



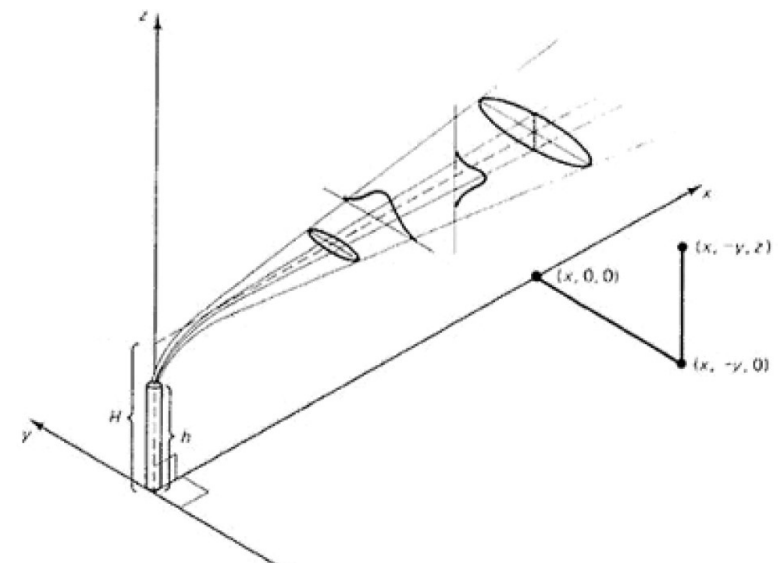
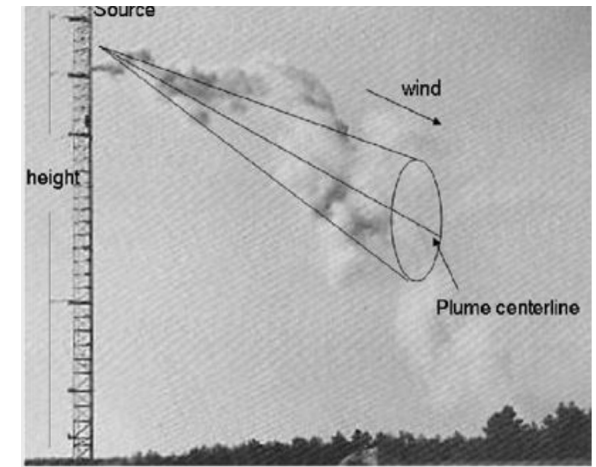
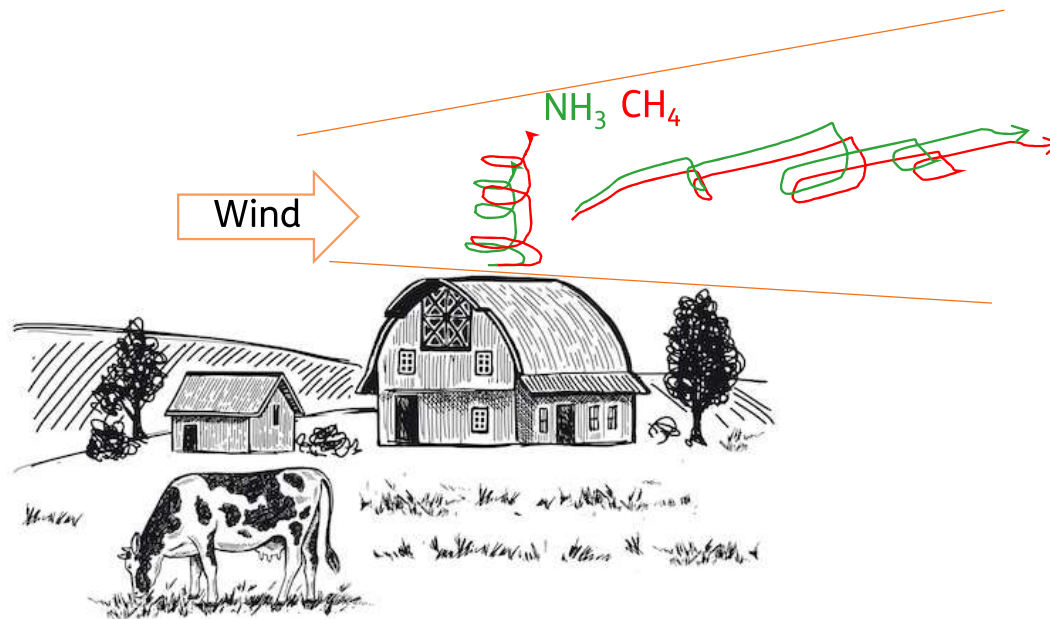
Mobiele metingen van melkveestallen

LNV Meetprogramma methaan en ammoniak
Nationaal symposium Ede, 25 januari, 2024
TNO team EMSA Petten

TNO innovation
for life

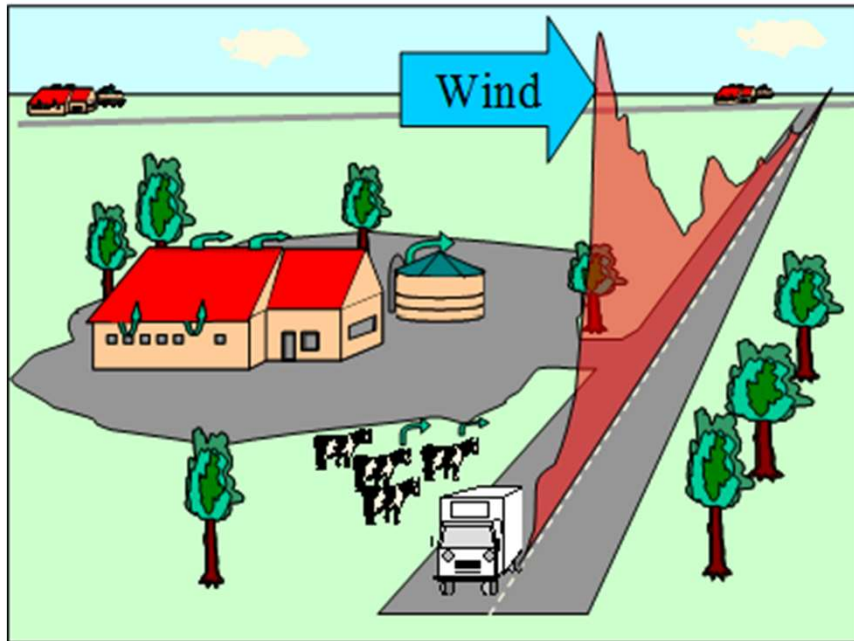
Emissiepluimen

Ammoniak en methaan uit een boerderij
verwaait door wind → emissiepluim



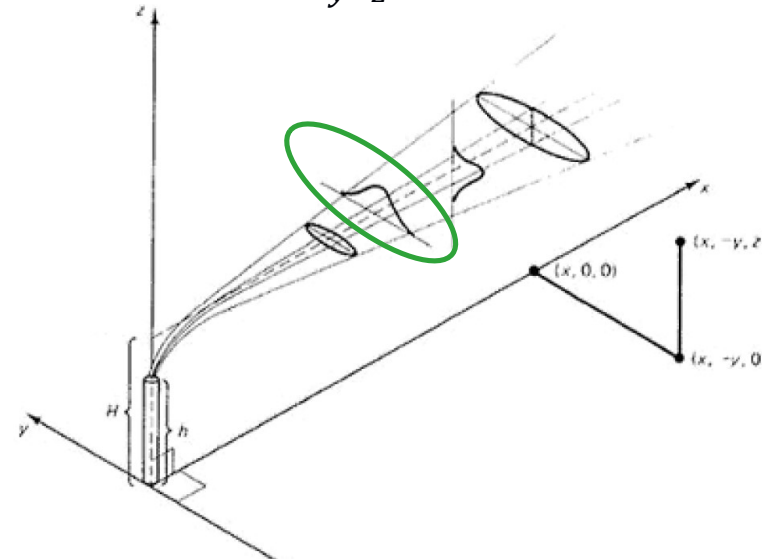
Gaussisch pluimmodel

Mobiele doorsnede van boerderijpluim



Concentratie Emissie

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} e^{\frac{-y^2}{(2\sigma_y)^2}} \left(e^{\frac{-(z-h_s)^2}{(2\sigma_z)^2}} + e^{\frac{-(z+h_s)^2}{(2\sigma_z)^2}} \right)$$



Van concentraties naar emissie via pluimmodel

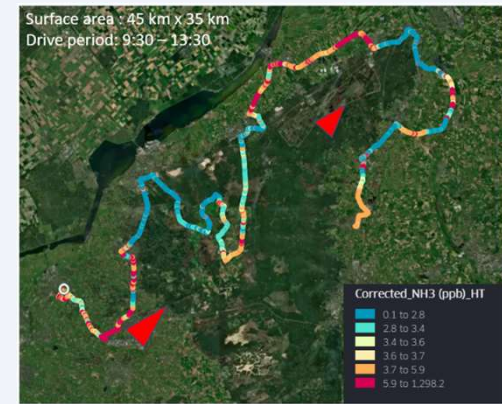
Methode standaard toegepast voor bemeten olie & gas bronnen

Waarom pluimmetingen voor boerenbedrijven

- Meerdere (>20) bedrijven en verschillende staltypen op een dag.
- Signalering van afwijkingen, in kaart brengen.
- Natuurlijke ventilatie en objecten op het bedrijfsterrein.
- Verbetering emissiespreidingskennis van CH₄ en NH₃.

Technologie ontwikkeling

- Testen en keuze van instrumenten, met name voor ammoniakmeting
 - Aansluiten van buitenmetingen aan protocollaire binnen stalmetingen
 - Herkenning van deelobjecten en staltypen
 - Automatisering van dit type pluimmetingen
- Handleiding/protocol voor mobiele metingen aan meerdere bedrijven

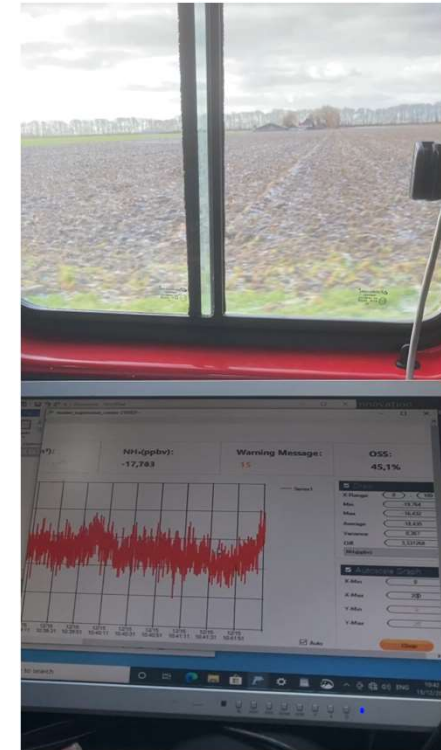


concentratie tracks
Veluwe

Open pad systeem ammoniak

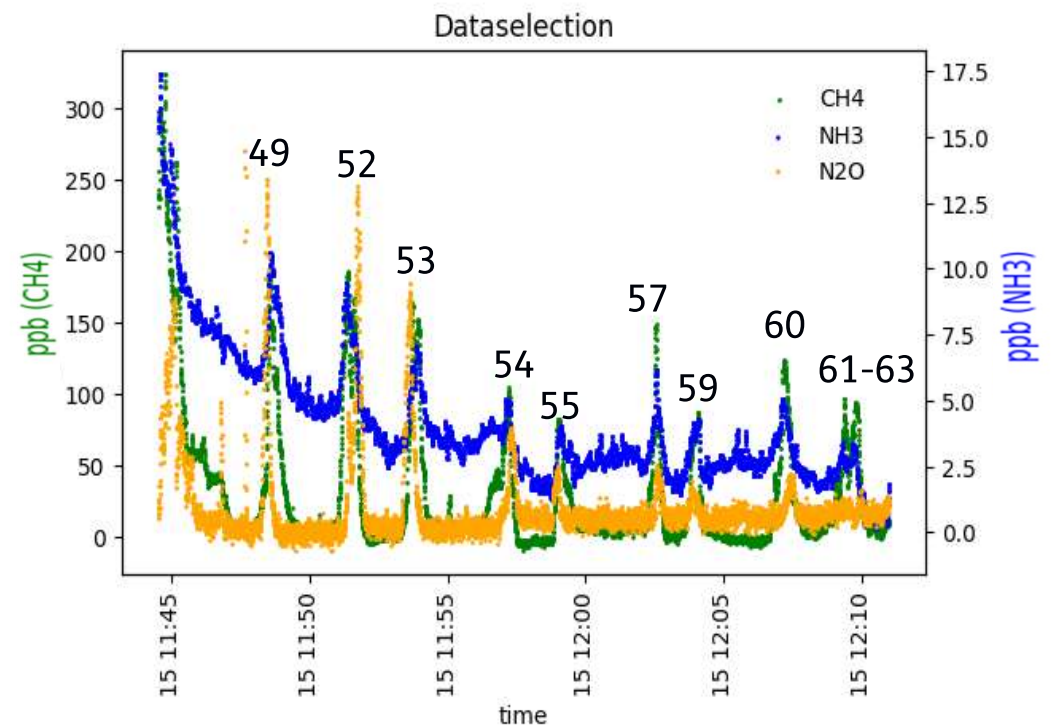
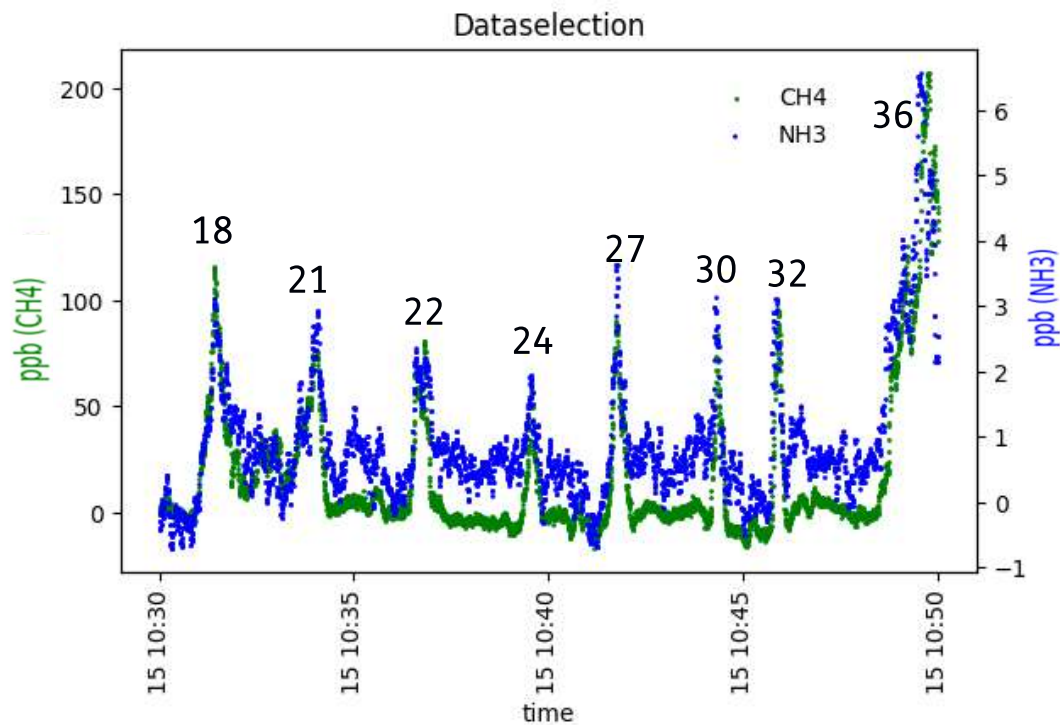


Ammoniak instrument op meetwagen
Eerste in Europa

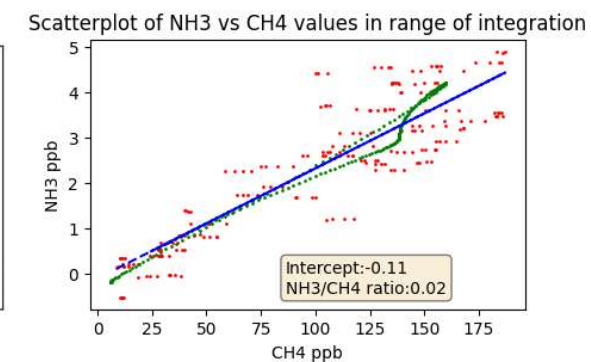
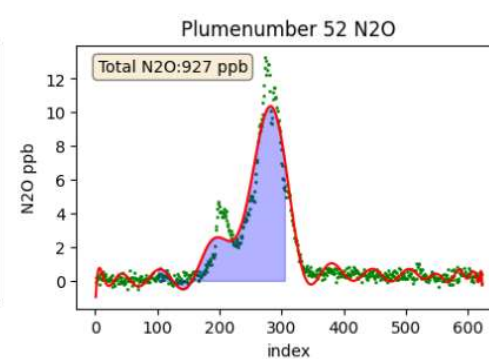
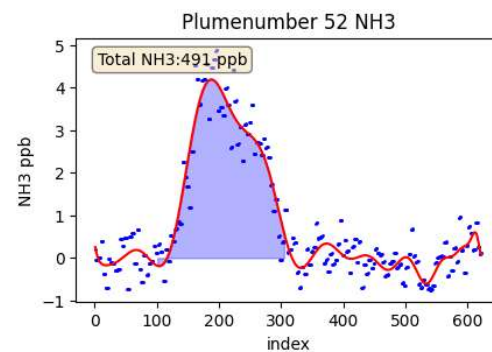
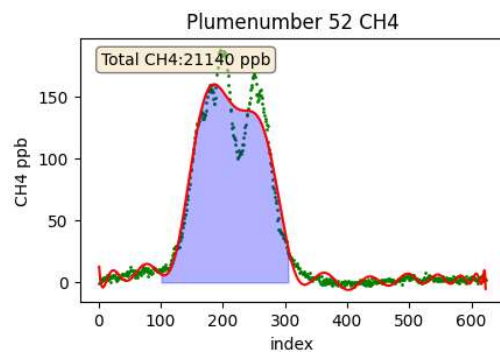
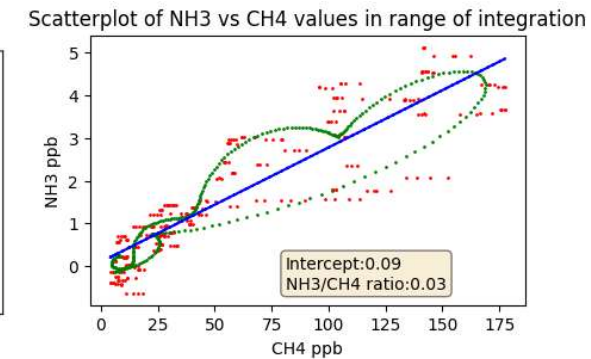
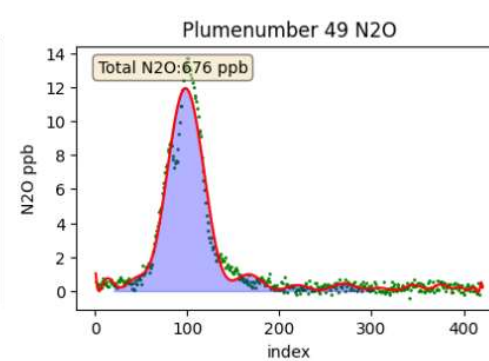
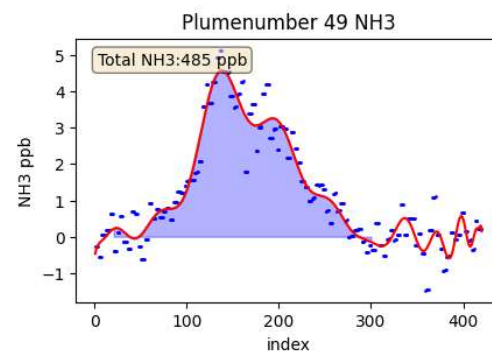
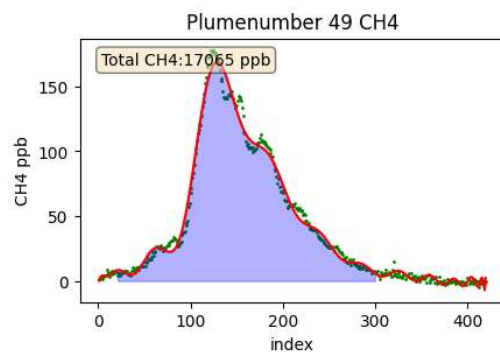


Boerderij >600 m afstand

Pluimen zonder en met N₂O tracer



Methaan, ammoniak en lachgas pluimen

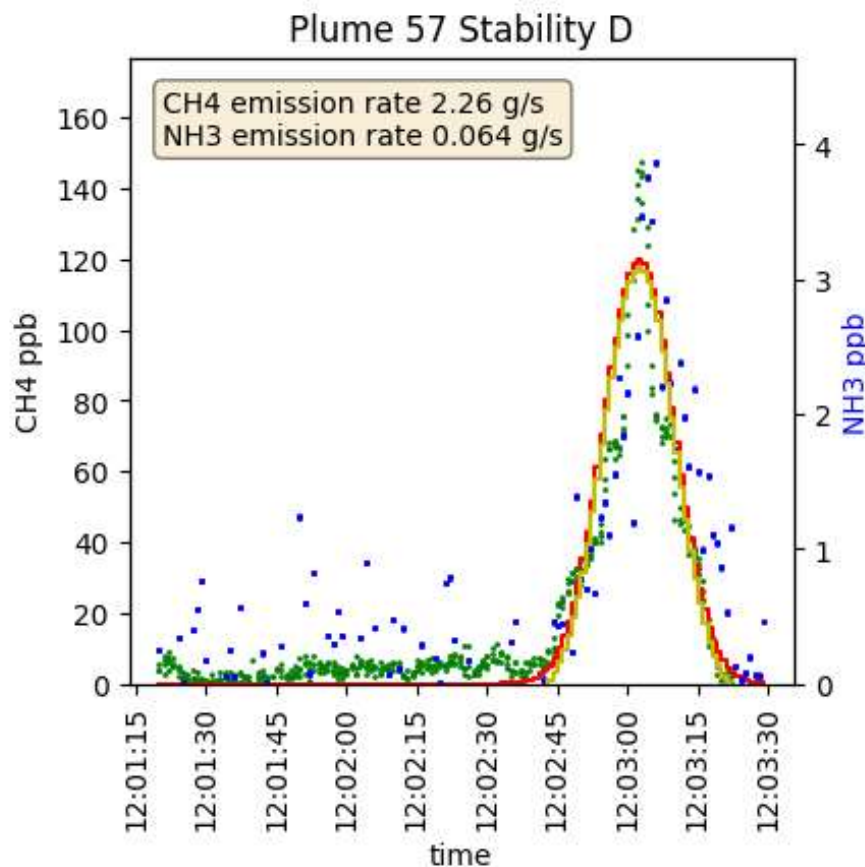


Methaan en amoniak pluim overlappend

Lachgas pluim
tracer methode

Typische ratio
 $\text{NH}_3/\text{CH}_4 = 2\text{-}3\%$

Analyse middag pluimen



N₂O tracer methode (4 metingen):

NH₃ emissie: 0.09 ± 0.01 g/s

CH₄ emissie: 3.3 ± 0.2 g/s

Pluimmodel methode (10 metingen):

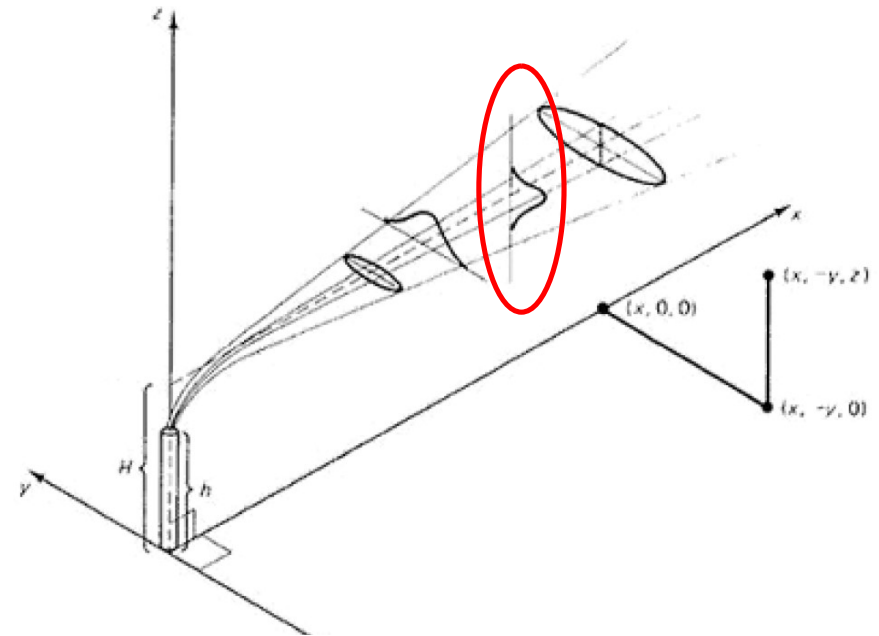
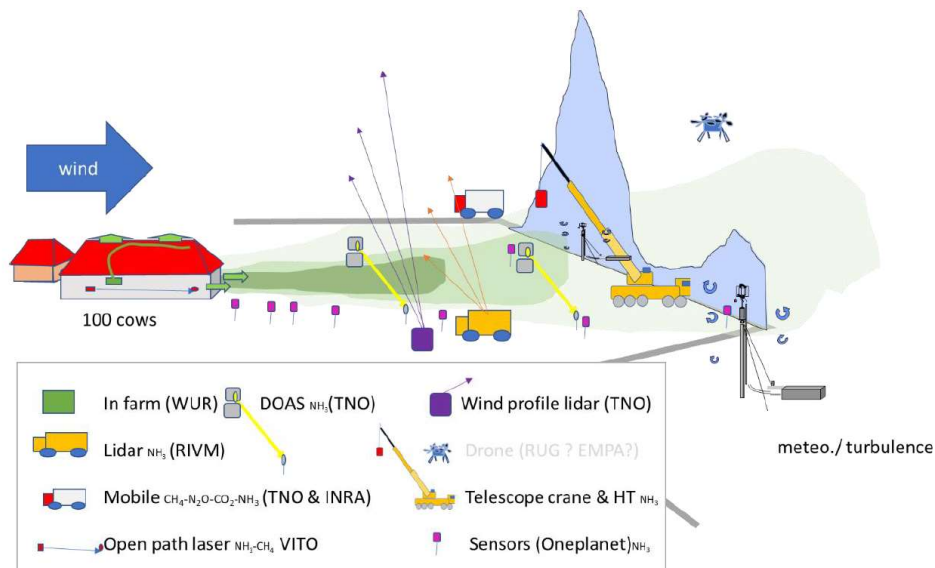
NH₃ emissie: 0.08 ± 0.01 g/s

CH₄ emissie: 3.3 ± 0.3 g/s

NH₃/CH₄ ratio in pluim: $2.4\% \pm 0.2\%$
(3.5% in stal in zelfde periode)

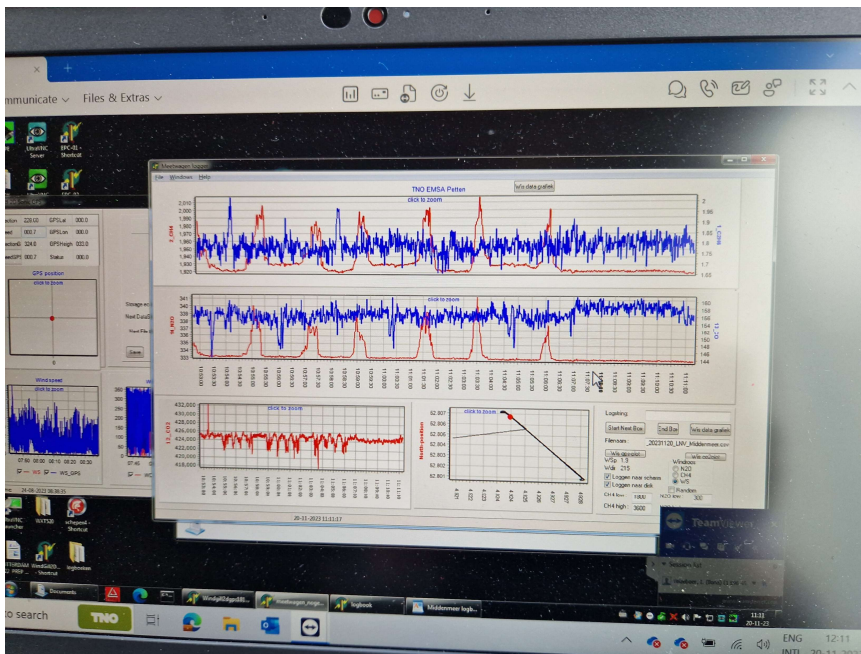
Resultaten zeer vergelijkbaar, maar
nu middeling over stabiliteitsklassen C en D
Effect stabiliteit is groot $\sim 20\%$ → onderbouwing

Meetcampagne eind 2023: verticale component

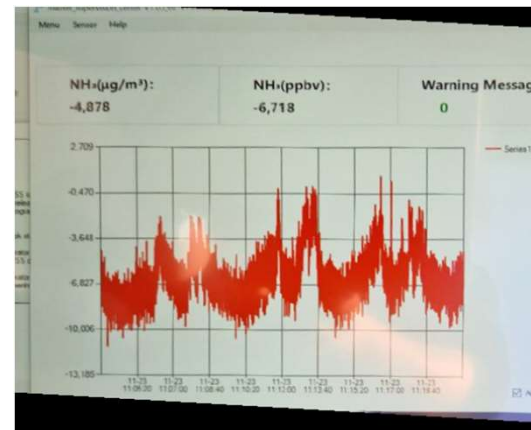


Meten van verticale component

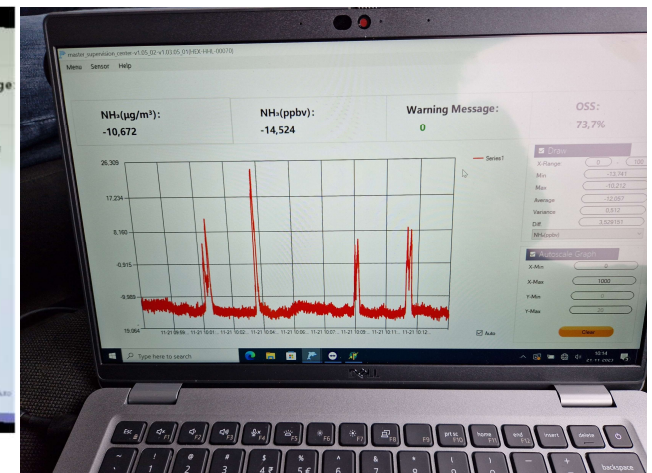
Pluimenmetingen maandag/dinsdag



Methaan en lachgastracer pluimen maandag
>700 m afstand



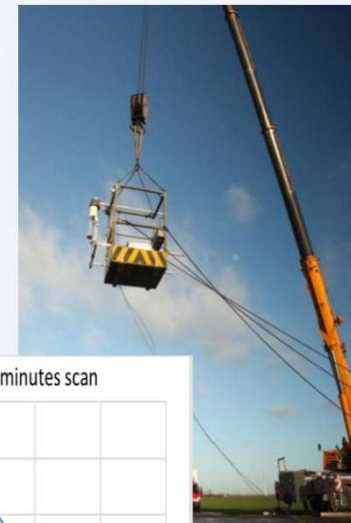
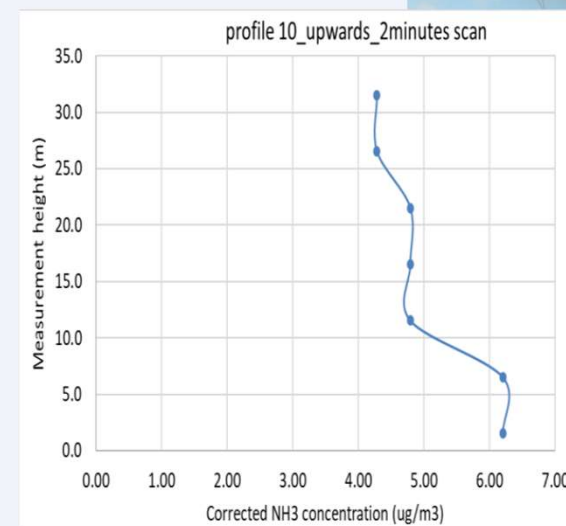
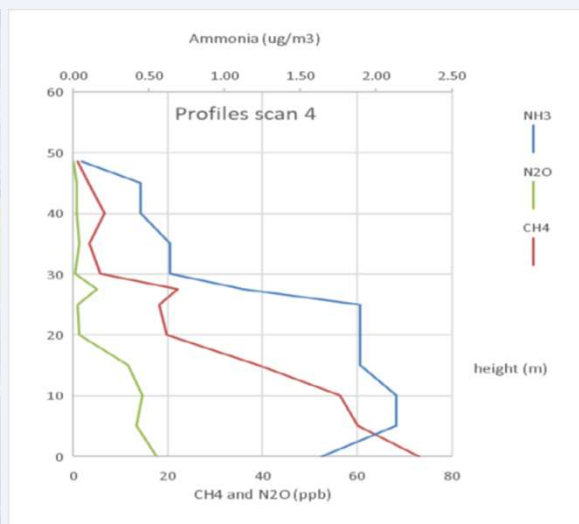
Ammoniak maandag
>700m afstand
~8 ppb pieken



Ammoniak dinsdag
~40-80 m afstand
~ 22 ppb pieken

Verticale metingen aan hijskraan

Vanaf zekere hoogte neemt concentratie van NH_3 , CH_4 en N_2O tracer, sterk af.



Conclusies

Motivatie: meerdere bedrijven, signalering, gehele terrein, beter begrip stalemissiepluim.

Tot nu toe:

- Succesvolle opbouw van mobiele ammoniak, methaan en lachgas metingen.
- Pluimen zichtbaar tot afstanden van enkele honderden meters.
- Gecombineerde pluim-analyse van methaan en ammoniak: typische ratio's.
- Tracermethode en pluimmodel komen goed overeen (aandachtspunten)
- Recente campagne geeft inzicht in verticaal en aansluiting bij in-stal metingen