

Klimaatmonitoring

ECN-facts

1. Wat is klimaatmonitoring?

Weer en klimaat

Het klimaat is gedefinieerd als het gemiddelde weer over een periode van dertig jaar. Klimaatverandering is dus alleen zichtbaar en begrijpbaar als er gedurende lange perioden metingen worden gedaan aan alle factoren die het klimaat bepalen of beïnvloeden. Denk daarbij aan temperatuur, wind, broeikasgasconcentraties, natuurlijke emissies en emissies door activiteiten van de mens. Klimaat is zowel lokaal als globaal waar te nemen. Uitspraken over klimaatverandering gaan meestal over wereldwijde gemiddelden die, gemeten over een langere periode, trendmatig veranderen. Maar voor mensen zijn de veranderingen van het lokale klimaat vaak meer relevant. Deze veranderingen kunnen heel anders en zelfs tegengesteld zijn aan de mondiale. Het klimaat is van nature grillig. Geen jaar is hetzelfde. Trendmatige veranderingen zijn dus alleen aanwijsbaar als ze boven de ruis van gewone en lokale variaties uitkomen. Het doen van metingen, het ordenen van gegevens en het construeren van verklarende en voorspellende modellen voor hoe de verschillende klimaatfactoren op elkaar inwerken, noemen we klimaatmonitoring.

Historie

De eerste systematische klimaatmetingen dateren uit de tijd dat de windmeter (1450), de thermometer (1593) en de barometer (1641) werden uitgevonden. In Nederland werd in 1854 in opdracht van de regering het KNMI opgericht door Christophorus Buys Ballot. Het doel van het KNMI was aanvankelijk vooral het voorspellen van weer, maar reeds tegen het einde van de negentiende eeuw begon Buys Ballot na te denken over

de interpretatie van langetermijn-gegevens en de detectie van klimaatveranderingen.

Concentratieingen aan broeikasgas worden pas sinds enkele tientallen jaren uitgevoerd, de eerste langdurige reeks is gemeten door de Amerikaan Ralph Keeling op de vulkaan van Mauna Loa (Hawaii). Zijn meetreeks staat aan de basis het bewustzijn van de invloed van de mens op het mondiale klimaat door de emissies van kooldioxide uit fossiele brandstoffen.

Nieuwe meetmethoden

In de laatste decennia zijn nieuwe waarnemingstechnieken ontwikkeld, waardoor we steeds meer en steeds beter gegevens kunnen registreren. Satellietmetingen, radar, remote sensing, metingen op hoge masten en metingen in steden hebben de kwaliteit en kwantiteit van waarnemingen aanzienlijk verbeterd. Door internationaal samen te werken en gegevens uit verschillende waarnemingen met elkaar te koppelen, wordt het mogelijk om een steeds beter beeld te krijgen van 'het systeem aarde'.



Meetinstrumenten bij Cabauw.



ECN verricht pluimmetingen aan scheepvaart.

2. Hoe draagt klimaatmonitoring bij aan het bestrijden van klimaatverandering?

Onzekerheden

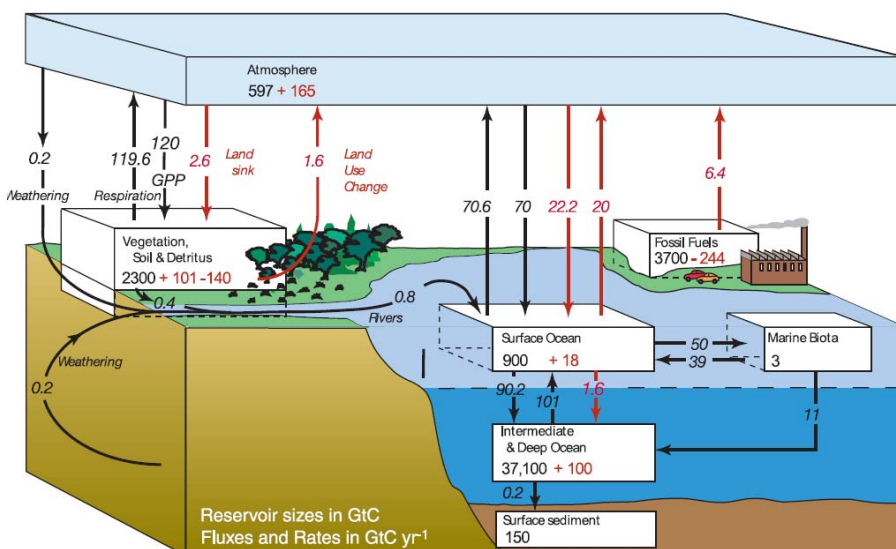
Dankzij klimaatmonitoring is de mensheid zich bewust geworden van de klimaatverandering en de schadelijke effecten daarvan. Maar er zijn nog veel onzekerheden: witte vlekken in ons begrip van hoe het klimaat zich ontwikkelt. Zo staat vast dat veel aerosolen (vaste of vloeibare microscopische deeltjes in de lucht) een koelend effect hebben. Nu we de hoeveelheid aerosolen terugdringen door de lucht schoner te maken, zal dit koelend

effect afnemen. Wat de gevolgen hiervan zijn en in hoeverre de klimaatverandering tot nu toe is gemaskeerd door koelende aërosolen, is nog onduidelijk.

Ook is onduidelijk hoe de natuurlijke emissies van broeikasgassen zich zullen ontwikkelen als het klimaat verandert en de aarde opwarmt. Dit zal tot gevolg hebben dat permafrost (permanent bevroren grond rond de Poolcirkels) zal ontdooien, waarbij mogelijk veel broeikasgassen vrijkomen. Dit leidt weer tot nog sterkere opwarming: potentieel positieve terugkoppeling. Er zijn meer van die potentiële terugkoppelingen, die vrijwel zeker de opwarming versterken. Klimatologisch onderzoek van lang voorbije ijstijden in de laatste 500 duizend jaar toont aan dat ook toen van versterkt warme periodes met hoge concentraties broeikasgas werden veroorzaakt. Onzekerheden over klimaateffecten op de schaal waarin ze nu bestaan zijn gevaarlijk. Monitoring is nodig voor een beter begrip en een betere beheersing.

Sceptici en alarmisten

Vanaf het begin is de discussie over klimaatverandering scheefgetrokken door onevenredig grote aandacht voor klimaatsceptici. Onder de vlag van 'hoor en wederhoor' kregen 'deskundigen' die op wetenschappelijk dubieuze gronden beweren dat er eigenlijk niets aan de hand is met het klimaat, in de media even veel ruimte als de 99% van de overige wetenschappers die laten zien in welke mate het klimaat wel degelijk verandert onder invloed van menselijk ingrijpen.



Aan de andere kant zijn enkele alarmistische 'deskundigen' soms verder gegaan dan op basis van de stand van de wetenschap verantwoord is. Deze schijnbare tweespalt ondermijnt het maatschappelijk draagvlak voor noodzakelijke milieumaatregelen. Klimaatmonitoring levert de harde data waarmee het publiek en de politiek kunnen worden overtuigd van de ernst van klimaatverandering.

Evalueren

Niet alleen voor de diagnose over hoe het klimaat zich ontwikkelt, ook voor de evaluatie van klimaatmaatregelen is monitoring noodzakelijk. Nu de kosten van ingrepen om broeikasemissies tegen te gaan steeds hoger worden, neemt het belang om duidelijkheid te krijgen over het effect ervan navenant toe. Zo is in Nederland kwantitatieve vaststelling van de regionale emissies van de belangrijkste broeikasgassen (kooldioxide, methaan en lachgas) van doorslaggevend belang voor het evalueren van genomen maatregelen.

Andere milieuthema's

De meeste emissiereducerende maatregelen hebben effect op andere milieuthema's. Een meer duurzame samenleving - met bijvoorbeeld minder vleesconsumptie - leidt niet alleen tot veel minder broeikasgasemissies, maar ook tot minder ammoniakemissies (en minder eutrofiëring en verzuring en dus ook hogere biodiversiteit). Meer efficiëntie in energiegebruik en -opwekking

leidt tot lagere emissies van verzurende stoffen en oxidanten in de atmosfeer. Dit heeft weer een verbeterde kwaliteit van de leefomgeving tot gevolg en vermindering van verzuring en eutrofiëring. Meer efficiëntie en volumevermindering in transport leidt eveneens tot lagere emissies van oxidierende stoffen en aërosolen. Monitoring kan deze complexe samenhang duidelijk maken.

De koolstofkringloop volgens IPCC (2007). De zwarte cijfers geven de natuurlijke koolstofstromen aan in GtC (gigaton koolstof). De rode cijfers geven de antropogene stromen aan.

3. Wat zijn voordelen, nadelen en risico's van klimaatmonitoring

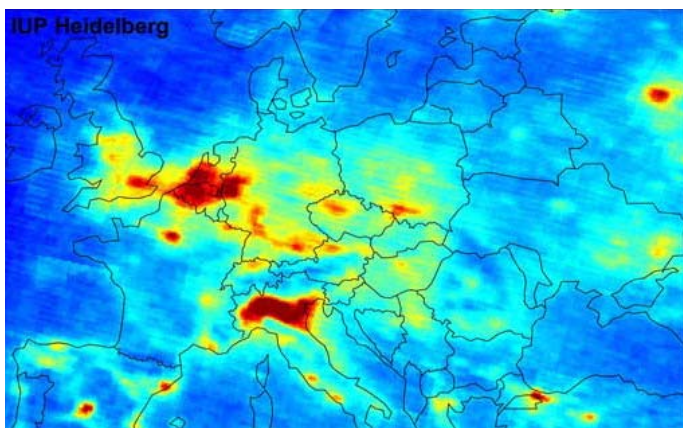
Klimaatmonitoring heeft als voordeel dat het meetbaar en inzichtelijk maakt hoe het systeem aarde functioneert en dat het voorspellingen over de toekomst mogelijk maakt. Klimaatmonitoring vereist investeringen.

Het enige risico dat schuilt in het uitvoeren van klimaatonderzoek is dat het 'wachten op uitkomst van het onderzoek' als een excuus wordt gebruikt voor feitelijk handelen. Inmiddels lijkt dat echter een gepasseerd station. Dat er wat moet gebeuren, is wel helder. Klimaatmonitoring heeft de komende decennia ook duidelijk tot doel de voortgang van beleid te laten zien en handreikingen te doen voor aanpassingen van beleid.

4. Wat is publieke perceptie van klimaatmonitoring?

Maatschappelijk is er geen weerstand tegen klimaatmonitoring, maar er is ook niet heel veel belangstelling voor.

Alleen als er onverwachte of alarmerende resultaten naar buiten komen, laait de publieke aandacht plotseling op. Een goed voorbeeld daarvan - op het aanpalend gebied van monitoring van luchtverontreiniging - manifesteerde zich in 2005. Dankzij een figuur op basis van data van de Sciamachy-satelliet werd op de voorpagina van alle kranten de vervuiling boven Nederland zichtbaar gemaakt. In tegenstelling tot veler verwachting bleek Nederland tot de meest vervuilde gebieden in Europa te behoren. De lucht boven Nederland werd dan volgens de troonrede steeds schoner, maar is nog steeds verre van schoon!



5. Wat is het perspectief van klimaatmonitoring?

Als in de komende jaren de gevolgen van klimaatverandering steeds beter merkbaar zullen worden, zal het belang van klimaatmonitoring toenemen. Bij plotselinge veranderingen zal het de monitoring zijn die dat zichtbaar maakt. Maar ook bij geleidelijke veranderingen worden de trends beter zichtbaar door langjarige meetreeksen. Bij klimaatverandering is de politiek en de wetenschap vooral bang voor de al genoemde positieve terugkoppelingen. Bijvoorbeeld methaanemissies uit ontdooiende toendra's, of de vermindering van het albedo (de witheid van de aarde) door afnemende sneeuw- en ijsoppervlaktes.

Ook de effecten van maatregelen tegen klimaatverandering zijn met monitoring vast te stellen. Emissiereductie door verminderd gebruik van fossiele brandstoffen zijn tamelijk eenvoudig te registreren. Maar het verminderen van de diffuse emissies van lachgas (N_2O) en methaan zijn juist heel moeilijk goed te meten.

6. Wat is de huidige status van klimaatmonitoring?

Internationaal

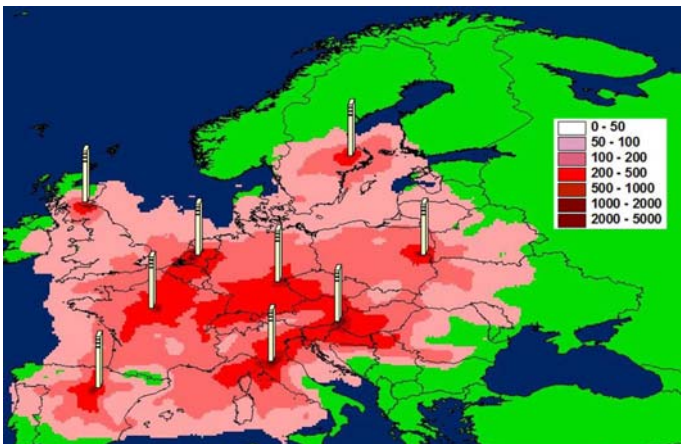
Alle landen die het Klimaatverdrag van de Verenigde Naties uit 1992 hebben ondertekend, hebben zich daarmee verplicht om onderzoek te doen naar klimaateffecten. Sinds die tijd is in de geïndustrialiseerde landen een groot netwerk opgebouwd. De waarnemingen aan de grond en met behulp van satellieten zijn in aantal en kwaliteit sterk toegenomen. De monitoring in ontwikkelingslanden is maar matig op gang gekomen door het gebrek aan middelen. De wereldwijde dekking van het grondnetwerk is daardoor zwak.

Stikstofdioxide (NO_2) niveau's in Europa gemeten door de Sciamachy-satelliet op Envisat gedurende januari 2003 - juni 2004 (Bron: University of Heidelberg)

ICOS-NL

Europa bouwt momenteel door middel van ICOS (Integrated Carbon Observation System) een gemeenschappelijke infrastructuur op om de Europese broeikasgasbalans in kaart te brengen. Daarvoor worden over een lange termijn gestandaardiseerde metingen met een hoge precisie uitgevoerd aan concentraties en fluxen van broeikasgas nabij het oppervlak van de aarde.

De milieu- en klimaatonderzoekers in Nederland willen graag deelnemen aan de Europese infrastructuur ICOS. ICOS-NL, waarin ook ECN participeert, is een voorstel voor de Nederlandse bijdrage en richt zich specifiek op Nederland en directe omstreken. De Nederlandse bijdrage aan ICOS is echter nog zeer onzeker door ontbreken van financiering.



Kaart op basis van concentratiemetingen in de Europese hoge torens, berekend door een atmosferisch transportmodel. De kleur geeft aan hoe gevoelig de meting is voor veranderingen in de emissie. In rode gebieden zijn door de samenwerking van de hoge torens de emissies in principe te bepalen. Daarbuiten is er onvoldoende dekking.

Doelstellingen

ICOS-NL zal door de combinatie van metingen en modellen een periodieke schatting van de uitwisselingsfluxen van broeikasgassen van Nederland en Europa mogelijk maken. Het doel is wekelijkse, seizoens- en jaarlijks gemiddelde netto uitwisselingsfluxen met een nauwkeurigheid van ten minste 10 procent te meten, waar de emissies van veel gassen nu slechts jaargemid-



Meetwagen van waaruit de slangen het veld opgerold worden. In de meetwagen staan de quantum cascade laser spectrometer voor CH_4 , N_2O en watermeting. Met een infraroodmonitor meten we CO_2 .

deld en met onzekerheden van 30 tot 100 procent bekend zijn. Zo zal ICOS-NL de landelijke rapportages van emissies door landgebruik aan de UNFCCC ondersteunen en inzicht leveren in de onderliggende processen die de uitwisselingsfluxen van broeikasgassen bepalen.

De verwachte grote invloed van nationale en Europese maatregelen om alle broeikasgasemissies van Nederland (20 tot 30 procent in CO_2 -eq. in 2020 ten opzichte van 2005 en mogelijk 50 tot 80 procent in 2050) zal met ICOS op de voet gevolgd kunnen worden. Ook kunnen verwachte en onverwachte interacties tussen klimaatverandering en emissies van bijvoorbeeld veenweidegebieden (verdroging, vernatting) met het systeem bestudeerd worden.

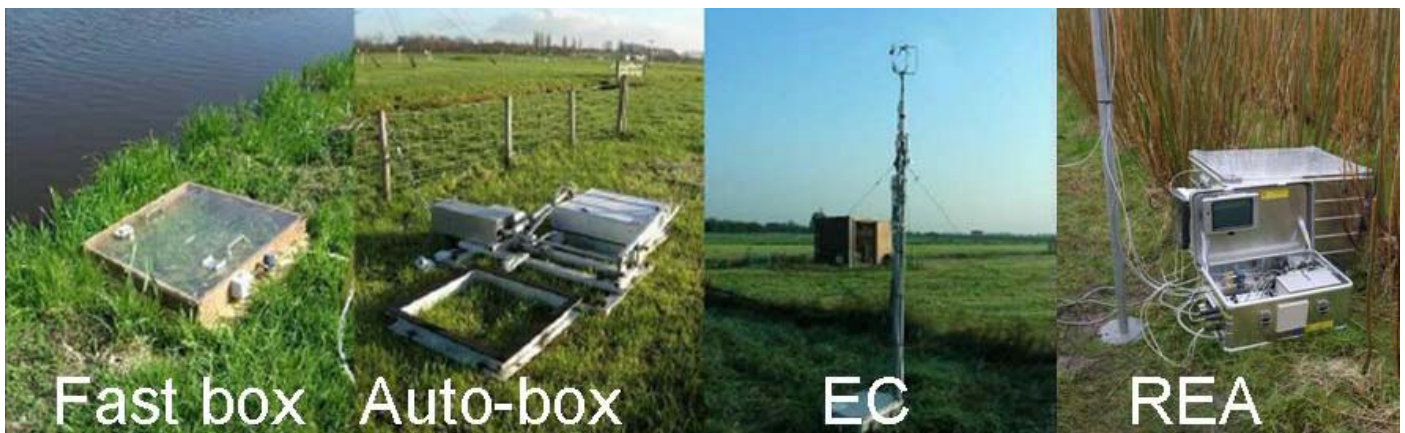
Nederland loopt achter

In ons land is de politieke interesse in monitoring sinds de aanvaarding van het klimaatprobleem in 1990 snel afgenomen. Men concentreert zich nu op het nemen van maatregelen om de gevolgen van klimaatverandering het hoofd te bieden. Hiervoor worden miljoenen onttrokken aan het onderzoek naar wat precies de aard is van die verandering. Het klimaatonderzoek in Nederland staat daardoor zwaar onder druk. De instituten die zich bezighouden met klimaatmonitoring (KNMI, ECN, TNO en universiteiten) hebben hierover in een gezamenlijke notitie aan de bel getrokken.

7. Wat zijn de uitdagingen op dit moment?

Diffuse emissies

De emissies van broeikasgassen uit schoorstenen en uitlaten zijn redelijk eenvoudig vast te stellen. Heel anders is dat met de diffuse emissies uit bijvoorbeeld de landbouw, stortplaatsen, waterzuiveringen en veengrond. Gemeten concentraties moeten omgerekend worden naar fluxen met behulp van atmosferische transportmodellen, terwijl de concentratieverschillen zo laag zijn dat ze in de buurt zitten van de precisie van de best beschikbare apparatuur. Er zijn maar weinig wetenschappelijke groepen die dat goed kunnen.



Verschillende soorten meetopstellingen om diffuse bronnen te monitoren.

Afgelegen locaties

Sinds kort eist de Europese Commissie van haar lidstaten om in de gebieden vanwaar biobrandstof als suikerriet of soja-olie geïmporteerd wordt, de emissie van broeikasgassen die met de teelt en oogst van deze biobrandstoffen gepaard gaan te vergelijken met de vermeden emissies door het gebruik van de biobrandstof. Er zijn minimale reductiepercentages vastgesteld. Verschillende teelten kunnen daar niet zomaar aan voldoen. Dit stelt het vakgebied voor de uitdaging om een infrastructuur en systeem voor kennisoverdracht op te zetten waarmee op afgelegen locaties in ander werelddelen betrouwbare metingen aan broeikasgasemissies kunnen worden gedaan. Het gaat hierbij niet alleen om het vaststellen van de omvang van deze emissies. Het gaat ook om het vinden en testen van maatregelen om ze te verlagen, zoals het efficiënter gebruiken van meststoffen. Zonder adequate metingen is dat natuurlijk niet mogelijk.

8. Wat doet ECN?

Luchtkwaliteit en klimaatverandering

ECN heeft twee milieugroepen die onderzoek doen aan de gevolgen van energie voor het milieu. De groep Luchtkwaliteit en Klimaatverandering heeft zich gespecialiseerd in het meten van stoffen in de lucht, zoals broeikasgassen (kooldioxide, methaan en lachgas). Typerend voor ECN is dat het vaak zelf nieuwe apparatuur ontwikkelt en nieuwe, verfijnde meetmethoden uitdenkt.

Meetmasten voor grootschalige fluxmetingen (Cabauw)

Sinds 1992 verzamelt ECN concentratiegegevens van broeikasgassen op de 213 meter hoge meetmast van Cabauw, bij Lopik. Deze data vormen een van de langste en meest continue meetreeksen in Europa. De analyses van de Cabauw-data - en van nog eens zes soortgelijke hoge stations in Europa - laten zien dat de locatie en sterkte van bronnen kunnen worden herleid uit de pieken in de waarnemingen en meteorologische gegevens. Met name voor methaan gaat dit al erg goed. De verwachting is dat binnen enige jaren vanuit het mastennetwerk methaanontsnappings (aardgaslekkage, methane venting, stortgasemissies, etc.) in heel Europa zichtbaar gemaakt kunnen worden. Dat is belangrijk, want reductie van methaanemissies heeft door de relatief korte levensduur in de atmosfeer snel effect op de temperatuur. Beleid kan daar dus snel succesvol zijn.

Precisie

De metingen op Cabauw zijn heel precies, concentraties worden gemeten met een precisie van 0,1 procent of beter. Naast kool-dioxide meet ECN zeer precies: methaan, lachgas, zwavelhexafluoride, koolmonoxide, waterstof, radon en binnenkort gehalogeneerde koolwaterstoffen.

Dit onderzoek is per definitie sterk internationaal. De benodigde kwaliteit van de metingen wordt bepaald door de WMO, de World Meteorological Organisation, een onderdeel van de Verenigde Naties. Cabauw zal binnenkort deel gaan uitmaken van de Global Atmosphere Watch, het programma voor atmosferische waarnemingen van WMO. Nederland heeft zich via verschillende verdragen (o.a. in het kader van het GEOS, de Global Earth Observation System) gecommitteerd aan de verplichting om de essentiële klimaatvariabelen goed te monitoren. De broeikasgasconcentraties maken daar een belangrijk deel van uit.

Transportmodellen

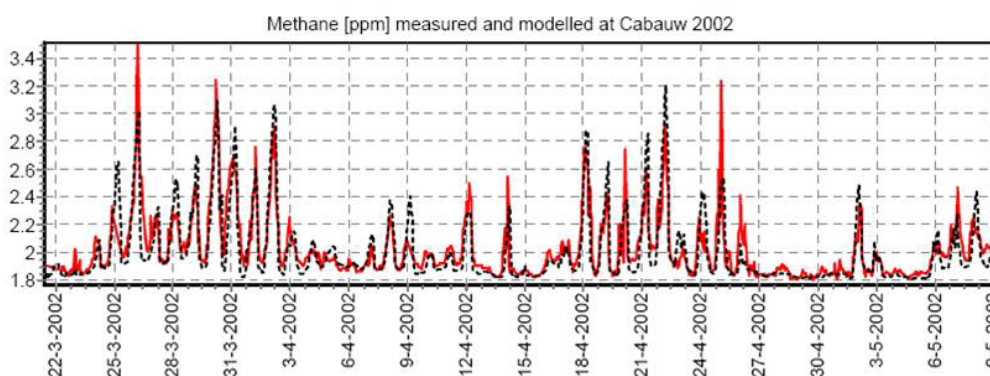
De pieken en dalen in de concentraties gemeten op Cabauw kunnen voor methaan inmiddels goed uit modellen worden verklaard. Voor CO₂ is dit een stuk moeilijker, omdat daar naast de fossiele bronnen grote hoeveelheden op de dag opgenomen worden in de vegetatie en 's nachts weer worden gerespireerd door de vegetatie. ECN werkt aan de verbetering van die emissie/transportmodellen voor CO₂ en de overige broeikasgassen. Door een wiskundige techniek genaamd inversie kan men uit waarnemingen van concentraties en de invloed van emissies zoals berekend door de transportmodellen de schattingen van die emissies en de verdeling naar ruimte en tijd verbeteren. Deze techniek is nog volop in ontwikkeling en zal nog veel speurwerk vereisen. Voor een goed werkend en betrouwbaar systeem is een belangrijke verbetering nodig in de transportmodellen zelf.

Wervelingen in de atmosfeer (Eddies)

De Eddy Correlatie fluxmethode is door ECN ontwikkeld voor broeikasgasmetingen en bedoeld om de lokale diffuse emissies vast te stellen. Hierbij wordt het minieme concentratieverschil van het broeikasgas gemeten tussen opwaartse en neerwaartse wervelende luchtstroompjes (eddies). Aan de grenzen van het bereik van de apparatuur (in dit geval een high tech Quantum Cascade Laser) is het meten van verschillen nauwkeuriger dan het meten van absolute waarden. Met een model kan vervolgens de flux berekend worden. Dit soort metingen zijn nauwkeurig, maar nog erg kostbaar. Daarom werkt ECN hard aan het vereenvoudigen van de methode.

Aanvullende technieken

Voor het ontrafelen van de complexe variatie in ruimte en tijd van emissies uit systemen op het land is inzet van complementaire technieken nodig. Zogenaamde snelle boxmetingen geven informatie met grote ruimtelijke resolutie. Auto-boxmetingen zorgen ervoor dat er dag en nacht en ook in het weekend gemeten wordt op de schaal van een vierkante meter. Micrometeorologische technieken (eddy correlatie) zijn juist geschikt om een geïntegreerde en volledige dekking in tijd van de emissie/opname te bepalen op de schaal van een hectare. Voor methaan en lachgas kost een dergelijk systeem nu echter nog meer dan 150 kEuro. Low cost (relaxed eddy accumulatie) metingen kunnen voorlopig een oplossing zijn en geïntegreerde metingen met redelijke temporale dekking bieden. ECN werkt met deze geavanceerde methoden en zet tegelijkertijd in op vereenvoudiging ervan. Dankzij betaalde meetopdrachten zijn we in staat om *state of the art* meetapparatuur aan te schaffen, die we combineren met in eigen werkplaats gemaakte toestellen voor luchtsampling.



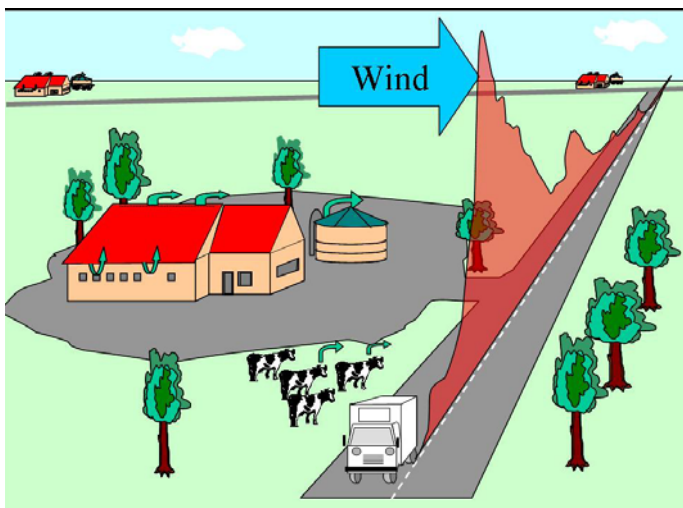
Modellen zijn inmiddels goed in staat om voor methaan in Europa de pieken en dalen in concentraties gemeten op Cabauw te verklaren

Pluimmetingen

Kleinere terreinen met een hoge emissiedichtheid, zoals een boerderij met stallen, mestopslag en koeien, of stortplaatsen met een groot aantal compartimenten met verschillende typen afval vragen om andere meettechnieken dan uitgestrekte, open gebieden. Pluimmetingen zijn hiervoor erg geschikt. Ook daar heeft ECN een ruime ervaring mee. Het concept is eenvoudig: de wind neemt het geëmitteerde gas mee en op afstand is die gaswolk als een pluim te detecteren. Benedenwinds van een boerderij of een afvalstortplaats bepalen we zo CH_4 -emissies. Voor boerderijen werd dit gedaan in een Europees samenwerkingsverband, met als doel te testen in hoeverre we alle bronnen op de bedrijven in kaart hebben. Vanuit de afvalstortplaatsen is met name Afvalzorg in Noord Holland al jaren een actief promotor en financier van dit type metingen. Belangrijke drijfveer is de wetenschap dat gemodelleerde productie en emissies van stortgas een grote onzekerheid hebben.

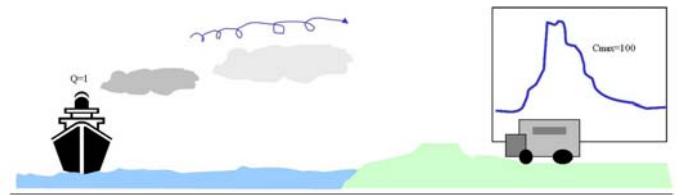
Kuddes koeien

Koeien ademen methaan uit en zorgen daarmee voor een derde van de methaanemissie in Nederland. Als bijvoorbeeld via een ander voer de methaanemissie zou kunnen worden beïnvloed, is dat relevant. Maar dan moet er wel gemeten kunnen worden of het werkt. ECN verricht metingen aan hele kuddes koeien. De koeien worden dan in een omheind stuk op het veld geplaatst en de methaanpluim wordt gemeten. Een tracer, in dit geval lachgas, wordt gebruikt om de verspreidingskarakteristieken boven het veld te bepalen.



Roetmonitor

De meeste fijnstof-deeltjes (aërosolen) hebben een koelende werking op het klimaat. Er is er echter één soort fijnstof die juist sterk opwarmend werkt: koolstof, beter bekend als roet. ECN heeft een unieke roetmonitor ontwikkeld op basis van onze Marga-technologie, waarmee fijnstof wordt gemeten. De Marga-C wordt nu uitgetest. Zodra vast staat dat hij goed werkt, gaan we roetmetingen combineren met bijvoorbeeld de metingen op de hoge torens. De Marga-2S, een andere ontwikkeling van ECN, meet de samenstelling van de anorganische delen van de fijnstofdeeltjes.



Schets van de pluimmeting voor schepen. Hier staat de meetwagen stil en worden de pluimen van de voorbijvarende schepen geregistreerd.

Scheepvaart

Bij koelende aërosolen is de rol van scheepvaart prominent. De belangrijke scheepvaartroutes op de oceaan zijn waarneembaar vanuit satellieten, door de persistente wolkenstraten die boven die 'snelwegen' hangen. De verbranding van zwavelrijke zware stookolie is hiervoor de belangrijkste oorzaak. Emissie van zwavel- en stikstofoxiden uit schepen die naar de havens van Amsterdam en Rotterdam, Antwerpen en Hamburg varen, hebben een belangrijke invloed op het lokale klimaat en de luchtverontreiniging. Met de ECN-meettechnieken wordt ook naar deze bronnen gekeken. Gecombineerde metingen van de pluimen kooldioxide en stikstofoxide/fijnstof/zwaveldioxide uit schepen leveren direct de voor beleid relevante kengetallen op: de emissiefactoren in kilogram zwavel per kilogram diesel. Ook collega's bij andere onderzoeksinstituten gebruiken (al dan niet in samenwerking) inmiddels dit concept van ECN.

Beeld van de dwarsdoorsnede van de concentratiepluim ten gevolge van de uitstoot van een boerderij, zoals waargenomen tijdens het langsrijden met de ECN meetwagen. In enkele seconden wordt de pluim gemeten.

Internationale samenwerking

ECN werkt samen met vele nationale en internationale instituten op dit gebied. In Nederland zijn dit onder andere de VU, WUR/Alterra, UU, RUG en natuurlijk het KNMI. Internationaal gaat het onder andere om [MPI-Jena](#), [CNRS-Gif sur Yvette](#), [UK Met Office](#), [JRC-Ispra](#) en bijvoorbeeld universiteiten van Lund, Edinburgh, Heidelberg, Wenen, Budapest, Barcelona en Helsinki. Belangrijke projecten in de afgelopen jaren zijn: het BSIK programma, [Carbo Europe](#), [Xhiocto](#), [Nitro Europe](#), Greengrass en Midair.



Uitzicht vanaf de meettoeren Cabauw