

Notitie

Aan
Ministerie van IenW

Van
[redacted]

Onderwerp
Notitie Emissieberekening ZZS Luchthavens

Circular Economy & Environment

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56
F +31 88 866 44 75

Datum
10 Mei 2023

Onze referentie
100345197_2

E-mail
[redacted]

Doorkiesnummer
[redacted]

Inleiding

Het Ministerie van IenW heeft TNO gevraagd een verkennend onderzoek naar de emissies van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) op de relevante Nederlandse Luchthavens (Amsterdam, Rotterdam, Eindhoven, Maastricht en Groningen). In deze notitie worden de bevindingen van dit verkennende onderzoek beschreven.

Aanpak

In de Nederlandse Emissieregistratie worden jaarlijks berekeningen gemaakt van de emissies van ZZS door de luchtvaart op de Nederlandse Luchthavens. In de berekening worden de emissies van ZZS berekend uit de emissie van organische stoffen (koolwaterstoffen¹) onder gebruikmaking van de fracties van de verschillende ZZS in deze emissie.

Vluchtige organische stoffen (VOS, totaal parameter waaronder ook de ZZS zijn inbegrepen) ontstaan bij de onvolledige verbranding van vliegtuigbrandstoffen. Hoe beter de verbranding hoe lager de emissie van koolwaterstoffen. De emissie van VOS wordt berekend met behulp van emissiefactoren uitgedrukt in kg VOS/ kg brandstof. Om de emissie van een individuele **ZZS** te kunnen berekenen, zijn gegevens noodzakelijk met betrekking tot het **aandeel** (in gewichts %) van een individuele ZZS in de totaal parameter VOS.

Voorbeeld: Elke 100 kg VOS emissie uit een vliegtuigmotor bevat 1,681 kg benzeen (op basis van een gewichtsaandeel van 1,681% benzeen in de berekende VOS emissie).

Omdat de ZZS steeds meer in de belangstelling staan, is in een kort verkennend literatuuronderzoek gekeken of op basis van recent wetenschappelijk onderzoek aanwijzingen zijn om de bestaande emissieschattingen aan te passen. Indien nieuwe inzichten beschikbaar zijn, wordt een nieuwe berekening van de ZZS-emissies uitgevoerd voor het jaar 2019 (het laatste pré-corona jaar met een

¹ : Hierbij is vermeld dat de berekening van de koolwaterstoffen emissie op basis van Amerikaanse definities verloopt. Allereerst worden de HC emissies (Hydro Carbon emissie zoals door ICAO bepaald en die niet alle organische gassen omvatten) omgerekend naar TOG (Total Organic Gasses) via een opslagfactor (= 1,16). Op deze berekende TOG emissie wordt vervolgens het samenstellingsprofiel voor de individuele ZZS stoffen gelegd. In de Emissieregistratie wordt de berekende TOG emissie weergegeven als VOS emissie. ZZS worden als individuele componenten weergegeven.

representatieve omvang van het luchtverkeer op de luchthavens). De emissieberekening kan worden gebruikt in een vervolgstudie, waarin de emissies worden omgerekend naar concentraties ZZS in de buitenlucht. Verder omvat het onderzoek een korte analyse van mogelijke emissie reducerende maatregelen om de emissies van ZZS door straalvliegtuigen te reduceren.

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat wil een rekenvoorschrift laten ontwikkelen om uniform en transparant te kunnen rekenen aan vliegtuigemissies. Dit voorschrift is nog niet beschikbaar. Zodra dit voorschrift beschikbaar is, is het aan te bevelen om de berekeningen te actualiseren op basis van dit voorschrift. Dit kan leiden tot andere uitkomsten.

Literatuuronderzoek

Het korte literatuuronderzoek is gericht op de meest recente literatuur (met name ICAO rapporten en de meest recent H2020 publicaties, EPA-rapporten, EMEP/EEA air pollutant emissions guidebook) betreffende de emissies van verschillende stoffen uit in commerciële luchtvaartmotoren. Alleen straalmotoren aangedreven door kerosine (Jet-A) worden in beschouwing genomen (tijdens de verschillende onderdelen van de LTO-cyclus (Landing & Take-off)) daar deze het overgrote deel van de vliegbewegingen, en daarmee de emissies bepalen. Hierbij is met name de literatuur gezocht die bruikbaar is om in de huidige emissie berekenings-methodiek te worden toegepast. De focus lag daarbij op de onderzoeken naar de resultaten van metingen onder werkelijke vliegomstandigheden (dus geen lab-tests, experimenteel-onderzoek, geschaalde motoren of modellen).

Alleen de literatuur die inzicht geeft in nieuwe emissiefracties (aandeel ZZS in de vluchtige organische stoffen emissies) zal in de emissieberekening worden betrokken (zie Annex 1).

De LTO-cyclus, zoals gedefinieerd door de ICAO (ICAO, 2018), bestaat uit 4 fasen:

- 1) 'Approach': het toestel daalt af naar de landingsbaan en landt op de luchthaven. Deze fase duurt 4 minuten met de motoren op 30% maximaal vermogen (F_{00} = maximaal vermogen).
- 2) 'Idle': de fase na het landen en voorafgaand aan het starten, met de motoren op laag vermogen (7% van maximaal vermogen). Dit zijn alle handelingen op de grond: het taxiën naar de gate, stand-by staan bij de gate, en taxiën naar de startbaan. Deze fase duurt 26 minuten volgens de ICAO-definitie.
- 3) 'Take-off': motoren op vol vermogen (100% van F_{00}) voor 0,7 minuten.
- 4) 'Climb': opstijgen tot 3000 voet (914 meter) op 85% van F_{00} gedurende 2,2 minuten.

De ICAO standaard wordt gebruikt voor het testen van motoren en houdt geen rekening met extra gewicht van passagiers of bagage, wat van invloed kan zijn op het gebruikt vermogen bij de Take-off. Daarnaast zijn werkelijk optredende vermogens in de Idle fase lager (3-4% van F_{00} versus de ICAO standaardwaarde van 7% van F_{00} (Nikoleris et al., 2011)).

Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

2/19

Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

3/19

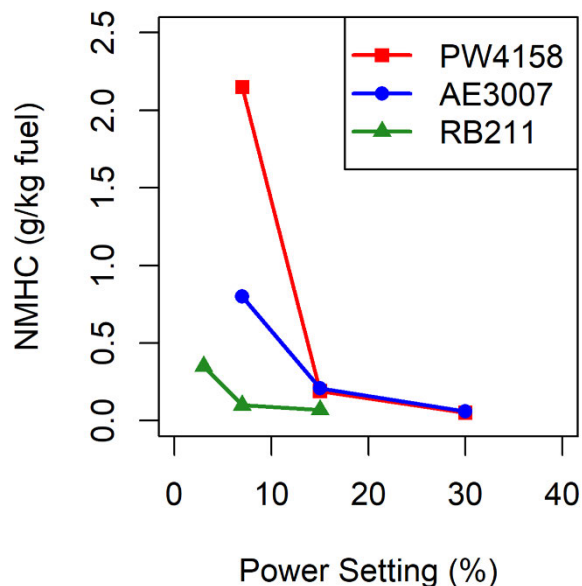
Bij de Nederlandse emissieberekeningen voor de "Idle" fase wordt uitgegaan van werkelijke TIM tijden (Time In Mode = tijd per fase), ook de engine settings in de emissieberekening voor de vluchtfases zijn afwijkend van voornoemde definities. De parameters die worden gebruikt in de Nederlandse emissieberekeningen t.b.v. Emissieregistratie staan vermeld in Dellaert en Hulskotte, 2017.

Hierbij dient tevens te worden opgemerkt dat op Schiphol tijdens de take-off fase maximaal 80 % van het maximale vermogen hoeft te worden aangesproken door de langere startbanen, dit fenomeen wordt niet meegenomen in de huidige emissieberekeningen (zowel in de Emissieregistratie als in dit onderzoek).

Samenstelling van uitgestoten koolwaterstoffen varieert sterk met motorvermogen (Beyersdorf et al., 2012), dus deze lagere vermogens kunnen bepalend zijn voor de samenstelling van de ZZS. Zie ook bijgevoegd figuur uit Beyersdorf et al. (2012) ter illustratie. Bij lage vermogens is een significant deel van de uitstoot onverbrande componenten van de brandstof (Spicer et al., 1990), terwijl deze onverbrande componenten bij 30% van het maximale vermogen vrijwel geen bijdrage meer leveren aan de uitstoot, en ook de absolute concentraties van de koolwaterstoffen veel lager zijn. De grootste bijdrage aan uitstoot van ZZS komt dus tot stand in de Idle fase (tijdens taxiën of aan de gate), als het toestel aan de grond is.

Ook het gebruik van de Auxiliary Power Units (APU's)² wordt aangemerkt als een belangrijke bron van emissies voor zware koolwaterstoffen (Mokalled et al., 2019), met een omvang in dezelfde orde grootte als de uitstoot uit de motoren.

² Auxiliary Power Unit (APU): hulpmotor aan boord van het vliegtuig die energie levert wanneer de hoofdmotoren voor de voortstuwing uitgeschakeld zijn.



Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

4/19

Figuur 1: Vrij naar Beyersdorf et al. (2012), Relatie tussen uitstoot van koolwaterstoffen (exclusief methaan) als functie van motorvermogen, voor 3 verschillende typen straalmotoren

De kern-referentie van het literatuuronderzoek is een zeer uitgebreid review-artikel van (Masiol & Harrison, 2014). Dit artikel vat het gedane onderzoek (tot 2014) samen over zowel uitlaatgasemissies als de samenstelling van de lucht op en nabij luchthavens. De nadruk ligt hierbij op commerciële luchtvaart met kerosinemotoren, hoewel er expliciet wordt vermeld dat kleinere niet commerciële vliegtuigen een bron van lood kunnen zijn omdat deze vliegtuigen vaak draaien op de loodhoudende vliegtuigbenzine (AvGas) in plaats van kerosine (Carr et al., 2011).

In de jaren na dit artikel is er relatief weinig gepubliceerd aangaande werkelijke emissies van ZZS uit de luchtvaart. Daarnaast worden de resultaten van de meeste studies vermeld als Emissie-Indices, die een vergelijking in uitstoot met andere stoffen (bijvoorbeeld CO₂) mogelijk maakt. Deze studies zijn echter beperkt in het aantal verschillende stoffen en bieden onvoldoende gegevens om in een emissieberekening toe te passen. Deze studies geven wel inzicht in de verschillende stoffen die zijn gemeten in de uitlaatgassen van vliegtuigmotoren, maar geven geen inzicht in de gewichtsaandelen van de stoffen in de totale koolwaterstoffen emissie. Dit alles leidt ertoe dat geen nieuw emissieprofiel kan worden afgeleid uit de beschouwde recente literatuur.

We stellen voor de meest recente versie van het samenstellingsprofiel in de SPECIATE-database toe te passen voor de emissieberekening: (versie 5.1 profiel nummer 5565), (US-EPA, 2009). Dit is een geüpdatete versie ten opzichte van het huidige emissieprofiel dat in de nationale Emissieregistratie gebruikt wordt. Dit profiel wordt tevens in de meest recente uitgave van het EMEP-handboek voor de

bepaling van emissies van luchtverontreinigende stoffen aanbevolen (Winther et al., 2019). Dit profiel zal ook vanaf 2022 in de Emissieregistratie worden toegepast om de emissies van de ZZS-stoffen te berekenen. Hierbij dient vermeld te worden dat de factoren een grote onzekerheid kennen.

Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

5/19

ZZS definities

De Amerikaanse luchtvaartautoriteit (FAA, 2003) herkent 18 stoffen in het samenstellingsprofiel van luchtvaartuistoot als *Hazardous Air Pollutants (HAP's)*. HAP's zijn naar Amerikaanse definitie luchtverontreinigende stoffen, waarvan bekend is dat ze kanker en andere ernstige gezondheidseffecten veroorzaken. Deze definitie is anders dan de Nederlandse/ EU definitie van ZZS: stoffen die gevaarlijk zijn voor mens en milieu, omdat ze bijvoorbeeld de voortplanting belemmeren, kankerverwekkend zijn of zich in de voedselketen ophopen.

In de huidige ZZS-lijst van het RIVM vinden we 7 HAP's stoffen terug, te weten 1,3-butadien; formaldehyde; benzeen; naphhtaleen; 1-methylnaphhtaleen, 2-methylnaphhtaleen en isopropylbenzeen. Formaldehyde is de voornaamste component van de uitstoot, met name bij lage motorvermogens, met 12% van de totale koolwaterstoffen uitstoot (FAA, 2003). Daarnaast komt in het samenstellingsprofiel de stof Crotonaldehyde voor die in Nederland als ZZS is aangemerkt, maar in de US niet als HAP's wordt gekwalificeerd. In de uitlaatgassen van straalmotoren komen dus 8 in Nederland als ZZS geclassificeerde stoffen voor.

Naast vliegtuigemissies zijn er verscheidene potentiële bronnen van ZZS op luchthavens, zoals GPU's (ground power units), verkeer aan de grond, werkzaamheden, warmte toevoer, dampen die vrijkomen bij brandstoftoevoer, et cetera. Deze extra bronnen zijn in dit onderzoek niet in beschouwing genomen.

Een voorbeeld is smeerolie voor de straalmotoren, die onder andere de voormalig ZZS tricesylfosfaat bevat, welke is gevonden in de cabinelucht en aan de grond rondom het toestel (Yu et al., 2010; Liyasova et al., 2011).

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) zijn onderdeel van de ZZS lijst, maar er is weinig onderzoek gedaan naar de uitstoot van PAK's op luchthavens. Gerapporteerde metingen van PAK's op luchthavens waren lager dan de maximale aanvaardbare concentratie op de werkplek (200 µg/m³ als 8-uursgemiddelde concentratie) (Bendtsen et al., 2021).

Ultra Fine Particles (UFP) zijn in dit literatuuronderzoek buiten beschouwing gelaten, hoewel er aanwijzingen zijn dat UFP op en nabij luchthavens opgebouwd kunnen zijn uit (deels) ZZS, vanwege de vorming (door nucleatie) van deeltjes tijdens het verbrandingsproces (Stacey, 2019). Metingen tonen dicht bij luchthaven verhoogde UFP-concentraties aan in vergelijking met gebieden verder van luchthavens af.

De werkelijke impact op volksgezondheid van luchtvaart emissies is nog niet goed onderzocht (Barrett et al., 2010). (Yim et al., 2013) schatten dat 110 vroegtijdige sterfgevallen in het Verenigd Koninkrijk worden veroorzaakt door luchthaven

emissies. Ze geven als aanbeveling dat de impact op volksgezondheid verminderd kan worden door gebruik van brandstoffen met laag zwavelgehalte, het gebruik van elektrisch aangedreven werktuigen op de grond, zo min mogelijk gebruiken van APU's en gebruik van slechts één motor tijdens de taxifase.

Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

6/19

Emissieberekeningen

1. Emissies van koolwaterstoffen

In tabel 1 t/m 5 staan de emissies van koolwaterstoffen vermeld die zijn berekend op basis van de huidige emissies zoals gerapporteerd in de Nederlandse Emissieregistratie.

Bij de berekeningen is de procedure gebruikt die vermeld staat in het methodiekrapport van de taakgroep verkeer (Geilenkirchen et al., 2022a en 2022b). Bij het opstellen van deze notitie is naar voren gekomen dat de berekening van de koolwaterstoffen emissies van straalvliegtuigen tot op heden niet juist is ³. In de huidige berekeningswijze van de Emissieregistratie worden de VOS⁴ emissies circa 16 % te laag ingeschat door het gebruik van een foutieve factor voor de omrekening van de ICAO HC emissies naar TOG emissies. In deze notitie is gerekend met de correcte omrekeningsfactor naar TOG (EPA, 2009) en de berekende emissies worden hierna VOS genoemd (om aan te sluiten Nederlandse nomenclatuur).

Tevens is in tabel 1 t/m 5 te zien in welke vliegfase de koolwaterstoffen vrijkomen, waarbij de hulpmotoren (APU's) die aan de gate draaien apart staan vermeld. Deze emissiecijfers zijn het uitgangspunt voor de berekeningen van verschillende koolwaterstoffracties die deel uit maken van het mengsel koolwaterstoffen. In deze koolwaterstoffractie bevinden zich een aantal stoffen die door het RIVM als ZZS zijn aangemerkt.

Tabel 1 Emissies van koolwaterstoffen (VOS) op Amsterdam airport in de jaren 2018 t/m 2021 kilogram/jaar

Fase/APU	2018	2019	2020	2021
Idle	358.796	371.913	171.154	197.163
APU	5.631	5.487	2.815	3.154
Take-off	2.292	2.156	1.122	1.244
Climb-out	4.666	4.499	2.064	2.357
Approach	8.809	8.351	4.429	5.305
Totaal	380.195	392.406	181.583	209.224

³ EPA hanteert bij de omrekening van HC naar Total Organic Gasses een factor van 1,16. Deze correctie is tot op heden in de Emissieregistratie niet toegepast in de berekening van ZZS in de zogenaamde rekenfactoren (de omrekening van HC naar specifieke ZZS). In de lopende Emissieregistratie ronde (2023) zal deze fout worden gecorrigeerd voor de complete tijdreeks 1990-2022.

⁴ VOS wordt in Emissieregistratie gebruikt voor de weergave van Total Organic Gasses (TOG) emissie voor de luchtvaartemissies.

Tabel 2 Emissies van koolwaterstoffen (VOS) op Rotterdam airport in de jaren 2018 t/m 2021, kilogram/jaar

Fase/APU	2018	2019	2020	2021
Idle	10.267	10.480	7.383	9.080
APU	388	391	124	146
Take-off	285	259	240	293
Climb-out	157	166	61	78
Approach	912	841	796	971
Totaal	12.009	12.137	8.605	10.569

Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

7/19

Tabel 3 Emissies van koolwaterstoffen (VOS) op Maastricht airport in de jaren 2018 t/m 2021, kilogram/jaar

Fase/APU	2018	2019	2020	2021
Idle	5.545	4.688	4.721	5.258
APU	302	258	188	193
Take-off	59	60	55	61
Climb-out	122	100	85	88
Approach	218	189	156	183
Totaal	6.245	5.295	5.205	5.783

Tabel 4 Emissies van koolwaterstoffen (VOS) op Groningen airport in de jaren 2018 t/m 2021, kilogram/jaar

Fase/APU	2018	2019	2020	2021
Idle	3.583	3.680	2.580	2.344
APU	82	44	7	12
Take-off	143	147	126	96
Climb-out	16	14	4	6
Approach	442	453	384	307
Totaal	4.265	4.338	3.099	2.765

Tabel 5 Emissies van koolwaterstoffen (VOS) op Eindhoven airport in de jaren 2018 t/m 2021, kilogram/jaar

Fase/APU	2018	2019	2020	2021
Idle	6.616	8.180	3.853	4.415
APU	602	640	264	317
Take-off	155	165	66	78
Climb-out	358	381	152	179
Approach	348	370	170	199
Totaal	8.080	9.735	4.505	5.188

In tabel 1 t/m 5 is te zien dat in alle gevallen de emissies van vliegtuigen op de grond verreweg de grootste bijdrage leveren aan de emissies. Naast de Idle-fase

vinden de emissies van APU's en Take-off (deels) op grondniveau plaats. De emissies op grondniveau zijn het meest van belang voor de te verwachten concentraties op grondniveau. Verder is ook te zien dat de emissies in 2020 (Corona jaar) drastisch zijn gedaald ten opzichte van 2018 en 2019, waarna in 2021 bij de meeste luchthavens weer een toename te zien is.

Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

8/19

2. Emissies van zeer zorgwekkende stoffen (ZZS)

In tabel 6 wordt de emissie van de stoffen getoond die door RIVM als ZZS zijn aangemerkt.

Tabel 6 Emissies van ZZS op de verschillende airports in 2019 (kg/jaar)

Stof	Gew.% in VOS	Amsterdam Emissie- totaal (kg/jaar)	Eindhoven Emissie- totaal (kg/jaar)	Groningen Emissie- totaal (kg/jaar)	Maastricht Emissie- totaal (kg/jaar)	Rotterdam Emissie- totaal (kg/jaar)
1,3-Butadieen	1,687	6.620	164	73	89	207
Formaldehyde	12,310	48.739	1.209	539	658	1.508
Benzeen	1,681	6.656	165	74	90	206
1-Methylnaftaleen	0,247	978	24	11	13	30
Naftaleen	0,541	2.142	53	24	29	66
2-methylnaftaleen	0,206	816	20	9	11	25
Isopropylbenzeen	0,003	12	0,3	0,1	0,1	0,3
Crotonaldehyde	1,033	4.090	102	45	55	127

In de Bijlagen 2 t/m 6 is aangegeven welke stoffen zijn meegenomen in het emissieprofiel als potentiële ZZS. Voor vliegverkeer op vliegvelden gelden, net als voor andere mobiliteitsbronnen, geen emissiegrenswaarden zoals deze bij bedrijven/inrichtingen worden gehanteerd.

Het is dus niet mogelijk de emissies van ZZS direct aan een emissiegrenswaarde te relateren. Wat wel mogelijk is, is om de emissie van de luchthavens te beschouwen vanuit het perspectief alsof het een industriële inrichting zou zijn. Daarbij zij voorop gezegd dat de emissies op de luchthavens niet via een gekanaliseerd emissiepunt optreden, maar ruimtelijk zijn verdeeld over het platform, tijdens het taxiën, take-off en landen.

Voor benzeen geldt overigens wel een wettelijke EU-grenswaarde t.a.v. van 5 µg/m³ jaargemiddeld met betrekking tot de luchtkwaliteit.

Voor industriële inrichtingen geldt dat boven een bepaalde wettelijk vastgestelde emissie (de zogenoemde grensmassa-stoom in kg/uur) voldaan moet worden aan een concentratie-eis (in mg/Nm³) in de afgassen. De idee is dat door de concentratie-eis te stellen voor alle significante emissiepunten deze emissies

gemitigeerd worden (binnen wat economisch en technisch haalbaar is). Door deze concentratie eis in de afgassen wordt de blootstellingsconcentratie op leefniveau van de verontreiniging (dus na verspreiding in de atmosfeer) verondersteld binnen een aanvaardbaar niveau te blijven.

In de onderstaande tabel wordt de grens-massaastroom (zoals die wordt gehanteerd voor industriële emissies) vergeleken met de uurgemiddelde emissie van de verschillende luchthavens.

Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

9/19

Tabel 7 Vergelijking tussen grens-massaastroom en de uurgemiddelde emissies van de verschillende luchthavens in 2019 (g/uur, afgeronde getallen)

Stof	Grens-massaastroom (Industriële inrichtingen) (g/uur)	Amsterdam (g/uur)	Eindhoven (g/uur)	Groningen (g/uur)	Maastricht (g/uur)	Rotterdam (g/uur)
1,3-Butadieen	2,5	756	19	8	10	23
Formaldehyde	2,5	5.514	137	61	74	171
Benzeen	2,5	753	19	8	10	23
1-Methylnaftaleen	0,15	111	3	1	1	3
Naftaleen	0,15	242	6	3	3	7
2-methylnaftaleen	0,15	92	2	1	1	3
Isopropylbenzeen	500	1	0	0	0	0
Crotonaldehyde	0,15	463	11	5	6	14

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de uurgemiddelde emissie voor vrijwel alle geïdentificeerde ZZS op luchthaven, de grens-massaastroom zoals die wordt gehanteerd bij industriële inrichtingen overschrijden (alleen voor Isopropylbenzeen is dat niet het geval). Dit is een indicatie dat de emissies, zoals die voor de luchthavens zijn berekend, niet verwaarloosbaar zijn. Maar zoals reeds genoemd, zijn luchthavens geen puntbronnen (zoals in de industrie) en daarom kan alleen via verspreidingsberekeningen⁵ (waarin de emissie wordt omgerekend naar de concentratie in de buitenlucht) een inschatting van de mogelijke gezondheidseffecten worden bepaald.

Voor de hier geïdentificeerde ZZS is uitsluitend voor benzeen een officiële luchtkwaliteitsgrenswaarde vastgesteld van 5 µg/m³ als jaargemiddelde concentratie. Een andere mogelijkheid om de berekende concentraties te

⁵

Als vervolg op deze notitie zijn verspreidingsberekeningen gepland waarin de hier gepresenteerde jaaremissies verdeeld worden in tijd en locatie op basis van operationele gegevens op de verschillende luchthavens.

beoordelen is een toetsing aan de geldende (niet-wettelijk vastgestelde) MTR⁶ waarden voor de betreffende stoffen. Vergunningverleners moeten de uitstoot van ZZS toetsen aan het MTR. In de tabel 8 zijn de MTR waarden weergegeven.

Tabel 8: MTR niveaus voor de geïdentificeerde ZZS

Stof	MTR-lucht (µg/m ³)
1,3-Butadieen	3
Formaldehyde	10
Benzeen	5
1-Methylnaftaleen	0,001
Naftaleen	0,001
2-methylnaftaleen	0,001
Isopropylbenzeen	870
Crotonaldehyde	0,00436

Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

10/19

⁶

MTR: maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) is de concentratie van een stof in lucht waar beneden geen negatief effect is te verwachten.

Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

11/19

Emissie reducerende maatregelen

Voor de emissies van ZZS geldt op grond van artikel 2.4 lid 1 van het Activiteitenbesluit Milieubeheer een wettelijke de minimalisatieverplichting. Deze houdt in dat gestreefd moet worden naar een maximale reductie van de emissies, voor zover dat volgens de stand der techniek en economisch haalbaar is. Voor de goede orde is vermeld dat deze verplichting niet van toepassing is op vliegtuigbewegingen.

Omdat de emissies van de ZZS direct gekoppeld zijn aan de emissies van koolwaterstoffen zijn de maatregelen die op die koolwaterstoffen ingrijpen het meest relevant om de ZZS emissies terug te dringen. Daarnaast zijn er in de recente literatuur aanwijzingen dat ook de samenstelling van brandstoffen een bijdrage kan leveren aan vermindering van de koolwaterstoffenuitstoot. Derhalve zijn een aantal maatregelen denkbaar waarmee de emissies van ZZS kunnen worden gereduceerd. Hierbij is niet gekeken of de maatregelen daadwerkelijk technisch en economisch haalbaar zijn op de verschillende luchthavens.

a. Verminderen van koolwaterstof-emissies

In dit type maatregelen wordt beoogd om de emissie van koolwaterstoffen te reduceren door de bedrijfsvoering van vliegtuigen en de afhandeling op de luchthaven te wijzigen. Omdat de meeste emissies plaatsvinden tijdens de Idle-fase is het van belang om zoveel mogelijk de emissies tijdens het taxiën en aan de gate terug te brengen.

Voorbeelden hiervan zijn:

1. de vliegtuigen zoveel mogelijk te laten taxiën op 1 motor;
2. de vliegtuigen te slepen met elektrische aangedreven vliegtuigslepers;
3. de taxi-routes zo kort mogelijk houden;
4. de vliegtuigen aan de gate zoveel mogelijk aan te sluiten op een externe elektriciteitsvoorziening;
5. de vliegtuigen op de gate aan te sluiten op externe airco's (pre-conditioned air);
6. lagere luchthaven tarieven voor schone vliegtuigen;
7. dampretour systemen om de emissies tijdens overslag van brandstoffen te reduceren.

Een recent voorbeeld van het potentieel van optimalisatie van taxi-strategieën is gepresenteerd door Di Mascio et al., 2022. Zij laten zien dat een reductie van 44 procent van emissie van koolwaterstoffen, 3 procent van emissie van NO_x en 13,4 procent brandstofgebruik mogelijk is. Hiermee is aangetoond dat een significante reductie van ZZS-emissies mogelijk is.

b. Verminderen van ZZS in uitlaatgassen door gewijzigde brandstof samenstelling

Voorbeelden van wijziging in brandstofsamenstelling zijn:

1. Het bijmengen van alifatische⁷ koolwaterstoffen ter reductie van het aandeel aromaten (zoals biobrandstoffen).
2. Het bijmengen van synthetische brandstoffen.

Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

12/19

Als gevolg van de bijmengingsverplichtingen van de EU (REDII) zullen verschuivingen optreden in de samenstelling van de gebruikelijke turbine brandstoffen (nu nog grotendeels Jet-A1). Een recent overzicht wordt bijvoorbeeld gepresenteerd in P. Kurzawska R en R. Jasiński (2021).

Vooropgesteld dient te worden dat niet elke wijziging in de brandstofsamenstelling automatisch zal leiden tot vermindering van ZZS-emissies. Zo laten P. Kurzawska R en R. Jasiński (2021) een lichte toename van de koolwaterstofemissies bij laag vermogen zien. De samenstelling van deze toename is echter nog niet bekend, maar naar verwachting zal het aandeel ZZS wel afnemen, omdat er i.h.a. minder aromaten in de nieuwe brandstoffen aanwezig zijn. Ook laten P. Kurzawska R en R. Jasiński (2021) een afname zien van de massa van fijnstof die zal worden uitgestoten en ook een vermindering van het aantal deeltjes, maar het aandeel van kleinere deeltjes zal toenemen.

Het dient derhalve aanbeveling om de ontwikkelingen in de samenstelling van de emissies (zowel ZZS als ultrafines) nauwlettend te volgen.

⁷

Alifatische koolwaterstoffen bestaan uit koolstofketens die geen ringstructuur hebben, aromatische koolwaterstoffen bevatten wel ringvormige koolstofketens.

Annex 1: Bibliografie

Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

13/19

- Barrett, S. R. H., Britter, R. E., & Waitz, I. A. (2010). Global mortality attributable to aircraft cruise emissions. *Environmental Science and Technology*, 44(19), 7736–7742. https://doi.org/10.1021/ES101325R/SUPPL_FILE/ES101325R_SI_001.PDF
- Bendtsen, K. M., Bengtsen, E., Saber, A. T., & Vogel, U. (2021). A review of health effects associated with exposure to jet engine emissions in and around airports. *Environmental Health* 2021 20:1, 20(1), 1–21. <https://doi.org/10.1186/S12940-020-00690-Y>
- Beyersdorf, A. J., Thornhill, K. L., Winstead, E. L., Ziemba, L. D., Blake, D. R., Timko, M. T., & Anderson, B. E. (2012). Power-dependent speciation of volatile organic compounds in aircraft exhaust. *Atmospheric Environment*, 61, 275–282. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.07.027>
- Carr, E., Lee, M., Marin, K., Holder, C., Hoyer, M., Pedde, M., Cook, R., & Touma, J. (2011). Development and evaluation of an air quality modeling approach to assess near-field impacts of lead emissions from piston-engine aircraft operating on leaded aviation gasoline. *Atmospheric Environment*, 45(32), 5795–5804. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.07.017>
- Dellaert S.N.C. en Hulskotte J. Emissions of air pollutants from civil aviation in the Netherlands, TNO 2017 R10055, 10 January 2017
- FAA. (2003). *SELECT RESOURCE MATERIALS AND ANNOTATED BIBLIOGRAPHY ON THE TOPIC OF HAZARDOUS AIR POLLUTANTS (HAPs) ASSOCIATED WITH AIRCRAFT, AIRPORTS, AND AVIATION*. https://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/envir_policy/media/HA_Ps_rpt.pdf
- Geilenkirchen, G., M. Bolech, J. Hulskotte, S. Dellaert, N. Ligterink, M. Sijstermans, K. Felter, M. 't Hoen (2022a). Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands. Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.
- Geilenkirchen, G., M. Bolech, J. Hulskotte, S. Dellaert, N. Ligterink, M. Sijstermans, K. Felter, M. 't Hoen (2022bb). Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands Tables, Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.
- ICAO. (2018). *Environmental protection: Vol. II - Aircraft engine emissions: Vol. IV* (Issue January).
- Kurzwaska, P.; Jasiński, R. Overview of Sustainable Aviation Fuels with Emission Characteristic Engine Fueled ATJ Blends with Different Percentages of ATJ Fuel. *Energies* 2021, 14, 1858. <https://doi.org/10.3390/en14071858>
- Liyasova, M., Li, B., Schopfer, L. M., Nachon, F., Masson, P., Furlong, C. E., & Lockridge, O. (2011). Exposure to tri-o-cresyl phosphate detected in jet airplane passengers. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 256(3), 337–347. <https://doi.org/10.1016/J.TAAP.2011.06.016>
- Di Mascio, P.; Corazza, M.V.; Rosa, N.R.; Moretti, L., Optimization of Aircraft Taxiing Strategies to Reduce the Impacts of Landing and Take-Off Cycle at Airports. *Sustainability* 2022, 14, 9692. <https://doi.org/10.3390/su14159692>
- Masiol, M., & Harrison, R. M. (2014). Aircraft engine exhaust emissions and other airport-related contributions to ambient air pollution: A review. *Atmospheric Environment*, 95, 409–455. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.05.070>
- Mokalled, T., Adjizian Gérard, J., Abboud, M., Trocquet, C., Nassreddine, R., Person, V., & le Calvé, S. (2019). VOC tracers from aircraft activities at Beirut Rafic Hariri International Airport. *Atmospheric Pollution Research*, 10(2), 537–551. <https://doi.org/10.1016/J.APR.2018.09.009>

- Nikoleris, T., Gupta, G., & Kistler, M. (2011). Detailed estimation of fuel consumption and emissions during aircraft taxi operations at Dallas/Fort Worth International Airport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(4), 302–308. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2011.01.007>
- Spicer, C. W., Holdren, M. W., Smith, D. L., Hughes, D. P., & Smith, M. D. (1990). Chemical composition of exhaust from aircraft turbine engines. *Proceedings of the ASME Turbo Expo*, 3, 1–7. <https://doi.org/10.1115/90-GT-034>
- Stacey, B. (2019). Measurement of ultrafine particles at airports: A review. *Atmospheric Environment*, 198, 463–477. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2018.10.041>
- US-EPA. (2009). *Recommended Best Practice for Quantifying Speciated Organic Gas Emissions from Aircraft Equipped with Turbofan, Turbojet, and Turboprop Engines*. Version 1.0. EPA-420-R-09–901. [https://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/envir_policy/media/Guidance for Quantifying Speciated Organic Gas Emissions from Airport Sources.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/envir_policy/media/Guidance%20for%20Quantifying%20Speciated%20Organic%20Gas%20Emissions%20from%20Airport%20Sources.pdf)
- US-EPA. (2009). Aircraft Engine Speciated Organic Gases: Speciation of Unburned Organic Gases in Aircraft Exhaust EPA-420-R-09-902 May 2009
- Winther, M., Rypdal, K., Sørensen, L., Kalivoda, M., Bukovnik, M., Kilde, N., Lauretis, R. De, Falk, R., Romano, D., Deransy, R., Box, L., Carbo, L., Meana, N. T., & Whiteley, M. (2019). EMEP/EEA Aviation 1.A.3.a Aviation 2019. *Guidebook*, 1–51. www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation
- Yim, S. H. L., Stettler, M. E. J., & Barrett, S. R. H. (2013). Air quality and public health impacts of UK airports. Part II: Impacts and policy assessment. *Atmospheric Environment*, 67, 184–192. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.10.017>
- Yu, Z., Liscinsky, D. S., Winstead, E. L., True, B. S., Timko, M. T., Bhargava, A., Herndon, S. C., Miake-Lye, R. C., & Anderson, B. E. (2010). Characterization of Lubrication Oil Emissions from Aircraft Engines. *Environmental Science and Technology*, 44(24), 9530–9534. <https://doi.org/10.1021/ES102145Z>

Datum

10 Mei 2023

Onze referentie

100345197_2

Blad

14/19

Datum
10 Mei 2023

Onze referentie
100345197_2

Blad
15/19

Annex 2: VOS emissies⁸ Amsterdam airport 2019

CAS-nr	Stof	Gewichts %	ZZS	MTR-lucht (µg/m ³)	Grensmassa- stroom (g/uur)	Grenswaarde (mg/Nm ³)	Emissie (kilogram/jaar)					Massa- stroom (g/uur)
							Idle	APU	Approach	Climb-out	Take-off	
100-41-4	Ethylbenzene	0.174	nee	-	500	50	647	10	15	8	4	78
100-42-5	Styrene	0.309	niet meer	900	500	50	1149	17	26	14	7	138
106-99-0	1,3-butadiene	1.687	ja	3	2.5	1	6274	93	141	76	36	756
107-02-8	Acrolein	2.449	nee	0.5	100	20	9108	134	205	110	53	1097
108-38-3	M & P-xylene	0.282	nee	-	500	50	1049	15	24	13	6	126
106-42-3	Toluene	0.642	nee	400	500	50	2388	35	54	29	14	288
108-88-3	Phenol	0.726	nee	20	100	20	2700	40	61	33	16	325
123-38-6	Propionaldehyde	0.727	nee	-	500	50	2704	40	61	33	16	326
50-00-0	Formaldehyde	12.310	ja	10	2.5	1	45782	675	1028	554	265	5514
67-56-1	Methyl alcohol	1.805	nee	816	500	50	6713	99	151	81	39	809
71-43-2	Benzene	1.681	ja	5	2.5	1	6252	92	140	76	36	753
75-07-0	Acetaldehyde	4.272	niet meer	70	2.5	1	15888	234	357	192	92	1914
90-12-0	1-Methylnaphthalene	0.247	ja	0.001	0.15	0	919	14	21	11	5	111
91-20-3	Naphthalene	0.541	ja	0.001	0.15	0	2012	30	45	24	12	242
91-57-6	2-methylnaphthalene	0.206	ja	0.001	0.15	0	766	11	17	9	4	92
95-47-6	O-xylene	0.166	niet meer	-	500	50	617	9	14	7	4	74
98-82-8	Isopropylbenzene	0.003	ja	870	500	50	11	0.2	0.3	0.1	0.1	1
	C10 aromatics	0.656	-	-	-	-	2440	36	55	30	14	294
	Unknown C11 aromatics	0.324	-	-	-	-	1205	18	27	15	7	145
100-52-7	Benzaldehyde	0.470	nee	-	100	20	1748	26	39	21	10	211
103-65-1	N-propylbenzene	0.053	nee	-	500	50	197	3	4	2	1	24
104-87-0	p-Tolualdehyde	0.048	nee	-	-	-	179	3	4	2	1	22
106-98-9	1-butene	1.754	nee	-	-	-	6523	96	146	79	38	786
107-22-2	Glyoxal	1.816	nee	0.0502	100	20	6754	100	152	82	39	813
107-83-5	2-methylpentane	0.408	nee	-	-	-	1517	22	34	18	9	183
108-67-8	1,3,5-trimethylbenzene	0.054	nee	-	-	-	201	3	5	2	1	24
109-66-0	N-pentane	0.198	nee	-	500	50	736	11	17	9	4	89
109-67-1	1-pentene	0.776	nee	-	-	-	2886	43	65	35	17	348
110-62-3	Valeraldehyde	0.245	nee	-	-	-	911	13	20	11	5	110
111-65-9	N-octane	0.062	nee	-	500	50	231	3	5	3	1	28
111-66-0	1-octene	0.276	nee	-	-	-	1026	15	23	12	6	124
111-84-2	N-nonane	0.062	nee	-	-	-	231	3	5	3	1	28
1120-21-4	N-undecane	0.444	nee	-	-	-	1651	24	37	20	10	199
112-31-2	Decanal	5.843	nee	-	-	-	21731	321	488	263	126	2617
112-40-3	N-dodecane	0.462	nee	-	-	-	1718	25	39	21	10	207
115-07-1	Propylene	4.534	nee	-	-	-	16863	249	379	204	98	2031
123-72-8	Butyraldehyde	0.119	nee	-	500	50	443	7	10	5	3	53
124-11-8	1-nonene	0.246	nee	-	-	-	915	13	21	11	5	110
124-18-5	N-decane	0.320	nee	-	-	-	1190	18	27	14	7	143
142-82-5	N-heptane	0.064	nee	-	500	50	238	4	5	3	1	29
25339-56-4	Heptene	0.438	nee	-	-	-	1629	24	37	20	9	196
28804-88-8	Dimethyl naphthalene	0.090	nee	?	-	-	335	5	8	4	2	40
4050-45-7	Trans-2-hexene	0.030	nee	-	-	-	112	2	3	1	1	13
4170-30-3	Crotonaldehyde	1.033	ja	0.00436	0.15	0	3842	57	86	46	22	463
513-35-9	2-methyl-2-butene	0.185	nee	-	-	-	688	10	15	8	4	83
526-73-8	1,2,3-trimethylbenzene	0.106	nee	-	-	-	394	6	9	5	2	47
529-20-4	o-Tolualdehyde	0.230	nee	-	-	-	855	13	19	10	5	103
544-76-3	Hexadecane	0.049	nee	-	-	-	182	3	4	2	1	22
563-45-1	3-methyl-1-butene	0.112	nee	-	-	-	417	6	9	5	2	50
563-46-2	2-methyl-1-butene	0.140	nee	-	-	-	521	8	12	6	3	63
590-18-1	Cis-2-butene	0.210	nee	-	-	-	781	12	18	9	5	94
590-86-3	Isovaleraldehyde	0.032	nee	-	-	-	119	2	3	1	1	14
592-41-6	1-hexene	0.736	nee	-	-	-	2737	40	61	33	16	330
611-14-3	1-Methyl-2-ethylbenzene	0.065	nee	-	-	-	242	4	5	3	1	29
620-14-4	1-Methyl-3-ethylbenzene	0.154	nee	-	500	50	573	8	13	7	3	69
620-23-5	m-Tolualdehyde	0.278	nee	-	-	-	1034	15	23	13	6	125
622-96-8	1-Methyl-4-ethylbenzene	0.064	nee	-	-	-	238	4	5	3	1	29
627-20-3	Cis-2-pentene	0.276	nee	-	-	-	1026	15	23	12	6	124
629-50-5	N-tridecane	0.535	nee	-	-	-	1990	29	45	24	12	240
629-59-4	Tetradecane	0.416	nee	-	-	-	1547	23	35	19	9	186
629-62-9	Pentadecane	0.173	nee	-	-	-	643	9	14	8	4	77
629-78-7	Heptadecane	0.009	nee	-	-	-	33	0.5	1	0.4	0.2	4
646-04-8	Trans-2-pentene	0.359	nee	-	-	-	1335	20	30	16	8	161
67-64-1	Acetone	0.369	nee	-	500	50	1372	20	31	17	8	165
691-37-2	4-methyl-1-pentene	0.069	nee	-	-	-	257	4	6	3	1	31
74-84-0	Ethane	0.521	nee	-	-	-	1938	29	44	23	11	233
74-85-1	Ethylene	15.461	nee	-	500	50	57501	848	1291	696	333	6926
74-86-2	Acetylene	3.939	nee	-	500	50	14650	216	329	177	85	1764
74-98-6	Propane	0.078	nee	-	-	-	290	4	7	4	2	35
763-29-1	2-methyl-1-pentene	0.034	nee	-	-	-	126	2	3	2	1	15
78-85-3	2-methyl-2-propenal	0.429	nee	-	-	-	1596	24	36	19	9	192
78-98-8	Methylglyoxal	1.503	nee	-	-	-	5590	82	126	68	32	673
82107-89-9	Dodecal	2.921	nee	-	-	-	10864	160	244	131	63	1308
872-05-9	1-decene	0.185	nee	-	500	50	688	10	15	8	4	83
95-63-6	1,2,4-trimethylbenzene	0.350	-	-	-	-	1302	19	29	16	8	157
N/A	C10 Olefins	5.843	-	-	-	-	21731	321	488	263	126	2617
N/A	C10 Paraffins	14.606	-	-	-	-	54322	801	1220	657	315	6543
N/A	C14-Branched alkane	0.186	-	-	-	-	692	10	16	8	4	83
N/A	C15-Branched alkane	0.177	-	-	-	-	658	10	15	8	4	79
N/A	C16-Branched alkane	0.146	-	-	-	-	543	8	12	7	3	65
N/A	C-18 Compounds	0.002	-	-	-	-	7	0.1	0.2	0.1	0.0	1

ZZS geel gemarkeerd

⁸ : Zoals gespecificeerd in FAA samenstellingsprofiel

Datum
10 Mei 2023

Onze referentie
100345197_2

Blad
16/19

Annex 3: VOS emissies Eindhoven airport 2019

CAS-nr	Stof	Gewichts %	ZZS	MTR-lucht (µg/m3)	Grensmassa- stroom (g/uur)	Grenswaarde (mg/Nm3)	Emissie (kilogram/jaar)					Massa- stroom (g/uur)
							Idle	APU	Approach	Climb-out	Take-off	
100-41-4	Ethylbenzene	0.174	nee	-	500	50	14	1	1	1	0.3	2
100-42-5	Styrene	0.309	niet meer	900	500	50	25	2	1	1	1	3
106-99-0	1,3-butadiene	1.687	ja	3	2.5	1	138	11	6	6	3	19
107-02-8	Acrolein	2.449	nee	0.5	100	20	200	16	9	9	4	27
108-38-3; 106-42-3	m & p-xylene	0.282	nee	-	500	50	23	2	1	1	0.5	3
108-88-3	Toluene	0.642	nee	400	500	50	53	4	2	2	1	7
108-95-2	Phenol	0.726	nee	20	100	20	59	5	3	3	1	8
123-38-6	Propionaldehyde	0.727	nee	-	500	50	59	5	3	3	1	8
50-00-0	Formaldehyde	12.310	ja	10	2.5	1	1007	79	45	47	20	137
67-56-1	Methyl alcohol	1.805	nee	816	500	50	148	12	7	7	3	20
71-43-2	Benzene	1.681	ja	5	2.5	1	137	11	6	6	3	19
75-07-0	Acetaldehyde	4.272	niet meer	70	2.5	1	349	27	16	16	7	47
90-12-0	1-Methylnaphthalene	0.247	ja	0.001	0.15	0	20	2	1	1	0.4	3
91-20-3	Naphthalene	0.541	ja	0.001	0.15	0	44	3	2	2	1	6
91-57-6	2-methylnaphthalene	0.206	ja	0.001	0.15	0	17	1	1	1	0.3	2
95-47-6	O-xylene	0.166	niet meer	-	500	50	14	1	1	1	0.3	2
98-82-8	Isopropylbenzene	0.003	ja	870	500	50	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
	C10 aromatics	0.656	-	-	-	-	54	4	2	2	1	7
	Unknown C11 aromatics	0.324	-	-	-	-	27	2	1	1	1	4
100-52-7	Benzaldehyde	0.470	nee	-	100	20	38	3	2	2	1	5
103-65-1	N-propylbenzene	0.053	nee	-	500	50	4	0.3	0.2	0.2	0.1	1
104-87-0	p-Tolualdehyde	0.048	nee	-	-	-	4	0.3	0.2	0.2	0.1	1
106-98-9	1-butene	1.754	nee	-	-	-	143	11	6	7	3	19
107-22-2	Glyoxal	1.816	nee	0.0502	100	20	149	12	7	7	3	20
107-83-5	2-methylpentane	0.408	nee	-	-	-	33	3	2	2	1	5
108-67-8	1,3,5-trimethylbenzene	0.054	nee	-	-	-	4	0.3	0.2	0.2	0.1	1
109-66-0	N-pentane	0.198	nee	-	500	50	16	1	1	1	0.3	2
109-67-1	1-pentene	0.776	nee	-	-	-	63	5	3	3	1	9
110-62-3	Valeraldehyde	0.245	nee	-	-	-	20	2	1	1	0.4	3
111-65-9	N-octane	0.062	nee	-	500	50	5	0.4	0.2	0.2	0.1	1
111-66-0	1-octene	0.276	nee	-	-	-	23	2	1	1	0.5	3
111-84-2	N-nonane	0.062	nee	-	-	-	5	0.4	0.2	0.2	0.1	1
1120-21-4	N-undecane	0.444	nee	-	-	-	36	3	2	2	1	5
112-31-2	Decanal	5.843	nee	-	-	-	478	37	22	22	10	65
112-40-3	N-dodecane	0.462	nee	-	-	-	38	3	2	2	1	5
115-07-1	Propylene	4.534	nee	-	-	-	371	29	17	17	8	50
123-72-8	Butyraldehyde	0.119	nee	-	500	50	10	1	0.4	0.5	0.2	1
124-11-8	1-nonene	0.246	nee	-	-	-	20	2	1	1	0.4	3
124-18-5	N-decane	0.320	nee	-	-	-	26	2	1	1	1	4
142-82-5	N-heptane	0.064	nee	-	500	50	5	0.4	0.2	0.2	0.1	1
25339-56-4	Heptene	0.438	nee	-	-	-	36	3	2	2	1	5
28804-88-8	Dimethyl naphthalene	0.090	nee	?	-	-	7	1	0.3	0.3	0.1	1
4050-45-7	Trans-2-hexene	0.030	nee	-	-	-	2	0.2	0.1	0.1	0.0	0
4170-30-3	Crotonaldehyde	1.033	ja	0.00436	0.15	0	84	7	4	4	2	11
513-35-9	2-methyl-2-butene	0.185	nee	-	-	-	15	1	1	1	0.3	2
526-73-8	1,2,3-trimethylbenzene	0.106	nee	-	-	-	9	1	0.4	0.4	0.2	1
529-20-4	o-Tolualdehyde	0.230	nee	-	-	-	19	1	1	1	0.4	3
544-76-3	Hexadecane	0.049	nee	-	-	-	4	0.3	0.2	0.2	0.1	1
563-45-1	3-methyl-1-butene	0.112	nee	-	-	-	9	1	0.4	0.4	0.2	1
563-46-2	2-methyl-1-butene	0.140	nee	-	-	-	11	1	1	1	0.2	2
590-18-1	Is-2-butene	0.210	nee	-	-	-	17	1	1	1	0.3	2
590-86-3	Isovaleraldehyde	0.032	nee	-	-	-	3	0.2	0.1	0.1	0.1	0
592-41-6	1-hexene	0.736	nee	-	-	-	60	5	3	3	1	8
611-14-3	1-Methyl-2-ethylbenzene	0.065	nee	-	-	-	5	0.4	0.2	0.2	0.1	1
620-14-4	1-Methyl-3-ethylbenzene	0.154	nee	-	500	50	13	1	1	1	0.3	2
620-23-5	m-Tolualdehyde	0.278	nee	-	-	-	23	2	1	1	0.5	3
622-96-8	1-Methyl-4-ethylbenzene	0.064	nee	-	-	-	5	0.4	0.2	0.2	0.1	1
627-20-3	Is-2-pentene	0.276	nee	-	-	-	23	2	1	1	0	3
629-50-5	N-tridecane	0.535	nee	-	-	-	44	3	2	2	1	6
629-59-4	Tetradecane	0.416	nee	-	-	-	34	3	2	2	1	5
629-62-9	Pentadecane	0.173	nee	-	-	-	14	1	1	1	0.3	2
629-78-7	Heptadecane	0.009	nee	-	-	-	1	0.1	0.0	0.0	0.0	0
646-04-8	Trans-2-pentene	0.359	nee	-	-	-	29	2	1	1	1	4
67-64-1	Acetone	0.369	nee	-	500	50	30	2	1	1	1	4
691-37-2	4-methyl-1-pentene	0.069	nee	-	-	-	6	0.4	0.3	0.3	0.1	1
74-84-0	Ethane	0.521	nee	-	-	-	43	3	2	2	1	6
74-85-1	Ethylene	15.461	nee	-	500	50	1265	99	57	59	26	172
74-86-2	Acetylene	3.939	nee	-	500	50	322	25	15	15	7	44
74-98-6	Propane	0.078	nee	-	-	-	6	0.5	0.3	0.3	0.1	1
763-29-1	2-methyl-1-pentene	0.034	nee	-	-	-	3	0.2	0.1	0.1	0.1	0
78-85-3	2-methyl-2-propenal	0.429	nee	-	-	-	35	3	2	2	1	5
78-98-8	Methylglyoxal	1.503	nee	-	-	-	123	10	6	6	2	17
82107-89-9	Dodecane	2.921	nee	-	-	-	239	19	11	11	5	32
872-05-9	1-decene	0.185	nee	-	500	50	15	1	1	1	0.3	2
95-63-6	1,2,4-trimethylbenzene	0.350	-	-	-	-	29	2	1	1	0.6	4
N/A	C10 Olefins	5.843	-	-	-	-	478	37	22	22	10	65
N/A	C10 Paraffins	14.606	-	-	-	-	1195	93	54	56	24	162
N/A	C14-Branches alkane	0.186	-	-	-	-	15	1	1	1	0.3	2
N/A	C15-Branches alkane	0.177	-	-	-	-	14	1	1	1	0.3	2
N/A	C16 Branches alkane	0.146	-	-	-	-	12	1	1	1	0.2	2
N/A	C-18 Compounds	0.002	-	-	-	-	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0

ZZS geel gemarkeerd

Datum
10 Mei 2023

Onze referentie
100345197_2

Blad
17/19

Annex 4: VOS emissies Groningen airport 2019

CAS-nr	Stof	Gewichts %	ZZS	MTR-lucht (µg/m3)	Grensmassa- stroom (g/uur)	Grenswaarde (mg/Nm3)	Emissie (kilogram/jaar)					Massa- stroom (g/uur)
							Idle	APU	Approach	Climb-out	Take-off	
100-41-4	Ethylbenzene	0.174	nee	-	500	50	6	0.1	1	0.0	0.3	1
100-42-5	Styrene	0.309	niet meer	900	500	50	11	0.1	1	0.0	0.5	2
106-99-0	1,3-butadiene	1.687	ja	3	2.5	1	62	1	8	0.2	2	8
107-02-8	Acrolein	2.449	nee	0.5	100	20	90	1	11	0.3	4	12
108-38-3; 106-42-3	M & p-xylene	0.282	nee	-	500	50	10	0.1	1	0.0	0.4	1
108-88-3	Toluene	0.642	nee	400	500	50	24	0.3	3	0.1	1	3
108-95-2	Phenol	0.726	nee	20	100	20	27	0.3	3	0.1	1	4
123-38-6	Propionaldehyde	0.727	nee	-	500	50	27	0.3	3	0.1	1	4
50-00-0	Formaldehyde	12.310	ja	10	2.5	1	453	5	56	2	18	61
67-56-1	Methyl alcohol	1.805	nee	816	500	50	66	1	8	0.3	3	9
71-43-2	Benzene	1.681	ja	5	2.5	1	62	1	8	0.2	2	8
75-07-0	Acetaldehyde	4.272	niet meer	70	2.5	1	157	2	19	1	6	21
90-12-0	1-Methylnaphthalene	0.247	ja	0.001	0.15	0	9	0.1	1	0.0	0.4	1
91-20-3	Naphthalene	0.541	ja	0.001	0.15	0	20	0.2	2	0.1	1	3
91-57-6	2-methylnaphthalene	0.206	ja	0.001	0.15	0	8	0.1	1	0.0	0.3	1
95-47-6	O-xylene	0.166	niet meer	-	500	50	6	0.1	1	0.0	0.2	1
98-82-8	Isopropylbenzene	0.003	ja	870	500	50	0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
	C10 aromatics	0.656	-	-	-	-	24	0.3	3	0.1	1	3
	Unknown C11 aromatics	0.324	-	-	-	-	12	0.1	1	0.0	0.5	2
100-52-7	Benzaldehyde	0.470	nee	-	100	20	17	0.2	2	0.1	1	2
103-65-1	N-propylbenzene	0.053	nee	-	500	50	2	0.0	0	0.0	0.1	0.3
104-87-0	p-Tolualdehyde	0.048	nee	-	-	-	2	0.0	0	0.0	0.1	0.2
106-98-9	1-butene	1.754	nee	-	-	-	65	1	8	0.2	3	9
107-22-2	Glyoxal	1.816	nee	0.0502	100	20	67	1	8	0.3	3	9
107-83-5	2-methylpentane	0.408	nee	-	-	-	15	0.2	2	0.1	1	2
108-67-8	1,3,5-trimethylbenzene	0.054	nee	-	-	-	2	0.0	0	0.0	0.1	0.3
109-66-0	N-pentane	0.198	nee	-	500	50	7	0.1	1	0.0	0.3	1
109-67-1	1-pentene	0.276	nee	-	-	-	29	0.3	4	0.1	1	4
110-62-3	Valeraldehyde	0.245	nee	-	-	-	9	0.1	1	0.0	0.4	1
111-65-9	N-octane	0.062	nee	-	500	50	2	0.0	0	0.0	0.1	0.3
111-66-0	1-octene	0.276	nee	-	-	-	10	0.1	1	0.0	0.4	1
111-84-2	N-nonane	0.062	nee	-	-	-	2	0.0	0	0.0	0.1	0.3
1120-21-4	N-undecane	0.444	nee	-	-	-	16	0.2	2	0.1	1	2
112-31-2	Decanal	5.843	nee	-	-	-	215	3	26	1	9	29
112-40-3	N-dodecane	0.462	nee	-	-	-	17	0.2	2	0	1	2
115-07-1	Propylene	4.534	nee	-	-	-	167	2	21	1	7	22
123-72-8	Butyraldehyde	0.119	nee	-	500	50	4	0.1	1	0.0	0.2	1
124-11-8	1-nonene	0.246	nee	-	-	-	9	0.1	1	0.0	0.4	1
124-18-5	N-decane	0.320	nee	-	-	-	12	0.1	1	0.0	0.5	2
142-82-5	N-heptane	0.064	nee	-	500	50	2	0.0	0	0.0	0.1	0.3
25339-56-4	Heptene	0.438	nee	-	-	-	16	0.2	2	0.1	1	2
28804-88-8	Dimethyl naphthalene	0.090	nee	?	-	-	3	0.0	0	0.0	0.1	0.4
4050-45-7	Trans-2-hexene	0.030	nee	-	-	-	1	0.0	0	0.0	0.0	0.1
4170-30-3	Crotonaldehyde	1.033	ja	0.00436	0.15	0	38	0.5	5	0	2	5
513-35-9	2-methyl-2-butene	0.185	nee	-	-	-	7	0.1	1	0.0	0.3	1
526-73-8	1,2,3-trimethylbenzene	0.106	nee	-	-	-	4	0.0	0.5	0.0	0.2	1
529-20-4	o-Tolualdehyde	0.230	nee	-	-	-	8	0.1	1	0.0	0.3	1
544-76-3	Hexadecane	0.049	nee	-	-	-	2	0.0	0.2	0.0	0.1	0.2
563-45-1	3-methyl-1-butene	0.112	nee	-	-	-	4	0.0	1	0.0	0.2	1
563-46-2	2-methyl-1-butene	0.140	nee	-	-	-	5	0.1	1	0.0	0.2	1
590-18-1	Cis-2-butene	0.210	nee	-	-	-	8	0.1	1	0.0	0.3	1
590-86-3	Isovaleraldehyde	0.032	nee	-	-	-	1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2
592-41-6	1-hexene	0.736	nee	-	-	-	27	0.3	3	0.1	1	4
611-14-3	1-Methyl-2-ethylbenzene	0.065	nee	-	-	-	2	0.0	0.3	0.0	0.1	0.3
620-14-4	1-Methyl-3-ethylbenzene	0.154	nee	-	500	50	6	0.1	1	0.0	0.2	1
620-23-5	m-Tolualdehyde	0.278	nee	-	-	-	10	0.1	1	0.0	0.4	1
622-96-8	1-Methyl-4-ethylbenzene	0.064	nee	-	-	-	2	0.0	0.3	0.0	0.1	0.3
627-20-3	Cis-2-pentene	0.276	nee	-	-	-	10	0.1	1	0.0	0.4	1
629-50-5	N-tridecane	0.535	nee	-	-	-	20	0.2	2	0.1	1	3
629-59-4	Tetradecane	0.416	nee	-	-	-	15	0.2	2	0.1	1	2
629-62-9	Pentadecane	0.173	nee	-	-	-	6	0.1	1	0.0	0.3	1
629-78-7	Heptadecane	0.009	nee	-	-	-	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
646-04-8	Trans-2-pentene	0.359	nee	-	-	-	13	0.2	2	0.1	1	2
67-64-1	Acetone	0.369	nee	-	500	50	14	0.2	2	0.1	1	2
691-37-2	4-methyl-1-pentene	0.069	nee	-	-	-	3	0.0	0.3	0.0	0.1	0.3
74-84-0	Ethane	0.521	nee	-	-	-	19	0.2	2	0.1	1	3
74-85-1	Ethylene	15.461	nee	-	500	50	569	7	70	2	23	77
74-86-2	Acetylene	3.939	nee	-	500	50	145	2	18	1	6	20
74-98-6	Propane	0.078	nee	-	-	-	3	0.0	0.4	0.0	0.1	0.4
763-29-1	2-methyl-1-pentene	0.034	nee	-	-	-	1	0.0	0.2	0.0	0.1	0
78-85-3	2-methyl-2-propenal	0.429	nee	-	-	-	16	0.2	1.9	0.1	0.6	2
78-98-8	Methylglyoxal	1.503	nee	-	-	-	55	1	7	0.2	2	7
82107-89-9	Dodecal	2.921	nee	-	-	-	107	1	13	0.4	4	14
872-05-9	1-decene	0.185	nee	-	500	50	7	0.1	1	0.0	0.3	1
95-63-6	1,2,4-trimethylbenzene	0.350	-	-	-	-	13	0.2	2	0.0	1	2
N/A	C10 Olefins	5.843	-	-	-	-	215	3	26	1	9	29
N/A	C10 Paraffins	14.606	-	-	-	-	538	6	66	2	22	72
N/A	C14-Branched alkane	0.186	-	-	-	-	7	0.1	1	0.0	0.3	1
N/A	C15-Branched alkane	0.177	-	-	-	-	7	0.1	1	0.0	0.3	1
N/A	C16-Branched alkane	0.146	-	-	-	-	5	0.1	1	0.0	0.2	1
N/A	C-18 Compounds	0.002	-	-	-	-	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ZZS geel gemarkeerd

Datum
10 Mei 2023

Onze referentie
100345197_2

Blad
18/19

Annex 5: VOS emissies Maastricht airport 2019

CAS-nr	Stof	Gewichts %	ZZS	MTR-lucht (µg/m3)	Grensmassa- stroom (g/uur)	Grenswaarde (mg/Nm3)	Emissie (kilogram/jaar)					Massa-stroom (g/uur)
							Idle	APU	Approach	Climb-out	Take-off	
100-41-4	Ethylbenzene	0.174	nee	-	500	50	8	0.4	0.3	0.2	0.1	1
100-42-5	Styrene	0.309	niet meer	900	500	50	14	0.8	1	0.3	0.2	2
106-99-0	1,3-butadiene	1.687	ja	3	2.5	1	79	4	3	1.7	1	10
107-02-8	Acrolein	2.449	nee	0.5	100	20	115	6	5	2.4	1	15
108-38-3; 106-42-3	M & p-xylene	0.282	nee	-	500	50	13	0.7	1	0.3	0.2	2
108-88-3	Toluene	0.642	nee	400	500	50	30	1.7	1	0.6	0.4	4
108-95-2	Phenol	0.726	nee	20	100	20	34	1.9	1	0.7	0.4	4
123-38-6	Propionaldehyde	0.727	nee	-	500	50	34	1.9	1	0.7	0.4	4
50-00-0	Formaldehyde	12.310	ja	10	2.5	1	577	32	23	12	7	74
67-56-1	Methyl alcohol	1.805	nee	816	500	50	85	5	3	1.8	1	11
71-43-2	Benzene	1.681	ja	5	2.5	1	79	4	3	1.7	1	10
75-07-0	Acetaldehyde	4.272	niet meer	70	2.5	1	200	11	8	4	3	26
90-12-0	1-Methylnaphthalene	0.247	ja	0.001	0.15	0	12	0.6	0.5	0.2	0.1	1
91-20-3	Naphthalene	0.541	ja	0.001	0.15	0	25	1.4	1	0.5	0	3
91-57-6	2-methylnaphthalene	0.206	ja	0.001	0.15	0	10	0.5	0.4	0.2	0.1	1
95-47-6	O-xylene	0.166	niet meer	-	500	50	8	0.4	0.3	0.2	0.1	1
98-82-8	Isopropylbenzene	0.003	ja	870	500	50	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	C10 aromatics	0.656	-	-	-	-	31	1.7	1	0.7	0.4	4
	Unknown C11 aromatics	0.324	-	-	-	-	15	0.8	1	0.3	0.2	2
100-52-7	Benzaldehyde	0.470	nee	-	100	20	22	1.2	1	0.5	0.3	3
103-65-1	N-propylbenzene	0.053	nee	-	500	50	2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3
104-87-0	p-Tolualdehyde	0.048	nee	-	-	-	2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3
106-98-9	1-butene	1.754	nee	-	-	-	82	5	3	1.8	1	11
107-22-2	Glyoxal	1.816	nee	0.0502	100	20	85	5	3	1.8	1	11
107-83-5	2-methylpentane	0.408	nee	-	-	-	19	1.1	1	0.4	0.2	2
108-67-8	1,3,5-trimethylbenzene	0.054	nee	-	-	-	3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3
109-66-0	N-pentane	0.198	nee	-	500	50	9	0.5	0.4	0.2	0.1	1
109-67-1	1-pentene	0.276	nee	-	-	-	36	2.0	1	0.8	0.5	5
110-62-3	Valeraldehyde	0.245	nee	-	-	-	11	0.6	0.5	0.2	0.1	1
111-65-9	N-octane	0.062	nee	-	500	50	3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.4
111-66-0	1-octene	0.276	nee	-	-	-	13	0.7	1	0.3	0.2	2
111-84-2	N-nonane	0.062	nee	-	-	-	3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.4
1120-21-4	N-undecane	0.444	nee	-	-	-	21	1.1	1	0.4	0.3	3
112-31-2	Decanal	5.843	nee	-	-	-	274	15	11	6	3	35
112-40-3	N-dodecane	0.462	nee	-	-	-	22	1.2	1	0.5	0.3	3
115-07-1	Propylene	4.534	nee	-	-	-	213	12	9	5	3	27
123-72-8	Butyraldehyde	0.119	nee	-	500	50	6	0.3	0.2	0.1	0.1	1
124-11-8	1-nonene	0.246	nee	-	-	-	12	0.6	0.5	0.2	0.1	1
124-18-5	N-decane	0.320	nee	-	-	-	15	0.8	1	0.3	0.2	2
142-82-5	N-heptane	0.064	nee	-	500	50	3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.4
25339-56-4	Heptene	0.438	nee	-	-	-	21	1.1	1	0.4	0.3	3
28804-88-8	Dimethyl naphthalene	0.090	nee	?	-	-	4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.5
4050-45-7	Trans-2-hexene	0.030	nee	-	-	-	1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2
4170-30-3	Crotonaldehyde	1.033	ja	0.00436	0.15	0	48	2.7	2	1	1	6
513-35-9	2-methyl-2-butene	0.185	nee	-	-	-	9	0.5	0.3	0.2	0.1	1
526-73-8	1,2,3-trimethylbenzene	0.106	nee	-	-	-	5	0.3	0.2	0.1	0.1	1
529-20-4	o-Tolualdehyde	0.230	nee	-	-	-	11	0.6	0.4	0.2	0.1	1
544-76-3	Hexadecane	0.049	nee	-	-	-	2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3
563-45-1	3-methyl-1-butene	0.112	nee	-	-	-	5	0.3	0.2	0.1	0.1	1
563-46-2	2-methyl-1-butene	0.140	nee	-	-	-	7	0.4	0.3	0.1	0.1	1
590-18-1	Cis-2-butene	0.210	nee	-	-	-	10	0.5	0.4	0.2	0.1	1
590-86-3	Isovaleraldehyde	0.032	nee	-	-	-	2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2
592-41-6	1-hexene	0.736	nee	-	-	-	35	1.9	1	0.7	0.4	4
611-14-3	1-Methyl-2-ethylbenzene	0.065	nee	-	-	-	3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.4
620-14-4	1-Methyl-3-ethylbenzene	0.154	nee	-	500	50	7	0.4	0.3	0.2	0.1	1
620-23-5	m-Tolualdehyde	0.278	nee	-	-	-	13	0.7	1	0.3	0.2	2
622-96-8	1-Methyl-4-ethylbenzene	0.064	nee	-	-	-	3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.4
627-20-3	Cis-2-pentene	0.276	nee	-	-	-	13	0.7	1	0.3	0.2	2
629-50-5	N-tridecane	0.535	nee	-	-	-	25	1.4	1	0.5	0.3	3
629-59-4	Tetradecane	0.416	nee	-	-	-	20	1.1	1	0.4	0.2	3
629-62-9	Pentadecane	0.173	nee	-	-	-	8	0.4	0	0.2	0.1	1
629-78-7	Heptadecane	0.009	nee	-	-	-	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
646-04-8	Trans-2-pentene	0.359	nee	-	-	-	17	0.9	1	0.4	0.2	2
67-64-1	Acetone	0.369	nee	-	500	50	17	1.0	1	0.4	0.2	2
691-37-2	4-methyl-1-pentene	0.069	nee	-	-	-	3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.4
74-84-0	Ethane	0.521	nee	-	-	-	24	1.3	1	0.5	0.3	3
74-85-1	Ethylene	15.461	nee	-	500	50	725	40	29	15	9	93
74-86-2	Acetylene	3.939	nee	-	500	50	185	10	7	4	2	24
74-98-6	Propane	0.078	nee	-	-	-	4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.5
763-29-1	2-methyl-1-pentene	0.034	nee	-	-	-	2	0.1	0.1	0.0	0.0	0
78-85-3	2-methyl-2-propenal	0.429	nee	-	-	-	20	1.1	0.8	0.4	0.3	3
78-98-8	Methylglyoxal	1.503	nee	-	-	-	70	4	3	1.5	1	9
82107-89-9	Dodecal	2.921	nee	-	-	-	137	8	6	2.9	2	18
872-05-9	1-decene	0.185	nee	-	500	50	9	0.5	0	0.2	0.1	1
95-63-6	1,2,4-trimethylbenzene	0.350	-	-	-	-	16	0.9	1	0.3	0.2	2
N/A	C10 Olefins	5.843	-	-	-	-	274	15	11	6	3	35
N/A	C10 Paraffins	14.606	-	-	-	-	685	38	28	15	9	88
N/A	C14 Branched alkane	0.186	-	-	-	-	9	0.5	0.4	0.2	0.1	1
N/A	C15 Branched alkane	0.177	-	-	-	-	8	0.5	0.3	0.2	0.1	1
N/A	C16 Branched alkane	0.146	-	-	-	-	7	0.4	0.3	0.1	0.1	1
N/A	C-18 Compounds	0.002	-	-	-	-	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ZZS geel gemarkeerd

Datum
10 Mei 2023

Onze referentie
100345197_2

Blad
19/19

Annex 6: VOS emissies Rotterdam airport 2019

CAS-nr	Stof	Gewichts %	ZZS	MTR-lucht (µg/m3)	Grensmassa- stroom (g/uur)	Grenswaarde (mg/Nm3)	Emissie (kilogram/jaar)					Massa- stroom (g/uur)
							Idle	APU	Approach	Climb-out	Take-off	
100-41-4	Ethylbenzene	0.174	nee	-	500	50	18	1	1	0.3	0.5	2
100-42-5	Styrene	0.309	niet meer	900	500	50	32	1	3	1	1	4
106-99-0	1,3-butadiene	1.687	ja	3	2.5	1	177	7	14	3	4	23
107-02-8	Acrolein	2.449	nee	0.5	100	20	257	10	21	4	6	34
108-38-3; 106-42-3	M & p-xylene	0.282	nee	-	500	50	30	1	2	0.5	1	4
108-88-3	Toluene	0.642	nee	400	500	50	67	3	5	1	2	9
108-95-2	Phenol	0.726	nee	20	100	20	76	3	6	1	2	10
123-38-6	Propionaldehyde	0.727	nee	-	500	50	76	3	6	1	2	10
50-00-0	Formaldehyde	12.310	ja	10	2.5	1	1290	48	104	20	32	171
67-56-1	Methyl alcohol	1.805	nee	816	500	50	189	7	15	3	5	25
71-43-2	Benzene	1.681	ja	5	2.5	1	176	7	14	3	4	23
75-07-0	Acetaldehyde	4.272	niet meer	70	2.5	1	448	17	36	7	11	59
90-12-0	1-Methylnaphthalene	0.247	ja	0.001	0.15	0	26	1	2	0.4	1	3
91-20-3	Naphthalene	0.541	ja	0.001	0.15	0	57	2	5	1	1	7
91-57-6	2-methylnaphthalene	0.206	ja	0.001	0.15	0	22	1	2	0	1	3
95-47-6	O-xylene	0.166	niet meer	-	500	50	17	1	1	0.3	0.4	2
98-82-8	Isopropylbenzene	0.003	ja	870	500	50	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	C10 aromatics	0.656	-	-	-	-	69	3	6	1	2	9
	Unknown C11 aromatics	0.324	-	-	-	-	34	1	3	1	1	4
100-52-7	Benzaldehyde	0.470	nee	-	100	20	49	2	4	1	1	7
103-65-1	N-propylbenzene	0.053	nee	-	500	50	6	0.2	0.4	0.1	0.1	1
104-87-0	p-Tolualdehyde	0.048	nee	-	-	-	5	0.2	0.4	0.1	0.1	1
106-98-9	1-butene	1.754	nee	-	-	-	184	7	15	3	5	24
107-22-2	Glyoxal	1.816	nee	0.0502	100	20	190	7	15	3	5	25
107-83-5	2-methylpentane	0.408	nee	-	-	-	43	2	3	1	1	6
108-67-8	1,3,5-trimethylbenzene	0.054	nee	-	-	-	6	0.2	0.5	0.1	0.1	1
109-66-0	N-pentane	0.198	nee	-	500	50	21	1	2	0	1	3
109-67-1	1-pentene	0.776	nee	-	-	-	81	3	7	1	2	11
110-62-3	Valeraldehyde	0.245	nee	-	-	-	26	1	2	0.4	1	3
111-65-9	N-octane	0.062	nee	-	500	50	6	0	1	0.1	0.2	1
111-66-0	1-octene	0.276	nee	-	-	-	29	1	2	0.5	1	4
111-84-2	N-nonane	0.062	nee	-	-	-	6	0.2	1	0.1	0.2	1
1120-21-4	N-undecane	0.444	nee	-	-	-	47	2	4	1	1	6
112-31-2	Decanal	5.843	nee	-	-	-	612	23	49	10	15	81
112-40-3	N-dodecane	0.462	nee	-	-	-	48	2	4	1	1	6
115-07-1	Propylene	4.534	nee	-	-	-	475	18	38	8	12	63
123-72-8	Butyraldehyde	0.119	nee	-	500	50	12	0.5	1	0.2	0.3	2
124-11-8	1-nonene	0.246	nee	-	-	-	26	1	2	0.4	1	3
124-18-5	N-decane	0.320	nee	-	-	-	34	1	3	1	1	4
142-82-5	N-heptane	0.064	nee	-	500	50	7	0.3	1	0.1	0.2	1
25339-56-4	Heptene	0.438	nee	-	-	-	46	2	4	1	1	6
28804-88-8	Dimethyl naphthalene	0.090	nee	?	-	-	9	0.4	1	0.1	0.2	1
4050-45-7	Trans-2-hexene	0.030	nee	-	-	-	3	0.1	0.3	0.0	0.1	0
4170-30-3	Crotonaldehyde	1.033	ja	0.00436	0.15	0	108	4	9	2	3	14
513-35-9	2-methyl-2-butene	0.185	nee	-	-	-	19	1	2	0.3	0.5	3
526-73-8	1,2,3-trimethylbenzene	0.106	nee	-	-	-	11	0	1	0.2	0.3	1
529-20-4	o-Tolualdehyde	0.230	nee	-	-	-	24	1	2	0.4	1	3
544-76-3	Hexadecane	0.049	nee	-	-	-	5	0.2	0.4	0.1	0.1	1
563-45-1	3-methyl-1-butene	0.112	nee	-	-	-	12	0	1	0.2	0.3	2
563-46-2	2-methyl-1-butene	0.140	nee	-	-	-	15	1	1	0.2	0.4	2
590-18-1	Is-2-butene	0.210	nee	-	-	-	22	1	2	0.3	1	3
590-86-3	Isovaleraldehyde	0.032	nee	-	-	-	3	0.1	0.3	0.1	0.1	0
592-41-6	1-hexene	0.736	nee	-	-	-	77	3	6	1	2	10
611-14-3	1-Methyl-2-ethylbenzene	0.065	nee	-	-	-	7	0.3	1	0.1	0.2	1
620-14-4	1-Methyl-3-ethylbenzene	0.154	nee	-	500	50	16	1	1	0.3	0	2
620-23-5	m-Tolualdehyde	0.278	nee	-	-	-	29	1	2	0.5	1	4
622-96-8	1-Methyl-4-ethylbenzene	0.064	nee	-	-	-	7	0.3	1	0.1	0.2	1
627-20-3	Is-2-pentene	0.276	nee	-	-	-	29	1	2	0.5	1	4
629-50-5	N-tridecane	0.535	nee	-	-	-	56	2	4	1	1	7
629-59-4	Tetradecane	0.416	nee	-	-	-	44	2	3	1	1	6
629-62-9	Pentadecane	0.173	nee	-	-	-	18	1	1	0.3	0.4	2
629-78-7	Heptadecane	0.009	nee	-	-	-	1	0.0	0.1	0.0	0.0	0
646-04-8	Trans-2-pentene	0.359	nee	-	-	-	38	1	3	1	1	5
67-64-1	Acetone	0.369	nee	-	500	50	39	1	3	1	1	5
691-37-2	4-methyl-1-pentene	0.069	nee	-	-	-	7	0.3	1	0.1	0.2	1
74-84-0	Ethane	0.521	nee	-	-	-	55	2	4	1	1	7
74-85-1	Ethylene	15.461	nee	-	500	50	1620	60	130	26	40	214
74-86-2	Acetylene	3.939	nee	-	500	50	413	15	33	7	10	55
74-98-6	Propane	0.078	nee	-	-	-	8	0.3	1	0.1	0.2	1
763-29-1	2-methyl-1-pentene	0.034	nee	-	-	-	4	0.1	0.3	0.1	0.1	0
78-85-3	2-methyl-2-propenal	0.429	nee	-	-	-	45	2	4	1	1	6
78-98-8	Methylglyoxal	1.503	nee	-	-	-	158	6	13	2	4	21
82107-89-9	Dodecal	2.921	nee	-	-	-	306	11	25	5	8	40
872-05-9	1-decene	0.185	nee	-	500	50	19	1	2	0.3	0.5	3
95-63-6	1,2,4-trimethylbenzene	0.350	-	-	-	-	37	1	3	1	1	5
N/A	C10 Olefins	5.843	-	-	-	-	612	23	49	10	15	81
N/A	C10 Paraffins	14.606	-	-	-	-	1531	57	123	24	38	202
N/A	C14-Branches alkane	0.186	-	-	-	-	19	1	2	0.3	0.5	3
N/A	C15-Branches alkane	0.177	-	-	-	-	19	1	1	0.3	0.5	2
N/A	C16 Branches alkane	0.146	-	-	-	-	15	1	1	0.2	0.4	2
N/A	C-18 Compounds	0.002	-	-	-	-	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ZZS geel gemarkeerd