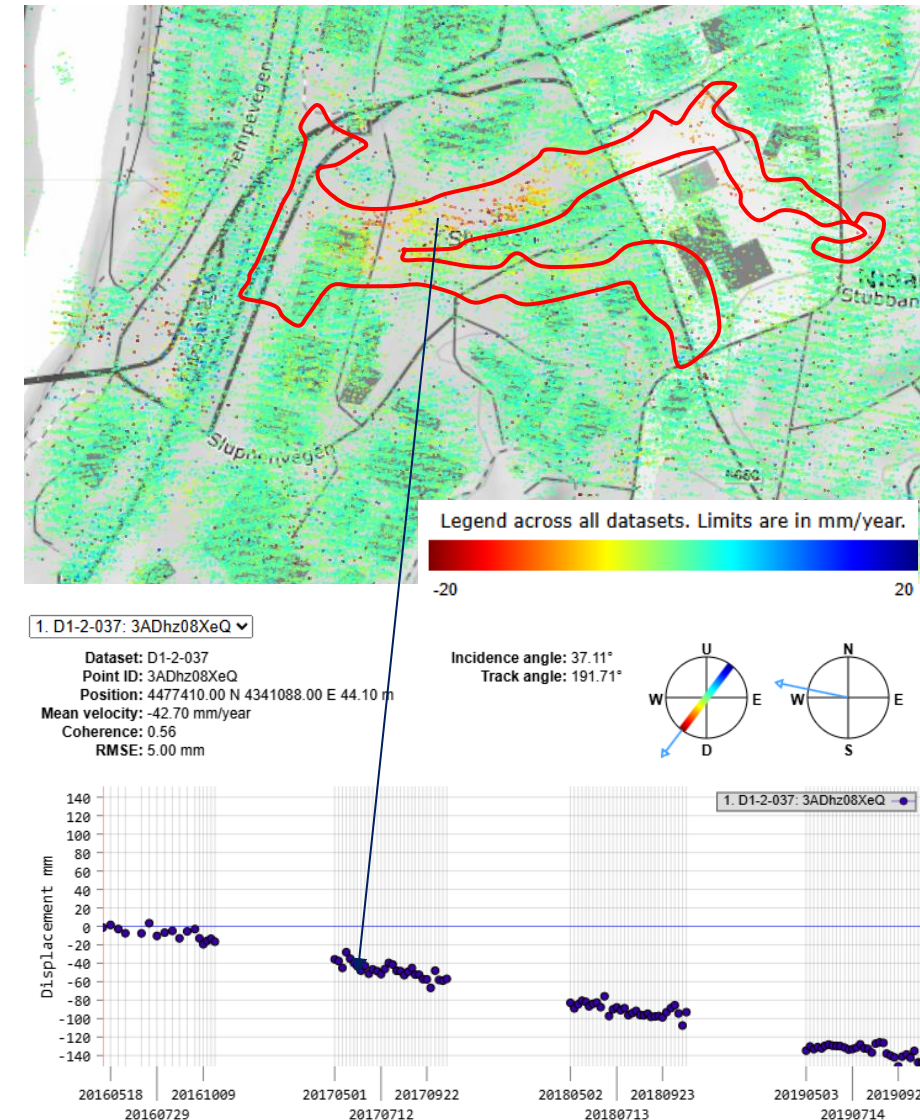
Gasproduktion vurderet ud fra satellitdata (InSAR):

- Begyndende satellitmålinger direkte på gasser.
 - Primært CO₂ (indtil videre) – eks. CarbonSpaceTech.
 - Sekundært CH₄ - eks. GHGSAT
- Gasproduktion kan vurderes ud fra sætninger fra satellitdata:
 - European Ground Motion Service (<https://egms.land.copernicus.eu/>)
 - Eksempel fra Fredlydalen i Trondheim.
- Muligt at købe målrettede satellitmålinger af sætninger.



Gasproduktion ud fra sætninger

- Testet på Fredlydalen deponi i Trondheim:
 - Aktiv: 1953 – 1971
 - Ca. 415.000 m³ affald.
- Afgrænset og karakteriseret med boringer.
- Nedbrydningsrate estimeret ud fra målte terrænsætninger og affaldets mægtighed: ca. 190–200 m³ affald pr. år
- Nedbrudt organisk materiale omsættes til deponigas (CH₄ og CO₂)
- Svarende til en samlet årlig gasproduktion på ca. 190 ton, fordelt på:
 - ca. 67 ton CH₄
 - ca. 123 ton CO₂(forudsat 60 % CH₄ / 40 % CO₂ i deponigassen)
- Samlet emission er ikke kvantificeret direkte, men vurderes ud fra beregnet produktion og dokumenterede overfladeudslip.



- Emission fra lossepladser er stærkt heterogent fordelt.
 - Punktkilder dominerer emissionen.
 - Traditionelle gitterbaserede målinger risikerer at overse væsentlige bidrag.
- Screening er afgørende for effektiv kvantificering.
 - Nyt udstyr til screening for punktkilder.
 - Hurtig, operationel CH₄-screening forbedrer placering af kamre og tracergas.
 - Reducerer behovet for ekstrem måletæthed.
- Kombination af metoder giver det mest robuste billede.
 - Screening → lokalisering.
 - Tracergas/kammer → kvantificering.
 - Evt. drone baseret metode → kvantificering.
 - Satellit (InSAR) → vurdering af samlet gasproduktion.
- Anvendelse af produktionsestimater.
 - Eksempel på Fredlydalen: ca. 190 ton gasproduktion pr. år.
 - Produktion fastlægger den fysiske ramme for emissionen og kan bruges til validering af emissionsmålinger – sætte rammer.