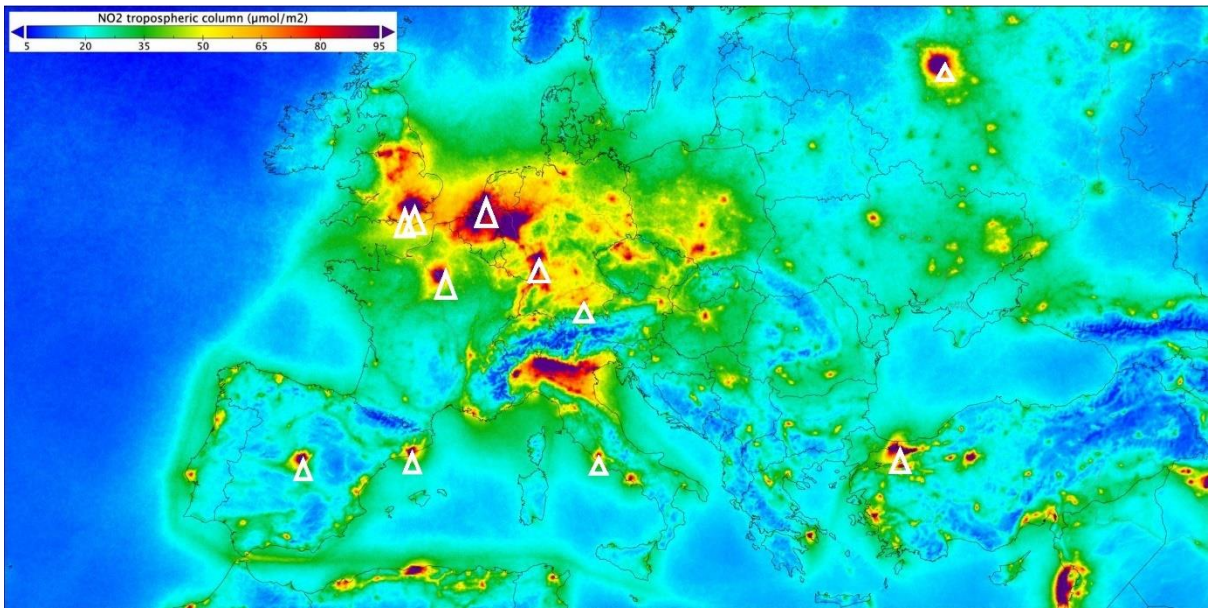
Berekende versus werkelijke stikstofemissie van de luchtvaart in Nederland



Samenwerkende Actiegroepen Tegen Laagvliegen (SATL)

Datum: 15 oktober 2019

Afbeelding voorkant:

De totale gemeten stikstofdioxide in de troposfeer
(Bron: http://www.tropomi.eu/data-products/nitrogen-dioxide).

Stikstofdioxiden komen vrij bij verbranding van fossiele brandstoffen. De witte pijlen markeren de tien grootste vliegvelden van Europa (naar passagiersaantallen).

Samenvatting en conclusies

Deze notitie beschrijft een oriënterend onderzoek naar de stikstofemissies door de luchtvaart en hoe daar mee wordt omgegaan in Nederlandse milieueffectstudies. Deze summiere studie was voldoende om aan te tonen dat de depositie van stikstof ten gevolge van luchtvaart in Nederland zwaar is onderschat.

Zo stellen we vast dat:

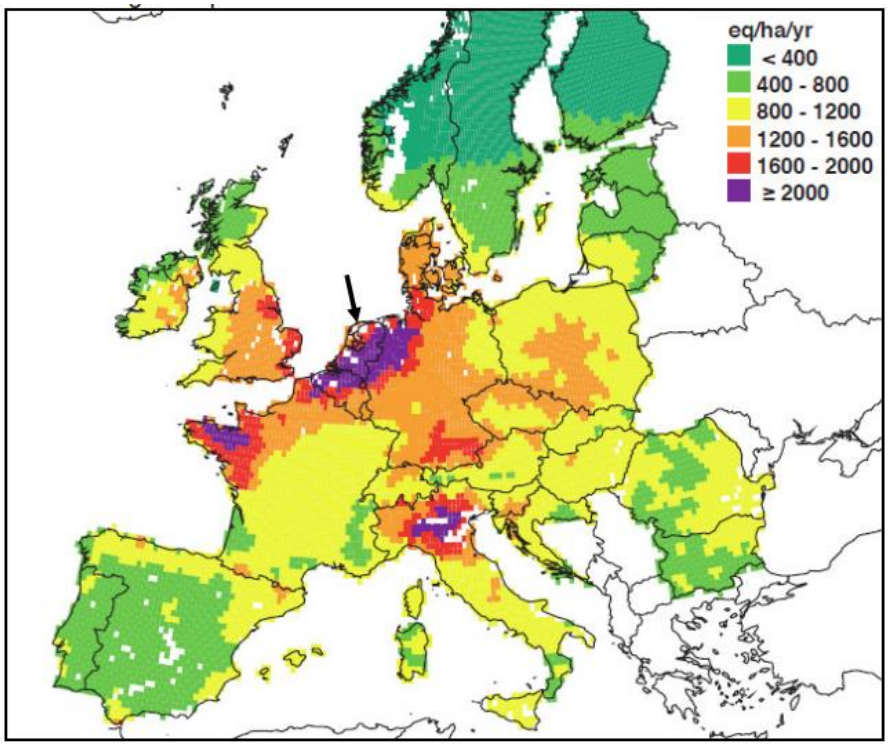
1. Commissie Remkes heeft in haar eerste advies de stikstofemissiegegevens uit de centrale emissieregistratie-database gebruikt (ER);
2. Uit een analyse door RIVM uit 2002 volgt dat de emissies gedurende het vluchtgedeelte binnen de Nederlandse landsgrenzen ongeveer een factor 5 hoger zijn dan wat volgt uit de LTO-cyclus;
3. Aangetoond is dat alle uitgestoten stikstofoxiden uiteindelijk in een bepaalde chemische samenstelling terugvallen naar de aarde;
4. Uit onderzoek uitgevoerd in 2004 in opdracht van de Europese Commissie blijkt dat stikstofemissies boven de 3000 voet een significant effect hebben op de kwaliteit van lucht, natuur en milieu. Ook wordt aangetoond dat vrijwel alle uitgestoten stikstof neerkomt als depositie op de bodem, ongeacht de hoogte van waar deze stikstof is uitgestoten;
5. De Europese Commissie heeft vervolgens richtlijnen opgesteld voor het rapporteren van emissies van de luchtvaart, inclusief het gedeelte boven de 3000 voet (de non-LTO-fase);
6. In de ER zijn alleen de emissies van de luchtvaart overgenomen zoals berekend volgens theoretische start- en landingsprofielen tot 1000 meter (LTO-cyclus). Dit is volgens de RIVM-studie uit 2002 ongeveer 20% van de totale stikstofemissie ten gevolge van luchtvaart binnen de landsgrenzen;
7. Ook de wél-gerapporteerde emissies tijdens de LTO-fase zijn te laag. Zo wordt er in de praktijk veel eerder gedaald en over veel langere afstanden onder de 1000 meter gevlogen, dan waar mee is gerekend. Het onderzoeksgebied van de RIVM is te klein. Hierdoor zijn zowel de totale hoeveelheid emissies als de verspreiding ervan significant groter;
8. Omdat langdurig vliegen op constante hoogte met meer motorvermogen wordt uitgevoerd dan geleidelijk dalen, is de emissie-intensiteit in werkelijkheid hoger. Dit leidt tot meer emissies per gevlogen kilometer. Onduidelijk is hoeverre met deze extra emissies rekening gehouden is;
9. Ingebruikname van Lelystad Airport voor het groothandelsverkeer met de huidige routeontwerpen zal leiden tot een significante toename van stikstofdepositie, waaronder ook in vele Natura2000-gebieden. Deze zal in werkelijkheid significant hoger zijn dan wat is weergegeven in het MER. Tevens is de extra uitstoot door auto’s naar en van Lelystad Airport niet meegenomen.

1 Inleiding

Onlangs presenteerden Natuur & Milieu, Greenpeace en Natuur en Milieufederatie Noord-Holland een gezamenlijke toekomstvisie[1]. Hierin wordt het probleem van de stikstofemissie als volgt beschreven:

> *Stikstof*
>
> *Bij verbranding van brandstoffen komt stikstofdioxide vrij (NO_2). NO_2 heeft een negatieve impact op onze gezondheid en verzuurt de natuur. Er is nog onzekerheid over de relatie met gezondheid. Wel is bekend dat stikstofoxiden bijdragen aan luchtverontreiniging en hiermee schade veroorzaken aan luchtwegen en aan het hart- en vaatstelsel (Gezondheidsraad, 2012). Ook kan NO_2 bijdragen aan aantasting van ecosystemen en aan klimaatverandering, met een mogelijk gevolg voor de gezondheid (Gezondheidsraad, 2012). De kosten van stikstof voor milieu en gezondheid worden geschat op tweehonderd tot duizend euro per inwoner per jaar*

Nederland is binnen de EU met afstand het land met het grootste stikstofprobleem. Dit blijkt bijvoorbeeld uit onderstaande kaart met deposities van vermestende en verzurende stoffen[2] en waarin stikstof het overgrootste aandeel heeft. Belangrijke activiteiten waarbij stikstofoxiden vrijkomen zijn het drukke wegverkeer, de grootste EU-zeehavens, zware industrie met verbrandingsprocessen en vliegverkeer. De andere belangrijke stikstof-component is ammoniak, hier gaat het vooral om intensieve veeteelt en landbouw.



[1] De Toekomst van de Luchtvaart, Natuur & Milieu, Greenpeace en Natuur en Milieufederatie Noord-Holland, oktober 2019

[2] Kaart uit dit rapport ontnomen: http://www.waddenvereniging.nl/wv/images/PDF/ons_werk_2013/2013-09-16OEKOPOL_stikstofdepositie_kolencentrale_Duitse_natuurgebieden.pdf

Wat betreft de luchtvaart schrijven milieuorganisaties verder:

> *De luchtvaart draagt ook bij aan de stikstofdeposities boven de beschermde Natura 2000-gebieden. In de meeste Nederlandse Natura 2000-gebieden worden de 'kritische depositiewaarden', een maat voor overbelasting, vaak overschreden met tientallen of zelfs honderden procenten. De Raad van State stelde op 29 mei 2019 de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) buiten werking. Daardoor moet de toename van stikstofdeposities boven kritische depositiewaarden nu weer per activiteit beoordeeld worden. Ook heeft Schiphol geen vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming (Wnb). Dit betekent dat de luchtvaart in beginsel niet verder kan groeien.*

De emissies van alle bronnen, inclusief die van de luchtvaart, worden bijgehouden in de centrale database emissieregistratie. Het belang van een juiste berekening van de emissies, ook die van de luchtvaart, is evident. Immers heel veel regionale, nationale en internationale rapportages en publicaties worden gedaan vanuit de centrale database emissieregistratie, zie illustratie Figuur 1. Volgens deze figuur worden ook de rapportages welke verplicht zijn volgens de Europese NEC-richtlijn vanuit deze database gedaan. Dit wordt later in meer detail besproken.

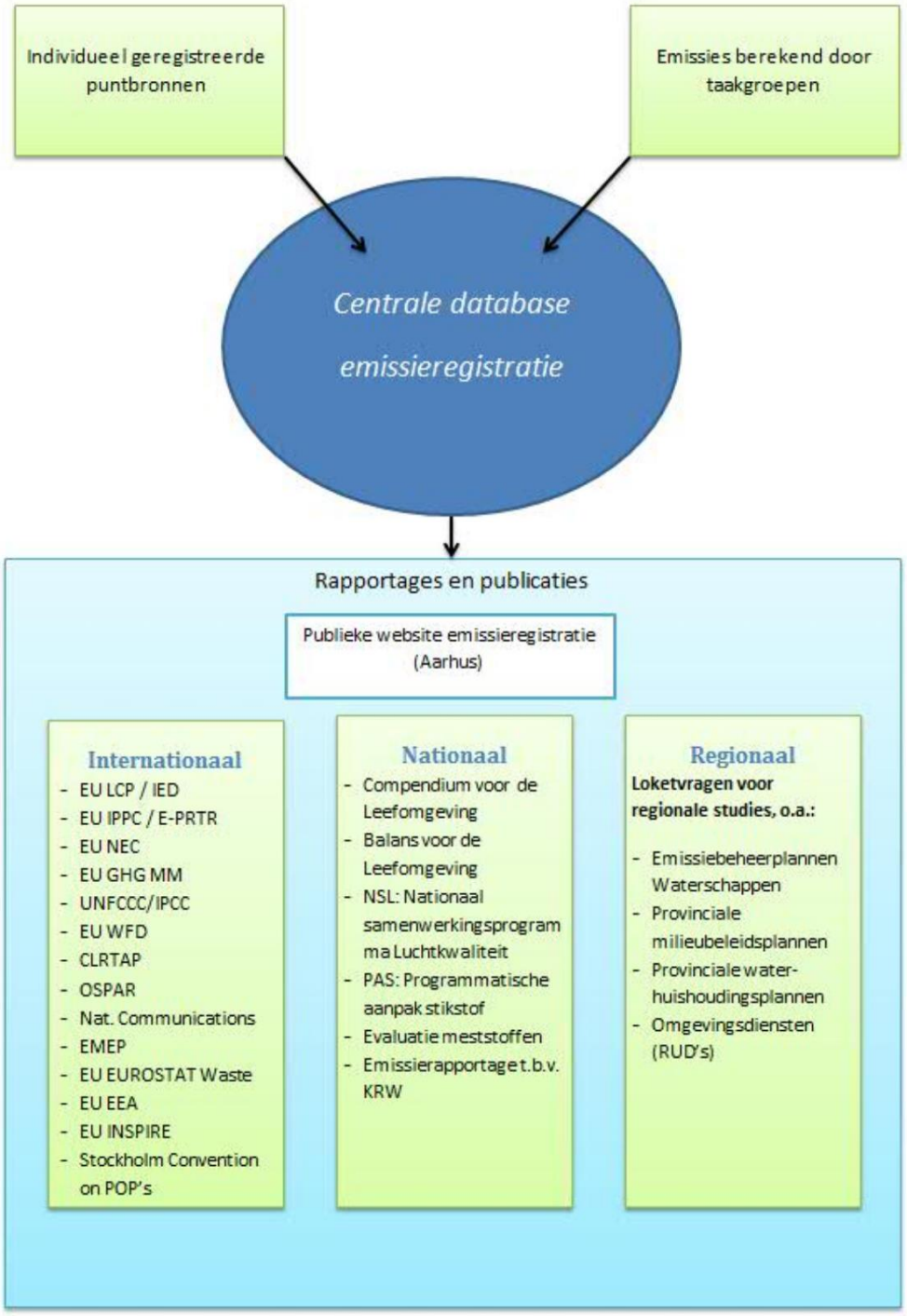
Ook de Commissie Remkes heeft zich in haar eerste advies gebaseerd op de emissieregistratie[3].

Na onderzoek blijkt echter dat de berekende stikstofemissies tgv luchtvaart een verkeerd beeld geven. De waarden, opgeslagen in de centrale database emissieregistratie zijn veel lager dan de werkelijke waarden. Hierdoor zijn de uitgangspunten van de depositieberekeningen niet juist. In werkelijkheid is de totale emissie, de ruimtelijke spreiding, en dus ook de depositie van stikstof tgv luchtvaart significant hoger dan waar nu mee gerekend wordt.

Dit is van groot belang bij het bepalen van een juist stikstofbeleid, zoals nu actueel door de uitspraak van de Raad van State over de PAS, en voor alle milieueffectstudies rond luchtvaart.

In de volgende paragrafen wordt dit nader onderbouwd.

[3] Niet alles kan - Eerste advies van het Adviescollege Stikstofproblematiek - Aanbevelingen voor korte termijn, Eerste advies van het Adviescollege Stikstofproblematiek, in opdracht van ministerie van LNV, 26 september 2019. Zie pagina 15 van dit rapport.



Figuur 1: Schematisch overzicht van de emissieregistratie, vanaf de inzameling van gegevens door de verschillende instellingen en taakgroepen tot en met de website en de verschillende nationale en internationale rapportages en publicaties (bron: http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/content/explanation.nl.aspx#allocatie)

2 Emissies luchtvaart binnen landsgrenzen

In 2002 heeft het RIVM een studie gepubliceerd naar de gevolgen van verschillende manieren van aan Nederland toe te rekenen emissies internationale luchtvaart (allocatiemethoden) [4]. Aanleiding voor deze studie was de VN-klimaatconferentie Kyoto (1998), waarbij werd afgesproken dat emissies van de internationale luchtvaart moeten worden toegerekend aan landen, hoewel er toen nog geen overeenstemming werd bereikt hoe dit te doen. Op moment van verschijnen van het rapport (2002) werd er als volgt gerapporteerd:

- Broeikasgassen: alleen CO_2 en alleen voor de binnenlandse luchtvaart
- Niet-broeikasgassen: alleen de LTO-cyclus voor binnenlandse en internationale luchtvaart

Tot de LTO-cyclus worden gerekend: Approach, Taxi-Idle. Take-off en Climb out tot een maximale hoogte van 3.000 voet. Onderstaande tabel toont de op basis van gegevens van 1998 berekende hoeveelheden aan Nederland toe te rekenen emissies van internationale luchtvaart bij verschillende allocatiemethoden. Berekeningen zijn gebaseerd op alleen het internationale verkeer van en naar Schiphol.

Allocatiemethoden	**Brandstof**	**CO_2**	**H_2O**	**SO_2**	**NO_x**	**HC**	**CO**
	10^9 kg			*10^6 kg*			
Huidige situatie	-	0,4	-	0,2	2,9	1,0	5,8
1. Allocatie LTO-emissies	0,1	0,5	0,2	0,1	2,0	0,4	1,8
2. Proportionele allocatie	1,1	3,5	1,4	0,1	7,7	0,9	1,3
3. Gebunkerde brandstof	3,0	9,6	3,8	3,0	36,8	8,8	27,4
4. Nationaliteit luchtvaartmaatschappij	3,2	10,2	4,0	3,2	51,0	1,7	5,0
5. Vertrek- en aankomstland vliegtuig	2,7	8,6	3,4	2,7	41,7	1,4	4,5
6. Vertrek- en aankomstland passagiers	2,2	7,0	2,8	2,2	33,3	1,2	4,0
7. Nationaliteit passagiers	1,4	4,6	1,8	1,4	21,2	0,7	2,7
8. Landsgrenzen	0,7	2,2	0,9	0,7	10,1	1,0	4,6
Totale emissies sector verkeer en vervoer	-	33,8	-	23	282	125	484

Methode 1 is de allocatie op basis van de LTO-cyclus. De eerste regel in de tabel geeft de huidige situatie; dit is de LTO-fase inclusief APU (Auxiliary Power Unit) en GSE (Ground Service Equipment)). De emissies APU en GSE vindenplaats op het vliegveld en zijn onafhankelijk van de gevlogen afstand.

Methode 8 “landsgrenzen” rekent de emissies toe op basis van de gevlogen afstand binnen Nederlands luchtruim. Volgens deze berekeningen is de emissie van NOx binnen de Nederlandse grenzen is een factor 5 hoger dan de emissies tijdens de LTO-fase (10.1 versus 2.0).

Uit de emissieregistratie volgt
(http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/default.nl.aspx) :

[4] Berekening van luchtvaartemissies voor verschillende allocatiemethoden, W.K.Jansen, RIVM-rapport 773002023/2002, https://www.rivm.nl/publicaties/berekening-van-luchtvaartemissies-voor-verschillende-allocatiemethoden

Emissiebron	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Verkeer en vervoer	3.64E+08	3.51E+08	3.28E+08	2.70E+08	2.41E+08	2.34E+08	2.29E+08
Landbouw	5.79E+07	4.97E+07	4.53E+07	4.54E+07	4.37E+07	4.31E+07	4.14E+07
Energiesector	6.63E+07	5.46E+07	4.62E+07	2.73E+07	2.23E+07	1.85E+07	1.72E+07
Overige industrie	2.84E+07	1.89E+07	1.98E+07	1.72E+07	1.52E+07	1.52E+07	1.58E+07
Consumenten	2.52E+07	2.13E+07	1.80E+07	1.57E+07	1.01E+07	9.87E+06	9.14E+06
Chemische Industrie	2.80E+07	1.51E+07	1.46E+07	1.22E+07	8.96E+06	9.42E+06	9.10E+06
Raffinaderijen	1.70E+07	1.03E+07	9.13E+06	5.55E+06	5.19E+06	4.98E+06	4.76E+06
Afvalverwijdering	3.11E+06	2.75E+06	2.48E+06	3.47E+06	3.98E+06	3.84E+06	3.87E+06
Bouw	3.86E+05	9.80E+05	9.71E+05	8.06E+05	6.53E+05	6.13E+05	6.31E+05
Riolering en waterzuiveringsinstallaties	2.93E+05	3.11E+05	3.19E+05	3.13E+05	3.26E+05	3.57E+05	3.46E+05
Drinkwatervoorziening	1.22E+04	2.71E+04	1.92E+04	2.34E+04	8.83E+03	7.61E+03	6.90E+03

Luchtvaart zit in de categorie Verkeer en vervoer.

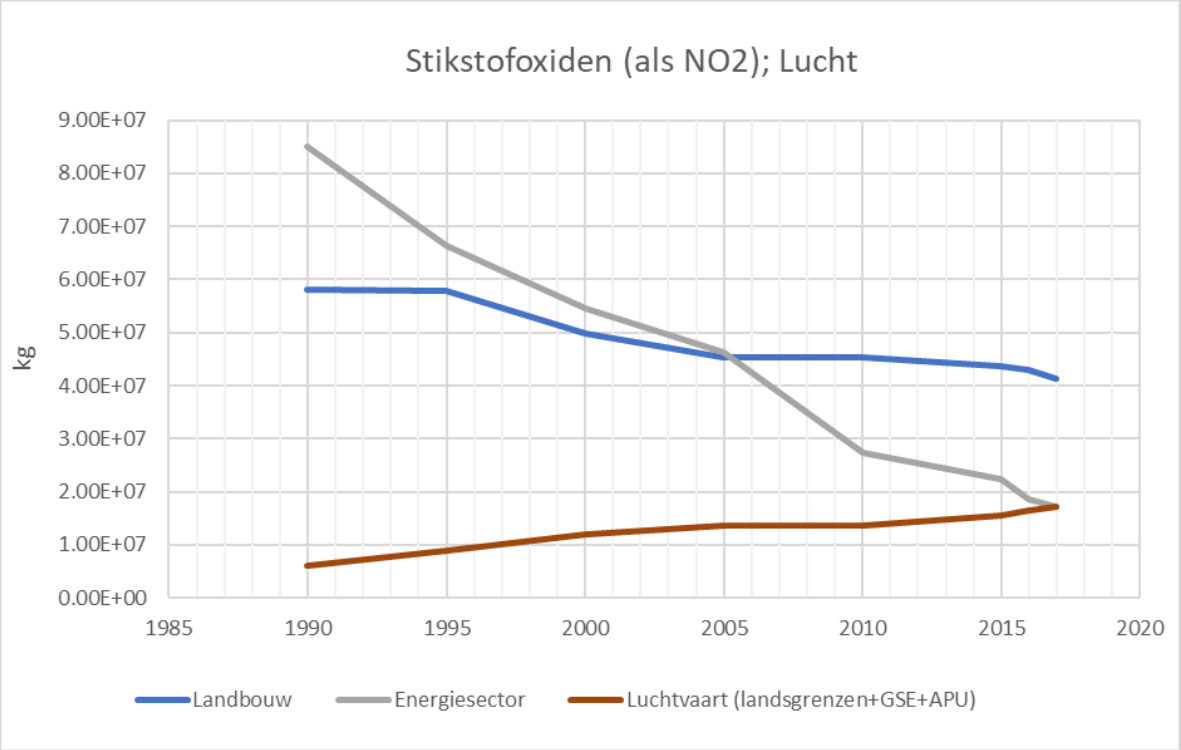
We nemen de bijdrage van de luchtvaart apart, en bepalen de totale emissie van de luchtvaart binnen de landsgrenzen inclusief het cruise-gedeelte en het stijgen en naderen boven 3000 voet. Dit doen we volgens de RIVM-manier uit 2002. Daartoe bepalen we eerst de LTO-emissie (dus zonder APU (Auxiliary Power Unit) en GSE (Ground Service Equipment)), vermenigvuldigen die met factor 5, en tellen vervolgens de bijdrage van APU en GSE er weer bij op:

Emissiebron	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Luchtvaart (LTO+GSE+APU) (bron: emissieregistratie)	1.42E+06	2.06E+06	2.80E+06	3.10E+06	3.11E+06	3.39E+06	3.54E+06	3.71E+06
Luchtvaart (GSE) (bron: emissieregistratie)	1.83E+05	2.70E+05	3.91E+05	3.58E+05	3.29E+05	2.32E+05	2.18E+05	2.22E+05
Luchtvaart (APU) (bron: emissieregistratie)	5.30E+04	8.00E+04	1.23E+05	1.42E+05	1.63E+05	1.06E+05	1.12E+05	1.21E+05
Luchtvaart (LTO) (bron: emissieregistratie)	1.18E+06	1.71E+06	2.28E+06	2.60E+06	2.61E+06	3.05E+06	3.21E+06	3.36E+06
Luchtvaart (landsgrenzen ≈ 5x de emissies tijdens LTO) (bron: RIVM 2002)	5.92E+06	8.53E+06	1.14E+07	1.30E+07	1.31E+07	1.53E+07	1.61E+07	1.68E+07
Luchtvaart (landsgrenzen+GSE+APU)	6.16E+06	8.88E+06	1.19E+07	1.35E+07	1.36E+07	1.56E+07	1.64E+07	1.72E+07

Vervolgens voegen we ‘luchtvaart (Landsgrenzen+GSE+APU)’ toe aan de tabel uit de emissieregistratie, nadat we Verkeer en vervoer hebben gecorrigeerd voor de in de emissieregistratie gegeven ‘luchtvaart (LTO+GSE+APU)’. Daaruit volgt onderstaande tabel:

Emissiebron	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Verkeer en vervoer, excl luchtvaart	4.21E+08	3.64E+08	3.51E+08	3.28E+08	2.70E+08	2.41E+08	2.34E+08	2.28E+08
Landbouw	5.80E+07	5.79E+07	4.97E+07	4.53E+07	4.54E+07	4.37E+07	4.31E+07	4.14E+07
Energiesector	8.51E+07	6.63E+07	5.46E+07	4.62E+07	2.73E+07	2.23E+07	1.85E+07	1.72E+07
Luchtvaart (landsgrenzen+GSE+APU)	6.16E+06	8.88E+06	1.19E+07	1.35E+07	1.36E+07	1.56E+07	1.64E+07	1.72E+07
Overige industrie	3.97E+07	2.84E+07	1.89E+07	1.98E+07	1.72E+07	1.52E+07	1.52E+07	1.58E+07
Consumenten	2.33E+07	2.52E+07	2.13E+07	1.80E+07	1.57E+07	1.01E+07	9.87E+06	9.14E+06
Chemische Industrie	3.88E+07	2.80E+07	1.51E+07	1.46E+07	1.22E+07	8.96E+06	9.42E+06	9.10E+06
Raffinaderijen	1.88E+07	1.70E+07	1.03E+07	9.13E+06	5.55E+06	5.19E+06	4.98E+06	4.76E+06
Afvalverwijdering	6.01E+06	3.11E+06	2.75E+06	2.48E+06	3.47E+06	3.98E+06	3.84E+06	3.87E+06
Bouw	5.18E+05	3.86E+05	9.80E+05	9.71E+05	8.06E+05	6.53E+05	6.13E+05	6.31E+05
Riolering en waterzuiveringsinstallaties	2.62E+05	2.93E+05	3.11E+05	3.19E+05	3.13E+05	3.26E+05	3.57E+05	3.46E+05
Drinkwatervoorziening	1.28E+04	1.22E+04	2.71E+04	1.92E+04	2.34E+04	8.83E+03	7.61E+03	6.90E+03

Na deze aanvulling van luchtvaart-emissies tot de landsgrenzen staat Luchtvaart samen met de Energiesector op de derde plek. Ook zien we dat alle sectoren minderen, maar dat luchtvaart alsmaar toeneemt.



Figuur 2: Emissie van stikstofdioxide door luchtvaart "binnen de landsgrenzen", landbouw energiesector (bron: emissieregistratie en RIVM(2002))

Doel van het RIVM-rapport uit 2002[5] was onderzoek naar de gevolgen van verschillende allocatiemethoden voor Nederland in het kader van internationaal **klimaatbeleid**. Het toont de hoeveelheden aan Nederland toe te rekenen emissies bij verschillende methoden voor allocatie. Die hoeveelheden variëren sterk. Het kunnen alloceren van emissies is essentieel voor een effectieve aanpak van het klimaatprobleem.

Om de klimaateffecten te bepalen, wordt vaak gezegd dat dat alleen internationaal aangepakt kan worden. Tegenwoordig wordt bij het alloceren uitgegaan van de hoeveelheid gebunkerde brandstoffen (methode 3), doch de verantwoordelijk voor het internationale deel van het klimaatbeleid voor de luchtvaart is nog steeds gelegen bij de VN organisatie ICAO.

Berekening van het effect op de natuur, het milieu en de lokale luchtkwaliteit staan echter los van de verschillende allocatiemethoden. Immers, ongeacht welke allocatiemethode uiteindelijk gekozen zal gaan worden, hebben de emissies een bepaald effect op het Nederlandse milieu en de luchtkwaliteit.

Opgemerkt wordt, dat een groot deel van de uiteindelijke NOx deposities die het gevolg zijn van deze geregistreerde emissies niet zijn toegewezen aan specifieke bronnen. Zo rapporteert het compendium van de leefomgeving[6] dat 48,2% van de deposities afkomstig is uit het buitenland en 9,5% onverklaard is. Op Nu.nl laat Wim van der Maas van het RIVM hierover weten[7]: "10 procent van de stikstofneerslag in daarvoor gevoelige natuurgebieden

---

[5] Berekening van luchtvaartemissies voor verschillende allocatiemethoden, W.K.Jansen, RIVM-rapport 773002023/2002, https://www.rivm.nl/publicaties/berekening-van-luchtvaartemissies-voor-verschillende-allocatiemethoden

[6] https://www.clo.nl/indicatoren/nl0507-herkomst-vermestende-depositie

[7] https://www.nu.nl/nucheckt/6001989/nucheckt-waarom-schiphol-niet-grootste-oorzaak-van-stikstofprobleem-is.html

[is] 'onverklaard'. Dit is dus deels stikstof van overvliegende vliegtuigen […].” Hiermee bevestigt ook de RIVM, dat een substantieel deel van alle stikstofdeposities niet in beeld zijn gebracht, en dat de emissies van de luchtvaart worden onderschat. Voor een belangrijk gedeelte gaat het daarbij om de verklaring in de categorie onverklaard, daar waar het gaat om emissies van vliegtuigen van en naar Nederlandse luchthavens en om deposities afkomstig van overvliegend verkeer boven Nederland. Verder gaat het om de categorie buitenland, daar waar het gaat om emissies van vliegtuigen uit buurlanden, waarvan de deposities uiteindelijk ook in Nederland terechtkomen.

Voor het goed begrip wordt hier benadrukt, dat de gebruikte methode van vermenigvuldiging met een factor 5 gebaseerd is op de studie uit 2002, waarin deze factor als uitkomst tussen de relatie van NOx emissies tijdens de LTO en de emissies in de landgrenzen is vastgesteld. Aangenomen is dat deze uitkomst klopt en dat deze factor voor en na 2002 nog steeds een goede benadering geeft van de verhoudingen. Ook is aangenomen dat dezelfde factor toegepast mag worden voor al het vliegverkeer van en naar Nederlands luchthavens. De uitkomsten zijn derhalve indicatief. Voor exacte gegevens zal nader onderzoek nodig zijn.

Voor een robuust **milieubeleid** is het belangrijk de effecten van de totale hoeveelheid emissies te bepalen. Dat de emissie van NOx ten gevolge van luchtvaart in het Nederlands luchtruim significant hoger is dan waar nu mee gerekend wordt in de emissieregistratie, staat vast. Het is zeer aannemelijk dat de totale emissie binnen de landsgrenzen in werkelijkheid ongeveer een factor 5 groter is, en daarmee van dezelfde orde grootte is als de emissie van de totale energiesector.

3 Uitstoot boven de menglaag, hoe zit het nou werkelijk?

3.1 Emissie-certificatie, emissies en deposities

Binnen het luchtvaart dossier vindt veel discussie plaats in hoeverre emissies van stikstofoxiden, welke plaatsvinden boven een hoogte van 3.000 voet (= 914 meter) (soms wordt ook 1000 meter gehanteerd), zouden moeten worden meegerekend voor het vaststellen van stikstof-deposities. Regelmatig valt te lezen dat ICAO zou voorschrijven dat alleen de emissies tot 3.000 voet zouden moeten worden beschouwd, en dat emissies boven de 3.000 voet er daarom niet toe zouden doen. Dit is echter een misvatting.

Waar komt deze misvatting vandaan?

De ICAO Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP) heeft standaarden ontwikkeld voor het bepalen van de emissies van vliegtuigmotoren, zie ICAO's Environmental Technical Manual[8] en Annex 16 – Volume 2[9]. Het doel van deze manuals is een standaardisatie van emissie-tests in vast-omschreven testcondities. De emissietest van de motor wordt uitgevoerd op een testbank (paragraaf 3.1.6 Annex 16 - dus niet vliegend). Er wordt een gestandaardiseerde LTO-cyclus nagebootst, waarbij voor de vier fases per fase de stuwkracht en duur zijn voorgeschreven (paragraaf 3.1.5.2 en 3.1.5.3 Annex 16). De test resulteert in de volgende resultaten: de hoeveelheid brandstof (kg/s), de hoeveelheid emissies, waaronder NOx (gr/s) en het rooknummer. Uiteindelijk zijn dit de getallen die staan vermeld op de emissie-certificaten en in de databases.

In de praktijk komt de LTO-cyclus ongeveer overheen met een maximale vlieghoogte van 3000 voet, e.e.a. afhankelijk van de werkelijke klim- en daalhoek en snelheid bij de voorgeschreven stuwkracht en duur van de verschillende fases (zie Figuur 3). In veel documenten zien we de hoogteaanduiding van 3000 voet dan ook terug als onderscheid tussen de LTO-cyclus en de non-LTO-vluchtfase.

ICAO schrijft niet dat er boven de 3000 voet geen emissies plaatsvinden. Noch doet ICAO enige uitspraak over mogelijke milieueffecten ten gevolge van emissies of de depositie ervan.

Nederland heeft de praktijk aangenomen om alleen de emissies van de LTO-cyclus te beschouwen bij de bepaling van **milieueffecten** zoals bij de stikstofberekeningen ten behoeve van MER's en de PAS. De argumentatie die hierbij gebruikt wordt, is dat emissies hoger dan de LTO-cyclus overwegend boven de atmosferische menglaag zouden plaatsvinden, en dat deze zelfde menglaag zou voorkomen dat emissies boven de menglaag terug op aarde komen. Het adviesbureau To70, welke vaak door de Nederlandse overheid wordt geraadpleegd, schrijft in een eigen explainer[10] hierover: "*Nitrogen emissions above the mixed layer generally do not reach the earth's surface.*"

Ook de Handreiking Nieuw Nationaal Model, paragraaf 4.4 Meteorologie en Verspreiding[11]" schrijft (citaat):

---

[8] ICAO Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP), Doc 9501, Environmental Technical Manual Volume II, Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines, https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/SGAR_2016_ETM_Vol2.pdf

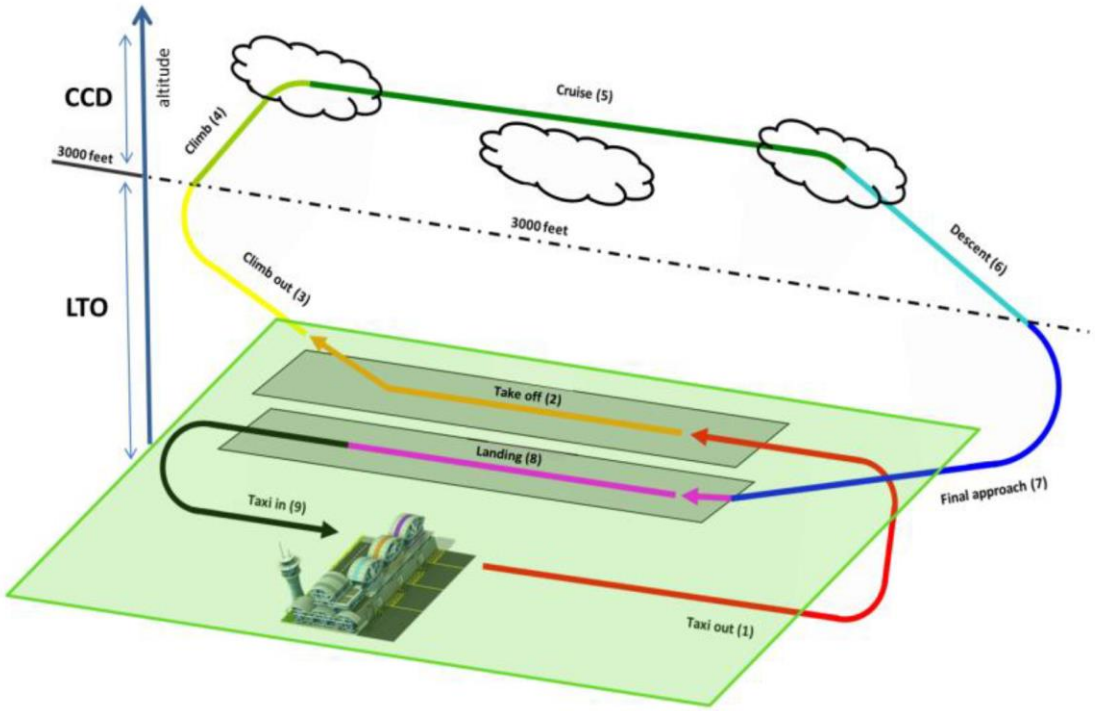
[9] ICAO Annex 16 — Environmental Protection, Volume II — Aircraft Engine Emissions (Fourth Edition, July 2017)

[10] https://to70.com/understanding-aviations-nitrogen-deposition-challenge/ website 6 oktober 2019

[11] https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/regelgeving/wet-milieubeheer/beoordelen/koppeling/nieuw-nationaal/handreiking-nieuw/handreiking-nieuw/4_4_meteorologie_en/

“Bronnen met een grote effectieve hoogte zullen daarom, afhankelijk van het uur van de dag, soms boven de menglaaghoogte kunnen emitteren. Geëmitteerde stoffen blijven dan boven de menglaag en bereiken het aardoppervlak dan vaak niet.…”

Dit zou als een rechtvaardiging van de gebruikte werkwijze kunnen worden gelezen om luchtvaartemissies boven de menglaag in zijn geheel niet te beschouwen in milieustudies. Nagegaan wordt in hoeverre dat klopt.

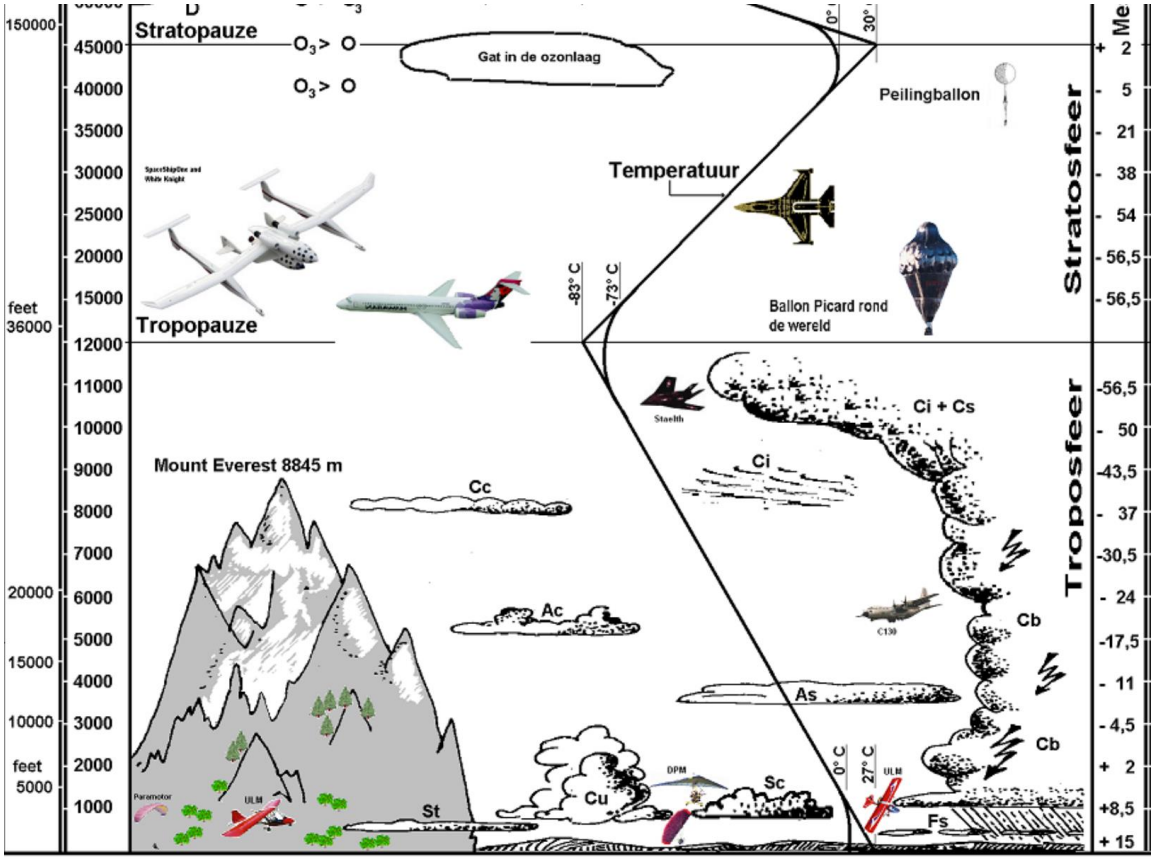


Figuur 3: De LTO-cyclus (bron: ICAO)

3.2 De menglaag

De atmosfeer is ingedeeld in verschillende luchtlagen. De eerste 9-13 km vormen daarin de troposfeer waarboven de stratosfeer ligt. In de troposfeer neemt de temperatuur af tot ver onder het vriespunt, waarna de temperatuur in de stratosfeer een heel stuk gelijk blijft om vervolgens weer toe te nemen. Ook de druk neemt met toenemende hoogte sterk af. In het onderste gedeelte van de troposfeer speelt zich het reguliere weer af. Lage wolken bevinden zich onder de 2 kilometer en bestaan vooral uit waterdruppels.

Als je vanuit een vliegtuig op cruise hoogte, zo op 8-10 km naar buiten kijkt, dan zie je inderdaad dat de wolken vrijwel altijd tot die hoogte komen en een deken over het landschap leggen (wolkentype cumulus en stratus). Wolken ontstaan heel algemeen door opstijgende luchtbellen, wat op andere plekken vervolgens dalende lucht tot gevolg heeft. En omdat de lucht in de onderste luchtlaag volop in beweging is, wordt dit de menglaag genoemd. Indien in deze menglaag emissies plaatsvinden, dan vermengt dat en komt middels verticale stroming weer snel terug op aarde.



Figuur 4: Opbouw van de atmosfeer, (bron: https://www.sterrenkunde.nl/index/encyclopedie/atmosfeer.html)

De menglaag gaat tot de toppen van de bewolking. De dikte van de menglaag is afhankelijk van de temperatuursopbouw over de hoogte in combinatie met de vochtigheid van die lucht. Dit wordt uitgedrukt met “sonde metingen” in een zogenaamde tèta-SP diagram. Afhankelijk van de meteorologische omstandigheden kan de bovenkant van de wolken een stuk hoger of juist lager liggen. Over het algemeen zijn de wolken in de wintermaanden en bij veel bewolking lager en in de zomermaanden bij heldere hemel juist hoger. De menglaag is met name in de zomer dan ook vaak dikker dan 2 km. De menglaag gaat immers tot de toppen van de cumulus bewolking.

Door thermische convectie koelt de lucht bij stijging af volgens de “droogadiabaat” totdat het vocht in de lucht condenseert, dan koelt het met de hoogte af volgens de “natadiabaat”, en neemt de energie toe. Deze condensatiehoogte is voorspelbaar, en zie je ook aan de platte onderkant van de cumulus wolkjes. In een wolk en eromheen vindt verticale uitwisseling plaats, tot het extreme cumulonimbus aan toe (een onweerswolk). Doordat er op dat moment geen inversie in de lucht is kan de wolk doorgroeien in verticale zin en schiet deze door tot zomer’s wel 10 km hoog, terwijl bij de evenaar de onweerswolken tot wel 16 km hoogte kunnen uitgroeien. Daarmee reiken ze dan tot aan de bovenkant van de troposfeer. Het is vooral op die manier dat bijvoorbeeld CO_2 welke ook op grote hoogte wordt geëmitteerd weer terugkomt in de biosfeer (het gebied op aarde waar leven is), en weer door planten kan worden opgenomen[12]. Duidelijk mag zijn dat de menging tussen de menglaag en de rest van de troposfeer een heel stuk minder is dan de menging binnen de menglaag zelf.

[12] “Global distribution of CO2 in the upper troposphere and stratosphere” M.Diallo et al, Atmos.Chem.Phys.17, mrt. 2017

Tenslotte is er nog een bepaald dag verloop, waarin de wolkenbasis van zonsopgang tot zonsondergang steeds hoger wordt. In de nacht lossen de meeste wolken weer op.

De gehanteerde menglaaghoogte van 1000 meter is dan ook een soort van gemiddelde. Het is zeker geen harde grens en er is zeer variabel.

3.3 Depositie van stikstofoxides

Depositie van stikstofoxides, kortweg stikoxides (NOx = NO_2 en NO), kan op verschillende manieren plaatsvinden. Droge depositie vindt plaats doordat ze stoffen op de bodem afzetten of op deeltjes afzetten, die dan op de grond neerdalen. Stikoxides kunnen ook door het ademen van plantaardig of dierlijk leven worden opgenomen. Zo kunnen ook bomen de lucht van stikoxiden zuiveren. Bij natte depositie lossen stikoxides op in water en op die manier ontstaat een zuur. Dit zijn dan voornamelijk zuren van nitraat (HNO_3) ook wel salpeterzuur genoemd. Nitraat ontstaat daarbij via diverse tussenstappen door zogenaamde hydrolyse in water:

R1: $3\ NO_2 + H_2O \rightarrow 2\ HNO_3 + NO$

Voor natte depositie zijn waterdruppeltjes nodig. Deze waterdruppeltjes kunnen zich alleen vormen op kleine vaste deeltjes zoals (ultra)fijnstof. Maar nu waar NOx voor het overgrote gedeelte ontstaat bij de verbranding van fossiele brandstoffen, mag dit geen probleem zijn, want bij verbranding ontstaan vrijwel altijd (ultra)fijnstof en waterdamp. Rookpluimen in zijn algemeenheid en contrails specifiek voor de luchtvaart (de witte sporen achter een vliegtuig hoog in de lucht) zijn eigenlijk niet veel anders dan waterdamp dat zich op fijnstofdeeltjes afzet en zo fijne waterdruppeltjes vormt. Zij vormt daarmee de basis voor natte depositie. NOx kan op die manier zowel via droge als natte depositie de grond bereiken.

3.4 Boven de menglaag

Boven de menglaag vindt er veel minder menging met andere luchtlagen plaats. De chemische reacties op deze hoogte gebeuren veelal in deelstappen en het verloop daarvan kan heel verschillend zijn. Naast eerder genoemde hydrolyse (R1) kunnen de navolgende relevante overall reacties met stikoxiden (NO2 en NO) worden beschreven:

R2: $NO_2 + O_2 \leftrightarrow NO + O_3$

De reactie van NO2 naar NO en weer terug waarbij ozon wordt gevormd of weer verdwijnt, vindt eigenlijk op elke hoogte in de troposfeer plaats. Nu is echter de verhouding NO_2/NO in de lagere troposfeer meer richting NO_2 terwijl op cruisehoogte meer richting NO ligt[13]. Het is op die manier dat er spraken is van vorming van ozon door de uitstoot van NOx uit vliegtuigen op hogere hoogtes.

NO kan vervolgens met water hydroxylradicaal (HO*) vormen.

R3: $NO + H_2O + O_2 \rightarrow HO^* + HNO_3$

Het is dit hydroxylradical welk methaan (CH_4) onder aanwezigheid van stikoxiden (NOx) kan afbreken naar formaldehyde (H_2CO), doordat ze in een eerste reactiestap nodig is. Netto vindt de volgende reactie plaats:

R4: $CH_4 + 2\ O_2 + 2\ NO \rightarrow H_2CO + 2NO_2 + H_2O$ | initiator: HO*

[13] Global reactive nitrogen deposition from lightning NOx, A. Shepon, Jour.Geophys.Res., 2007

De hier ontstane formaldehyde zal vervolgens op enig moment worden oplost in water/ijs en dit zal vervolgens via natte depositie weer uit de troposfeer verdwijnen. Op die manier is de verwijdering van methaan uit de troposfeer blijvend.

Stikoxiden zelf hebben maar een beperkt broeikasgas-effect, maar dat geldt niet voor methaan en ozon, die een beiden groot broeikasgas-effect hebben. Nu waar met behulp van de uitstoot uit vliegtuigen enerzijds ozon ontstaat en anderzijds methaan wordt afgebroken is er spraken van twee elkaar grotendeels opheffende klimaateffecten. Netto is er bij het normale vliegverkeer door de van stikstofoxiden en door geïnitieerde reacties sprake van een lichte toename van het broeikasgas effect.

Zoals uit bovenstaande reacties blijkt zijn stikoxiden weliswaar nodig om ozon te vormen en om methaan af te breken, echter bij deze stappen verdwijnt de stikoxide zelf niet. Dat wil overigens niet zeggen dat er helemaal geen omzetting naar elementair stikstof (N_2) plaatsvindt, maar de denitrificatie reacties die daarvoor nodig zijn, treden maar heel sporadisch op en zijn eigenlijk niet relevant voor dit gedeelte van de troposfeer.

En hoewel er op cruise hoogte van vliegtuigen wel degelijk een significante hogere concentratie van stikoxiden ten noorden van de equator is waargenomen[14], welke concentratie uiteraard weer afhankelijk is van het seizoen, is er net als bij CO_2 geen sprake van blijvende accumulatie.

Wel is het zo dat NOx (NO_2 en NO) zelf niet of nauwelijks tot deposities leidt. Directe droge deposities van stikoxiden treden boven de menglaag nagenoeg niet op. De stikoxiden verdwijnen in hoofdzaak uit de troposfeer via de vorming van HNO_3, wat via tal van routes uit water, het eerdergenoemde hydroxylradicaal, zuurstof en/of ozon kan ontstaan en via natte depositie weer terug op de grond komt. Ook de vorming van nitraten (NO_3-) waaronder met name ook PAN (*peroxyacetylnitrate*) uit HNO_3 kan als tussenstap uiteindelijk tot depositie leiden.[15]

Uiteindelijk komt alles wat boven de menglaag aan stikoxides vrijkomt, voor een groot deel weer middels meestal natte depositie terugkomt op aarde. Voor het overige deel zal het door menging in lagere luchtlagen terechtkomen, waar de stikoxiden uiteindelijk weer tot droge of natte depositie leidt.

3.5 Samenvatting

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat ook de uitstoot van stikoxiden boven de menglaag uiteindelijk vrijwel volledig leidt tot deposities, het meeste daarvan is natte depositie. Een gedeelte kan door menging met lagere luchtlagen ook als droge deposities plaatsvinden.

Omdat de non-LTO emissies in omvang substantieel groter zijn dan de LTO emissies, die immers maar een klein gedeelte van een vlucht omvatten, en een veel groter spreidingsgebied kennen, moeten de totale emissies worden beschouwd om een volledig inzicht te krijgen in de gevolgen van luchtvaart voor natuur en milieu. Een degelijk gedetailleerd onderzoek naar de milieueffecten van de totale luchtvaartemissies in Nederland ontbreekt.

De eerdergenoemde stelling van To70, welke overgenomen lijkt te zijn uit de Handreiking Nieuw Nationaal Model[16] , moet zodoende als onjuist worden omgeschreven.

---

[14] Impact of aircraft NOx emissions on the atmosphere? tradeoffs to reduce the impact, Atmos. Chem. Phys., M. Gauss, I. S. A. Isaksen, D. S. Lee, O. A. Søvde, May 2006

[15] Impacts of aircraft emissions on the air quality near the ground, Atmos. Chem. Phys., H.Lee et al.june 2013

[16] https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/regelgeving/wet-milieubeheer/beoordelen/koppeling/nieuw-nationaal/handreiking-nieuw/handreiking-nieuw/4_4_meteorologie_en/

4 Emissies van de niet-LTO-fase

4.1 Europees onderzoek 2004

In 2004 publiceert de Europese Commissie, Directorate General for Environment, Directorate C – Environment and Health, een studie naar de emissies van de luchtvaart boven de 3.000 voet [17]. In deze studie worden de effecten van emissies boven de LTO-cyclus (boven de 3.000 voet) op luchtkwaliteit en depositiewaarden onderzocht. Het rapport is bedoeld als ondersteuning van de Europese Commissie bij de evaluatie van de National Emission Ceilings (NEC) richtlijn 2016/2284.

Integraal ingevoegd de samenvatting van het rapport (onderstrepingen zijn toegevoegd):

> ***EXECUTIVE SUMMARY***
>
> *The international standards regulating emissions from aircraft engines concerning their air quality impact have traditionally been addressed to emissions occurring during the landing and take-off phases (LTO) of aircraft operations. In particular, the National Emission Ceilings directive (Directive 2001/81/EC) requires Member States to limit their annual emissions of certain eutrophying pollutants and ozone precursors.*
>
> *The scope of the National Emission Ceilings (NEC) directive includes aircraft LTO emissions but it does not cover aircraft emissions beyond the landing and take-off cycle (non-LTO emissions). However, the directive contains a provision requiring the European Commission by the end of 2004 to "…report to the European Parliament and the Council on the extent to which emissions from aircraft beyond the landing and take-off cycle contribute to acidification, eutrophication and the formation of ground-level ozone within the Community" and to "…specify a programme of actions which could be taken at international and Community level as appropriate to reduce emissions from the sector".*
>
> *The present study has been prepared under contract to the European Commission and it is intended to evaluate to what extent pollutants emitted by aircraft beyond the LTO-cycle (i.e. above 3000 feet or approximately 1000 meters) contribute to air quality problems in Europe at regional scale.*
>
> ***Impacts of NOx emissions from aviation***
>
> *The study concludes that aircraft nitrogen oxide emissions above 1000 m and at cruise level (non-LTO emissions) have a small but significant impact on regional air quality levels in Europe. Nitrogen oxide (NOx) emissions from aviation affect ozone formation at ground level, increase the deposition of oxidised nitrogen, thus increasing ecosystem exposure to acidification and eutrophication. It also leads to increased regional ground level concentrations of nitrogen dioxide and particulate nitrate.*
>
> *The study shows that the effect on regional air quality of non-LTO emissions of NOx is generally considerably larger than that of NOx emissions in the take-off and*

[17] Study on air quality impacts of non-LTO emissions from aviation, Leonor Tarrasón and Jan Eiof Jonson (met.no), Terje K. Berntsen and Kristin Rypdal (CICERO), in opdracht van European Commission – Directorate General for Environment, Directorate C – Environment and Health. 2004 https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/air_quality_impacts_finalreport.pdf)

landing phases of aviation (LTO emissions). For nitrogen dioxide, however, the effect of NOx LTO emissions on ambient air concentrations of NO_2 in the vicinity of airports is not negligible and a higher impact can be expected from dedicated studies using a higher spatial resolution than the one used in the present study.

For the other regional air quality indicators analysed, the non-LTO NOx emissions from aviation affect surface air quality significantly more than LTO emission. This is a consequence of the predominance of non-LTO NOx emissions (95%) over LTO NOx emissions, the atmospheric vertical exchange between the surface and the free troposphere and of the high efficiency of NOx ozone production at free tropospheric levels.

It is shown that non-LTO NOx emissions contribute by year 2000 with about 2-3% to the deposition of oxidised nitrogen, and with about 1% to the air concentrations of secondary inorganic aerosols (SIA), nitrogen dioxide and mean ozone. The effect of the non-LTO NOx emissions becomes more significant with increasing ozone levels, so that it contributes with about a 5-10% increase to AOT40 and up to 30% to AOT60.

In addition to the overall effects, the study also quantifies the isolated impacts of emissions occurring above the European regional domain, representing about 15% - 20% of the global aircraft emissions. Despite the relatively low share with respect to global emissions, the estimated impact of this "European" share represents about half of the total impacts from non-LTO emissions of NOx, for all components except for NO2, where the contribution of aviation sources above the European domain dominate.

The results presented here imply that any measures addressed to reduce NOx emissions from aviation should consider more in detail their influence on the non-LTO emissions.

Impacts of other emissions

The study has focused on NOx because available information on aircraft emissions indicates that the contribution of aviation to global emissions is larger for nitrogen oxides than for any other compounds affecting air quality. Available projections for 2015, 2050 also indicate that the expected increase in nitrogen oxide emissions from aviation is larger than for the other compounds. For other aircraft emission compounds, in particular for carbon monoxide (CO) and non methane volatile organic compounds (NMVOC), the impact on surface air quality may be larger for the LTO emission cycle than for the non-LTO phases. This is because CO and NMVOC predominantly are formed at the low power settings or idle phases that occur mainly during the LTO cycle, so that emissions at LTO cycle are about 60% of the total emissions. In areas with low NOx concentration levels, where ozone formation is VOC controlled, the effect of emissions CO and NMVOC from LTO may be more important than the effect of non-LTO emissions for the ozone surface levels. However, these aircraft emissions are considered to be small, their relative share to global emissions are an order of magnitude smaller than for NOx emissions and vary between 0.1% and 0.2%. Their effect in air quality is therefore expected to be also small. The same is the case for the emissions of sulphur dioxide (SO2).

For particulate matter (PM), the available information indicates a very small contribution of primary emissions from aviation, representing less that 0.001% of the global emissions. Emissions of ammonia from aviation have not been described in the literature, and it is very unlikely that these are significant enough to cause air quality problems.

Recommendations for further work

This study was completed before relevant new information on emission projections from aviation was available for evaluation. The projection estimates for 2010, 2020 and 2050 presented in this study are all conservative estimates that show the lowest expected impact from aircraft emissions on surface air quality. In all given projections, the impact from aircraft emission NOx emissions is small but significant. Therefore, it is recommended to conduct further an evaluation of the impact of aircraft emissions on air quality when emission projection and cost data from CAEP/6, EUROCONTROL and EU-projects AERO2K and CONSAVE 2050 become available in 2004.

The recommendation is to study further the effect of control options to reduce NOx emissions from the global aviation, in particular concerning the non-LTO cycle and include also the effect of CO and NMVOC emission reductions at LTO phases in the evaluation. Such studies should also consider the impact of meteorological variability in the overall conclusions. As more complete data on the European share of emission from aviation becomes available, it will be useful to evaluate to what extent European measures can be proved effective to improve surface air quality and deposition levels in Europe.

IMPORTANT NOTICE

This study is strictly confined to consider the regional air quality impacts of aviation. Other environmental problems are beyond its scope. This study does not address the considerable climate change effect induced by aviation nor the contribution of aircraft to noise pollution.

Op blz 34 wordt over depositie van stikstofoxiden geschreven:

NOx emitted from aviation leaves the atmosphere through wet and dry deposition of NOx but mainly as other oxidized species like nitric acid (HNO3), peroxyacetylnitrate (PAN), or particles containing nitrate ions (NO3 -).

Dit is in lijn met de samenvatting in Hoofdstuk 3 dat alle geëmitteerde stikstof uiteindelijk in een bepaalde vorm neerkomt op aarde.

Ook waarschuwt het rapport voor de effecten van non-LTO-emissies en deposities op gevoelige habitats:

Deposition of oxidised nitrogen contributes to the acidification and eutrophication of ecosystems. Exceedance values are defined as the excess deposition above the critical loads for different ecosystems. The contribution of a particular pollution source to exceedances of critical load of acidification or eutrophication is the same as their contribution to deposition. Thus, in areas where ecosystems are exposed to exceedances of critical loads, the contribution from non-LTO sources will be of the order of 2-3% for eutrophication. For acidification, however, the exceedances depend both on the sulphur and nitrogen deposition. Since, no contribution is estimated for sulphur deposition, the contribution to acidification from aircraft will depend non-linearily on the nitrogen deposition. This contribution to acidification will be smaller than 2-3%.

De studie concludeert dat (blz 51):

The study indicates that NOx non-LTO emissions affect regional air quality at the surface significantly more than LTO emissions. This is the case for all regional air quality indicators analysed here and is a consequence of the predominance of non-LTO emissions (95%) over LTO emissions, the atmospheric vertical exchange

between the surface and the free troposphere and of the high efficiency of NOx ozone production at free tropospheric levels.

Acidification and eutrophication: The contribution of global non-LTO emissions to deposition of oxidised nitrogen constitutes an increase of the total levels by 2-3%. This contribution is 50% larger for global non-LTO emissions than for European non-LTO emissions only, particularly for wet deposition, which indicates the importance of intercontinental pollution exchange at free tropospheric levels. Non-LTO over Europe contributes with about 0.5-1.5% percent increase on the deposition of oxides nitrogen in Europe. The deposition of oxidised nitrogen from LTO emissions over Europe is below 0.4%.

The contribution of aviation non-LTO emissions to eutrophication is the same as its share to total deposition. For acidification, the share of aviation non-LTO emissions will be lower than for eutrophication. This is because acidification depends non-linearly on the nitrogen deposition as is determined both by sulphur and nitrogen depositions from other sources. The share of sulphur emissions from aviation has been estimated to be negligible and therefore has not been included here.

Nitrogen dioxide: The contribution of LTO NOx emissions to air concentrations of nitrogen dioxide in the vicinity of airports is not negligible and is in fact comparable to the contribution of European nonLTO emissions. This is because NO2 is a short lived component that is high dependent on the influence of local sources. Higher contribution from LTO and climbing aircraft emissions can be expected from dedicated studies using a higher spatial resolution than the one used in the present study.

De resultaten in Figuur 5 (overgenomen uit de figuren 9a en 9b,[18]) tonen direct het veel uitgebreidere effect van de emissies tijdens de niet-LTO-fase. De verspreiding van depositie is veel groter, en de waarden zijn veel hoger dan van de LTO-fase.

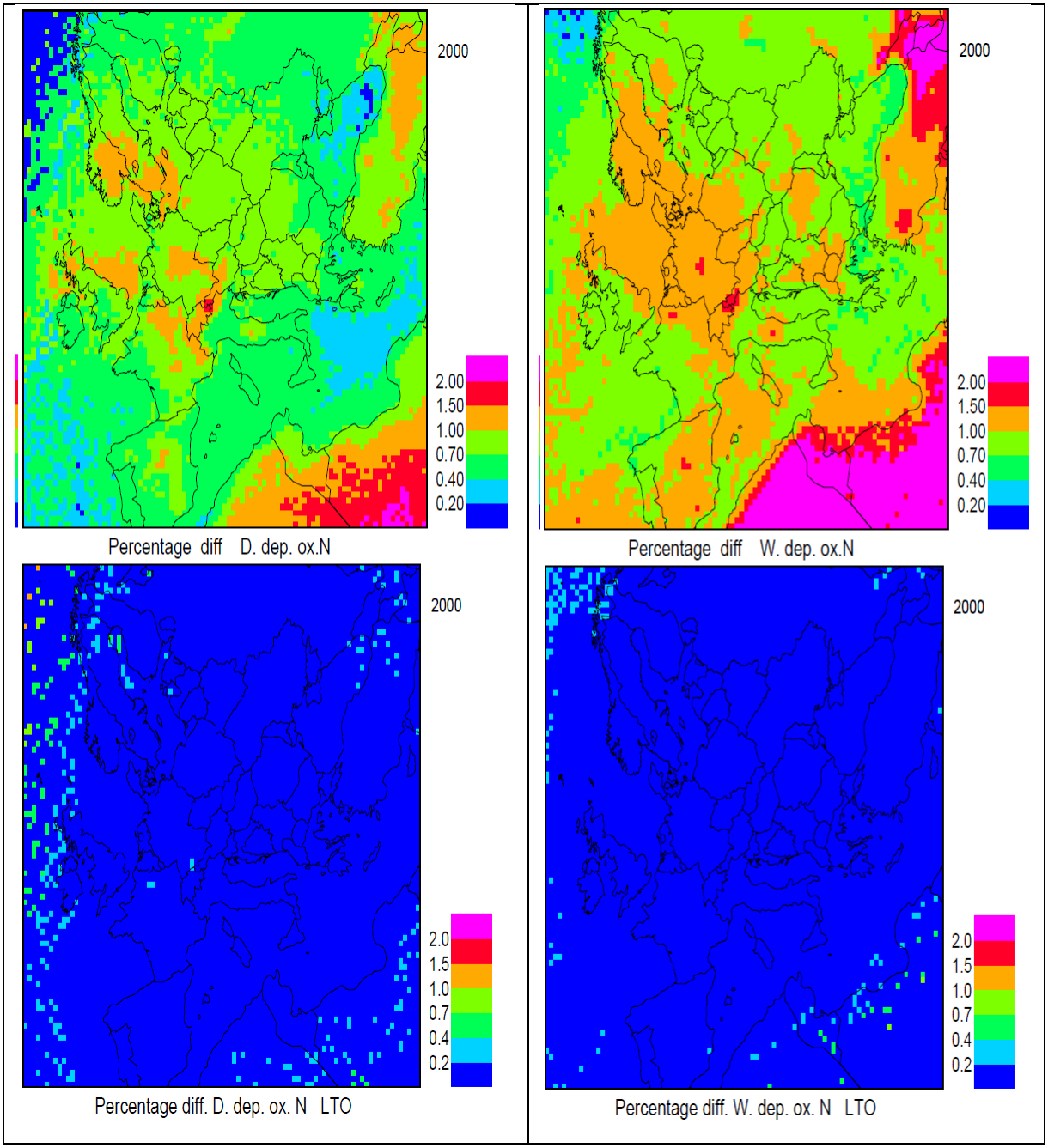
<u>Samenvattend (op basis van vliegverkeer in het jaar 2000):</u>

1. NOx uitgestoten tijdens de non-LTO-fase heeft een veel groter effect op luchtkwaliteit en leidt tot veel meer depositie dan de emissies tijdens de LTO-fase.

2. Alle uitgestoten stikstof komt in een bepaalde vorm terug om aarde. Het gaat gemiddeld om ongeveer 2 – 3 % van de totale hoeveelheid NOx depositie in Europa. Dit hangt sterk af van de lokale dichtheid van het vliegverkeer en van de overige NOx depositie.

3. Ook kwetsbare habitats, waar grenswaarden al worden overschreden, worden dus extra belast met de depositie van tijdens de niet-LTO-fase uitgestoten stikstofoxiden.

[18] Study on air quality impacts of non-LTO emissions from aviation, Leonor Tarrasón and Jan Eiof Jonson (met.no), Terje K. Berntsen and Kristin Rypdal (CICERO), in opdracht van European Commission – Directorate General for Environment, Directorate C – Environment and Health. 2004 https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/air_quality_impacts_finalreport.pdf)



Figuur 5: Illustratie van de relatieve bijdragen van droge (links-boven) en natte (rechts-boven) stikstofdepositie t.g.v. emissies tijdens de non-LTO-fase (> 3000 voet). Idem voor depositie t.g.v. de LTO-fase (links-onder) en rechts-onder) (< 3000 voet); volgens [19]

[19] Study on air quality impacts of non-LTO emissions from aviation, Leonor Tarrasón and Jan Eiof Jonson (met.no), Terje K. Berntsen and Kristin Rypdal (CICERO), in opdracht van European Commission – Directorate General for Environment, Directorate C – Environment and Health. 2004 https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/air_quality_impacts_finalreport.pdf)

4.2 De National Emission Ceiling richtlijn

Om te voldoen aan haar verplichting is onze Rijksoverheid gehouden de National Emission Ceiling (NEC) Directive van 14 december 2016[20] op te volgen (hierna: **NEC-Richtlijn**).

De inventarissen en prognoses van de luchtverontreinigende stoffen worden opgesteld overeenkomstig de methoden als bepaalde in bijlage IV bij de NEC-richtlijn. Bijlage IV van de NEC-richtlijn luidt staat - voor zover hier van belang:

> *"De lidstaten stellen nationale emissie-inventarissen, (…), met gebruikmaking van de methoden die zijn vastgesteld door de partijen bij het LRTAP-verdrag (rapportagerichtsnoeren van EMEP), en worden verzocht gebruik te maken van het EMEP/EEA-richtsnoer voor de inventarisatie van emissies van luchtverontreinigende stoffen (EMEP/EEA-richtsnoer) waarnaar daarin wordt verwezen. Bovendien worden in overeenstemming met dezelfde richtsnoeren aanvullende gegevens opgesteld, met name de activiteitengegevens, die nodig zijn voor de beoordeling van de nationale emissie-inventarissen en emissieprognoses."*

Onze Rijksoverheid is dus verplicht om een database aan te leggen van de emissies zoals omschreven in Bijlage I van de **NEC-Richtlijn** (waaronder stikstof-emissies zoals NO_x en NH_3). Zij dienen dit te doen met gebruikmaking van de methodologieën omschreven in de **Guidelines**[21]. In artikel 19 van de **Guidelines** wordt verwezen naar het **Guidebook**:

> *"19. Parties shall as a minimum use the methodologies in the latest version of the EMEP/EEA Guidebook as approved by the Executive Body to estimate emissions an projections for each source category. (…)".*

Hieruit blijkt dat partijen bij het LRTAP-verdrag voor het inventariseren van de luchtverontreinigende stoffen ten minste gebruik dienen te maken van de methoden uit de meest recente versie van het Guidebook.

In het **Guidebook**, die aldus de **Guidelines**, het kader bieden voor het vastleggen van emissies, lezen wij dat de emissies van de volgende activiteiten in de lucht bij het inventariseren van de luchtverontreinigende stoffen moeten worden betrokken:[22]

> *"The emissions to be included comprise the civil aviation portion of combustion emissions from mobile sources related to the movement of people and/or freight by air. The activities comprise:*
> - *international airport traffic (LTO cycles ≤ 3000 ft (914.4 m))*
> - *international cruise traffic (> 3000 ft (914.4 m))*
> - *domestic airport traffic (LTO cycles ≤ 3000 ft (914.4 m))*
> - *domestic cruise traffic (> 3000 ft (914.4 m)).*"

Hieruit blijkt dat onze Rijksoverheid de totale emissies van het burgerlijke luchtvaartgedeelte van de verbrandingsemissies door mobiele bronnen met betrekking tot het vervoer van personen en/of vracht door de lucht van het vliegverkeer van zowel onder de 914,4 meter hoogte als boven de 914,4 meter moet betrekken bij de monitorings- en rapportageverplichtingen aan de Europese Commissie.

---

[20] Zie https://www.eea.europa.eu/themes/air/national-emission-ceilings-directive en https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016L2284&from=EN.

[21] Guidelines for reporting emissions and projections, ECE/EB.AIR/128, Verenigde Naties, Economische Commissie voor Europa, 2015

[22] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, July 2017, paragraaf 1.A.3.a, 1.A.5.b. Aviation, p. 3, Overview

Een van de lead-authors van het **Guidebook** was ook een van de auteurs van het voorgaande onderzoek, uitgevoerd in opdracht van de Europese Commissie.

Conclusie

Onze overheid is verplicht om alle stikstofuitstoot door de luchtvaart te monitoren en rapporteren aan de Europese Commissie:

1. De emissies tijdens de LTO cyclus als onderdeel van de nationale uitstoot;
2. De emissies buiten de LTO cyclus inde vorm van een afzonderlijk memorandum.

Ten aanzien van de emissies buiten de LTO cyclus is er dus geen sprake van vrijwilligheid. Nu vaststaat dat deze emissies moeten worden gerapporteerd zijn we verbaasd de non-LTO emissies niet zijn betrokken in de centrale emissieregistratie (ER) zoals de Commissie Remkes heeft gebruikt in haar eerste advies. Dergelijke relevante informatie mag absoluut niet ontbreken, zeker niet in het volgende en tweede advies, dat zich specifiek richt op de (internationale) lucht- en zeevaart, dat zoals aangekondigd in het voorjaar van 2020 wordt uitgegeven.

Ten overvloede zij vermeld, dat indien deze gegevens niet overeenkomstig het bepaalde in artikel 10 van de NEC-richtlijn aan de Europese Commissie zijn gerapporteerd de Nederlandse overheid daarmee onzes inziens in strijd handelt met zowel de NEC-richtlijn als de **Guidelines** en het **Guidebook.**

Zelfs kan gesteld worden dat de overheid verplicht is om alle informatie die zij ter beschikking stelt aan de Europese Commissie ook aan haar burgers openbaar moet maken. Hiervoor verwijzen wij naar artikel 14 van de NEC-Richtlijn (Toegang tot informatie).

Een en ander impliceert bovendien dat non-LTO emissies hadden moeten zijn vermeld in de RIVM publicatie *Informative Inventory Report 2018, Emissions of transboundary air pollutants in the Netherlands 1990-2016*.[23] Dit blijkt echter niet het geval.

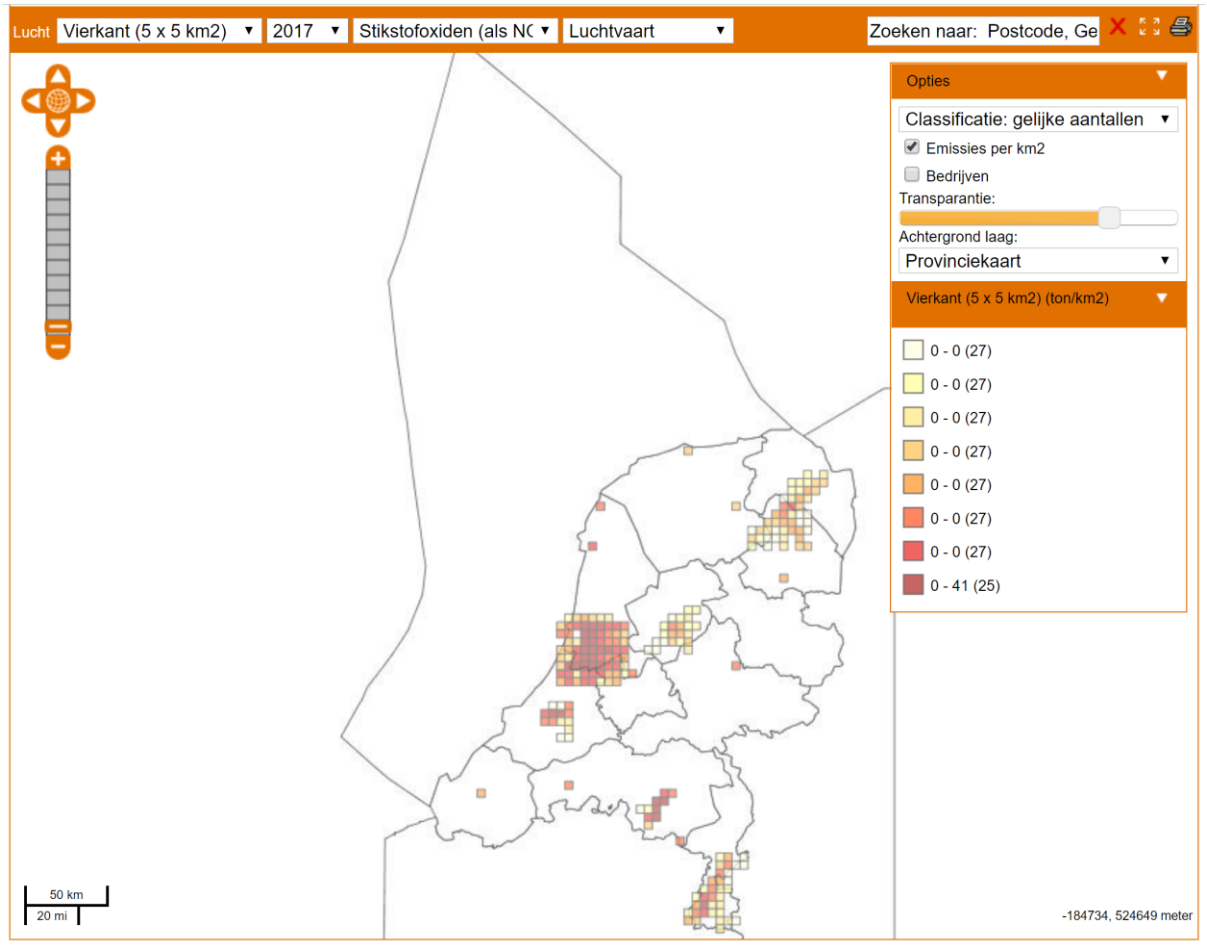
[23] *Informative Inventory Report 2018, Emissions of transboundary air pollutants in the Netherlands 1990-2016, RIVM Report 2018-0013 D. Wever et al.*

5 De LTO-cyclus – theorie versus werkelijkheid

Een ander aspect is hoe er in werkelijkheid gevlogen wordt tijdens de LTO-fase, versus hoe er theoretisch geklommen en gedaald wordt. Dit bepaalt zowel de verspreiding van de emissies, als de daadwerkelijke totale hoeveelheid emissies tijdens de LTO-fase.

5.1 De theoretische start- en landingsprofielen

De berekende emissies tijdens de theoretische LTO-fase zijn voor de periode 2017 grafisch weergegeven in onderstaande Figuur 6 (bron: emissieregistratie). De emissiebronnen zijn geplot als vierkantjes van 5x5 km. Rond Schiphol is een gebied van ongeveer 45 x 45 km (9 x 9 cellen) gemarkeerd als emissiegebied.



Figuur 6: Ruimtelijke verdeling van de berekende emissie van NOx ten gevolge van luchtvaart (bron: emissieregistratie)

Hoe de emissies zijn berekend, is toegelicht in het rapport “Proxies ruimtelijke verdeling NOx en PM10 luchthaven Schiphol “, gemaakt door NLR in opdracht van RIVM [24].

Bijgevoegd hier de samenvatting van het rapport:

Samenvatting

Emissieregistratie

De emissieregistratie (ER) stelt jaarlijks aan het eind van het jaar voor verschillende sectoren de totale jaarlijkse emissies over het afgelopen kalenderjaar vast. Een van deze sectoren is de luchtvaart. De per luchthaven vastgestelde emissies worden vervolgens ruimtelijk verspreid op basis van proxy informatie. Dit kan een eerder berekende ruimtelijke emissie verdeling zijn voor een zo veel mogelijk vergelijkbare situatie. In elk jaar worden in mei/juni de ruimtelijk verdeelde emissies op de website van de ER gepubliceerd. De ruimtelijk verdeelde emissies worden gebruikt voor het berekenen van de Grootschalige Concentraties Nederland (zie voor meer info: www.rivm.nl/gcn) en voor het berekenen van de stikstofdepositie op Natura 2000 gebieden in het kader van het PAS (pas.natura2000.nl).

Proxies

Voor het ruimtelijk verdelen gebruikt RIVM sinds een jaar of twee een in 2014 door NLR uitgevoerde NOx berekening in het kader van de PAS. Deze NOx verdeling wordt momenteel ook toegepast als proxy voor de PM10 emissies. De vraag is nu, hoe goed deze aanpak is. Daarom heeft RIVM aan NLR gevraagd om 2 nieuwe proxies – 1 voor NOx, 1 voor PM10 – met de jaargemiddelde waarden van de afgelopen vijf jaar (2013 – 2017) te leveren. Anders dan in genoemde berekening uit 2014 bevatten de geleverde proxies nu naast een ruimtelijke verdeling voor het vluchtdeel van het vliegverkeer (tot een hoogte van 1000 meter) ook separate verdelingen voor het taxideel van het vliegverkeer, het fijnstof van banden en remmen vrijkomend bij de landing, het APU gebruik, het GPU gebruik op de platforms en voor het platformverkeer.

Vliegtuig emissies tijdens vluchtfase en taxifase van het vliegverkeer

De emissies van de hoofdmotoren van het vliegverkeer tijdens de vluchtfase en de taxifase zijn berekend met de NLR LEAS-iT tool. De berekeningen zijn uitgevoerd in een rekengrid met een volume van 40 km x 40 km x 1 km (0 tot 1000 m hoogte) met de Aerodrome Reference Point van Schiphol als centrum en met een celgrootte van 250 m x 250 m x 250 m. Het vluchtdeel van het Schiphol is gebaseerd op de gegevens van de gebruiksjaren 2013 t/m 2017 zoals geregistreerd met FANOMOS1 . FANOMOS staat voor Flight Tracking and Noise Monitoring System. Dit systeem registreert de vliegtuigen die vliegen op Schiphol en de daarbij gevolgde vliegbanen door de vliegtuigen.

De gebruikte taxiroutes zijn als gebruikt in de MER NNHS voor luchthaven Schiphol. Naast de emissies van de vliegtuighoofdmotoren tijdens de vluchtfase en taxifase is een schatting gemaakt van de hoeveelheid fijnstof die vrijkomt door slijtage van banden en remmen bij de landing.

Platform emissies

---

[24] Proxies ruimtelijke verdeling NOx en PM10 luchthaven Schiphol, NLR-CR-2018-042, i.o.v. RIVM, Juni 2018
http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Lucht%20(Air)/Verkeer%20en%20Vervoer%20(Transport)/Overig%20Verkeer%20en%20Vervoer/NLR%20(2018)%20Proxies%20ruimtelijke%20verdeling%20NOx%20en%20PM10%20luchthaven%20Schiphol.pdf

De emissies van het APU gebruik, het GPU gebruik en het platformverkeer op Schiphol zijn bepaald op basis van de situatie in het jaar 2015 (midden van de periode 2013 – 2017). Deze emissies worden – conform MER NNHS - toegekend aan in totaal 38 locaties op de diverse platforms van de luchthaven.

Deliverables

De proxies zijn 1 maart en 5 maart 2018 aan het RIVM geleverd. Een beknopte beschrijving van de inhoud van de proxies is opgenomen in dit rapport.

In deze samenvatting wordt gerefereerd naar een rapport uit 2014. Het gaat hierbij om het NLR-rapport "Stikstofberekeningen luchthavens ten behoeve van de programmatische aanpak stikstof" gemaakt in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu [25].

Daarin lezen we:

3.3 Berekeningsresultaten

De emissies van het vliegverkeer zijn berekend binnen een oost-west, noord-zuid gebied van tientallen kilometers rondom de luchthavens en vanaf het aardoppervlak tot een hoogte van 1 kilometer. De berekende emissies zijn als digitale bestanden op 7 april aan het Ministerie van Economische Zaken aangeleverd om te worden gebruikt als invoer voor de Aerius rekentool van de PAS.

Tabel 3 Emissies van vliegverkeer en platform gerelateerde bronnen voor de onderzochte scenario's

			NOx emissies (in tonnen)	
Luchthaven	**Luchthaven gebruik**	**Afmetingen rekengebied (in km)**	**In volledig rekengebied**	**In beperkt rekengebied van 20 x 20 km**
EHAM	Feitelijk	60x60	2990.6	2558.0
EHEH	Feitelijk	20x20	77.9	77.9
EHGG	Feitelijk	50x50	21.8	16.9
EHLE	Feitelijk	30x30	7.2	6.9
EHBK	Feitelijk	50x50	38.9	35.0
EHRD	Feitelijk	20x20	71.9	71.9
EHAM	Toekomst	60x60	4359.6	3784.4
EHEH	Toekomst	20x20	188.4	188.4
EHGG	Toekomst	20x20	40.9	40.9
EHLE	Toekomst	40x40	317.8	283.6
EHBK	Toekomst	50x50	113.1	100.4
EHRD	Toekomst	20x20	89.4	89.4
EHTW	Toekomst	30x30	52.3	49.5

[25] "Stikstofberekeningen luchthavens ten behoeve van de programmatische aanpak stikstof", Rapport NLR-CR-2014-083 - Juni 2014

Wanneer we de berekende NOx-emissies rond alle vliegvelden bij elkaar optellen, komen we tot een totaal van 3208 ton ("feitelijk", i.e. 2014) en 5161 ton ("toekomst"). Dit verhoudt zich tot de waarden in de Emissieregistratie-database (3391 ton voor 2015), wat overeenkomt met 5.7% meer dan de in 2014 berekende "feitelijke" hoeveelheid. Let wel: dit is dus de berekende totale emissie tot 1000 m hoogte.

Kortom, de berekende luchtvaartemissies, zoals opgeslagen in de Emissieregistratie database, zijn berekend tot maximaal 1000 meter. Per vliegveld zijn de theoretische start- en naderingsprofielen aangenomen. Emissies boven de 1000 meter zijn niet meegenomen. Evenmin zijn meegenomen emissies in de gebieden die vallen buiten de zones rond de onderzochte vliegvelden. Ook emissies tussen vliegvelden kunnen mogelijk voor deposities in Natura 2000 gebieden relevant zijn en deze emissies vallen nu buiten beeld.

5.2 De werkelijke vliegroutes onder de 1000 meter

Figuur 8 toont de geregistreerde vliegroutes gevlogen in 2018 gedurende de maanden januari – oktober (bron: de database van vlieghinder.nl) in de omgeving Schiphol. De routes zijn geplot tot een hoogte van 1000 m, of 3280 voet, hetgeen overeenkomt met de maximale hoogte beschouwd in de berekeningen voor de emissieregistratie. Het verspreidingsgebied tot waar er tussen de 0 en 1000 meter gevlogen wordt is Noord-zuid ongeveer 70km. Naar het oosten strekt het gebied zich uit tot over Almere. Naar het zuiden sluit het gebied aan op de vliegroutes van Rotterdam. Dit betekent een veel groter gebied dan aangeduid in de emissieregistratie.

Ter vergelijk is in Figuur 9 de ruimtelijke verdeling van de emissie volgens de emissieregistratie toegevoegd. In Figuur 10 zijn cellen met veel vliegbewegingen gemarkeerd. Cellen waarbinnen minder dan 2% van het maximale aantal per cel voorkomen, zijn niet gemarkeerd. Duidelijk valt te zien dat er heel veel naderend vliegverkeer tot ver naar het noorden én zuiden geleid wordt. Een vergelijk van de aantallen vliegbewegingen per cel zoals geplot in Figuur 10, met de verdeling van de emissies volgens de emissieregistratie-database maakt duidelijk dat er in de praktijk veel langer laag gevlogen wordt. Het is bekend dat bij druk vliegverkeer de luchtverkeersleiding er vaak voor kiest piloten gedurende grotere afstand een level-flight ter hoogte van 2000 voet (ongeveer 600 meter) uit te laten uitvoeren, totdat ze uiteindelijk het naderingspunt (= final approach point, FAP) van de luchthaven bereiken.

Hierdoor zijn de werkelijke totale emissies onder de 1000 meter groter dan berekend (er wordt langer lang gevlogen) en de verspreiding is veel ruimer. Hierdoor zal ook de depositie zich over een groter gebied verspreiden.

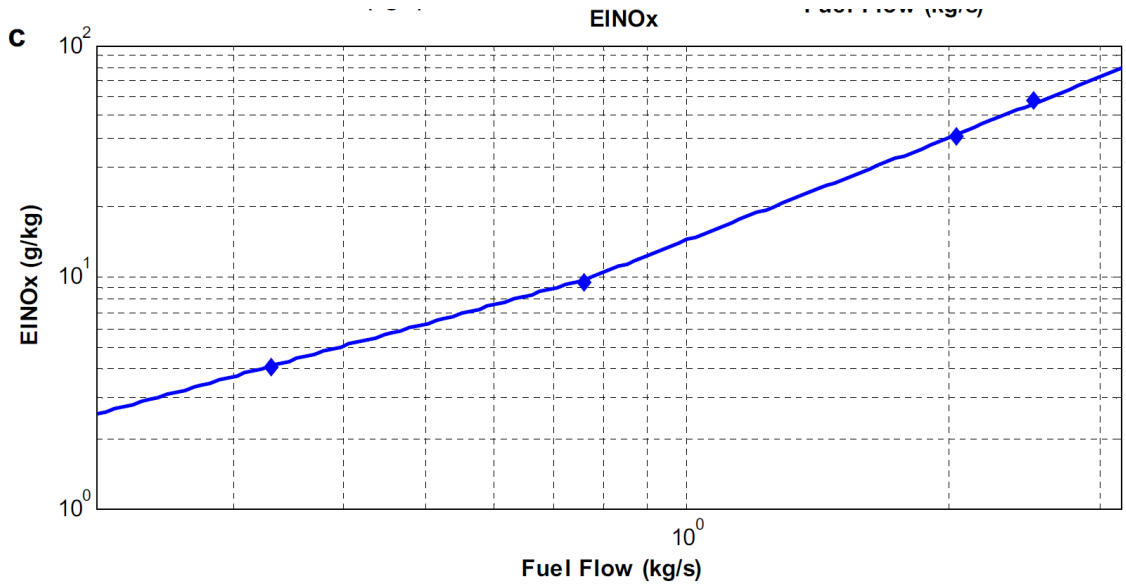
Figuur 11 toont de gerapporteerde ruimtelijke spreiding voor de jaren 2010, 2015, 2016 en 2017. In 2010 werden alle emissies nog geconcentreerd in een punt. In de jaren 2015 en 2016 is de spreiding in lijn met de spreiding volgens de in 2018 gevlogen routes. In 2017 zien we dat het spreidingsgebied sterk verkleind is ten opzicht van voorgaande jaren, terwijl de totale emissie van NOx in 2017 wél met 4 % gestegen is t.o.v. 2016.

5.3 Langer laagvliegen kost meer vermogen en leidt tot hogere emissies

Er speelt nog een effect waardoor de werkelijke emissies tijdens de LTO-fase vermoedelijk groter zullen zijn dan berekend.

Het over langere afstand op een constante lagere vlieghoogtes vliegen is alleen mogelijk, als er met een hoger motorvermogen wordt gevolgen. Daarbij is het dan ook nog zo, dat bij hoger kerosine gebruik de NOx uitstoot per kg kerosine hoger is, zie Figuur 1. We noemen dit de Emissie Intensiteit. Dit leidt tot hogere emissies per gevlogen kilometer, dan diezelfde

vluchtafstand, waarin men geleidelijk daalt. Onduidelijk is in hoeverre de resultaten van de RIVM hiermee rekening houden.



Figuur 7: Variatie van de Emissie Index voor NOx (g/kg) als functie van brandstofgebruik (kg/s) voor RB211e524 D 4 engine. Brondata: ICAO, volgens[26]

5.4 Samenvatting

De berekende NOx-emissies tijdens de LTO-fase zijn te laag om de volgende redenen:

1. Er wordt in werkelijkheid over een veel groter gebied onder de 1000 meter gevlogen, waardoor de afgelegde weg significant langer is, en er meer emissies onder de 1000 meter zijn;
2. Er wordt lang laag op constante hoogte gevlogen; dit kost meer vermogen dan dalen, dus meer brandstof per seconde, wat gepaard gaat met meer NOx uitstoot per kg brandstof.

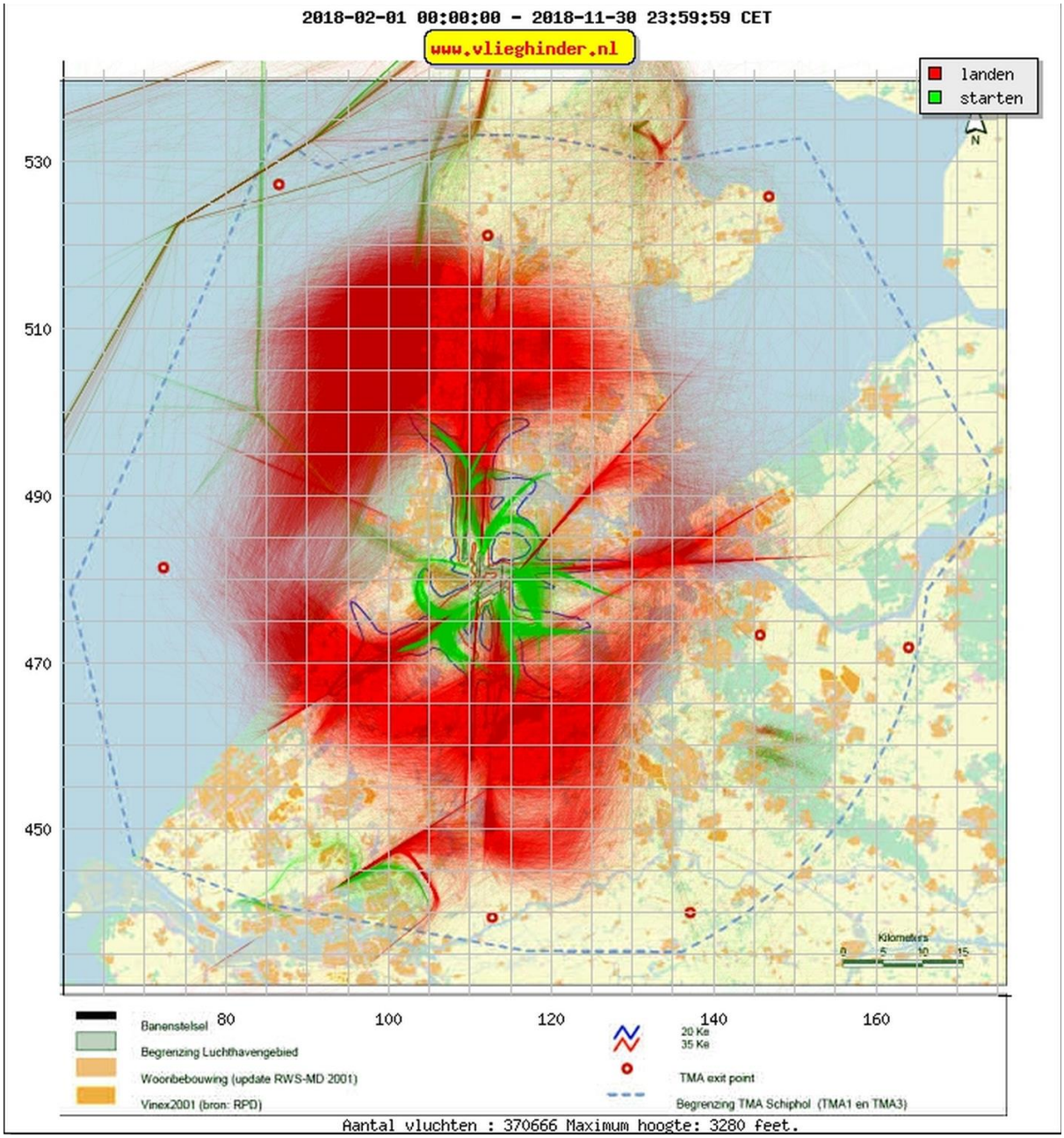
Indicatie van verspreidingsgebied emissies rond Schiphol:

Emissieregistratie: 77 cellen van 5x5 km = 77*25 = 1925 km2

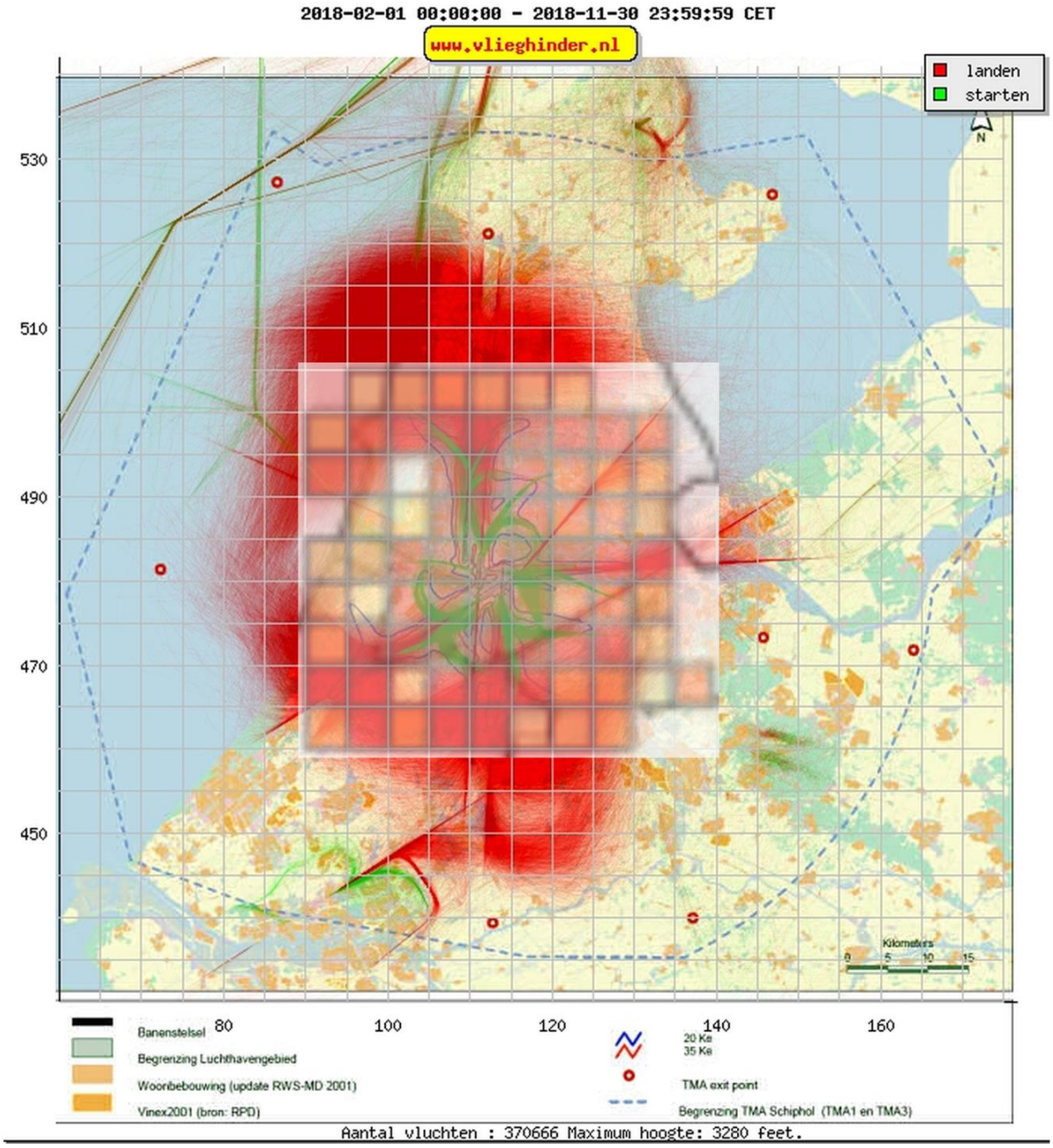
Volgens geregistreerde vlieghoogtes (vlieghinder.nl): ongeveer 60 x 5x5 km2 extra; in totaal 3425 km2 (+78 %)

Niet het onderwerp van deze notitie, maar wel een gevolg van dit veel grotere spreidingsgebied: de werkelijke geluidshinder is veel hoger dan de op basis van de toegepaste theoretische vliegprofielen berekende geluidshinder.

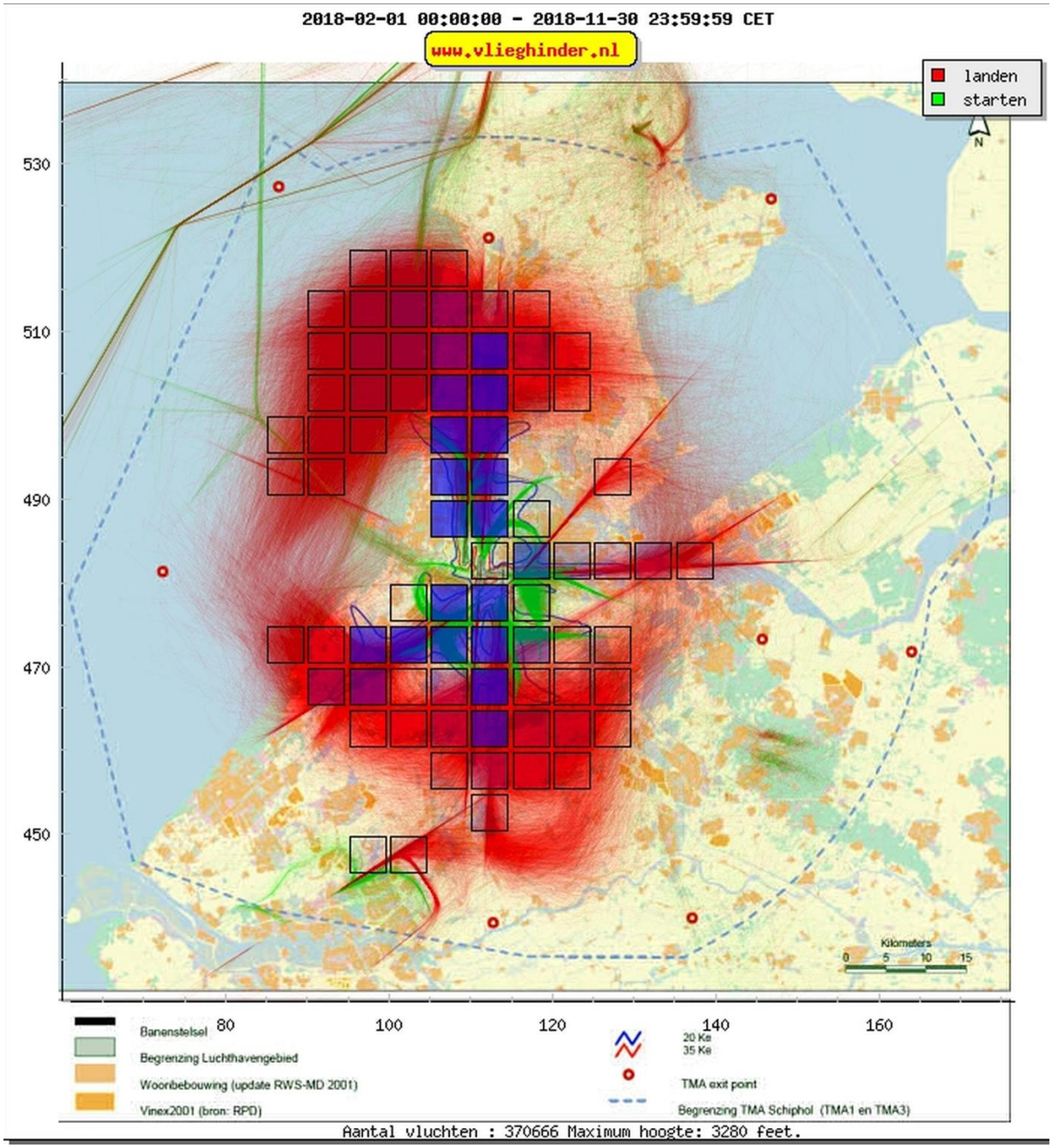
[26] Aviation emission inventory development and analysis, Viet Van Pham*, Jiangjun Tang, Sameer Alam, Chris Lokan, Hussein A. Abbass, Defence and Security Applications Research Center, University of New South Wales, the Australian Defence Force Academy, Canberra, Australia, Environmental Modelling & Software 25 (2010) 1738-1753



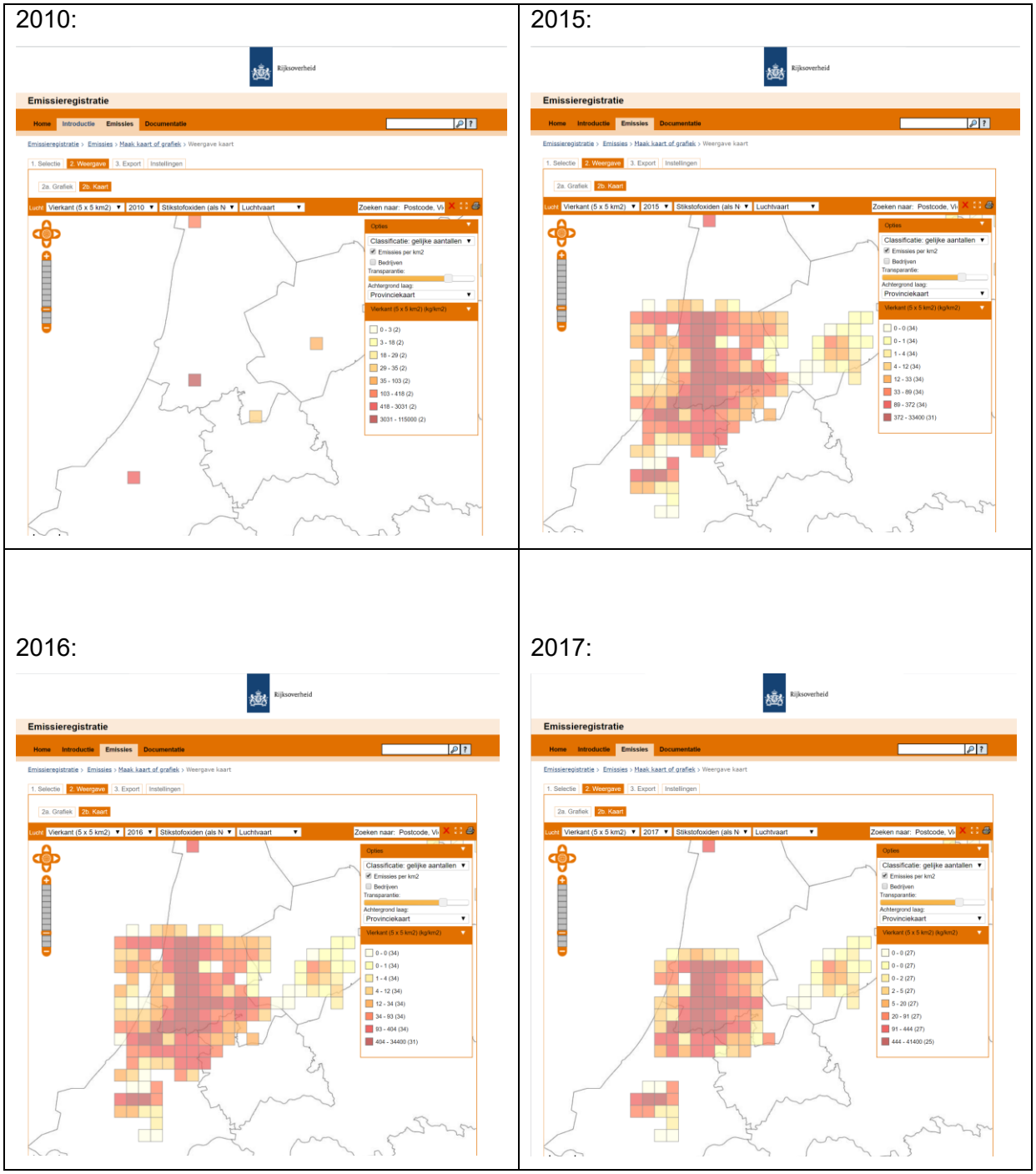
Figuur 8: Registratie van gevlogen routes tot maximaal 1000 meter (3280 voet) (2018 voor 10 maanden)



Figuur 9: Registratie van gevlogen routes tot maximaal 1000 meter (3280 voet) (2018 voor 10 maanden), met eroverheen de emissiespreiding volgens de emissieregistratie.



Figuur 10: Registratie van gevlogen routes tot maximaal 1000 meter (3280 voet) (2018 voor 10 maanden), met grid van intensiteit (aantal vliegbewegingen binnen cel) (ondergrens 2% van maximum)



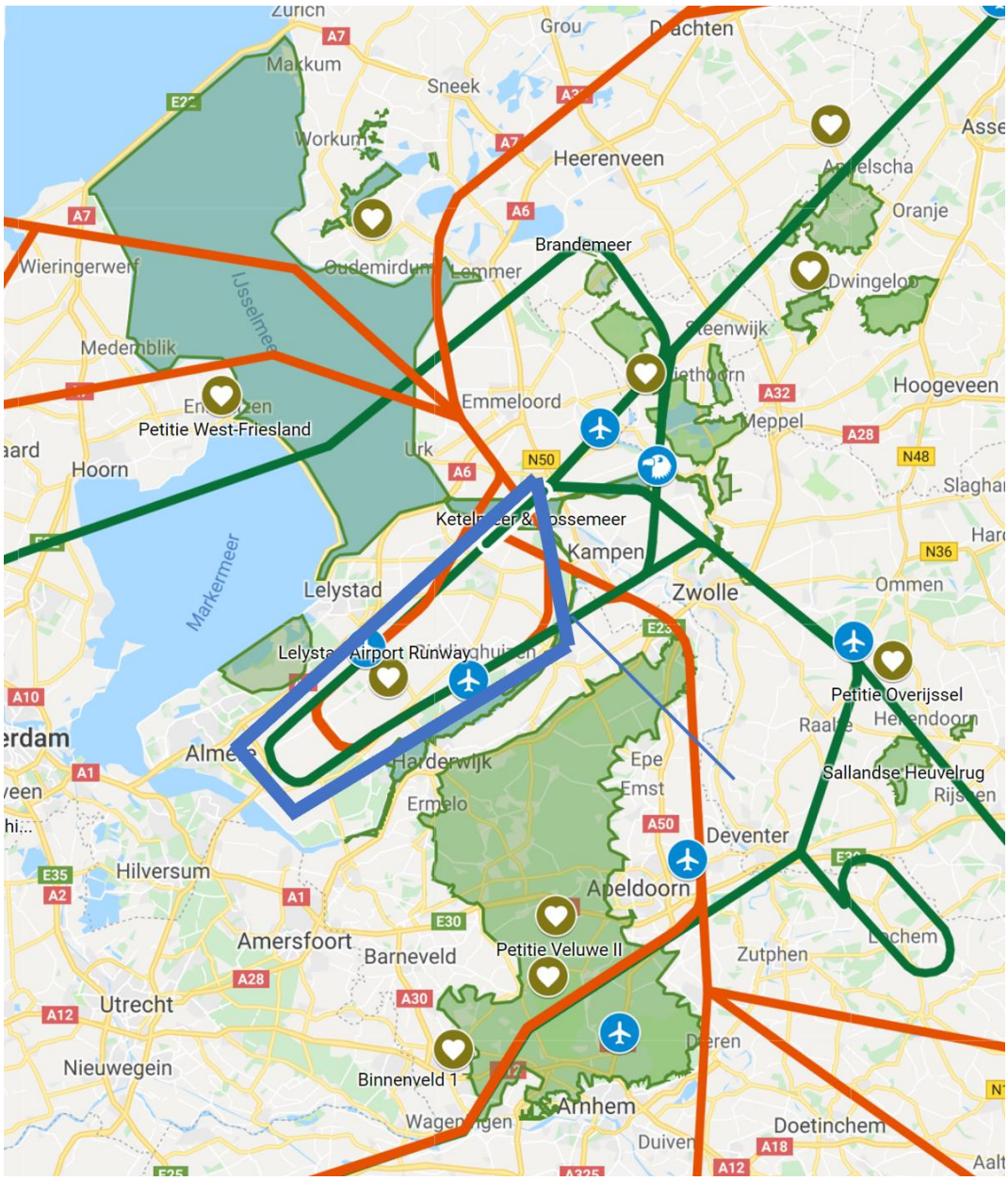
Figuur 11: Ruimtelijke verdeling van emissiebronnen 'Luchtvaart' voor 2010 (geen ruimtelijke spreiding), 2015 en 2016 (ruimtelijke spreiding in lijn met werkelijke gevlogen routes) en 2017 (het spreidingsgebied is sterk verkleind t.o.v. 2015 en 2016)

6 Milieueffecten ten gevolge van Lelystad Airport en de vliegroutes

Figuur 12 toont de vliegroutes van en naar Lelystad Airport. Naderingsroutes in groen, vertrekroutes in rood. Alleen binnen het blauwe kader wordt er gevlogen onder de 1000 meter. In geval van starten is het gebiedje waarbinnen lager gevlogen wordt dan 1000 meter nog kleiner.

De LTO-fase speelt zich dus geheel af binnen het blauwe kader. In het MER en t.b.v. de PAS zijn de emissies alleen berekend voor de LTO-fase tot 1000 meter. De berekende depositie is dan ook slechts ten gevolge van de emissies binnen het blauwe kader.

De groen-gemarkeerde gebieden zijn allemaal Natura2000-gebieden.



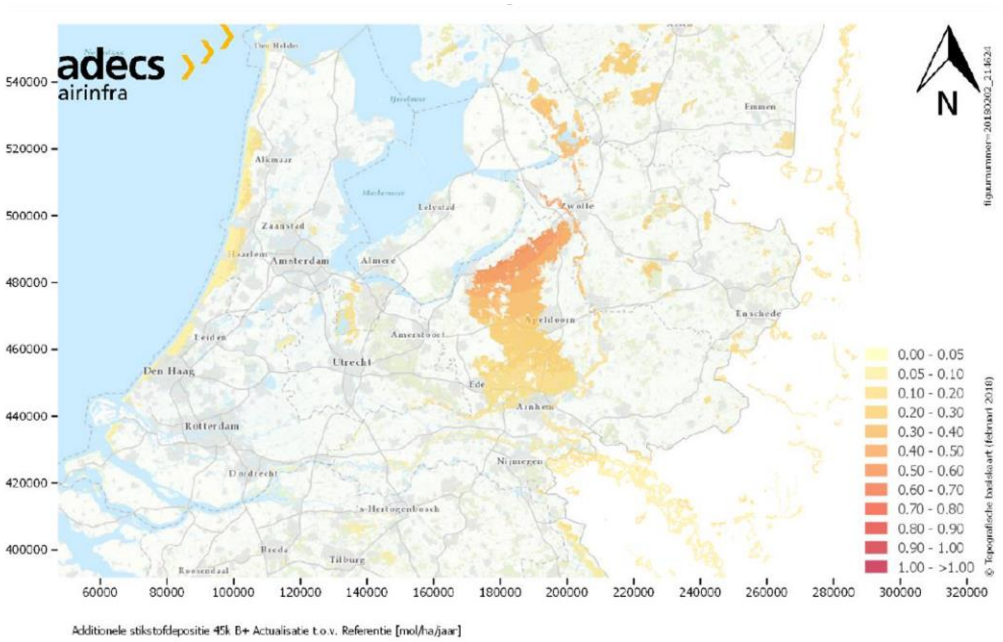
Figuur 12: Routes van en naar Lelystad Airport. Alleen binnen het blauwe kader wordt lager gevlogen dan 1000 meter.

De resultaten van de berekende extra stikstof ten gevolge van het vliegverkeer van en naar Lelystad Airport zijn gegeven in **Error! Reference source not found.** (spreiding) en Figuur 14 (per gebied). Deze zijn overgenomen uit het geactualiseerde MER[27].

6.1 Berekende depositie ten gevolge van luchtvaart veel te laag

Verschillende wetenschappelijke studies tonen aan dat ook stikstofemissies van boven de menglaag tot depositie leiden. De berekende deposities ten gevolge van het vliegverkeer van en naar Lelystad Airport zijn dan ook om meerdere redenen met zekerheid te laag, zoals:

1. Er is gerekend met een constante menglaaghoogte van 1000 meter. Emissies boven de menglaaghoogte zitten niet in het model, en hebben dus ook niet tot depositie kunnen leiden.
2. Zelfs wanneer emissies boven de menglaaghoogte van 1000 meter niet zouden worden beschouwd, dan nog zijn de berekende emissies en met name de spreiding van de depositie te klein. De menglaaghoogte varieert sterk en kan ook hoger zijn dan 2000 meter. Daardoor liggen grote delen van vliegroutes, die nu geheel niet zijn beschouwd (bv de lange stukken FL60), regelmatig in de menglaag, waardoor er met zekerheid in werkelijkheid meer directe depositie plaatsvindt met name verder van het vliegveld;
3. De lange lage vliegroutes leiden tot vroeg naderen en laat klimmen, met lange stukken level vliegen met verhoogde emissie-intensiteit. Ook tijdens de lange klimfase vanaf 3000 voet wordt veel stikstofoxides uitgestoten, zie Figuur 15. Dit volgde ook uit de RIVM-studie uit 2002, waarbij emissies waren berekend tot de landsgrenzen. Deze fase is geheel niet meegenomen in de berekening.



Figuur 13: Berekende additionele stikstofdepositie bij 45.000 vliegbewegingen (alleen luchtvaart) volgens het geactualiseerde MER Lelystad Airport (figuur 61 uit geactualiseerde MER)

[27] Actualisatie MER Lelystad Airport, Herstel invoergegevens, verwerken actuele inzichten en voorschriften, effecten aansluitroutes, Februari 2018

Gebied	Toename stikstofdepositie maximaal (in mol N/ha/jaar)		
	MER 2014	MER 2014 met AERIUS	Actualisatie MER
Veluwe	0,4	0,52	0,59
Rijntakken		0,50	0,57
Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht		0,38	0,41
De Wieden	0,3	0,37	0,40
Olde Maten & Veerslootslanden		0,35	0,37
Weerribben	0,3	0,30	0,35
Holtingerveld		0,25	0,28
Vecht- en Beneden-Reggegebied		0,25	0,28
Dwingelderveld		0,24	0,28
Rottige Meenthe & Brandemeer		0,24	0,26
Drents-Fries Wold & Leggelderveld		0,22	0,26
Boetelerveld		0,22	0,25
Sallandse Heuvelrug		0,22	0,25
Mantingerzand		0,21	0,24
Mantingerbos		0,21	0,24
Wierdense Veld		0,19	0,22
Engbertsdijksvenen		0,18	0,21
Elperstroomgebied		0,18	0,21
Borkeld		0,18	0,21

Figuur 14: Berekende toename stikstofdepositie per gebied volgens het geactualiseerde MER Lelystad Airport (tabel 39 uit geactualiseerde MER)

6.2 Extra auto-kilometers

De in het geactualiseerde MER berekende extra stikstofdepositie is alleen gebaseerd op het vliegverkeer. Het effect van extra autoverkeer naar en van Lelystad Airport moet ook meegenomen worden. Op basis van gegevens van het ondernemingsplan Lelystad Airport door Schiphol Group[28] zijn een tweetal inschattingen gemaakt aan de hand van aantal verwachte passagiers, af te leggen afstand en beschikbare parkeerplaatsen. De bereikbaarheid van het vliegveld met openbaar vervoer is matig en de routes gaan veelal langs kwetsbare natuurgebieden.

Het geschatte aantal extra kilometers per jaar komt bij 45000 vluchtbewegingen op 321 tot 636 miljoen extra kilometers (dus extra stikstof). Dit komt overeen met 0,5 % tot 1 % van de totaal gereden kilometers in 2016 in Nederland.

[28] https://www.platformparticipatie.nl/binaries/2.%20Ondernemingsplan%20Lelystad_Airport_tcm117-341964.pdf

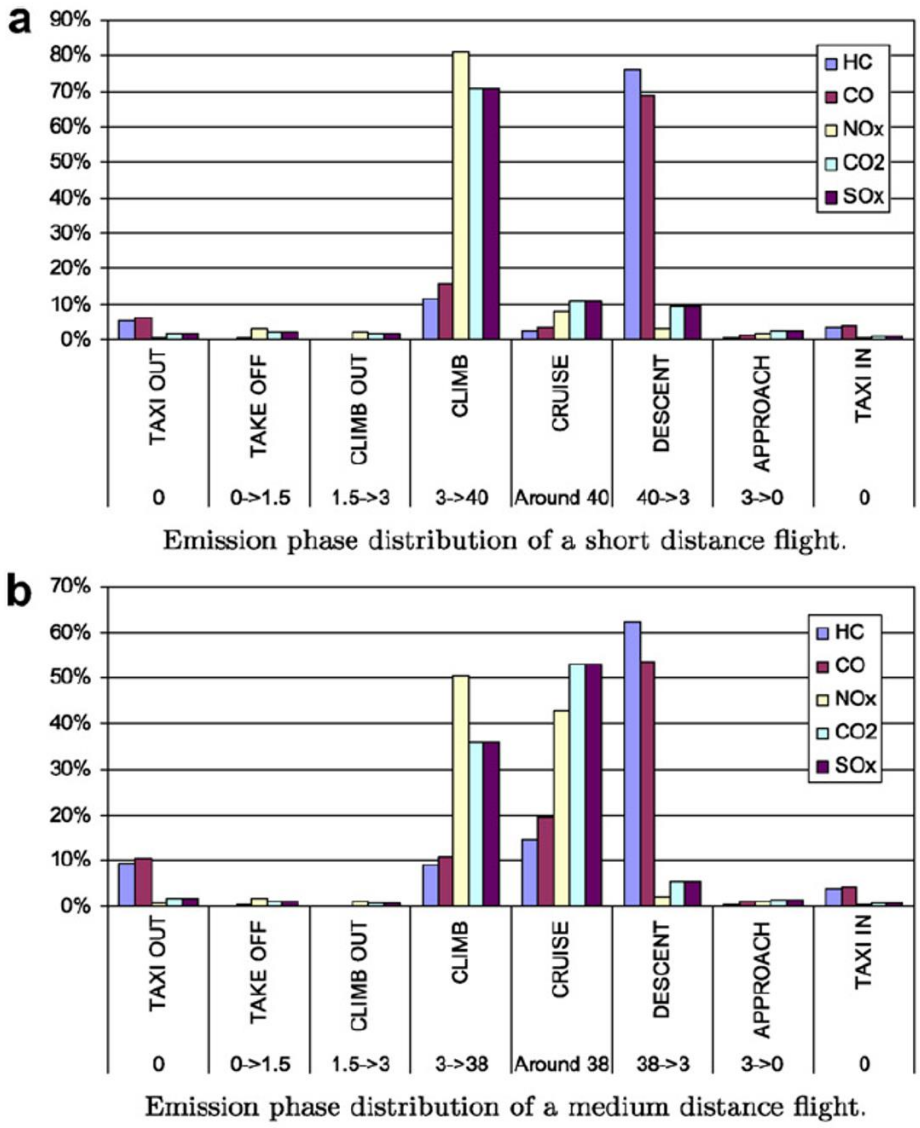
6.3 Samenvatting

Wij stellen vast dat:

- De emissies in het MER Lelystad Airport slechts voor een klein gedeelte van de routes zijn berekend tot maximaal 1000 meter hoogte,
- De argumentatie is gehanteerd dat de menglaag zou voorkomen dat depositie van boven de menglaag plaatsvindt,
- Wetenschappelijk onderzoek heeft aangetoond dat de menglaag eigenlijk nauwelijks een rol speelt in hoeveel stikstof er terugvalt, aangezien in werkelijkheid alle uitgestoten stikstof in een bepaalde vorm terugkomt op de bodem,
- Europees onderzoek heeft aangetoond dat de depositie tgv de niet-LTO-fase verder van het vliegveld dominant is, en dat er naar aanleiding van dat onderzoek zelfs richtlijnen zijn opgesteld hoe de emissies boven de 3000 voet door lidstaten gerapporteerd dienen te worden,
- De Lelystad-vliegroutes over een groot aantal Natura2000-gebieden gaan,
- Het extra autoverkeer naar en van het vliegveld niet is meegerekend, maar dat dit weldegelijk tot extra stikstofdepositie kan leiden in een aantal Natura2000-gebieden,
- Veel van de Natura2000-gebieden nu al teveel stikstofdepositie hebben,
- De kop van de Veluwe zelfs wanneer er alleen maar gerekend wordt met de LTO-fase al 0.6 mol / ha / jaar aan extra stikstof krijgt,

Derhalve zal de extra depositie van stikstof in vele Natura2000-gebieden aanzienlijk hoger zijn dan berekend. Het is hoogstwaarschijnlijk dat de te verwachten extra stikstofdepositie op de Noord-Veluwe ruim meer dan 1 mol / ha / jaar zal bedragen.

Ook dient opgemerkt te worden dat het berekenen van emissies tot 1000 meter een keuze is geweest, geen internationaal voorschrift. Deze keuze heeft ertoe geleid dat de effecten van de luchtvaartemissies nu aanzienlijk zijn onderschat.



Figuur 15: Emissie-verdeling in verschillende vluchtfases. Significante NOx-emissies treden pas op vanaf de CLIMB-fase vanaf 3000 voet (bron: Pham et al (2010))