



CO₂-, NO_x- en PM₁₀- emissies Eindhoven Airport

Prognoses 2019-2030 krimpscenario



CE Delft

Committed to the Environment

CO₂-, NO_x- en PM₁₀-emissies Eindhoven Airport

Prognoses 2019-2030 krimpscenario

Dit rapport is geschreven door:

Jasper Faber

Eric Tol

Delft, CE Delft, maart 2019

Publicatienummer: 19.180088.022

Regionale vliegvelden / Luchtvaart / Verkeer / Emissies / Kooldioxide / Stikstofoxiden / Fijnstof / Afname / Scenario's / Prognoses

Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Uw kenmerk: 5200000705-7

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider [Jasper Faber](#) (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Managementsamenvatting	3
1	Inleiding	5
	1.1 Aanleiding	5
	1.2 Doel	5
	1.3 Afbakening	6
	1.4 Leeswijzer	6
2	Algemene uitgangspunten	7
	2.1 Vliegtuigbewegingen en passagiers	7
	2.2 Emissies	7
	2.3 Begrippenlijst	7
3	Emissies luchtvaart	8
	3.1 CO ₂ -emissies hele vlucht (vertrekkende vluchten)	8
	3.2 CO ₂ -emissies Landing-and-take-off-fase	9
	3.3 CO ₂ -emissies LTO-fase	10
	3.4 NO _x -emissies landing-and-take-off-fase	11
	3.5 PM ₁₀ -emissies landing and take-off-fase	12
4	Emissies landzijdig transport	14
	4.1 Algemene uitgangspunten	14
	4.2 CO ₂ -emissies landzijdig transport	15
	4.3 NO _x -emissies van het landzijdig transport in de regio Eindhoven	19
5	Totaaloverzicht emissies	21
	Literatuurlijst	22

Managementsamenvatting

Vliegbasis Eindhoven is een militaire luchthaven met civiel medegebruik door Eindhoven Airport. De huidige vergunning voor het civiele medegebruik van de luchthaven loopt per 31 december 2019 af. Dit betekent dat per 1 januari 2020 een nieuwe vergunning nodig is om het gebruik van Eindhoven Airport door de burgerluchtvaart mogelijk te blijven maken. Daarnaast bereikt de luchthaven naar verwachting eind 2019 de grens van het toegestane aantal civiele vliegtuigbewegingen van 43.000 per jaar. Daarmee ligt de vraag voor welk perspectief op de toekomst van Eindhoven Airport na 2019 wenselijk en realiseerbaar is.

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Er is doorgerekend wat de gevolgen zijn van een afname van het aantal vliegtuigbewegingen van 43.000 in 2019 tot 30.000 in 2030 op land- en luchtzijdige emissies.

Deze studie heeft betrekking op de CO₂-emissies (zowel in de Landing and Take-Off (LTO)-fase als tijdens de vertrekkende vlucht) en daarnaast op van de luchtverontreinigende emissies tijdens de LTO-fase (CO₂, NO_x en PM₁₀) van vluchten die vertrekken vanaf Eindhoven Airport en op de landzijdige emissies van het voor- en natransport van passagiers op Eindhoven Airport.

De civiele vloot op Eindhoven Airport bestaat voornamelijk uit vliegtuigen van de types Boeing 737-700/800 en Airbus A320/A321. Eindhoven Airport schat in dat in 2030 60% van deze vluchten uitgevoerd zal worden met de Boeing 737 MAX en de Airbus A320/A321neo. Deze vliegtuigen zijn 16% zuiniger dan de vliegtuigen die ze vervangen (ongeveer 8% in de LTO-fase). Er zijn twee varianten van het scenario doorgerekend: één waarbij de vloot gelijk blijft aan de huidige vloot, en één waarbij 60% van de huidige vloot vervangen wordt door toestellen van een nieuwe generatie.

De resultaten zijn samengevat in Tabel 1.

Tabel 1 - Totaaloverzicht vlucht- en LTO-emissies luchtvaart

Aspect	Eenheid	2019	2030	
		Referentie	0% vlootvernieuwing	60% vlootvernieuwing
Vliegtuigbewegingen	Aantallen	43.000	30.000	30.000
Passagiers	Aantallen	6.710.000	4.790.000	4.790.000
Passagiers per vlucht	PAX/vlucht	156	160	160
CO ₂ -emissies vertrekkende vluchten	1.000 ton	380	259	234
CO ₂ -emissies - LTO-fase	1.000 ton	46	32	30
NO _x -emissies - LTO-fase ¹	Ton	180	127	106-171
PM ₁₀ -emissies - LTO-fase	Ton	3,7	2,6	2,6

Bij een krimp van het aantal vluchten in 2030, zonder vlootvernieuwing, nemen de CO₂-emissies van vertrekkende vluchten met ongeveer 30% af. Dit percentage is ook van toepassing op de LTO-emissies CO₂, NO_x en fijnstof PM₁₀.

¹ Bij het 2030 60% vlootvernieuwingsscenario is er een lage en hoge waarde voor NO_x-emissies in de LTO-fase. Dit heeft te maken met dat enkele nieuwe vliegtuigmodellen meer NO_x uitstoten dan de vliegtuigen die vervangen worden.



Wanneer er naast de krimp ook vlootvervangning plaatsvindt dalen de CO₂-emissies tijdens de vlucht met 37% ten opzichte van de huidige emissies met 43.000 VTB's. Tijdens de LTO-fase dalen de CO₂-emissies met 35% en de NO_x-emissies tussen de 42 en 6% t.o.v. de huidige LTO-emissies. Er wordt verondersteld dat er geen verdere reductie van fijnstofemissies plaatsvindt door vlootvervangning. Hierdoor is de daling van de PM₁₀-emissies ook 30%.

De emissies van het landzijdig transport zijn opgenomen in Tabel 2.

Tabel 2 - Totaaloverzicht emissies landzijdig transport

Aspect	Eenheid	2019 Referentie	2030
Passagiers	Aantallen	6.710.000	4.790.000
CO ₂ -emissies hele reis	1.000 ton	96	51
NO _x -emissies regio Eindhoven	Ton	42	15

Uit Tabel 2 komt naar voren dat, alhoewel het aantal inzittenden per vlucht stijgt, het aantal passagiers dat gebruik maakt van Eindhoven Airport daalt in 2030. Hierdoor neemt het landzijdig transport af en daardoor ook de bijbehorende emissies. Daarnaast nemen de emissies van auto's af. Hierdoor neemt de CO₂-uitstoot af met 47% en de NO_x-emissies met 64%. Aangezien vlootvernieuwing geen invloed heeft op het aantal passagiers is de emissiereductie voor beide prognoses gelijk.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Eind 2017 hebben het Rijk en regio besloten om samen een traject te starten om via een stapsgewijs proces te komen tot een perspectief op de toekomst van de luchthaven Eindhoven Airport na 2019. Een proces waarbij overleg met en betrokkenheid van belanghebbenden centraal staat. De provincie Noord-Brabant, de gemeente Eindhoven, de ringgemeenten (vertegenwoordigd door de wethouders van de gemeenten Best en Eersel), Eindhoven Airport en de ministeries van Defensie en Infrastructuur en Waterstaat werken samen in de 'Stuurgroep Eindhoven Airport na 2019'. Het Rijk is bevoegd gezag en voert de procesregie. De partijen zijn gestart met een analysefase om, aan de hand van vier onderzoeksscenario's, inzicht te verkrijgen in de impact en mogelijke aandacht- en knelpunten voor leefbaarheid, milieu, duurzaamheid, landzijdige bereikbaarheid, luchthaven infrastructuur en luchtruim van een hypothetische groei van het aantal vliegtuigbewegingen in de periode 2020-2030. Ook zijn de economische effecten in kaart gebracht. De analysefase is in de zomer van 2018 afgerond en de resultaten zijn openbaar gemaakt via de website www.Samenopdehoogte.nl.

In aanvulling op deze resultaten van de analysefase en mede naar aanleiding van de reacties van omwonenden tijdens de brede informatieavond over de Proefcasus Eindhoven Airport op 10 oktober 2018, heeft de Stuurgroep Eindhoven Airport na 2019 besloten ook te laten onderzoeken wat de effecten van een hypothetisch krimpscenario van 30.000 vliegtuigbewegingen zijn.

Voor de vergelijkbaarheid met de eerdere resultaten van de analysefase is besloten dezelfde aspecten te onderzoeken, tenminste voor zover er een effect te verwachten valt als gevolg van een krimp van het aantal vliegtuigbewegingen: geluid, externe veiligheid, CO₂ en NO_x, PM₁₀ en economische effecten. Er is geen onderzoek gedaan naar de effecten van een hypothetisch krimpscenario van 30.000 vliegtuigbewegingen op het luchtruim, de airportinfrastructuur en landzijdige bereikbaarheid omdat in de eerdere onderzoeken al was vastgesteld dat er bij het referentiescenario van 43.000 vliegtuigbewegingen geen knelpunten te verwachten waren en die er derhalve ook niet zullen zijn in een situatie met 30.000 vliegtuigbewegingen.

Evenals het geval was bij de eerdere onderzoeken in het kader van de analysefase is dit aanvullende onderzoek niet bedoeld om uitputtend te zijn. Het onderzochte krimpscenario is geen beleidsoptie op basis waarvan besluitvorming zal plaatsvinden. Het doel was en is om een eerste beeld te krijgen van effecten van een hypothetisch krimpscenario en inzicht in aandachtspunten en mogelijke knelpunten. De resultaten van het krimpscenario zijn, evenals de resultaten van de groeiscenario's input voor het vervolgtraject.

1.2 Doel

Het doel van deze studie is om de effecten van een hypothetisch krimpscenario tot 30.000 vliegtuigbewegingen in 2030 op emissies van CO₂ en NO_x, PM₁₀ van het vliegverkeer en het landzijdig transport in te schatten.

1.3 Afbakening

De studie heeft uitsluitend betrekking op de burgerluchtvaart en op de daarmee samenhangende emissies op luchthaven Eindhoven Airport. De militaire luchtvaart is buiten beschouwing gelaten. Er wordt gekeken naar de situatie in 2019 en 2030 voor het krimpscenario.

- CO₂-emissies van de hele vlucht (alleen vertrekkende vluchten);
- CO₂, NO_x en PM₁₀ van vliegtuigen in de LTO-fase;
- CO₂-emissies landzijdig transport van en naar de luchthaven;
- NO_x-emissies landzijdig transport in de regio Eindhoven.

Alle prognoses zijn waar mogelijk gebaseerd op de meest recente gegevens van Eindhoven Airport. Er zijn twee prognoses gemaakt:

1. Eén die rekening houdt met een vlootvernieuwing waarbij 60% van de huidige vloot vervangen wordt door de nieuwste generatie vliegtuigen².
2. En één die uitgaat van dezelfde vloot in 2030 als in 2019.

Bij het landzijdig transport is in beide prognoses rekening gehouden met de voortschrijding van de techniek.

1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 worden algemene uitgangspunten geformuleerd, die dienen voor de verdere berekeningen en definities van veelgebruikte termen. In Hoofdstuk 3 worden de luchtvaart-emissies (hele vlucht (vertrekkende vluchten) en LTO-fase) van CO₂, NO_x en PM₁₀ berekend. In Hoofdstuk 4 is gekeken naar de emissies van het landzijdige transport voor zowel CO₂ als NO_x (alleen emissies in de regio Eindhoven). Hoofdstuk 5, tenslotte, geeft een samenvattend overzicht van alle emissies.

² Volgens Eindhoven Airport is de kans dat de 60% vlootvernieuwing gehaald wordt in een krimpscenario kleiner dan in een groeiscenario omdat luchtvaartmaatschappijen hun nieuwste toestellen inzetten op hun meest winstgevendste routes.

2 Algemene uitgangspunten

2.1 Vliegtuigbewegingen en passagiers

De studie is gebaseerd op scenario's voor de ontwikkeling van vliegtuigbewegingen en passagiersaantallen tussen 2019 – het referentiejaar – en 2030 voor Eindhoven Airport. In 2019 zullen er naar verwachting 43.000 vliegtuigbewegingen per jaar zijn; in 2030 in het hypothetische krimpscenario 30.000 (zie in Tabel 3 weergegeven).

Tabel 3 - Aantal vliegtuigbewegingen en passagiers voor het hypothetische krimpscenario voor Eindhoven Airport voor 2030

Jaar	Scenario	Vliegtuigbewegingen	Passagiers	PAX/vlucht
2019	Referentie	43.000	6.710.000	156
2030	Hypothetisch krimpscenario	30.000	4.790.000	160

Bron: Aangeleverde projecties op vluchten vanuit Eindhoven Airport in 2030.

2.2 Emissies

De luchtvaartemissies worden bepaald door het aantal vliegtuigbewegingen, de gebruikte vliegtuig- en motortypen en de lengte van de vlucht. De landzijdige emissies hangen af van het aantal passagiers, hun herkomst en de vervoerswijze. De studie heeft zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande gegevens over de huidige emissies, van waaruit een referentie is gemaakt voor 2019. Voor de emissieprognoses voor 2030 wordt zowel de uitstoot met en zonder voortschrijdende techniek (in de luchtvaart bijvoorbeeld een vlootvernieuwing van 60% en de daarbij behorende verbetering van de brandstofefficiëntie) en regelgeving (bijvoorbeeld aangescherpte normen over CO₂-uitstoot en NO_x-uitstoot van personenauto's) berekend.

2.3 Begrippenlijst

Well-to-tank-emissies (WTT)	Emissies die vrijkomen tijdens winning, het transport en het raffinageproces van brandstoffen of bij de productie en het transport van elektriciteit.
Tank-to-wheel-emissies (TTW) Tank-to-wing-emissies	Emissies die ontstaan door verbranding van brandstof tijdens het gebruik van het voertuig of vliegtuig. In deze studie zijn in de tabellen ook de fijnstofslijtage-emissies opgenomen onder de kop 'tank-to-wheel'. Deze ontstaan ook tijdens het gebruik van het voertuig.
Well-to-wheel-emissies (WTW)	Totaal van well-to-tank en tank-to-wheel-emissies.
LTO-fase	Landing-and-take-off-cyclus. Eén LTO-cyclus is de combinatie van de landing en het vertrek van een vliegtuig. Een LTO bestaat uit twee vliegtuigbewegingen.
LTO-emissies	Emissies tijdens het opstijgen, klimmen, dalen en landen van het vliegtuig (landing-and-take-off) tot 3.000 voet.
NO _x	Verzamelaar voor mono-stikstofoxiden (NO, NO ₂ en NO ₃). Leidt tot smogvorming en verzuring van het milieu en is schadelijk voor de luchtwegen.
APU	Auxiliary power unit, hulpaandrijvingseenheid in het vliegtuig.
GPU	Ground power unit, voertuig dat elektriciteit levert aan het vliegtuig tussen twee vluchten.
GSE	Ground Support Equipment (afhandeling equipment).
VTB	Vliegtuigbeweging.

3 Emissies luchtvaart

3.1 CO₂-emissies hele vlucht (vertrekkende vluchten)

3.1.1 Aanpak

De CO₂-emissies van vluchten vanaf Eindhoven kunnen berekend worden uit de kerosineleveringen op de luchthaven. Immers, in het algemeen tanken vliegtuigen voldoende brandstof voor de vlucht plus een veiligheidsmarge³. Op basis van deze gegevens, de verkeersprognoses (aantallen vluchten) en de verwachte technische ontwikkeling heeft CE Delft prognoses gemaakt voor 2030. Het aantal vluchten is de helft van het aantal vliegtuigbewegingen.

3.1.2 Emissiefactoren

Als basis voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van het kerosineverbruik. Voor de jaren 2015, 2016 en 2017 is door Eindhoven Airport opgegeven wat het kerosinegebruik was. Per liter kerosine is de uitstoot 2.844 g CO₂ (WTW)⁴ (CE Delft, 2014). Hiermee kan de CO₂-uitstoot voor de vertrekkende vluchten berekend worden, ervan uitgaande dat vliegtuigen geen extra brandstof meenemen vanuit Eindhoven Airport. Gezien de fluctuaties wordt het gemiddelde van 17,6 ton CO₂ per vlucht aangehouden voor de huidige situatie.

Tabel 4 - Kerosinegebruik per jaar voor Eindhoven Airport (opgave Eindhoven Airport) en CO₂-emissies hele vlucht (vertrekkende vluchten)

Jaar	Kerosine in liters	CO ₂ kerosine (ton)	CO ₂ per uitgaande vlucht (ton)
2015	95.095.888	270.453	17,8
2016	97.826.290	278.218	17,0
2017	116.000.000 (schatting)	329.904	18,1
Gemiddelde			17,6

Voor 2030 is aangenomen dat 60% van de vloot op Eindhoven Airport is vervangen door toestellen van een nieuwe generatie, zoals de A320neo en de Boeing 737 MAX. Deze toestellen zijn volgens de fabrikanten 15-20% (A320neo) en 20% (B737 MAX) zuiniger dan hun voorgangers⁵. Nieuwsberichten schatten de verbetering in tussen tot 17% A320neo⁶; en 16% B737 MAX⁷. Wij gebruiken op grond hiervan een efficiëntieverbetering van 16%. De efficiëntie van de overige 40% van de vloot verbetert niet omdat die toestellen dezelfde zullen zijn als die er nu vliegen.

³ Merk op dat ook de Nederlandse rapportage van broeikasgasemissies aan de UNFCCC is gebaseerd op verkochte brandstoffen.

⁴ De tank-to-wing (TTW) emissiefactor bedraagt 2.509 g/liter kerosine. Er is hier gekozen voor WTW omdat dit een beeld geeft van de totale emissies die samenhangen met het kerosineverbruik.

⁵ www.aviationbenefits.org/case-studies/a320neo; www.aviationbenefits.org/case-studies/boeing-737-max

⁶ www.wiwo.de/unternehmen/dienstleister/a320neo-bei-der-lufthansa-so-fliegt-es-sich-im-neuen-spar-airbus/12971856.html

⁷ www.flightglobal.com/news/articles/737-max-will-be-game-changer-for-ryanair-costs-fi-427791/



3.1.3 CO₂-emissies hele vlucht (vertrekkende vluchten)

In Tabel 5 zijn de berekende waarden weergegeven van de CO₂-emissies van de vertrekkende vluchten (hele vlucht). De referentieprognose neemt aan dat de gemiddelde grootte van de toestellen op Eindhoven Airport gelijk blijft aan die van 2019 en dat er een krimp in VTB's is naar 2030. De emissies hangen af van de vlootvernieuwing. In één prognose blijven de luchtvaartmaatschappijen met dezelfde vlootsamenstelling vliegen. In de andere prognose wordt in 2030 60% van de Boeing 737-700/800 en Airbus A320/321 vervangen door de nieuwe Boeing 737 MAX en Airbus A320/A321neo.

Uit de resultaten in Tabel 5 blijkt dat een lager aantal vluchten leidt tot een vermindering van 30% aan CO₂-emissies. Bij een vlootvervangings van 60% daalt de uitstoot met 37% t.o.v. de CO₂-uitstoot in 2019.

Tabel 5 - CO₂-emissies luchtvaart voor hele vlucht (vertrekkende vluchten)

Jaar	Scenario	CO ₂ (ton) (WTW)
2019	43.000 VTB	380.000
2030	30.000 VTB, geen vlootvervangings	259.000
	30.000 VTB, 60% vlootvervangings	234.000

3.2 CO₂-emissies Landing-and-take-off-fase

De CO₂-emissies voor de luchtvaart zijn naast de cruise fase (Paragraaf 3.1) ook voor de LTO-fase berekend. Deze emissies zijn zowel voor 2019 als voor 2030 berekend.

3.2.1 Aanpak

Als basis voor de emissieberekeningen is gebruik gemaakt van de door de NLR berekende LTO-fase van 2016 (NLR, 2017). Op basis van deze gegevens, de prognoses voor de toename van de aantallen vliegtuigbewegingen en de verwachte technische ontwikkeling (60% vlootvernieuwing) zijn prognoses voor 2019 en 2030 gemaakt.

3.2.2 Emissiefactoren

De studie van NLR (NLR, 2017) bevat een analyse van het type vliegtuig en motor voor de vluchten in het jaar 2016 en geeft daarom de toenmalige vloot op Eindhoven Airport goed weer. Dit is per type vermenigvuldigd met de bijbehorende emissiefactor. Op basis hiervan is een CO₂-uitstoot in de LTO-fase bepaald van 35.895 ton, inclusief het gebruik van de Auxiliary Power Unit (APU). De gemiddelde CO₂-emissies van de LTO-cyclus per vlucht bedragen daarmee 2,2 ton (gemiddeld 1,1 ton per vliegtuigbeweging, waarbij in aanmerking moet worden genomen dat de daadwerkelijke uitstoot tijdens het landen lager is dan tijdens het opstijgen).

Voor 2016 wordt de emissiefactor per vlucht voor de LTO-fase daarom vastgesteld op 2,2 ton CO₂ per vlucht (1,1 ton CO₂ per vliegtuigbeweging). Voor 2030 is rekening gehouden met een vervanging van 60% van de huidige vloot door nieuwe toestellen zoals de A320neo en de Boeing 737 MAX. Dergelijke toestellen gebruiken, afhankelijk van het motortype, 6-12% minder brandstof in de LTO-fase dan de vliegtuigtypen die ze vervangen (zie Tabel 6). Omdat wij niet weten welke vliegtuig/motorcombinaties welke andere zullen vervangen, rekenen wij hier met de rekenkundig gemiddelde verbetering van 8%.

Tabel 6 - CO₂-emissiegegevens nieuwe vliegtuigtypen

Vliegtuig	Motor	Rated Output	LTO CO ₂
		kN	Kg
A320	V2527-A5	111	1.379
A320	CFM56-5B5/3	98	1.083
A320neo	LEAP-1A26/26E1	121	1.023
	PW1127G1-JM	120	999
B738	CFM56-7B26E	117	1354
B737 MAX 8	LEAP-1B28	130	1.193

Bron: ICAO Aircraft Engine Emissions Databank, versie 25a (28 mei 2018).

De totale CO₂-emissiereductie van de nieuwe vliegtuigtypen is aanmerkelijk hoger dan in de LTO-fase. De efficiëntiewinst van de nieuwe motoren waarmee deze vliegtuigen zijn uitgerust wordt namelijk vooral in de cruise fase geboekt. Volgens de fabrikanten zijn de nieuwe vliegtuigtypen 15-20% (A320neo) en 20% (B737 MAX) zuiniger dan hun voorgangers⁸. Nieuwsberichten melden dat de verbetering 'tot 17%' bedraagt voor de A320neo⁹ en 16% voor de B737 MAX¹⁰.

3.3 CO₂-emissies LTO-fase

In Tabel 7 zijn de berekende waarden weergegeven van de CO₂-emissies van het vliegverkeer voor de LTO-fase. De referentieprognose neemt aan dat de gemiddelde grootte van de toestellen op Eindhoven Airport gelijk blijft aan die van 2019. De emissies hangen af van de vlootvernieuwing. In één prognose blijven de luchtvaartmaatschappijen met dezelfde vlootsamenstelling vliegen. In de andere prognose wordt in 2030 60% van de Boeing 737-700/800 en Airbus A320/321 vervangen door de nieuwe Boeing 737 MAX en Airbus A320/A321neo.

Bij een daling van het aantal vluchten, waarbij dezelfde vliegtuigvloot behouden blijft, dalen ook de bijbehorende emissies. In deze situatie dalen de CO₂-emissies in de LTO-fase met 30%. Wanneer naast een krimp naar 30.000 VTB's ook 60% van de vloot vervangen wordt bedraagt dit percentage 34%.

Tabel 7 - CO₂-emissies luchtvaart

Jaar	Scenario	CO ₂ LTO-fase (ton) (WTW)
2019	43.000 VTB	46.300
2030	30.000 VTB, geen vlootvervanging	32.300
	30.000 VTB, 60% vlootvervanging	30.700

⁸ www.aviationbenefits.org/case-studies/boeing-737-max

⁹ www.wiwo.de/unternehmen/dienstleister/a320neo-bei-der-lufthansa-so-fliegt-es-sich-im-neuen-spar-airbus/12971856.html

¹⁰ www.flightglobal.com/news/articles/737-max-will-be-game-changer-for-ryanair-costs-fi-427791/

3.4 NO_x-emissies landing-and-take-off-fase

3.4.1 Aanpak

Ook de NO_x-emissies voor de luchtvaart op Eindhoven Airport in de LTO-fase in 2016 zijn berekend door het NLR (NLR, 2017). Op basis van deze gegevens, de verkeersprognoses (aantallen vliegtuigbewegingen) en de verwachte technische ontwikkeling heeft CE Delft prognoses gemaakt voor 2019 en 2030.

3.4.2 Emissiefactoren

De NO_x-emissies in het NLR-rapport voor 2016 tijdens de LTO-cyclus bedroegen 138 ton¹¹. De gemiddelde NO_x-emissies van de LTO-cyclus per vlucht zijn daarmee 8,5 kg (4,2 kg NO_x per vliegtuigbeweging). Voor 2019 is rekening gehouden met technologische ontwikkelingen.

De effecten van vlootvernieuwing op NO_x-emissies zijn niet precies in te schatten. De effecten hangen namelijk sterk af van welke vliegtuig/motorcombinatie wordt vervangen door welke andere. Een veel gebruikte motor voor de A320 is de CFM56-5B5/3, waarvan de uitstoot per LTO 3,0 kg NO_x bedraagt. De A320 wordt echter ook uitgerust met een V2527-A5-motor, die 5,4 kg NO_x uitstoot. De A320neo wordt aangeboden met twee motortypen, de CFM LEAP-1A26/26E1 en de PW1127G1-JM, die respectievelijk 2,9 en 3,2 kg NO_x per LTO-uitstooten. Een Boeing 737-800 NG kan uitgerust zijn met een CFM56-7B26E-motor die 4,8 kg NO_x uitstoot; de Boeing 737 MAX 8 heeft een CFM LEAP-1B28-motor met een NO_x-uitstoot in de LTO-fase van 7,5 kg. Afhankelijk van welke vliegtuig/motorcombinatie wordt vervangen door welke andere kan er dus een vermindering van de uitstoot van 47% zijn (wanneer een A320 met een V2527-A5-motor wordt vervangen door een A320neo met een CFM LEAP-1A26/26E1), tot een toename van 58% (wanneer een Boeing 737-800 met een CFM56-7B26E-motor wordt vervangen door een Boeing 737 MAX 8 met een CFM LEAP-1B28-motor).

Tabel 8 - NO_x-emissiegegevens nieuwe vliegtuigtypen

Vliegtuig	Motor	Rated Output	LTO-NO _x
		kN	kg
A320	V2527-A5	111,2	5,382
A320	CFM56-5B5/3	97,9	3,047
A320neo	LEAP-1A26/26E1	120,6	2,852
	PW1127G1-JM	120,44	3,244
B738	CFM56-7B26E	117	4,762
B737 MAX 8	LEAP-1B28	130,4	7,534

Bron: ICAO Aircraft Engine Emissions Databank, versie 25a (28 mei 2018).

De gemiddelde vermindering in NO_x-emissies tijdens de LTO-fase voor de hier getoonde motoren van de A320 bedraagt 28%; de toename voor de B737 58%. We hebben berekend hoe de emissies zich zouden ontwikkelen wanneer alle emissies met 28% zouden afnemen, respectievelijk met 58% zouden toenemen. De werkelijke ontwikkeling van de emissies zal vermoedelijk tussen deze uitersten in liggen.

¹¹ In tegenstelling tot CO₂-emissies wordt hier niet naar de hele keten gekeken (WTW) maar slechts naar de lokale uitstoot. De reden daarvoor is dat NO_x een lokaal effect heeft op de luchtkwaliteit en niet een mondiaal effect op het klimaat.

3.4.3 NO_x-emissies luchtvaart

Tabel 9 geeft de NO_x-emissies in de LTO-fase. Een lagere uitstoot van NO_x ontstaat bij een kleiner aantal vliegtuigbewegingen. Aangezien NO_x zorgt voor lokale luchtvervuiling, zijn hier alleen de LTO-waarden gebruikt.

Bij een krimp naar 30.000 vluchten met gelijkblijvende vloot bedraagt de vermindering van NO_x-emissies tijdens de LTO-fase 30%. Bij een vlootvervanging ligt deze afname t.o.v. 2019 met 43.000 vluchten tussen de 42 en de 6%. De reden hiervoor is de kans op een toename van NO_x-emissies bij mogelijke combinaties van vlootvervanging tussen nieuwe en oude toestellen zoals beschreven in Paragraaf 3.4.2.

Tabel 9 - NO_x-emissies luchtvaart

Jaar	Scenario	NO _x (ton) (WTW)
2019	43.000 VTB	180
2030	30.000 VTB, geen vlootvervanging	127
	30.000 VTB, 60% vlootvervanging (laag)	106
	30.000 VTB, 60% vlootvervanging (hoog)	171

3.5 PM₁₀-emissies landing and take-off-fase

3.5.1 Aanpak

Ook de PM₁₀-emissies voor de luchtvaart op Eindhoven Airport in de LTO-fase in 2016 zijn berekend door het NLR (NLR, 2017). Op basis van deze gegevens, de verkeersprognoses (aantallen vluchten) en de verwachte technische ontwikkeling heeft CE Delft prognoses gemaakt voor 2030.

3.5.2 Emissiefactoren

De PM₁₀-emissies in het NLR-rapport voor 2016 tijdens de LTO-cyclus bedroeg 5,6 ton¹². De gemiddelde PM₁₀-emissies van de LTO-cyclus per vlucht zijn daarmee 0,34 kg (0,17 kg PM₁₀ per vliegtuigbeweging)¹³. Omdat vliegtuigmotoren niet worden gecertificeerd op hun PM₁₀-, PM_{2,5}- en PM₁₀-uitstoot, zijn er geen studies over de technische vooruitgang noch over de emissies van kleinere deeltjes. ICAO ontwikkelt momenteel een emissiestandaard, maar het is op dit moment nog niet duidelijk wanneer die van kracht wordt (EASA et al., 2016). In de berekening is aangenomen dat de gemiddelde vliegtuiggrootte op Eindhoven Airport constant blijft. Als er relatief meer grotere vliegtuigen komen, zal de uitstoot hoger uitvallen. Grotere vliegtuigen hebben zwaardere motoren, waardoor de absolute uitstoot zal toenemen wanneer de gemiddelde vliegtuiggrootte toeneemt.

Er waren geen gegevens voorhanden over de PM₁₀-emissies in de LTO-fase van de A320neo en de B737 MAX en daardoor hebben wij dus geen alternatieve efficiëntieprognoses doorgerekend voor PM₁₀.

¹² In tegenstelling tot CO₂-emissies wordt hier niet naar de hele keten gekeken (WTW) maar slechts naar de lokale uitstoot. De reden daarvoor is dat PM₁₀ een lokaal effect heeft op de luchtkwaliteit en niet een mondiaal effect op het klimaat.

¹³ Ter vergelijking, de PM₁₀-emissies tijdens de LTO-fase bedragen 0,16 kg per vliegtuigbeweging volgens de gegevens van STREAM. Dit is opgebouwd uit gemiddeld 0,39 g PM₁₀ TTW-emissies en 0,9 g PM₁₀ WTT-emissies per vlucht maal een gemiddelde bezetting van 124 passagiers.



3.5.3 PM₁₀-emissies luchtvaart

In Paragraaf 3.5.2 is verondersteld dat fijnstofemissies niet gereduceerd worden door de veronderstelde vlootvervangning. Hierdoor is de reductie van PM₁₀-emissies tijdens de LTO-fase in het hypothetische krimpscenario 30%.

In Tabel 10 zijn de fijnstofemissies gepresenteerd. Net als bij NO_x zijn fijnstofemissies lokale luchtvervuilende stoffen. Vandaar dat de LTO-waarden gepresenteerd zijn. In Paragraaf 3.5.2 is verondersteld dat fijnstofemissies niet gereduceerd worden door de veronderstelde vlootvervangning. Hierdoor is de reductie van PM₁₀-emissies tijdens de LTO-fase in het hypothetische krimpscenario 30%.

Tabel 10 - PM₁₀-emissies luchtvaart

Jaar	Scenario	PM ₁₀ LTO-fase (ton) (WTW)
2019	43.000 VTB	3,7
2030	30.000 VTB, geen vlootvervangning	2,6
	30.000 VTB, 60% vlootvervangning	2,6

4 Emissies landzijdig transport

4.1 Algemene uitgangspunten

4.1.1 Modal split

De gegevens over de modal split van het vervoer van passagiers van en naar Eindhoven Airport zijn gebaseerd op Royal HaskoningDHV 2018¹⁴ en weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11 - Modal split per passagier voor Eindhoven Airport

Modaliteit	Aandeel in landzijdig vervoer passagiers	Onderverdeling modaliteit	Aandeel in landzijdig vervoer passagiers
Auto	81%	Door auto weggebracht	40%
		Auto geparkeerd bij Eindhoven Airport en huurauto	40%
OV	15%		15%
Taxi	4%		4%

Van de passagiers die per auto reizen is bekend dat de ene helft parkeert en de andere helft gehaald en gebracht wordt. De laatste groep heeft twee keer hogere emissies dan de eerste, omdat degene die haalt of brengt niet op de luchthaven verblijft in de tussentijd maar vermoedelijk terugrijdt naar de woonplaats van de passagiers. Emissies van vracht en bevoorrading van de luchthaven zijn in dit onderzoek niet meegenomen.

4.1.2 Aandeel reizigers en afstanden per provincie

Op basis van de enquête is ook bekend in waar de passagier vandaan komt op provincie-niveau, België of overig. Bij gebrek aan betere data is een constante modal split per provincie aangehouden. Per herkomst of bestemming is een gemiddelde reisafstand bepaald.

Tabel 12 - Aandeel reizigers en afstanden per provincie

Regio	Aandeel	Gemiddelde afstand tot Eindhoven Airport
Nederland	78%	
Noord-Brabant	38%	45 km
Limburg	9%	50 km
Zuid-Holland	11%	110 km
Gelderland	14%	108 km
Noord-Holland	5%	155 km
Utrecht	8%	90 km
Friesland	2%	232 km
Overijssel	6%	177 km
Groningen	1%	258 km
Zeeland	3%	142 km

¹⁴ Royal HaskoningDHV, 2018, Landzijdige Bereikbaarheid Eindhoven Airport.

Regio	Aandeel	Gemiddelde afstand tot Eindhoven Airport
Drenthe	2%	219 km
Flevoland	1%	147 km
België	10%	90 km*
Overig	12%	112 km**

* Afstand Eindhoven-Antwerpen.

** Afstand Eindhoven-Düsseldorf.

4.2 CO₂-emissies landzijdig transport

In deze paragraaf worden de effecten van mogelijke ontwikkelingen in landzijdige bereikbaarheid uitgewerkt. Daartoe is de standaardbenadering zoals ook gedaan in de studie van 2009, vergeleken en gematcht met de door Eindhoven Airport aangeleverde gegevens.

Om de effecten in beeld te kunnen brengen zijn ten aanzien van diverse vervoersmodaliteiten aannames nodig. Deze worden hieronder toegelicht en geduid.

4.2.1 Aanpak

Eindhoven Airport heeft een intern rekenmodel opgesteld voor het berekenen van de CO₂-emissies van het vervoer van passagiers van en naar de luchthaven. Dit model is verfijnd met onder andere gegevens uit STREAM Personenvervoer 2014 (CE Delft, 2014). Op basis van Royal HaskoningDHV (2018) is een prognose gemaakt van de emissies in 2030.

4.2.2 Analyse en aanpassingen model Eindhoven Airport

Modal split en reisafstanden per provincie

Wij hebben aangenomen dat de modal split per provincie gelijk is. Daarnaast is gerekend met gemiddelde afstanden vanaf Eindhoven Airport naar die provincie.

Emissies WTW of TTW

De door Eindhoven Airport gehanteerde CO₂-emissiefactoren zijn WTW. Dit betekent dat ook de uitstoot bij de productie van brandstof en elektriciteit wordt meegerekend, naast de uitstoot tijdens het rijden. Met WTW wordt een zo volledig mogelijk beeld van de CO₂-uitstoot gegeven.

Emissies per passagier

Om een goede vergelijking te maken worden alle emissiefactoren omgerekend naar passagier, waardoor eenvoudig koppeling gemaakt kan worden met reizigersaantallen van het vliegveld. Hierbij wordt er impliciet van uitgegaan dat er geen transferpassagiers zijn, met andere woorden dat elke passagier vervoer van en naar de luchthaven nodig heeft.

4.2.3 Emissiefactoren

Auto

2019

De emissiefactor die gehanteerd is door Eindhoven Airport voor een auto is 220 g/voertuig-km (gebaseerd op de gegevens van de Milieubarometer van Stichting Stimular). De emissies van een gemiddelde personenauto in 2011 was $1,39 \times 158 = 220$ g/voertuig-km WTW volgens STREAM Personenvervoer (CE Delft, 2014). Dit komt overeen met wat Eindhoven Airport als uitgangspunt heeft genomen. Op basis van een model met de leeftijd en kilometrage van auto's, daarop gebaseerde verloop van de autoverkoop en aannames over de CO₂-gap (verschil tussen test- en praktijkwaarde van uitstoot) komt de gemiddelde emissie per voertuig voor 2019 lager uit op 200 g/km (WTW).

Door Eindhoven Airport is impliciet uitgegaan van een bezettingsgraad van één (dus één passagier per auto). De bezettingsgraad voor auto's van en naar de luchthaven is echter naar verwachting hoger dan de gemiddelde bezettingsgraad van auto's (1,39 volgens STREAM Personenvervoer (CE Delft, 2014)). Vooral auto's die geparkeerd worden bij de luchthaven zullen een hogere bezettingsgraad hebben. Vaak gaat men met het hele gezin of met vrienden. Er zijn enkele bezettingscijfers bekend voor auto's bij luchthavens, alhoewel die vaak gebaseerd zijn op de Amerikaanse situatie: in het handboek 'Airport Engineering: Planning, Design and Development of 21st Century Airports, Fourth Edition' (Wright, et al., 2011) wordt 1,9 inzittenden per auto aangehouden, voor de luchthaven van Boston (Logan International Airport) was dit 1,98 inzittenden per auto in 2013 (Steer Davies Gleave & Mark Kiefer Consulting, 2014) en 2,3 inzittenden per auto voor de luchthaven van Oakland in 1995 (Federal Transit Administration, 2002).

Gemiddeld bestaat het reisgezelschap uit 2,7 personen. Gegevens over de gemiddelde bezetting van auto's ontbreken. Voor de MER Eindhoven Airport zijn de bezettingsgraden van auto en taxi afgeleid uit de gemiddelde voertuigbezetting van personenauto's die in andere studies voor luchthavens zijn gehanteerd. Voor Maastricht Airport en Lelystad Airport zijn respectievelijk bezettingsgraden van 1,75 en 1,8 gehanteerd. In de memo 'Landzijdige bereikbaarheid Eindhoven Airport 2020-2030' (Rijkswaterstaat) is een gemiddelde autobezetting van 1,9 aangenomen. In het voorliggende onderzoek naar de landzijdige bereikbaarheid wordt een gemiddelde bezetting van 1,75 als uitgangspunt gehanteerd. Een gemiddelde bezetting van 1,75 betekent dat een reisgezelschap in de auto gemiddeld uit 1,75 personen bestaat.

De rit voor halen en brengen telt voor de totale CO₂-uitstoot dubbel, omdat de chauffeur terug moet rijden (of heen bij het ophalen). Dit is niet opgenomen in de emissiefactor, maar wel bij de berekening van de CO₂-uitstoot.

2030

Er ligt een voorstel van de Europese Commissie (december 2017) voor normen voor nieuwvervallen van personenauto's. Per 1 januari 2025 moet er 15% reductie zijn en per 1 januari 2030 30% reductie ten opzichte van de norm van 2021. Voor personenauto's betekent dat respectievelijk 15 en 30% van 95 g/voertuig-km, waardoor de norm vanaf 2025 80,8 g/voertuig-km zal zijn en vanaf 2030 66,5 g/voertuig-km (EC, 2017).



Op basis van een model met de leeftijd en kilometrage van auto's, daarop gebaseerde verloop van de autoverkoop en aannamen over de CO₂-gap (verschil tussen test- en praktijkwaarde van uitstoot) komt de gemiddelde parkemissie voor 2030 uit op 153 g/voertuig-km (WTW). De bezettingsgraad is gelijk gehouden (1,75 passagiers per auto). Daarom is als emissiefactor $153/2,0 = 88$ g/km per passagier gehanteerd.

Openbaar Vervoer

2019

De emissiefactor die gehanteerd is door Eindhoven Airport voor OV is 61 g/reizigers-km, gebaseerd op de gegevens van de Milieubarometer van Stichting Stimular, wat conform STREAM Personenvervoer (CE Delft, 2014) is. Eindhoven rijdt sinds dienstregeling 2017 met elektrische bussen op de HOV-lijnen, onder andere naar Eindhoven Airport (OV Magazine, 2018).

De bussen elders in Nederland zijn vaak nog niet elektrisch in 2019. Het is echter niet goed te kwantificeren wat het effect op de OV-reis is voor de CO₂-emissie tussen bijvoorbeeld een busreis tussen huis en treinstation in de woonplaats, voordat men verder reist naar station Eindhoven per trein. Er is aangenomen dat het effect beperkt is. Door de inzet van elektrische bussen en een duurzame energiemix verandert de emissiefactor naar 43 g/reizigers-km, zoals weergegeven in Tabel 13.

Tabel 13 - Berekening gemiddelde emissiefactor voor OV 2019 per passagier (WTW)

Vervoerswijze	WTW 2019	Aandeel (2014)
Elektrische bus	89	19%
Tram	58	3%
Metro	64	3%
Trein	30	75%
Gemiddeld	43	100%

Noot: De aandelen komen uit STREAM Personenvervoer (CE Delft, 2014).

2030

Voor 2030 is gecorrigeerd voor de energiemix. We gaan er op basis van het Bestuursakkoord Zero Emissie Regionaal Openbaar Vervoer Per Bus (IPO ; Min.lenM; MRDH; MRA, 2016) van uit dat in 2030 alle bussen elektrisch zijn.

Tabel 14 - Berekening gemiddelde emissiefactor voor OV 2030 per passagier (WTW)

Vervoerswijze	WTW 2030	Aandeel (2014)
Elektrische bus	44	19%
Tram	29	3%
Metro	32	3%
Trein	15	75%
Gemiddeld	21	100%

Noot: De aandelen komen uit STREAM Personenvervoer (CE Delft, 2014).

Taxi

2019

Conform STREAM Personenvervoer (CE Delft, 2014) is de uitstoot van een taxi(busje) 298 g/km (2,4 bezettingsgraad excl. chauffeur x (100 g/km TTW + 24 g/km WTT)).

Er is beperkt informatie over bezettingscijfers voor taxi's bij luchthavens bekend: voor de luchthaven van Boston (Logan International Airport) was dit 1,9 inzittenden per taxi in 2013 (Steer Davies Gleave & Mark Kiefer Consulting, 2014) en in het handboek Airport Engineering: Planning, Design and Development of 21st Century Airports, Fourth Edition (Wright, et al., 2011) wordt 2,5 inzittenden per taxi aangehouden. Er is gekozen om 2,5 inzittenden per taxi aan te houden. Hierdoor komt de emissiefactor uit op 119 g/km per passagier.

Op basis van een model met de leeftijd en kilometrage van auto's, daarop gebaseerde verloop van de autoverkoop en aannamen over de CO₂-gap (verschil tussen test- en praktijkwaarde van uitstoot) komt de gemiddelde parkemissie voor 2019 wat lager uit op 271 g/km (WTW), gedeeld door 2,5 is 108 g/km.

2030

Voor de CO₂-emissiefactor van de dieseltaxi is als basis die van de gemiddelde personenauto uit 2030 genomen. Dit is opgehoogd door de verhouding taxibus ten opzichte van personenauto's uit STREAM. Voor dieseltaxi's komt daarmee de emissiefactor op 83 g/km.

Overzicht emissiefactoren

Tabel 15 geeft een overzicht van de gehanteerde CO₂-emissiefactoren voor landzijdig transport voor 2019 en 2030.

Tabel 15 - Gehanteerde emissiefactoren 2019 en 2030 per passagier (WTW)

Vervoerswijze	Modal split	Gehanteerde emissiefactor		Bezettingsgraad
		2019, g/pkm	2030, g/pkm	Aantal
Auto	81%	125	88	1,75
OV	15%	61	21	9
Overig	4%			

4.2.4 Berekening emissies

Voor de berekening van de totale CO₂-emissies voor het landzijdige transport is uitgegaan van een gelijkblijvende modal split voor 2030. In het hypothetische krimpscenario is het aantal vluchten 30.000 en het totale aantal passagiers 4,8 miljoen. Een vlootvernieuwing heeft geen invloed op het landzijdig transport, aangezien dit afhangt van het aantal passagiers wat gebruik maakt van Eindhoven Airport.

In Tabel 16 is te zien dat in het hypothetische krimpscenario de CO₂-emissies met 47% afnemen. Dit heeft onder andere te maken voortschrijdende technologische verbeteringen in landzijdig transport, maar ook met het lagere aantal passagiers in 2030.

Tabel 16 - CO₂-emissies landzijdige ontsluiting 2019 en 2030

Jaar	Scenario	CO ₂ (WTW) totaal (ton)
2019	43.000 VTB	96
2030	30.000 VTB, 4,8 miljoen passagiers	51

4.3 NO_x-emissies van het landzijdig transport in de regio Eindhoven

4.3.1 Emissiefactoren

Voor het bepalen van de NO_x-emissiefactoren voor 2019 en 2030 is gebruik gemaakt van gegevens van het RIVM (RIVM, 2017). De emissiefactoren worden vastgesteld voor drie typen wegen: stadswegen, snelwegen en overige wegen buiten de bebouwde kom (buitenwegen). Per wegtype wordt ook weer onderscheid gemaakt naar snelheidsregimes en niveaus van verkeersafwikkeling (doorstromend, stagnerend). De ramingen van de verkeerssamenstelling voor 2030 is gebaseerd op de NEV 2016 (PBL, CE Delft, 2017), waarbij een onderverdeling is gemaakt naar benzine, diesel, elektrisch, biobrandstoffen en LPG op basis van voorgenomen en vastgesteld beleid. Het gaat hierbij nog hoofdzakelijk om benzine- en dieselmotoren.

Er zijn twee standaardrekenmethoden: SRM1 voor wegen in bebouwde omgeving en SRM2 voor wegen in onbebouwde omgeving. De gekozen waarden voor deze studie zijn de meest gemiddelde waarden per wegtype: SRM1: stad normaal en buitenweg en SRM2: 120 km/h-wegen. Deze waarden zijn weer gewogen naar de totale landelijke emissies per wegtype (CBS: StatLine, 2018). Voor NO_x wordt overigens alleen gekeken naar de lokale emissie in de standaardrekenmethoden van het RIVM. De waarde voor 2019 is bepaald door de waarden van 2016 en 2020 van het RIVM te intrapoleren.

Auto

De waarden voor *Licht wegverkeer personen-, bestelauto's en motoren* zijn gebruikt, waarbij dezelfde bezettingsgraad van 1,75 is gehanteerd om te rekenen naar uitstoot per reizigerskilometer.

OV

Net als bij de NO_x-emissiefactoren is uitgegaan van elektrische bussen op de HOV-lijn station Eindhoven-Eindhoven Airport voor 2019. De uitstoot van NO_x is daarom op 0 gesteld.

Taxi

Voor taxi zijn geen aparte cijfers beschikbaar. Voor 2016 zijn de waarden voor *Licht wegverkeer personen-, bestelauto's en motoren* genomen, waarbij dezelfde bezettingsgraad van 2,5 is gehanteerd om om te rekenen naar uitstoot per reizigerskilometer. Voor 2030 is de emissiefactor van elektrische taxi's op 0 gesteld.

Totaal

Tabel 17 geeft een overzicht van de gehanteerde NO_x-emissiefactoren voor landzijdig transport voor 2016 en 2018.

Tabel 17 - NO_x-emissiefactoren voor 2019 en 2030 per passagier (TTW)

Vervoerswijze	Gehanteerde emissiefactor		Bezettingsgraad
	2019 g/pkm	2030, g/pkm	Aantal
Auto	0,14	0,07	1,75
OV	0	0	9
Taxi	0,11	0,05	2,5
Anders	Andere categorieën evenredig ophogen		

4.3.2 Berekening emissies

Voor de berekening van de totale NO_x-emissies voor het landzijdige transport voor 2030 is uitgegaan van een gelijkblijvende modal split. Alleen emissies in een straal van 40 km rond de luchthaven worden meegenomen. Dit is vertaald naar een reisafstand van 50 km. Doordat door enquêtes bekend is welk aandeel van de passagiers van de luchthaven uit welke provincie komt, kan voor het aandeel van de reizigers dat uit een verder gelegen provincie komt, uitgegaan worden van de volledige 50 km. Voor andere gebieden is voor een deel van de passagiers een lagere afstand meegenomen:

- Noord-Brabant: 50% voor gemiddeld 25 km;
- Limburg: 10% voor gemiddeld 40 km;
- België: 10% voor gemiddeld 40 km.

In Tabel 18 is te zien dat bij het hypothetische krimpscenario de totale NO_x-emissies van landzijdig vervoer lager zijn dan in 2019. Door de efficiëntieverbetering bij landzijdig transport en de vermindering van het aantal passagiers zijn de NO_x-emissies 64% lager dan in 2019.

Tabel 18 - NO_x-emissies landzijdige ontsluiting 2019 en 2030

Jaar	Scenario	PM ₁₀ LTO-fase (ton) (WTW)
2019	43.000 VTB	42
2030	30.000 VTB, 4,8 miljoen passagiers	15

5 Totaaloverzicht emissies

Tabel 19 - Totaaloverzicht luchtvaartemissies voor referentiescenario 2019 en hypothetisch krimpscenario 2030

Aspect	Eenheid	2019	2030	
		Referentie	0% vlootvernieuwing	60% vlootvernieuwing
Vliegtuigbewegingen	Aantallen	43.000	30.000	30.000
Passagiers	Aantallen	6.709.750	4.790.000	4.790.000
Passagiers per vlucht	PAX/vlucht	156	160	160
CO ₂ -emissies hele vlucht (vertrekkende vluchten)	1.000 ton	380	259	234
CO ₂ -emissies - LTO-fase	1.000 ton	46	32	30
NO _x -emissies - LTO-fase ¹⁵	Ton	180	127	106
				171
PM ₁₀ -emissies - LTO-fase	Ton	3,7	2,6	2,6

Tabel 20 - Totaaloverzicht landzijdig transport voor referentiescenario 2019 en hypothetisch krimpscenario 2030

Aspect	Eenheid	2019	2030
		Referentie	Hypothetisch krimpscenario
CO ₂ -emissies hele reis	1.000 ton	96	51
NO _x -emissies regio Eindhoven	Ton	42	15

¹⁵ Bij het 2030 60% vlootvernieuwing scenario zijn er een lage en hoge waarde voor NO_x-emissies in de LTO-fase. Dit heeft te maken met dat enkele nieuwe vliegtuigmodellen meer NO_x uitstoten dan de vliegtuigen die vervangen worden.

Literatuurlijst

BO MIRT Zuidwest-Nederland, 2017. *Afsprakenlijst Bestuurlijke Overleggen MIRT 2017*, Rotterdam: MRDH.

Budda, L., Isona, S. & Buddb, T., 2016. Improving the environmental performance of Airport Surface Access in the UK: the role of public transport. *Research in Transport Economics*, pp. 185-195.

Cairns, S. et al., 2004. *Smarter Choices: Changing the Way We Travel*, sl: The Robert Gordon University and Eco-Logica.

CBS: StatLine, 2018. *Emissies naar lucht op Nederlands grondgebied: wegverkeer*. [Online] Available at: <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=7063&D1=0-7,12-19&D2=0-8,10,19,26&D3=l&HDR=T&STB=G1,G2&VW=T>

CE Delft, 2009. *Doorrekening opties voor verduurzaming van Eindhoven Airport*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2014. *STREAM Personenvervoer 2014: Studie naar TRansportEmissies van Alle Modaliteiten: emissiekentallen 2011*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2016b. *Koersen naar milieuvriendelijke mobiliteit: Een analyse van maatregelen die een positief effect hebben op klimaat, lucht en leefbaarheid*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2016b. *STREAM Goederenvervoer 2016: Emissies van modaliteiten in het goederenvervoer*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2017. *Beoordeling Plan van Aanpak Emissievrije Mobiliteit Eindhoven*, Delft: CE Delft.

DLR, 2010. *Topical Report: Airport Accessibility in Europe*, Köln: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR).

EC, 2017. *Setting emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles as part of the Union's integrated approach to reduce CO2 emissions from light-duty vehicles and amending Regulation (EC) No 715/2007 (recast)*, Brussels: Europese Commissie (EC).

ECN; PBL; CBS; RVO, 2017. *Nationale Energieverkenning 2017*, Petten: ECN.

Eindhoven Airport, 2017. *Verificatiedocument Airport Carbon Accreditation Footprint 2016*, Eindhoven: Eindhoven Airport.

Eindhoven Airport, 2018. *Jaarlijkse groei 2020-2030: DEF Versie 180118 tbv Projecten 2020-2030 + 2019*, sl: sn

Eindhovens Dagblad, 2018. *Geen station bij Eindhoven Airport*. [Online] Available at: <https://www.ed.nl/eindhoven/geen-station-bij-eindhoven-airport-a87d9a22/>

Federal Transit Administration, 2002. *BART-Oakland International Airport Connector - Final Environmental Impact Report/Final Environmental Impact Statement*, sl: Federal Transit Administration.

Gemeente Eindhoven, 2013. *Eindhoven op Weg - duurzaam verbinden van mensen en locaties*, Eindhoven: Gemeente Eindhoven.

Google, 2018. *Google Maps*. [Online] Available at: <https://www.google.nl/maps>



IATA, 2014. *HKIA long-term traffic and emission forecasts: Emissions Forecasting Report, Version 3*, sl: IATA Consulting.

Ibraeva, A. & Figueira de Sousa, J., 2014. Marketing of public transport and public transport information. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 162, pp. 121-128.

IPO ; Min.lenM; MRDH; MRA, 2016. *Bestuursakkoord Zero Emissie Regionaal Openbaar Vervoer Per Bus*, Amsterdam: Interprovinciaal Overleg (IPO).

JMP Consultants Ltd, 2016. *Travel plan monitoring report 2016, Birmingham Airport*, Birmingham: JMP Consultants Ltd.

Kharina, A. & Rutherford, D., 2015. *Fuel efficiency trends for new commercial jet aircraft: 1960 to 2014*, Washington DC: The International Council on Clean Transportation (ICCT).

Ligtermoet & Partners, 2016. *Reizigersgroei R-net 400*, Rotterdam: Ligtermoet & Partners.

NLR, 2009. *Mogelijke NOx reductiemaatregelen op de Schiphol platformen: Walstroom, preconditioned air units en elektrische platformvoertuigen*, Amsterdam: Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR).

NLR, 2017. *Emissieberekening Eindhoven Airport*, Amsterdam: NLR.

OV Magazine, 2018. *Eindhovense e-bussen maken belofte waar*. [Online]
Available at: <https://www.ovmagazine.nl/2017/03/eindhovense-e-bussen-maken-belofte-waar-1652/>

PBL, CE Delft, 2017. *Verkeer en vervoer in de Nationale Energieverkenning 2016*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

RIVM, 2017. *Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland: Rapportage 2017*, Bilthoven: RIVM.

Schiphol, 2018. *400 Hz-installaties*. [Online]
Available at: <https://www.schiphol.nl/nl/schiphol-group/pagina/400-hz-installaties/>

Steer Davies Gleave & Mark Kiefer Consulting, 2014. *2013 Logan International Airport: Air Passenger Ground-Access Survey*, Boston: Steer Davies Gleave & Mark Kiefer Consulting.

TRB, 2008. *Ground Access to Major Airports by Public Transportation*, Washington DC: Transport Research Board (TRB).

Wikipedia, 2018. *Wikipedia*. [Online]
Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_the_busiest_airports_in_Europe en pagina's van de luchthavens

Wright, P. H., Ashford, N. J. & Mumayiz, S., 2011. *Airport Engineering: Planning, Design, and Development of 21st Century Airports*. Fourth Edition red. Online: John Wiley & Sons.

