**Mobility & Built Environment**
Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

**TNO-rapport**

**TNO 2023 R10480**

# Verkenning van opties voor reductie van $NO_X$-emissies door het wegverkeer en mobiele machines

| | |
|---|---|
| Datum | 17 maart 2023 |
| Auteur(s) | Luuk Meijer, Pim van Mensch, Norbert E. Ligterink |
| Exemplaarnummer | 2023-STL-RAP-100348677 |
| Aantal pagina's | 33 (incl. bijlagen) |
| Aantal bijlagen | 2 |
| Opdrachtgever | Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat<br>Postbus 20901<br>2500 EX DEN HAAG |
| Projectnaam | IenW Taakfinanciering 2023 MaVe |
| Projectnummer | 060.53666 |

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2023 TNO

# Samenvatting

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft TNO gevraagd om een overzicht op te stellen van mogelijke stikstof reducerende maatregelen voor het wegverkeer en mobiele werktuigen. Het gaat hierbij om opties die op termijn van twee à drie jaar kunnen worden ingevoerd. In dit rapport worden deze opties kort beschreven, waarbij, waar mogelijk, een reductiepotentieel van $NO_x$ wordt uitgewerkt. Voor de opties is kwalitatief geanalyseerd hoe complex de implementatie van de specifieke mogelijke maatregel wordt ingeschat, wanneer dit mogelijk is voor TNO.

De geanalyseerde maatregelen kunnen grofweg in drie categorieën worden ingedeeld:

- milieuzones en lokale maatregelen;
- nationale en fiscale maatregelen;
- maatregelen rondom mobiele werktuigen.

In onderstaande tabel is een overzicht weergegeven van het reductiepotentieel per mogelijke maatregel.

Tabel 1: Overzichtstabel van benoemde maatregelen (waar reductiepotentieel is gegeven) in het rapport

| **Optie voor middellange termijn stikstofreductie** | **Reductie-potentieel $NO_x$- emissies (kton per jaar)** |
|---|---|
| **Milieuzones en lokale maatregelen** | |
| Milieuzone lichte dieselauto's Euro6d | 0,28 (2025)<br>0,17 (2030) |
| Milieuzone bestelwagens Euro 6 | |
| Uitbreiden milieuzone zwaar wegverkeer Euroklasse VI | |
| **Nationale en fiscale maatregelen** | |
| Verlaging maximum snelheid in avond en nacht naar 100 km/u | 0,6 (2020)<br>0,2 (2030) |
| Algemene periodieke keuring | Benzine 0,5 (2024)<br>Benzine 3,0 (2030)<br>Diesel 0,04 (2025)<br>Diesel 0,2 (2030) |
| Verhoging fijnstoftoeslag oude diesels – Personenauto's | 0,15 (2025)<br>0,05 (2030) |
| Verhoging fijnstoftoeslag oude diesels – Bestelauto's | 0,50 (2025)<br>0,20 (2030) |
| Stikstoftoeslag MRB | 0,5 (2025)<br>1,0 (2030) |
| Verhogen dieselaccijns | 0,0 - 0,5 (2030) |
| **Mobiele werktuigen** | |
| Schoon bouwen z controle van inzet en emissies bouwwerktuigen Level 1 | 0,3 – 1,5 (2025)<br>0,1 – 1,3 (2030) |
| Schoon bouwen zonder/met controle van inzet en emissies bouwwerktuigen Level 2 | 0,3 – 1,6 (2025)<br>0,2 – 1,4 (2030) |

| | |
|---|---|
| Schoon bouwen zonder/met controle van inzet en emissies bouwwerktuigen Level 3 | 0,8 – 2,8 (2025)<br>0,6 – 2,4 (2030) |
| Verminderen stationair draaien | 0,48 (2025)<br>0,56 (2030) |
| Uitbreiden subsidie bouwmachines | 0,51 kton/jaar per 100 miljoen (SCR retrofit) (2025)<br>0,10 kton/jaar per 100 miljoen (elektrisch) (2025) |

Zoals te zien in de tabel, zijn er een flink aantal mogelijke maatregelen die $NO_x$ kunnen reduceren. Met één individuele maatregel, te weten controle van de inzet en emissie van bouwwerktuigen, kan tot 2,0 kton $NO_x$ per jaar worden gereduceerd. Een combinatie van maatregelen die zijn opgesomd in dit rapport, als extra beleid boven op de autonome reductie van voer- en werktuigen, kan een verder substantieel additioneel effect hebben op de $NO_x$-reductie door voertuigen en mobiele werktuigen.

De in deze rapportage gebruikte getallen en bijbehorende berekeningen zijn gebaseerd op de wettelijk vastgestelde cijfers door de Rijksoverheid voor luchtkwaliteit en stikstofdepositie (zie link: Hoe kan ik als onderzoeker luchtvervuiling berekenen? | Rijksoverheid.nl)'.

# Inhoudsopgave

**Samenvatting** ..... **2**

**1 Inleiding** ..... **5**
1.1 Relevantie ..... 5
1.2 Methodes ..... 7
1.3 Leeswijzer ..... 7

**2 Milieuzones en lokale verkeersmaatregelen** ..... **8**
2.1 Milieuzone lichte dieselauto's Euro 6d (personen- en bestelwagens) ..... 8
2.2 Milieuzone bestelwagens Euro 6 ..... 9
2.3 Uitbreiden milieuzone zwaar wegverkeer Euroklasse VI ..... 10
2.4 Lokale verkeersmaatregelen ..... 11

**3 Nationale en Fiscale Maatregelen** ..... **14**
3.1 Uitbreiding snelheidsverlaging naar 100 km/u op snelwegen ..... 14
3.2 Uitbreiding handhaving defecte en gemanipuleerde AdBlue systemen naar bestelauto's ..... 14
3.3 Algemene periodieke keuring ..... 15
3.4 Verhoging fijnstoftoeslag oude diesels ..... 16
3.5 Stikstoftoeslag in de MRB, als toevoeging op de Fijnstoftoeslag ..... 17
3.6 (Aanpassing) youngtimer lease ..... 18
3.7 Verhogen dieselaccijns ..... 19
3.8 Autobelastingen in relatie tot import ..... 20

**4 Mobiele werktuigen** ..... **21**
4.1 Elektrificatie van mobiele machines ..... 21
4.2 Schoon bouwen en controle van inzet en emissies bouwwerktuigen ..... 22
4.3 Vermindering stationair draaien ..... 24
4.4 Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) ..... 24
4.5 Uitbreiden subsidie bouwmachines ..... 25
4.6 Milieuzone voor mobiele werktuigen ..... 26
4.7 Aanpak emissie koelgeneratoren wegverkeer ..... 27

**5 References** ..... **29**

**6 Ondertekening** ..... **30**

**Bijlage(n)**
A Achtergrondinformatie
B Emissiefactoren

# 1 Inleiding

Dit rapport geeft een overzicht van mogelijke stikstof reducerende maatregelen[1] voor het wegverkeer en mobiele werktuigen. Voor een deel is deze informatie afkomstig uit eerdere TNO studies. In het rapport worden maatregelen en opties voor verder beleid beknopt beschreven en is het reductiepotentieel per maatregel samengevat. Waar mogelijk is ook kwalitatief beschreven wat voor inspanning er vereist is voor het invoeren van de beschreven opties voor verdere stikstofreductie en op welke termijn dat mogelijk is.

In de totale $NO_x$-uitstoot heeft het wegverkeer een grotere bijdrage dan de mobiele werktuigen, maar beide zijn relevant (zie Figuur 1 en Tabel 2). De autonome verjonging van de vloot zorgt (en heeft gezorgd, zie Figuur 1) voor emissiereducties, zowel voor de mobiele werktuigen als voor het wegverkeer. Bij mobiele werktuigen zijn er echter ook categorieën (machines met een motorvermogen onder de 56 kW of boven de 560 kW) waar de $NO_x$-emissies nauwelijks dalen vanwege zeer milde emissie-eisen. De overige machines (tussen de 56 en 560 kW) verschonen nog wel gedeeltelijk verder. Dit is ‘gedeeltelijk’ omdat een deel van machines ondertussen al van de schoonste variant zijn (Stage IV en V). Dit laatste argument geldt ook voor de Euro VI vrachtwagens. De categorie bestelwagens zal nog flink verder verschonen vanwege de intrede van Euro-6d in 2017.

De focus van dit rapport is nadrukkelijk op maatregelen die op middellange termijn (2023 – 2026) getroffen kunnen worden en die tot 2030 stikstofreductie kunnen opleveren. In dit rapport zijn toekomstige maatregelen die op langere termijn (kunnen) worden getroffen buiten beschouwing gelaten, zoals ‘betalen-naar-gebruik’ of grootschalige elektrificatie in het wegverkeer. In dit rapport ligt de focus op stikstofemissies uit de uitlaat in het wegverkeer (personenauto’s, bestelauto’s en vrachtwagens) en mobiele werktuigen (bijvoorbeeld graafmachines, tractoren en hijskranen). Het effect op andere emissies zoals $CO_2$ of fijnstof is buiten beschouwing gelaten. Daarnaast focust het rapport op directe uitstoot, en niet op de vertaling naar stikstofdepositie.

## 1.1 Relevantie

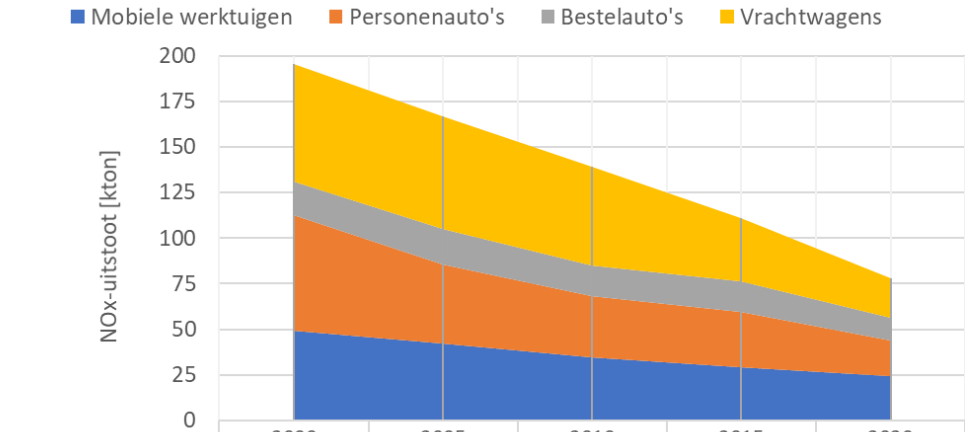
Meetonderzoek naar de $NO_x$ uitstoot van voertuigen laat zien dat Euro-5 diesel personenauto’s en bestelauto’s een grote bron zijn, waarvoor schonere Euro-6 en veel schonere Euro-6d en elektrische alternatieven nu al beschikbaar zijn. Dat maakt het dus mogelijk om nu maatregelen te nemen die de uitstroom van de voor $NO_x$ zeer vieze Euro-5 (bouwjaren 2010-2016) en nog oudere dieselvoertuigen versnellen, zodat daarvoor in de plaats schonere varianten kunnen instromen. Een voorbeeld van dergelijke maatregelen is een stikstoftoeslag op de motorrijtuigenbelasting (MRB) voor dieselvoertuigen met hoge $NO_x$ uitstoot.

[1] Onder stikstof reductie in de mobiliteit wordt verstaan het verminderen van NOx uitstoot uit de uitlaat. Het neerslaan van $NO_x$ in gevoelige gebieden draagt bij aan stikstofproblematiek.

Het onderscheid tussen de laatste generatie benzine- en dieselvoertuigen en elektrische voertuigen is voor $NO_x$ beperkt relevant, maar vooral een klimaatmaatregel. Het sterk sturen op klimaatbeleid, met beperkte aandacht voor oudere voertuigen, heeft de laatste jaren beperkt bijgedragen aan het reduceren van stikstofuitstoot. Het wagenpark is over de jaren heen relatief oud geworden, doordat men langer door blijft rijden in oudere voertuigen en beleid op nieuwe voertuigen wordt omzeild door import.[2] Stikstofbeleid voor voertuigen kan niet eenvoudig onder klimaatbeleid worden geschaard.

Er zijn specifieke groepen oudere dieselvoertuigen met disproportioneel hoge $NO_x$ uitstoot die, daar waar mogelijk, kunnen worden vervangen door beschikbare en betaalbare schonere alternatieven, die voorhanden zijn. Voor nieuwe voertuigen is er Europees bronbeleid, zoals het voorstel voor Euro-7 emissiestandaarden. Dit staat los van de Europese $CO_2$ targets van wegverkeer.

In Tabel 2 is een overzicht weergegeven van de totale $NO_x$-uitstoot in de emissieregistratie voor het jaar 2021. Dit zijn de meest recente openbare getallen vanuit de Emissieregistratie. Om een beeld te geven van de ontwikkelingen over tijd, zijn de beschikbare getallen vanaf 2000 per emissiebron weergegeven in Figuur 1 hieronder.




| | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|
| Vrachtwagens | 64,2 | 61,8 | 54,1 | 34,6 | 21,2 |
| Bestelauto's | 18,7 | 19,1 | 17,1 | 16,6 | 12,9 |
| Personenauto's | 63,0 | 43,3 | 33,3 | 30,2 | 19,6 |
| Mobiele werktuigen | 49,4 | 42,3 | 34,8 | 29,3 | 24,1 |

Figuur 1: Verloop $NO_x$-emissies per emissiebron over tijd (emissieregistratie.nl).

[2] Schoon wagenpark vraagt om meer naast stekkersubsidie. Milieu en klimaat zijn gebaat bij doelgerichte autobelastingen voor het gehele wagenpark, TNO whitepaper 2021. https://www.tno.nl/nl/newsroom/2021/09/schoon-wagenpark-vraagt-naast/

Tabel 2: Overzicht stikstofemissie in het wegverkeer en van mobiele werktuigen 2021 (emissieregistratie.nl)

| **Sector** | **Deel sector** | **$NO_x$-uitstoot 2021 [kton]** | **$NH_3$-uitstoot 2021 [kton]** |
|---|---|---|---|
| Wegverkeer | Personenauto's | 19,1 | 3,2 |
| | Lichte bedrijfsvoertuigen | 12,1 | 0,2 |
| | Zware bedrijfsvoertuigen | 21,2 | 0,6 |
| | Motorfietsen en bromfietsen | 1,1 | 0,01 |
| | Autobussen | 0,9 | 0,002 |
| | Koelaggregaten op zware bedrijfsvoertuigen[3] | 4,4 | 0,0006 |
| Mobiele werktuigen[4] | Bouw | 9,5 | 0,1 |
| | Landbouw | 7,7 | |
| | Overig | 5,8 | |

## 1.2 Methodes

In dit rapport wordt een overzicht geboden van opties voor stikstof reducerende maatregelen waar in de afgelopen jaren onderzoek naar is gedaan door TNO. Er wordt een korte beschrijving gegeven van de inhoud van de mogelijke maatregel, waarna wordt geformuleerd hoeveel $NO_x$ hiermee gereduceerd kan worden. Waar mogelijk, is op basis van beschikbare informatie, ingegaan op de complexiteit voor implementatie.

Voor het in dit rapport beschreven onderzoek dient benadrukt te worden dat dit is gebaseerd op "expert judgement" en de aangegeven emissiereducties slechts indicatief zijn.

## 1.3 Leeswijzer

Het rapport is onderverdeeld in drie hoofstukken. Hoofstuk 2 beschrijft lokale maatregelen zoals milieuzones en verkeersmaatregelen. Hoofdstuk 3 bevat maatregelen op nationale schaal. Hoofdstuk 4 heeft betrekking op mobiele werktuigen in de bouwsector.

[3] Koelgeneratoren worden in de emissieregistraties opgenomen als onderdeel van het wegverkeer, waar het volgens verschillende wetgevingen wordt geschaard onder de mobiele werktuigen. Maatregelen om emissies van deze koelgeneratoren te reduceren worden besproken in het hoofdstuk 'mobiele werktuigen'.

[4] De basiscijfers die als input voor deze berekeningen zijn gebruikt zijn ondertussen geupdatet. Uit de update van de basiscijfers blijkt dat de $NO_x$ emissies voor het totale park substantieel hoger zijn dan eerder ingeschat. Dit heeft ook invloed op de berekende uitkomsten (er is nog geen herberekening beschikbaar).

# 2 Milieuzones en lokale verkeersmaatregelen

Milieuzones zijn een bestaande maatregel waarvan de manier van uitvoering bekend is. De gemiddelde uitstoot van licht, middelzwaar en zwaar wegverkeer is niet representatief voor elk voertuig in die categorie. Er zijn voertuigen die tot ongeveer vijf keer meer bijdragen aan het totaal en een grote groep voertuigen die nauwelijks bijdraagt aan het totaal. Voor licht wegverkeer is ongeveer een vijfde van alle voertuigen verantwoordelijk voor meer dan de helft van alle $NO_x$-emissies. Dat zijn de dieselpersonenauto's van voor 2017 en diesel bestelauto's van voor 2018. In milieuzones in verschillende steden ging daar de aandacht naar uit. Een milieuzone Euro-5 voor bestelauto's in Rotterdam in 2009 is afgeblazen omdat de nieuwe Euro-5 bestelauto's niet schoner, maar in de praktijk mogelijk viezer waren dan de voorgangers.[5]

Tot 2017 is de $NO_x$-uitstoot van diesel personen- en bestelauto's nauwelijks gedaald. Dit is sinds het dieselschandaal aan het licht gekomen. Voor die tijd lieten studies gebaseerd op wettelijke limieten het uitblijven van deze daling niet zien. Het dieselschandaal, en Europese wetgeving die rond die tijd is ontwikkeld, heeft na 2017 wel tot een substantiële uitstootdaling in de praktijk gezorgd.

## 2.1 Milieuzone lichte dieselauto's Euro 6d (personen- en bestelwagens)

Na een tijd van verschillende gemeentelijke regelingen, zoals in Amsterdam, Rotterdam, Utrecht, Den Haag, en Arnhem, voor milieuzones voor personenauto's, bestelauto's en bromfietsen, zijn er nu nationaal geharmoniseerde regelingen voor milieuzones. Bij de start van het geharmoniseerde systeem in 2020 konden gemeenten bij het weren van personen- en bedrijfsauto's die rijden op diesel, de grens leggen bij het toestaan vanaf Euroklasse 3 of Euroklasse 4. In 2025 zal de begrenzing komen te liggen bij Euroklasse 4 of Euroklasse 5. In het geharmoniseerde systeem gaat het weren van een bepaalde emissieklasse personenauto's verplicht samen met het weren van dezelfde emissieklasse bestelauto's.

Indien alleen de schoonste (Euro-6d) bestelauto's (vanaf 2020) en diesel personenauto's (vanaf 2019) zouden worden toegelaten, hebben alle lichte voertuigen, ook de benzineauto's, vergelijkbare $NO_x$-emissies in de orde van 20-30 mg/km met een warme motor, en ongeveer 700 mg $NO_x$ per koude start. Dit met uitzondering van de benzineauto's die rondrijden met een defecte katalysator.[6] Met de huidige aanname van één koude start per 7 kilometer, komt dat neer op ongeveer 120 mg/km. Dat is een derde van de huidige emissiefactoren. Een milieuzone Euro-6d voor alle lichte dieselvoertuigen zal de $NO_x$-emissies van het lichte wegverkeer binnen de milieuzone halveren (ervan uitgaande dat alle voertuigen aan de toegangseis voldoen). Indien ook oudere benzinevoertuigen (ouder dan 15 jaar) geweerd worden, zullen de $NO_x$-emissies ongeveer een derde zijn van het huidige niveau.

[5] Besluit luchtkwaliteit 2005, Brief Minister van VROM, Tweede Kamer, vergaderjaar 2008–2009, 30 175, nr. 82.

[6] Aanpak van hoge $NO_x$ emissies van oudere benzineauto's, TNO rapport 2022 R10397.

Met het hoge aandeel van de koude start emissies in het totaal zijn andere relevante maatregelen het reduceren van korte ritten en lang parkeren op plekken waar de uitstoot gereduceerd moet worden.

### *2.1.1 Reductiepotentieel $NO_x$*

Met 17.000 voertuigen per dag op een doorgaande weg, zijn de reducties van een Euro-6d milieuzone per kilometer weg 2 kilogram in de huidige situatie en met de additionele maatregel voor oudere benzineauto's (met verhoogd risico op defecte katalysatoren) 3 kilogram $NO_x$. Dat houdt in dat per km wegvak waarvoor de milieuzone geldt, er per jaar 720 tot 1080 kg $NO_x$ wordt gereduceerd.

Deze reducties gelden voor het milieuzonegebied. Dit is niet direct te vertalen naar een landelijk effect, omdat de geweerde voertuigen nog wel elders kunnen worden ingezet.

## 2.2 Milieuzone bestelwagens Euro 6

De voorgaande paragraaf betreft een milieuzone voor zowel personenwagens als bestelwagens, waarbij alleen de meest schone varianten worden toegestaan. Deze paragraaf betreft alleen bestelwagens, met een variant die strenger is dan de geharmoniseerde regels, maar minder streng dan de variant in paragraaf 2.1.

In de huidige (geharmoniseerde) regels wordt slechts een heel klein deel van de bestelauto's uitgesloten, met vooral fijnstofreductie, maar nauwelijks reductie van $NO_x$. Met de huidige regelgeving, waarbij maximaal tot Euro 3 geweerd kan worden, is het effect op een drukke stadsweg (ca. 2000 bestelwagens) onder de 0,1 kg per dag over een wegvak van 1 kilometer. Dit is op basis van de verschuiving van Euro-3 en ouder naar Euro-4 en nieuwer, uitgaande van een gemiddelde vlootsamenstelling zoals bekend vanuit zichtjaar 2021. De reductie is afhankelijk van de hoeveelheid congestie (bij meer congestie neemt de reductie toe). Voor latere zichtjaren – waar het aandeel Euro 4, 5, 6 al groter is – zal het effect dalen. Voor dezelfde milieuzone voor personenauto's zit de reductie in dezelfde orde van grootte.

Indien er tot en met Euro 4 geweerd zou mogen worden gaat het effect voor bestelwagens richting de 0,2 kg per dag over een wegvak van 1 kilometer (zichtjaar 2021, en zelfde uitgangspunten als hierboven).

De zero emissie zone maakt het mogelijk om alle bestelauto's, behalve zero-emissie voertuigen uit te sluiten (vanaf 2025, met bijbehorende overgangsregelingen). Wat ontbreekt is een tussenoplossing, die op kortere termijn kan worden ingezet, omdat sinds 2017 bestelauto's sterk zijn verschoond. Met ca. 35% van alle $NO_x$-emissies van licht wegverkeer afkomstig van bestelauto's zijn maatregelen die toegang weigeren aan bestelauto's van voor 2017 (Euro-5 en eerder) effectief om $NO_x$-emissies te reduceren. Bij het weren tot en met Euro 5 (geen onderdeel van de huidige regelgeving rondom milieuzonering) is het effect ca. 1 kg per dag over een wegvak van 1 kilometer (zelfde uitgangspunten als hiervoor). Bij een nog strengere variant, waarbij alleen de tweede generatie Euro 6 (vanaf 2020) mag worden toegelaten zal het effect verder toenemen. Bij volledig uitstootvrij gaat dit naar ca. 1,8 kg per dag over een wegvak van 1 kilometer (zelfde uitgangspunten als hiervoor).

Deze reducties gelden voor het milieuzonegebied. Dit is niet direct te vertalen naar een landelijk effect, omdat de geweerde voertuigen nog wel elders kunnen worden ingezet.

## 2.3 Uitbreiden milieuzone zwaar wegverkeer Euroklasse VI

Sinds 2009 geldt er een landelijke regeling voor milieuzone vrachtverkeer (toestaan vanaf Euroklasse IV). In de eerste jaren was deze redelijk effectief met reducties in de $NO_x$ emissies van vrachtverkeer in de stad van meer dan 10%. De laatste jaren is de milieuzone nog beperkt effectief, omdat het aandeel vrachtwagens van Euro III en ouder maar een klein deel van de vloot betreft. Voor vrachtauto's die rijden op diesel is in de geharmoniseerde nationale regelgeving vanaf 2022 een begrenzing bij Euroklasse VI ingesteld (indien gekozen wordt voor geen milieuzone, vervallen daarmee ook de bestaande milieuzones voor vrachtverkeer die vóór 2022 waren ingesteld). Deze nieuwe milieuzone voor vrachtwagens is in de huidige vorm wel weer effectief voor substantiële reducties van emissies. Er zijn echter wel diverse landelijke vrijstellingen[7] voor diverse typen vrachtauto's, waaronder: kraanwagens, hoogwerkers, betonmixers en betonpompen, dergelijke voertuigen worden in de bouwsector toegepast. Vanaf 2025 kunnen gemeentes ook een zero-emissiezone instellen voor stadslogistiek (bedrijfsmatige bestel- en vrachtauto's). Hierbij gelden nog wel overgangsregelingen (tot 2027/2027 voor bestelauto's en tot 2030 voor vrachtauto's.

Vanaf 1 januari 2022 mogen alleen Euro-VI vrachtwagens in de milieuzone.[8] Vrachtwagens die aan Euro-V of eerder voldoen zijn dan uitgesloten. Het effect van een dergelijke milieuzone is sterk afhankelijk van het aantal vrachtwagens op de weg. Afhankelijk van de locatie is dat in het algemeen tussen de 0.5% en de 5% van het totale verkeer. Bijvoorbeeld, rond distributiecentra is het aandeel vrachtverkeer hoger dan het gemiddelde aandeel in de stad.

Met 500 vrachtwagens op een drukke stadsweg per dag, is de reductie in emissies ca. 1 kg $NO_x$ per dag (in de huidige situatie), over een wegvak van 1 kilometer. Dit is op basis van de verschuiving van Euro-V en ouder naar Euro-VI, uitgaande van een gemiddelde vlootsamenstelling zoals bekend vanuit zichtjaar 2021. De reductie is afhankelijk van de hoeveelheid congestie en het aandeel middelzwaar versus zwaar wegverkeer. Voor latere zichtjaren – waar het aandeel Euro VI groter is – zal het effect dalen. De reductie van deze milieuzone, in een jaar voor één kilometer stadsweg met 500 vrachtauto's bedraagt ongeveer 300 kg $NO_x$.

### *2.3.1 Reductiepotentieel $NO_x$*

In het TNO rapport (TNO R10450, 2021) is het effect van invoering en aanscherping aan 44 milieu zones in de grootste gemeentes (G44) doorgerekend voor de bebouwde kom. In 2021 waren er in 13 gemeenten in Nederland milieuzones voor vrachtwagens met een Euroklasse 4 of lager. Met de transportsector is afgesproken dat de milieuzones vanaf 2022 worden aangescherpt naar Euroklasse 6. Deze milieuzones kunnen worden uitgebreid naar andere gemeentes. In onderstaande tabel is het effect van een dergelijke uitbreiding in een overzicht weergegeven.

[7] https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2019-398.html
[8] https://www.milieuzones.nl/vrachtautos

Deze reducties gelden voor het milieuzonegebied. Dit is niet direct te vertalen naar een landelijk effect, omdat de geweerde voertuigen nog wel elders kunnen worden ingezet.

Tabel 3: Inschatting $NO_x$-reductie (kton/jaar) bij aanscherping eisen milieuzones en uitbreiding naar de G44.

| | **2022** | **2025** | **2030** |
|---|---|---|---|
| Vrachtverkeer | 0,29 | 0,13 | 0,05 |
| Autobussen | 0,20 | 0,15 | 0,12 |
| **Totaal** | **0,49** | **0,28** | **0,17** |

## 2.4 Lokale verkeersmaatregelen

Lokale verkeersmaatregelen om de $NO_x$-emissies te reduceren komen in verschillende soorten voor (welke meestal een lokaal effect hebben). Ten eerste zijn er verkeersintensiteit reducerende maatregelen, zoals het verminderen van het aantal rijstroken, het aanbrengen van een knip zodat doorgaand verkeer niet van de route gebruik kan maken, of het verlagen van de snelheid om andere alternatieve modaliteiten aantrekkelijker te maken (TNO, 2018).

Ten tweede zijn er maatregelen om het wagenpark op de weg te verschonen. Dit zijn over het algemeen milieuzone maatregelen (zie vorige paragrafen), met de landelijke milieuzone voor vrachtwagens al tien jaar in gebruik. Daarnaast zijn er ook milieuzones voor licht wegverkeer, en vanaf 2025, ZE-milieuzones voor stadslogistiekverkeer. Alternatieve, of gecombineerde verschoningsmaatregelen hebben ook betrekking op sloop- en stimuleringsmaatregelen in een gegeven gebied, met alternatieven voor autobezit zoals een deelauto.

Ten derde zijn er doorstromingsmaatregelen om de uitstoot per gereden kilometer te verlagen. Dit wordt gedaan door stagnatie te voorkomen of te verplaatsen naar locaties met minder milieu-impact. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van VRI-systemen om verkeersstromen te doseren en hiermee stagnatie te verschuiven. Het aanleggen van extra wegen of rijstroken is geen optie; dit leidt vaak tot hogere verkeersintensiteiten en daarmee hogere totale uitstoot, ondanks de betere doorstroming.

Ten vierde zijn er maatregelen om (veelal doorgaand) verkeer van de directe of kortste route naar de ringweg te verplaatsen. Dit verplaatst echter vooral de uitstoot, in plaats van het reduceren van de uitstoot.

Daarnaast is het mogelijk om de snelheid op snelwegen te verlagen naar 80 of 100 km/u. Dit reduceert de $NO_x$-uitstoot van licht verkeer. Dit is zeker een impactvolle maatregel in combinatie met trajectcontroles. Dit beperkt immers de snelheid en motorbelasting, met een grote reductie van $NO_x$-emissies tot gevolg (TNO, 2017).

De gedetailleerde effecten van verkeersmaatregelen voor luchtconcentraties, blootstelling, en stikstofdepositie hangen samen met de specifieke omstandigheden op een locatie, zie hiervoor eveneens Bijlage A.

Nader onderzoek in de vorm van verkeerstellingen, verkeersmodellen, herkomst- en bestemmingsonderzoek, reistijden, afstanden en lengtes van wegen en tussen gebieden, en een verspreidings- en depositiemodel van de in kaart gebrachte emissies zijn noodzakelijk om een specifiek en gedetailleerd effect te bepalen voor een concrete situatie. Deze studie geeft alleen een schatting van de grootte van verwachte effecten. Een onbekende factor in dergelijke studies is het gedrag van mensen. In het geval van bestemmingsverkeer is een milieuzone-maatregel een gegeven in het aangewezen gebied, op ontheffingen en overtredingen na, maar uitstralingseffecten, keuze voor andere modaliteit, verplaatsing van bedrijvigheid in de buurt, aanschaf van nieuwere schonere voertuigen, routekeuze, etc. zijn onzekere factoren waarmee rekening gehouden moet worden. Ze kunnen effecten versterken of afzwakken. Bij wegen die tot hun capaciteit gevuld zijn in de spits wordt vooral verplaatsing van verkeer gezien, en wordt de wegcapaciteit weer gevuld.

De onderstaande effecten en hun reductiepotentieel zijn niet opgenomen in het overzicht in Tabel 1. In dit overzicht zijn enkel effecten van landelijke maatregelen opgenomen.

### *2.4.1 De snelheidslimiet op een snelweg direct nabij een specifieke locatie in de avond en nachts van 120/130 km/h naar 100 km/h*

Als de snelheid teruggebracht wordt van 120 of 130 km/u naar 100 km/u, reduceert dat tussen de 20% (120->100) en 28% (130->100) van de emissie per voertuig (dit effect geldt voor licht wegverkeer (personen- en bestelwagens). Voor toekomstige zichtjaren neemt dit effect af. Deze berekening is gebaseerd op de emissiefactoren voor het wegverkeer in Nederland[9]. De inschatting is dat buiten de venstertijden 06:00-19:00 ongeveer 15% van de totale kilometers door licht verkeer worden gereden op de snelweg. Daarmee komt de gemiddelde reductie per voertuigkilometer uit op 3% tot 4% per dag in de huidige situatie.

Met een gemiddelde van 5 ton $NO_x$-emissies door licht verkeer per jaar per snelwegkilometer, levert deze maatregel voor één kilometer snelweg ca. 0,15 ton (3% * 5 ton) in de huidige situatie.

### *2.4.2 De snelheidslimiet op een snelweg direct nabij een specifieke locatie van 100 km/h naar 80 km/h*

Afhankelijk van het niveau van handhaving, levert de snelheidsreductie van 100 km/h naar 80 km/h een $NO_x$-reductie op van 18% tot 24%, voor licht wegverkeer. Met 5 ton $NO_x$-uitstoot per kilometer per jaar van licht wegverkeer geeft dat een $NO_x$-reductie van 0,9 tot 1,2 ton per km in de huidige situatie. Deze reductie neemt af naar de toekomst.

### *2.4.3 Verminderen van stedelijk verkeer*

De $NO_x$-emissies van personenauto's en vrachtverkeer, binnen de bebouwde kom, zijn resp. 0,3 en 5 g/km.

[9] TNO en het PBL (Planbureau voor de Leefomgeving) berekenen jaarlijks een set emissiefactoren voor het huidige en toekomstige wegverkeer in Nederland. Deze emissiefactoren worden vastgesteld en voor eenduidig gebruik op de website van de Rijksoverheid gepubliceerd, genaamd 'Emissiefactoren voor snelwegen en niet-snelwegen', zie ook bijlage B.

Op drukke binnenstedelijke wegen, zoals ontsluitingswegen rijden per dag ongeveer 15.000 voertuigen (per jaar ongeveer 4 miljoen voertuigen). Met 3% vrachtverkeer, is dat per kilometer weg per jaar 1750 kg $NO_x$ bij het afsluiten van de betreffende weg of doorgaande route.

### *2.4.4 Reductiepotentieel*

De effecten van bovenstaande maatregelen zijn samenvattend weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Reductiepotentieel van verkeersmaatregelen en snelheidsverlaging in huidige situatie.

| **Maatregel** | **$NO_x$ reductie [%]** | **$NO_x$ reductie [ton/wegkm]** |
|---|---|---|
| 100 km/uur avond en nacht | 3% - 4% emissies licht verkeer op snelweg | 0,15 – 0,20 |
| 80 km/uur hele dag | 18% - 24% emissies licht verkeer op snelweg | 0,9 – 1,2 |
| Afsluiting weg binnen bebouwde kom voor al het verkeer | - | 1,8 |

# 3 Nationale en Fiscale Maatregelen

## 3.1 Uitbreiding snelheidsverlaging naar 100 km/u op snelwegen

In deze paragraaf wordt ingegaan op de uitbreiding van de 100 km/u limiet op alle snelwegen van 06:00 tot 19:00 naar het gehele etmaal. [10]

De uitbreiding van de 100 km/u limiet op alle snelwegen van 06:00 tot 19:00 naar het gehele etmaal is onderzocht en beschreven in (TNO R10450, 2021). Deze uitbereiding levert naar verwachting initieel ca. 0,6 kton $NO_X$ reductie (berekend voor 2020). Echter, uit nieuwe inzichten blijkt dat ongeveer 30% van alle kilometers gedurende de dag bij 100 km/h dynamische snelheidslimiet werd afgelegd, daarom zijn de oude emissiefactoren bij 120 km/h niet meer maatgevend voor de nieuwe situatie. Het effect van verlagen van 120 km/h naar 100 km/h is nu naar verwachting groter, maar hangt samen met de uiteindelijke bepaling van deze emissiefactoren. Deze reductie neemt vanwege de ingroei schonere voertuigen af naar ca. 0,2 kton $NO_X$ in 2030. Dit effect van snelheidsverlaging in de nacht is additioneel op het effect van de snelheidsverlaging overdag.

Tabel 5: Reductiepotentieel van een uitbereiding van de snelheidsverlaging naar de nacht in $NO_X$ kton/jaar.

| | **2020** | **2030** |
|---|---|---|
| Snelheidsverlaging ‘s nachts | 0,6 | 0,2 |

## 3.2 Uitbreiding handhaving defecte en gemanipuleerde AdBlue systemen naar bestelauto’s

Diverse schattingen in verschillende landen wijzen erop dat 5% tot 35% van de vrachtwagens rondrijdt met een afgeschakeld uitlaatgasnabehandelingssysteem (TNO R10644, 2020). Het uitlaatgasnabehandelingssysteem wordt uitgeschakeld of bij opgetreden defecten niet gerepareerd om met name te besparen op kosten.

Handhaving op AdBlue manipulatie wordt uitgevoerd en verder ontwikkeld door ILT, zoals is aangekondigd in de Kamerbrief van 23 januari 2020 (31209-222). Dit is een complex maar impactvol aspect aan het reduceren van AdBlue manipulatie en $NO_x$-uitstoot. Het verwachte reductiepotentieel door adequate handhaving op AdBlue manipulatie bij vrachtwagens is ca.2 kton in 2025.

### *3.2.1 Handhaving van SCR manipulatie uitbreiden naar bestelauto’s*

De Europese richtlijn 2014/46/EU staat lidstaten toe om in wegkantinspecties ook bestelauto’s mee te nemen. De bestelauto’s zijn binnen enkele jaren de grootste groep dieselvoertuigen met een SCR[11].

[10] Met een verdere snelheidsverlaging naar 80 km/u is een additionele $NO_x$-reductie te realiseren. Een constante snelheid van 80 km/h, zoals deze op de snelweg met een snelheidslimiet van 80 km/h en strenge handhaving bereikt wordt, is het meest gunstig voor lage emissies per gereden kilometer. Daadwerkelijke praktijkproeven in deze omstandigheden laten zien dat zelfs dieselauto’s met hoge emissies bij deze snelheid ongeveer de helft van de $NO_x$-uitstoot hebben als in alle andere omstandigheden. $NO_x$ emissions of eighteen diesel Light Commercial Vehicles, TNO rapport 2017 R11473 p.96.

[11] Selective catalytic reduction, nabehandelingssysteem voor stikstofreductie

Om die reden zijn deze voertuigen een risico voor hoge $NO_x$ uitstoot (bij manipulatie en/of het blijven rondrijden met defecte SCR). Controle op deze SCR op de weg lijkt op dit moment de enige effectieve methode om SCR problemen op te sporen.

## 3.3 Algemene periodieke keuring

In deze paragraaf wordt een verbetering van de controle van de emissies in de APK voor benzine en diesel personen- en bestelauto's voorgesteld.

### *3.3.1 APK benzine*

Oude benzinevoertuigen zonder goed werkende driewegkatalysator hebben een hogere stikstofuitstoot. De stikstof uitstoot kan in dat geval met een factor 10 toenemen. Uit een praktijktest met 50 voertuigen blijkt dat een klein deel (6%) van de benzine voertuigen met een niet goed werkende driewegkatalysator zorgt voor een groot aandeel (36%) van de $NO_x$-emissies. De huidige emissietesten tijdens de APK (algemene periodieke keuring) slagen er niet in om deze defecte nabehandelingssystemen effectief te detecteren.[12]

Voertuigen geregistreerd vanaf 1 januari 2006 hoeven nu geen emissietest te ondergaan als er geen emissie-gerelateerde foutcodes worden uitgelezen op de EOBD (emissie gerelateerd diagnostisch boordsysteem).

Als oplossing voor het opsporen van de meest ernstige problemen kan bijvoorbeeld worden gedacht aan;

- Herinvoeren van de emissietest voor voertuigen die nu beoordeeld worden op basis van de interne diagnose (OBD). In dit geval moet het voertuig zowel aan de huidige EOBD eisen in de APK, als de huidige emissietest in de APK voldoen.
- Het aanscherpen van de lambda-waarden
- Problemen detecteren aan de lambda-sonde van nieuwere voertuigen doormiddel van metingen in de uitlaat.
- Koude start testen met een vijfgastester.
- Eenmalige driewegkatalysator test na 160.000 km.
- Verhogen van levensduureisen en controle tot 200.000 km in Europees verband.

Daarnaast zijn er ook aanwijzingen dat een slechtwerkende regeling van een driewegkatalysator leidt tot verhoogde $NH_3$ emissies.

### *3.3.2 APK benzine reductiepotentieel*

In 2030 wordt de totale extra $NO_x$-uitstoot als gevolg van defecte benzinepersonenauto's geschat op 3 kton, ofwel 22% van de totale $NO_x$-uitstoot van personenauto's in 2030 (op basis van de emissieraming in de KEV2020) (TNO R10397v2, 2022).

Een combinatietest in de APK van EOBD en emissietest zal een beperkt deel van de defecte driewegkatalysatoren opsporen. Maar dit zijn waarschijnlijk wel de voertuigen met de hoogste $NO_x$-uitstoot (boven de 1 g/km). Wellicht kan invoering van een aparte emissietest en aparte OBD-uitlezing een reductie 0,5 kton $NO_x$ per jaar opleveren.

[12] Aanpak van hoge $NO_x$ emissies van oudere benzineauto's, TNO 2022 rapport R10397.

Dit is gebaseerd op een verwachte 100.000 benzineauto's met zeer hoge emissies waarvan een derde hersteld wordt vanwege de aangepaste APK test.

### *3.3.3 APK Diesel*

Bij een toekomstige uitbereiding van de APK kan een stikstofpotentieel gerealiseerd worden vanaf 2025. Vanaf Euro-6d kan OBD worden uitgelezen om te controleren of de SCR naar behoren werkt. Dat kan zorgen voor tijdig en goed herstel van defecten van het emissiebeheerssysteem.

Een diesel APK om de uitlaat emissies te controleren op een goed werkende SCR levert alleen een reductiepotentieel op bij voertuigen welke in de basis wel een goed werkende SCR hebben, dit geldt voor Euro 6d ofwel, voertuigen met een bouwjaar vanaf 2019, en bestelauto's vanaf 2020.

### *3.3.4 APK diesel reductiepotentieel*

Geschat wordt dat bij 5% van de dieselbestelauto's na 5 jaar de SCR niet meer naar behoren werkt.

Vanaf 2025 bereiken de eerste voertuigen leeftijd van 5 jaar. Vanaf 2025 is het aantal voertuigen dat mogelijk rondrijdt met een defecte SCR ca. 5% van 80.000. Elk jaar groeit de vloot met een leeftijd van 5 jaar of ouder met ongeveer 80.000 nieuwe voertuigen. Daarmee is de totale vloot met een potentieel probleem aan de stikstofnabehandeling 5% van 400.000 in 2030, ofwel 20.000 voertuigen.

De stikstofuitstoot van deze voertuigen is gemiddeld 0,5 g/km hoger. Bij een gemiddelde afstand van 20.000 km per jaar is de extra stikstofuitstoot 10 kg per voertuig en 0,2 kton per jaar voor de hele diesel bestelauto vloot.

Deze maatregelen leiden mogelijk tot de onderstaande reductie in 2025/2030.

Tabel 6: Reductiepotentieel uitbreiding APK voor benzine en diesel personen- en bestelauto's in kton/jaar $NO_X$

| | **2025** | **2030** |
|---|---|---|
| APK benzine | - | 3,0 |
| APK diesel | 0,04 | 0,2 |

## 3.4 Verhoging fijnstoftoeslag oude diesels

In (TNO R10450, 2021) wordt het effect van een verdubbeling van de fijnstofbelasting voor dieselauto's en een progressievere motorrijtuigenbelasting (MRB) op basis van gewicht beschreven. Het gaat hierbij om dieselauto's zonder roetfilter, dat zijn personenauto's met een bouwjaar voor 2008 en bestelauto's met een bouwjaar van voor 2010. Omdat dit een relatief geringe groep oude voertuigen betreft is het effect op korte termijn het grootst, maar neemt richting 2030 af door autonome uitfasering van deze voertuigen.

### *3.4.1 Reductiepotentieel $NO_x$*

Wanneer oude diesel personen- en bestelwagens zonder roetfilter worden vervangen door schonere voertuigen (diesel Euro 6 of alternatieve brandstof) kan dit een positief effect hebben op de $NO_x$-uitstoot.

De maximale besparing per jaar die behaalt kan worden door de verhoging van de fijnstoftoeslag wordt geschat op 0,15 kton voor personenauto's in 2025 afnemend tot ca. 0,05 kton in 2030. Het reductiepotentieel voor bestelauto's ligt hoger met een verwachting van 0,5 kton in 2025 en 0,2 kton in 2030[13].

Tabel 7: Stikstof Reductiepotentieel bij verhoging fijnstoftoeslag oude diesels in kton/jaar

| | **2025** | **2030** |
|---|---|---|
| Personenauto's | 0,15 | 0,05 |
| Bestelauto's | 0,50 | 0,20 |

### *3.4.2 Complexiteit implementatie*

Aangezien dit slechts een parameter-aanpassing betreft, is deze maatregel (vergeleken met implementaties van volledig nieuwe maatregelen) makkelijk te implementeren.

## 3.5 Stikstoftoeslag in de MRB, als toevoeging op de Fijnstoftoeslag

Sinds 2020 is een fijnstoftoeslag (roettax) voor dieselpersonenauto's van voor 2008 (225 euro) en van voor 2010 (62 euro) in de MRB ingevoerd voor voertuigen zonder roetfilter. Moderne dieselvoertuigen voldoen aan stengere eisen voor $NO_x$ emissies met Euro-6 en verdere aanscherping in de RDE wetgeving (Euro-6d). Om een onderscheid te maken tussen dieselauto's met hoge en lage $NO_x$ emissies zou op gelijke wijze een stikstoftoeslag (stikstoftax) ingevoerd kunnen worden. Het gaat daarbij om een toeslag in de MRB voor dieselauto's tot en met Euro-5 (dus tot en met bouwjaar 2014, zie hiervoor eveneens de kamerbrief van 9 april, 2021D12534[14]). Deze auto's hebben de hoogste $NO_x$-uitstoot en dragen disproportioneel bij aan de $NO_x$-uitstoot van verkeer. Een stikstoftax kan ook goed aansluiten bij eisen die recent zijn geïntroduceerd in de Regeling bevordering schone wegvoertuigen[15] (bevordering van schone voertuigen via publieke inkoop), welke voortvloeit uit de Clean Vehicles Directive (2019/1161/EU).

### *3.5.1 Reductiepotentieel $NO_x$*

In Nederland zijn Euro-5 bestelbussen gezamenlijk verantwoordelijk voor 6 kton $NO_x$ uitstoot in 2021. Dit zijn voertuigen met roetfilter, waardoor zij relatief weinig fijnstof uitstoten, maar veel $NO_x$. De Euro-5 diesel personenauto's zijn verantwoordelijk voor 4 kton $NO_x$ emissies in 2021. In totaal is dat 10 kiloton $NO_x$ door voertuigen zonder fijnstoftaks. Afhankelijk van de hoogte van een stikstoftoeslag in de MRB, voor deze voertuigen, wordt aangenomen dar 5% tot 10% van de voertuigen eerder uitstromen dan nu het geval is, wat 0,5 tot 1,0 kton $NO_x$-reductie zou opleveren in enkele jaren, mits deze stikstoftaks een substantiële toename van de MRB zou zijn voor deze voertuigen. Normaal zouden deze voertuigen rond 2030 uitstromen. Op deze manier kunnen deze voertuigen eerder uit het Nederlandse wagenpark verdwijnen.

[13] Onder de voorwaarde dat de verhoging ook volledig wordt doorgevoerd voor diesel bestelauto's en niet tegen het nu geldende kwart-tarief.
[14] Bijlage bij kamerbrief "Toezegging gedaan tijdens het algemeen overleg Autobelastingen van 4 november 2020, over de Keuzewijzer Autobelastingen 9-4-2021".
[15] https://wetten.overheid.nl/BWBR0045768/2021-11-04

Tabel 8: Reductiepotentieel van stikstoftoeslag in komende jaren.

| | **2025/2030** |
|---|---|
| Reductiepotentieel, aangenomen dat 5-10% eerder uitstroomt dan normaal | 0,5-1,0 kton |

### *3.5.2 Complexiteit implementatie*

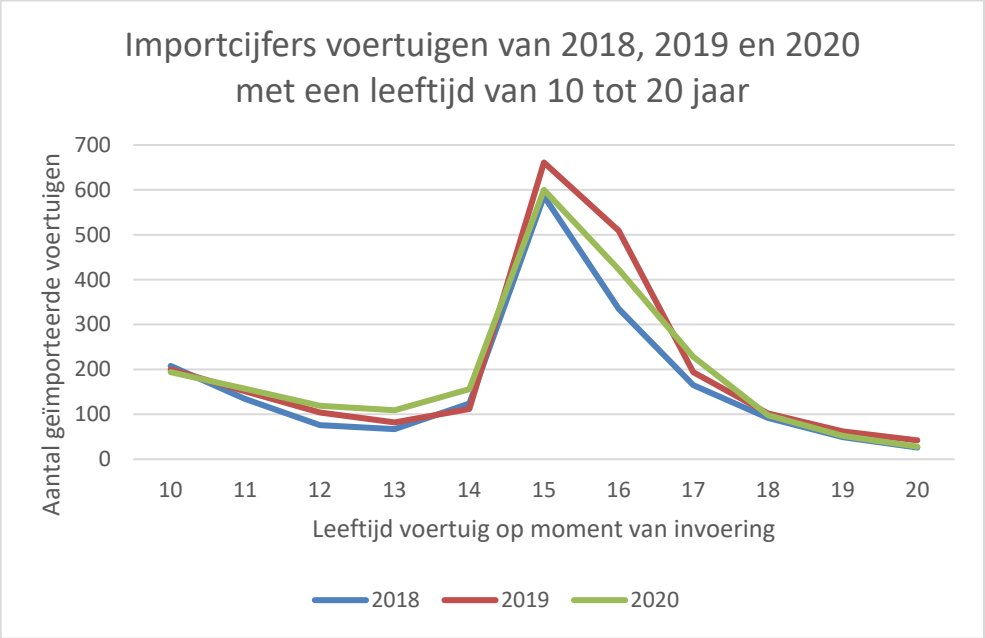
De hoogte van de stikstoftoeslag was voorgesteld op 250 euro per jaar en komt boven op de roettoeslag. De maatregel leidt tot extra belastinginkomsten van ca. 500 mln.

## 3.6 (Aanpassing) youngtimer lease

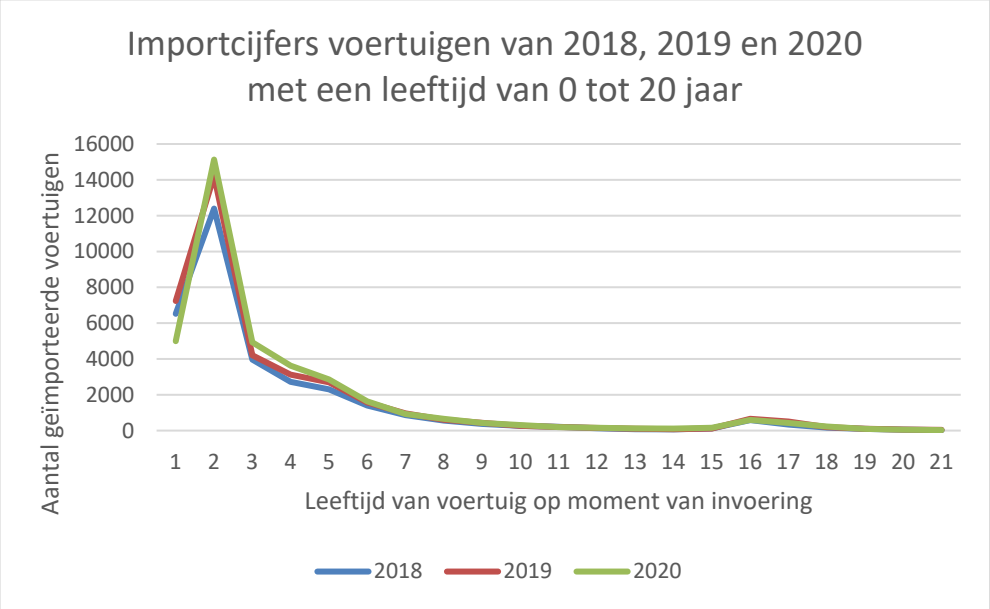
Vanaf 2016 is de youngtimer lease regeling in werking getreden. Een fiscaal aantrekkelijke regeling waarbij voor 35% bijtelling van de restprijs mag worden geleased voor een auto van 15 jaar of ouder, in plaats van 22% van de catalogusprijs. In het rapport van de Algemene Rekenkamer (2019) is aangegeven dat deze regeling een onbedoelde fiscale prikkel geeft om een privéauto te rijden met een leeftijd van 15 jaar of ouder.

Een mogelijke aanpassing van deze regeling kan zijn dat enerzijds de leeftijdgrens van de voertuigen opschuift naar 20 jaar, en anderzijds gestimuleerd wordt om tweedehands EV's intrede te laten maken in de youngtimer regeling, door 17% bijtelling over de dagwaarde te rekenen van EV's van 5 jaar of ouder.

Er is op dit moment een duidelijke importpiek zichtbaar bij geïmporteerde auto's met een leeftijd van minimaal 15 jaar oud. Er worden gemiddeld zo'n 1235 zakelijke voertuigen geïmporteerd tussen 2018 en 2020. Dit is een piek ten opzichte van andere leeftijden van auto's, zoals is te zien in onderstaande grafiek.




Figuur 2: Importcijfers personenauto's (zakelijk & privé) met een leeftijd van 10 tot 20 jaar.




Figuur 3: Importcijfers personenauto's (zakelijk & privé) met een leeftijd van 0 tot 20 jaar.

Dit wijst erop dat oude voertuigen geïmporteerd worden voor youngtimer leasing. Dit zijn veelal zwaardere en luxere personenauto's, voor dagelijks gebruik, met een lage Euro-norm (Euro-4 en ouder) en hebben daarom ook een hogere stikstofuitstoot dan nieuwe Euro-6d voertuigen en ook hoge fijnstof uitstoot omdat ze geen roetfilter hebben.

## 3.7 Verhogen dieselaccijns

In 2021 is een onderzoek uitgevoerd naar het effect van een verhoging de benzine en diesel accijns van 10%, wat neerkwam op 8 cent per liter op de benzineprijs en 5 cent per liter op de dieselprijs (TNO R10450, 2021).

### *3.7.1 Reductiepotentieel $NO_x$*

Het reductiepotentieel is sterk afhankelijk van de vormgeving van accijnsverhoging. Het PBL en het CPB hebben in Kansrijk mobiliteitsbeleid een stikstof emissie reductie van 0,5 kton berekend voor de gecombineerde accijnsverhoging op benzine en diesel. In (TNO R10450, 2021) wordt de kanttekening geplaatst dat het effect lager is door een potentiële verschuiving van benzine naar dieselvoertuigen, door de relatief lagere verhoging van de diesel accijnzen. Van een accijnsverhoging op alleen diesel is geen reductiepotentieel bekend. Het effect berekend door PBL en CPB kan worden gezien als een indicatie van de bovengrens.
Het reductiepotentieel.

### *3.7.2 Complexiteit implementatie*

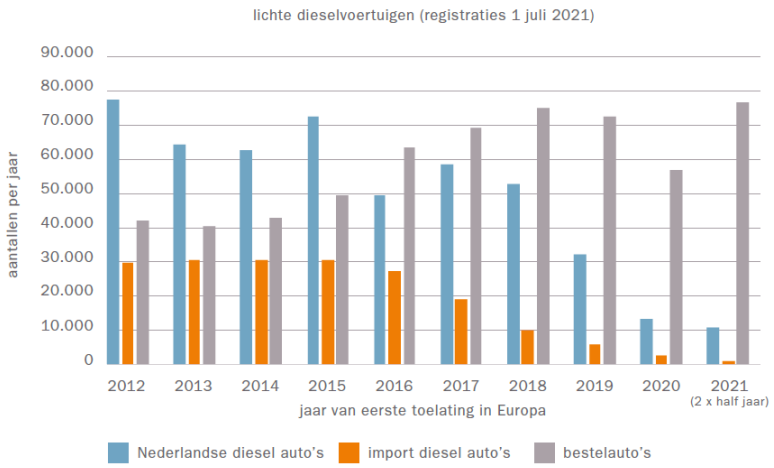
Mogelijk gevoelig want de brandstofprijzen zijn o.a. door de oorlog in Oekraïne flink gestegen. In april 2022 zijn als het gevolg van de gestegen prijzen de accijns op brandstof in Nederland tijdelijk verlaagd met 17,3 cent op benzine en 11,1 cent op diesel. Deze maatregel staat in contrast met de recente verlaging, maar geeft wel aan dat de complexiteit van het aanpassen van de brandstofaccijns relatief laag is.

## 3.8 Autobelastingen in relatie tot import

Het effect van de BPM in Nederland op het wagenpark is beschreven in de TNO whitepaper autobelasting (TNO-2, 2021). Indien er geen import en export van relatief jonge auto's zou hebben plaatsgevonden en alle personen- en bestelauto's uit Nederlandse nieuwverkoop in het wagenpark waren gekomen – en aan het einde van hun levensduur er via sloop weer verdwenen waren – was het Nederlandse wagenpark nu jonger, schoner en zuiniger.

Volgens berekeningen van TNO zou in dat geval de $NO_x$-uitstoot 2,4 tot 4,7 kton lager zijn geweest (tot 10% van de totale $NO_x$-uitstoot van het verkeer in Nederland per jaar).[16] Dit is alleen al het effect van import van een beperkte groep voertuigen. Als zuinige en schone auto's niet geëxporteerd zouden zijn, is het effect groter, maar moeilijk generiek te bepalen.

Het aantal dieselpersonenauto's in de vloot neemt de laatste vijf jaar langzaam af. Ook de $NO_x$-uitstoot per kilometer daalt. Tegelijkertijd is een verschuiving waarneembaar naar meer diesel**beste**lauto's die – afgezet tegen personenauto's van dezelfde generatie – een hogere $NO_x$- en $CO_2$-uitstoot hebben. Inmiddels is de categorie bestelauto's de grootste (en nog steeds groeiende) bron van $NO_x$-uitstoot in het wegverkeer. Elf metingen van TNO laten zien dat de emissies per gereden kilometer van grote bestelauto's (bijna uitsluitend op diesel) fors hoger liggen dan van dieselpersonenauto's: de $NO_x$-uitstoot ligt ongeveer een factor drie hoger en de $CO_2$-waarden een factor 1,5.
Bestelauto's worden in de Autobelastingen relatief gunstig behandeld. Ook de Rekenkamer adviseert hierom om de regeling van bestelauto's te evalueren. Een mogelijke oplossing hiervoor is om personen- en bestelauto's gelijk te behandelen in de Autobelastingen.




Figuur 4: Trendbeschrijving van toegenomen registraties diesel-bestelauto's ten opzichte van diesel-personenauto's.

[16] Naast een lagere $NO_x$-uitstoot, zou ook de $CO_2$-uitstoot 0,6 – 0,9 mton lager zijn geweest, ofwel 4% van de totale jaarlijkse $CO_2$-emissies van licht verkeer.

# 4 Mobiele werktuigen

Als onderdeel van de Emissieregistratie wordt jaarlijks de nationale uitstoot van vervuilende stoffen verzameld, vastgesteld en gerapporteerd door de Taakgroep Verkeer en Vervoer. Dit gebeurt in een samenwerking, onder andere door het CBS, PBL, RWS en TNO, onder leiding van het RIVM. De kennis van de samenstelling en de omvang van het machinepark, de daadwerkelijke emissies van de machines, en de haalbare verbeteringen is echter beperkt. Verbetering in de inzichten van inzet en bijbehorende emissies van mobiele werktuigen geeft ruimte voor effectiever beleid en is daarom van essentieel belang voor stikstofreductie in de bouwsector.[17]

De beperkte inzichten komen onder andere door de onderstaande aspecten:

- Er is geen publiek beschikbare registratie van het beschikbare materieel in het park (vanaf 2021 is er wel een registratieplicht voor (land)bouwvoertuigen die op de openbare weg rijden). Hierdoor is de samenstelling (type machine en leeftijd) en de omvang van het totale machinepark niet nauwkeurig bekend;
  - Recente informatie zoals de registratieplicht van mobiele werktuigen op de weg en lopende TNO-onderzoeksprojecten zorgen voor beter inzicht in het huidige machinepark. Betrouwbare registratiegegevens, onder andere de emissie-klasse van de motoren, blijven echter ontbreken. Er zijn hoogstwaarschijnlijk nog steeds blinde vlekken, waardoor diverse emissies buiten beeld blijven. De beste manier om de nationale cijfers te verbeteren is door middel van een vorm van registratie.
- Er is slechts beperkte informatie over de praktijkinzet van de verschillende machines, bijvoorbeeld de draaiuren, het brandstofverbruik, details van inzet zoals het aandeel stationair draaien en de gemiddelde motorbelasting. Lopende onderzoeken van TNO zorgen ook hier voor verbeterde inzichten. Nationale cijfers zouden op dit vlak verbeterd kunnen worden door centrale registratie van machinetype, emissieklasse en totale draaiuren bij onderhoud/keuring, zoals dat ook voor gereden voertuigkilometers wordt gedaan bij het wegverkeer.
  Bij voorkeur aangevuld met bijvoorbeeld:
  - Beschikbaarheid van invoergegevens AERIUS, indien nodig geanonimiseerd;
  - Grootschalig inzichten vanuit fleet-management systemen;
  - Grootschalige inzichten vanuit onderhouds- en verhuurbedrijven
  - Monitoringsprogramma's, waarbij machines worden uitgerust met dataloggers om real-time inzet (en evt. emissies) continu te monitoren.
- Praktijkemissies worden nauwelijks tot niet gecontroleerd. Vaak zijn deze emissies hoger dan de geldende emissielimieten door ander gebruik dan wordt meegenomen in wetgeving.
- Er is geen periodieke keuring waarbij emissies en/of de aanwezigheid van emissiecontrolesystemen gecontroleerd worden.

## 4.1 Elektrificatie van mobiele machines

Een mogelijke verschoningsoptie is de inzet van uitstootvrije mobiele werktuigen. Elektrisch aangedreven werk- en voertuigen kunnen door middel van accu's opereren of door een vaste bekabelde aansluiting op het elektriciteitsnetwerk.

[17] Eindrapport data onderzoek mobiele machines in Nederland, TNO rapport 2021 R11086.

De accuvarianten kunnen met zowel verwisselbare accu's als vaste accu's worden uitgerust.

Voor het kleine segment (met name tot 19kW, maar ook tot 56 kW) is het aanbod van beschikbare batterij-elektrische, maar ook bekabelde werktuigen al relatief groot (met name de meest gangbare machines, specialistisch materieel is minder beschikbaar). Naast het goed beschikbare aanbod, is het reductiepotentieel in dit segment relatief groot, omdat de ($NO_x$)-emissie-eisen, zelfs voor modern - Stage V - materieel tot 56 kW, minder streng zijn dan andere segmenten. Er zijn wel barrières die het gebruik van elektrisch materieel kunnen opwerpen (denk aan stroomvraag, beschikbaarheid op de bouwplaats van stroom of de tijd die nodig is om dit te realiseren, etc.).

Wanneer deze barrières te groot zijn, kan het verwisselen van accu's een uitkomst bieden. Zo kunnen accu's op andere locaties worden opgeladen. Dit kost echter wel voertuigbewegingen, die bij uitstoot meegerekend dient te worden.

Het aanbod van nul-emissie werktuigen is voor het grotere en zwaardere segment nog beperkt, met uitzondering van een aantal prototypes of ombouwpakketten vanuit verschillende bedrijven. Er liggen nog ontwikkelpunten voor dit segment in de benodigde accucapaciteit; als een accu niet een volledige werkdag kan faciliteren, heeft dit mogelijk gevolgen voor de bouwplanning. De typische inzet en grootte van een machine op locatie bepaalt dus of het rendabel is om stroomvoorziening aan te leggen. De inzetduur is daarom van belang. Het is te verwachten dat onderhoudswerkzaamheden, zeker bij wegen, en waterwegen zich moeilijk van stroom laten voorzien.

Een grootschalige ingroei van uitstootvrij materieel vraagt om sterke ontwikkelingen rondom:

1. De ingroei van emissieloze machines. Het is nog onzeker of de machineleveranciers voldoende capaciteit hebben om hierin te voorzien.
2. De ontwikkeling van de tank- en laadinfrastructuur voor emissieloze machines.
3. Toezicht en handhaving op de inzet van emissieloze en schone dieselmachines.

Voor de korte termijn zouden daarom vooral pilots gestart moeten worden om ervaringen op te doen, bij voorkeur met voldoende volume. Zowel voor de infrastructuur als voor de inzet van het materieel. Een brede uitrol van elektrisch materieel is op korte termijn niet mogelijk.
Omdat nog niet bekend is wanneer dit wel mogelijk is, en hoe deze uitrol er dan precies uit ziet, is geen reductiepotentieel aan elektrificatie toegekend.

## 4.2 Schoon bouwen en controle van inzet en emissies bouwwerktuigen

De Stage IV- en Stage V-eisen voor $NO_x$ (limiet 0,4 g/kWh) voor machines met vermogens tussen de 56 en 560 kW zijn een factor tien tot twintig strenger dan eerdere eisen en eisen aan andere machinecategorieën. Een kleine Stage-V minigraver stoot ongeveer net zoveel $NO_x$ uit als een zware Stage IV of Stage V bouwmachine (TNO R10221, 2021).

Het is daarom belangrijk de aandacht te richten op de grote emissiebronnen in plaats van op de grote machines, die wellicht wel meer in het oog springen.

Door het gebruik van moderne bouwmachines en door controle op het functioneren van voorzieningen zoals SCR-katalysatoren, is het mogelijk om de $NO_x$ uitstoot in de bouw te verminderen met een factor twee tot vier.

De $NO_x$-emissies van grote Stage IV en Stage V mobiele werktuigen (motorvermogen 56-560 kW) laten in praktijkmetingen een positief beeld zien (TNO R10221, 2021): de $NO_x$-uitstoot ligt tussen de 0,8 tot 0,5 g/kWh, tegen 2,8 tot 4,9 g/kWh bij oudere Stage IIIB motoren.
Emissie Monitoring en Periodieke Keuring (EMPK) van mobiele werktuigen kan $NO_x$- (en fijnstof)-reductie bewerkstelligen door het signaleren van foutief werkende nabehandelingssystemen. Hierdoor kan gecontroleerd worden of emissiecriteria worden nageleefd.

In (TNO STL-MEM-100341925, 2021) worden drie verschillende emissieniveaus voorgesteld om als milieueisen op te nemen in publieke tenders,

- Level 1 (vanaf groen): uitsluiting van verouderde en vervuilende machines.
- Level 2 (vanaf blauw): uitsluiting van machines zonder roetfilter (maximaal < 10^6 #/cm3).
- Level 3 (vanaf paars): uitsluiting van machines zonder roetfilter en zonder SCR.

Deze niveaus zijn vertaald naar emissienormen (Stage-klasse) afhankelijk van het motorvermogen, weergegeven in de volgende figuur.

| Vermogen | < 19 kW | 19-37 kW | 37-56 kW | 56-75 kW | 75-130 kW | 130-560 kW | >560 kW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BE + FC H2 | | | | | | | |
| Stage V | V | V | V | V | V | V | V |
| Stage IV met DPF | - | IIIA | IIIB | IV | IV | IV | - |
| Stage IV zonder DPF | - | IIIA | IIIB | IV | IV | IV | - |
| Stage IIIB met DPF | - | IIIA | IIIB | IIIB | IIIB | IIIB | - |
| Stage IIIB zonder DPF | - | IIIA | IIIB | IIIB | IIIB | IIIB | - |
| Stage IIIA | - | IIIA | IIIA | IIIA | IIIA | IIIA | - |
| Stage II | - | II | II | II | II | II | - |
| Stage I | - | - | I | I | I | I | - |
| - | - | - | - | - | - | - | - |

Figuur 5: Mogelijke indeling emissieklassen op motorvermogen [BRON].Reductiepotentieel $NO_x$.

### 4.2.1 *Reductiepotentieel $NO_x$*

Deze emissieniveaus resulteren in een reductie van de $NO_x$-emissies van mobiele werktuigen in de bouwsector. Wanneer de maatregelen met strenge handhaving worden ingevoerd, is in (TNO STL-MEM-100341925, 2021) een emissiereductiepotentieel berekend van 1,5 – 2,8 kton, afhankelijk van het ambitie niveau (Level 1 tot 3).

Tabel 9: Reductiepotentieel bij uitsluiten mobiele werktuigen op verschillende niveaus met en zonder strenge handhaving in kton/jaar.

| | **2025** | | **2030** | |
|---|---|---|---|---|
| | Met strenge handhaving | Zonder strenge handhaving | Met strenge handhaving | Zonder strenge handhaving |
| Level 1 (vanaf groen) | 1,49 | 0,29 | 1,25 | 0,14 |
| Level 2 (vanaf blauw | 1,63 | 0,34 | 1,35 | 0,18 |
| Level 3 (vanaf paars) | 2,80 | 0,82 | 2,40 | 0,62 |
| Bandbreedte maatregel | 1,49 – 2,80 | 0,29 – 0,82 | 1,25 – 2,40 | 0,14 – 0,62 |

Uit recenter onderzoek is gebleken dat de inschattingen van de machinevloot in Nederland relatief conservatief zijn; er zijn meer en oudere machines in Nederland actief dan destijds geschat. Dit zou betekenen dat het reductiepotentieel groter is.

## 4.3 Vermindering stationair draaien

Diverse mobiele machines draaien een relatief groot deel van hun tijd stationair (bijvoorbeeld als de motor draait, maar niemand de machine gebruikt (TNO STL-MEM-100341925, 2021)). De tijd dat machines stationair draaien, verschilt erg per type machine. Bij Stage IV en V machines zorgt dit stationaire draaien voor een belangrijk deel van hun totale $NO_x$-uitstoot. Dit komt door de lage motorlast tijdens het stationair draaien (tussen de 5-10%), waardoor de SCR niet goed zijn werk doet.

TNO heeft onderzocht, met een aantal aannames, dat er rond de 0,5 kton per jaar aan $NO_x$ gereduceerd kan worden, door stationair draaien zoveel mogelijk te voorkomen (TNO STL-MEM-100341925, 2021).

Tabel 10: Reductiepotentieel bij reduceren van stand-by-tijd van mobiele werktuigen in kton/jaar.

| | **2025** | **2030** |
|---|---|---|
| Verminderen stationair draaien | 0,48 | 0,56 |

### *4.3.1 Complexiteit implementatie*

In het onderzoek dat TNO heeft gedaan, is enkel berekend wat het effect is van het verminderen van stationair draaien voor met name Stage IIIB (met SCR), Stage IV en Stage V machines. Hoe dit gedrag in de praktijk grootschalig toegepast kan worden, is in dit onderzoek niet onderzocht. De complexiteit voor het implementeren van een maatregel die dit bewerkstelligd, is dus eveneens niet opgenomen in dit rapport.

## 4.4 Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB)

In de routekaart SEB (geagendeerd beleid) worden in een samenwerking van overheden, bedrijven en kennisinstellingen afspraken gemaakt over hoe de transitie naar schoon en emissieloos bouwen tot 2030 vorm krijgt. Daartoe wordt een tijdspad opgesteld voor het reduceren van emissies inclusief maatregelen en acties om de reductie te realiseren, waaraan doelstellingen op het gebied van $CO_2$ en luchtverontreinigende stoffen (stikstofoxides en fijnstof) zijn gekoppeld.

De routekaart SEB is op het moment van schrijven echter nog niet definitief vastgesteld. Afspraken over de uitvoering van deze routekaart, zoals het toepassen van striktere emissie-eisen bij aanbestedingen, moeten worden vastgelegd in het Convenant Schoon en Emissieloos Bouwen.

Er worden drie verschillende niveaus onderscheiden in de routekaart: minimumniveau, basisniveau en ambitieus niveau. De eisen die worden gesteld zijn minimumeisen aan de Stage-klasses (emissieklasse), het verplicht installeren van een SCR-katalysator (dit reduceert $NO_x$) en/of een roetfilter (dit reduceert fijnstof) of het verplicht gebruik van ZE materieel.

Het tijdspad van de transitie naar schoon en emissieloos bouwen is verdeeld in vier periodes; 2023-2024, 2025-2027, 2028-2029 en 2030 en verder. Bij het ingaan van een nieuwe periode worden de emissie-eisen voor de betreffende mobiele dieselwerktuigen strenger. De eisen verschillen tussen mobiel (zoals een graafmachine) en stationair materieel (zoals pompen en generatorsets). Ook is er een aparte categorie voor specialistisch materieel. Binnen het mobiel materieel zijn de eisen die per periode ingaan ook afhankelijk van de vermogensklasse (<19 kW, 19-37 kW, 37-56 kW, 56 – 130 kW, 130-560 kW.

Het wordt beoogd dat de routekaart de volledige bouwsector treft (zowel overheids- als niet-overheidsopdrachten).

Dat stelt zeer hoge eisen op een drietal gebieden: (in zowel overheids- als niet-overheidsopdrachten).

1. De ingroei van emissieloze machines (wat in de latere perioden de voorgenomen eis is voor diverse categorieën) en de versnelde ingroei van schone dieselmachines. Het is nog onzeker of de machineleveranciers voldoende capaciteit hebben om hierin te voorzien.
2. De ontwikkeling van de tank- en laadinfrastructuur voor emissieloze machines inclusief benodigde netcapaciteit op de juiste plaatsen.
3. Toezicht en handhaving op de inzet van emissieloze en schone dieselmachines.

Daarnaast is het monitoren van de NOx-reductie in de praktijk als gevolg van SCR-katalysatoren essentieel, omdat een SCR-katalysator niet effectief is als er veel op lage motorbelasting wordt gedraaid (zoals bij stationair draaien).

Tot slot zal het reductiepotentieel toenemen bij adequate handhaving op de inzet van schoon materieel. Het uitgangspunt is dat handhaving leidt tot de detectie van defecten of manipulatie van SCR-katalysatoren.

### 4.5 Uitbreiden subsidie bouwmachines

In 2022 is de ‘Subsidie schoon- en emissieloos bouwen’ (kortweg ‘SSEB’) gestart. Deze subsidieregeling maakt het mogelijk om een SCR-installatie te installeren op een bestaande Stage IIIA en Stage IIIB machine (retrofit).

Dit is een kosteneffectieve maatregel, mits hier gedacht is aan goed ontwerp en adequate handhaving: hiermee kan **per machine** een $NO_x$-reductie van 60% tot 80% worden behaald, tegen (gemiddeld genomen) 20% van de kosten van het volledig verschonen door elektrificatie (TNO R12244, 2021). Deze adequate handhaving is echter een grote aanname.

De subsidieregeling (SSEB) biedt naast retrofitsubsidie ook ruimte voor aanschafsubsidie van volledig uitstootvrije bouwmachines of bouwvoertuigen, door bijvoorbeeld een vervanging te doen met een elektrische bouwmachine of -voertuig. Daarnaast worden door de regeling innovatieve ideeën ondersteund voor uitstootvrije bouwmachines en voor verbetering van de benodigde laadinfrastructuur op bouwplaatsen. Deze subsidiepot was in 2022 binnen 1 dag volledig uitgeput.

### *4.5.1 Reductiepotentieel $NO_x$*

TNO heeft in eerder onderzoek een scenario-analyse gedaan om een beeld te geven van het reductiepotentieel van SCR installaties en een elektrische retrofit (TNO R12244, 2021).

Deze analyse is als basis gebruikt om een inschatting te geven van de $NO_x$-reductie voor zowel SCR en elektrisch per 100 miljoen euro aan budget. Hierbij zijn de aantallen machines per vermogensklasse gebaseerd op het EMMA-model, en de reductiepotentiëlen en kosten gebaseerd op het rapport van TNO (TNO R12244, 2021). De reductie per vermogensklasse is geaggregeerd naar een totaal, om zo een reductiepotentieel te geven per 100 miljoen euro die wordt geïnvesteerd in SCR of een elektrische variant. Het resultaat van deze analyse is weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11: Reductiepotentieel Subsidie bouwmachines op SCR Retrofit of elektrisch per 100 miljoen euro.

| | **SCR** | **Elektrisch** |
|---|---|---|
| Reductie per 100 miljoen (kton/jaar) | 0,51 | 0,10 |

Niet in elke vermogensklasse is het echter mogelijk om onbeperkt geld te investeren, omdat (theoretisch gezien) op een gegeven moment alle machines in een bepaalde vermogensklasse verschoond zijn.

## 4.6 Milieuzone voor mobiele werktuigen

In Londen geldt al een milieuzone voor mobiele werktuigen. In het stadscentrum zijn alleen Stage IV en V machines toegestaan, daarbuiten is Stage IIIB en hoger toegestaan[18]. Ook in Nederland zijn er diverse steden die denken aan een milieuzone voor mobiele werktuigen, zoals de gemeente Utrecht [19]. De gemeente Utrecht heeft laten onderzoeken of een verbod op machines mogelijk is, het Europese recht lijkt hier ruimte voor te bieden. Bij dergelijke maatregelen is goede ondersteuning van de Rijksoverheid van belang.

[18] https://www.london.gov.uk/programmes-and-strategies/environment-and-climate-change/pollution-and-air-quality/nrmm
[19] https://www.schoneluchtakkoord.nl/actueel/nieuws-schone-lucht-akkoord/mobiele-werktuigen/milieuzone-mobiele-werktuigen-utrecht/

Daarnaast is de handhaving een aandachtspunt. Hoeveel mobiele machines binnen een milieuzone worden ingezet hangt af van de grootte van de milieuzones en het aantal gemeentes dat een dergelijke zone inricht. Dit is vooralsnog onduidelijk en daarom is hier geen reductiepotentieel toegekend aan deze maatregel.

|  | **Emissie-klasse:** | **EU Stage-norm** | **Technologie:** |
|---|---|---|---|
| | Zero emissie | N.v.t. | Batterij elektrisch + H2 brandstofcel |
| | Diesel lage emissies | Stage IV + DPF,<br>Stage V (56-560 kW) | Diesel met roetfilter (DPF) en effectieve $NO_x$-reductiekatalysator (SCR) |
| | Diesel met roetfilter | Stage IIIB + DPF<br>Stage V (19-56 kW) | Diesel met roetfilter (DPF) en gematigde fijnstof uitstoot |
| | Diesel zonder roetfilter | Stage IIIB – DPF<br>Stage V (> 560 kW)<br>< 19 kW: geen eis | Diesel zonder roetfilter (DPF) en met gematigde fijnstof uitstoot |
| | Vuile diesel | Stage IIIA | Diesel zonder roetfilter (DPF) en met hoge fijnstof uitstoot |
| | Meest vuile diesel | Stage I + II | Meest vuile diesel (>19kW) |

Figuur 6: Mogelijk emissieniveau indeling van mobiele werktuigen.

## 4.7 Aanpak emissie koelgeneratoren wegverkeer

Metingen aan diesel-koelgeneratoren (<56kW) die worden gebruikt voor gekoelde trailers voor vrachtwagens, wijzen op een zeer hoge $NO_x$-uitstoot van gemiddeld 52 gram per uur. Dat is 1,5 keer meer dan de stikstofuitstoot van de vrachtwagen zelf. (TNO R10221, 2021). Er kan (nog) geen onderscheid worden gemaakt tussen diesel-koelgeneratoren met een hogere of minder hoge emissie. Emissiereductie kan worden gerealiseerd door een overgang van diesel- op elektrische koelgeneratoren, bijvoorbeeld door elektrische aandrijving te stimuleren, dan wel aandrijving door een dieselmotor te ontmoedigen. Daartoe is het in ieder geval vereist dat een registratie wordt ingevoerd voor koelgeneratoren op vrachtauto's, trailers en bestelauto's. Een mogelijkheid om dit vorm te gegeven is door de montage van een koelgenerator als een wijziging van de constructie aan te merken, zoals ook het monteren van een lpg-installatie als een wijziging van de constructie van een voertuig wordt aangemerkt. De aanwezigheid van een koelgeneratoren moet met terugwerkende kracht worden geregistreerd in het kentekenregister van de RDW. Hierop aansluitend kunnen maatregelen worden getroffen om elektrische koelgenerator te stimuleren dan wel diesel-koelgenerator te ontmoedigen.

### *4.7.1 Reductiepotentieel $NO_x$*

In de emissieregistratie van 2020 zijn koelaggregaten op zware bedrijfsvoertuigen opgenomen als een stikstof-emissiebron verantwoordelijk voor 4,3 kton per jaar; ca. 7% van de totale stikstofemissie van het wegverkeer. Het is niet reëel om aan te nemen dat op de korte termijn al deze dieselaandrijvingen uit de Nederlandse vloot verdwijnen. Om toch een beeld te geven van het reductiepotentieel, is een verduurzaming van 10% van deze aantallen aangehouden. Die zou neerkomen op een reductiepotentieel van **0,43 kton per jaar** op de middellange termijn.

# 5 References

Kamerbrief Bijlage (2019) Overzicht position papers stakeholders; Bijlage bij Keuzewijzer Autobelastingen; position papers zijn voor rekening van partijen. Geraadpleegd van Overzicht positionpapers stakeholders; Bijlage bij Keuzewijzer Autobelastingen; position papers zijn voor rekening van partijen | Tweede Kamer der Staten-Generaal

Schouten (2020). Problematiek rondom stikstof en PFAS (Kamerbrief) Geraadpleegd van Kamerstuk 35334, nr. 82 | Overheid.nl > Officiële bekendmakingen (officielebekendmakingen.nl)

Algemene Rekenkamer. (2019). *Autobelastingen als beleidsinstrument.*

TNO. (2017). *$NO_x$ emissions of eighteen diesel Light Commercial Vehicles.* R11473.

TNO. (2018). *Inschatting van effecten van gemeentelijke maatregelen voor reductie $NO_2$-concentratie op knelpunten.*

TNO R10221. (2021). *Real-world emissions of non-road mobile machinery.*

TNO R10397v2. (2022). *Aanpak van hoge $NO_x$-emissies van oudere benzineauto's.*

TNO R10450. (2021). *Achtergrondnotitie over beprijzings- en normeringsmaatregelen voor reductie van de $NO_x$ emissies in de mobiliteit.*

TNO R10644. (2020). *Factsheets stikstofmaatregelen mobiliteit.*

TNO R12244. (2021). *Scenarioberekening van het bereik en emissie-effect van de Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel.*

TNO STL-MEM-100341925. (2021). *MaVe Action Emission Monitoring and Periodic Inspection of Mobile Machines.* Den Haag.

TNO-2. (2021). *Whitepaper: schoon wagenpark vraagt om méér naast 'stekkersubsidie' .*

# 6 Ondertekening

Den Haag, 17 maart 2023 TNO

Sylvie Poels
Projectleider

Norbert E. Ligterink
Auteur

# A Achtergrondinformatie

## A.1 Weg type, weglengte en intensiteit

In Nederland ligt 3000 kilometer aan rijkswegen, waarvan het grootste deel snelwegen. In 2020 was de $NO_x$ uitstoot van personenauto's, bestelauto's, en vrachtauto's op de snelweg resp. 8,5, 6,9 en 11,9 kton. Dus per kilometer snelweg is de uitstoot per jaar 9 ton. Met een reductie van 11% op één kilometer snelweg kan er per jaar gemiddeld 1 ton $NO_x$ uitstoot gereduceerd worden. Maatregelen op snelwegen kunnen daarom effectief zijn voor de reductie van $NO_x$ uitstoot. Ook de 80 km/h snelheidslimiet relevant voor $NO_2$ luchtkwaliteit bij drukke rondwegen, zoals de A10 west, in Amsterdam en Rotterdam Overschie A13 en A20, leidt ook tot stikstofdepositie. De positieve effecten van snelheidsverlagingen zijn reeds onderzocht.[20]

Dit is het gemiddelde beeld voor snelwegen. Sommige snelwegen, zeker in de randstad, zijn substantieel drukker en andere hebben een lagere verkeersintensiteit. De intensiteit varieert tussen 50.000 en 250.000 voertuigen per etmaal en daarmee ook de uitstoot. Door deze hoge intensiteiten, is het verkeer op snelwegen een belangrijke bron van verkeersemissies.

Drukke doorgaande wegen in de stad en op de buitenweg hebben lagere intensiteiten dan snelwegen, omdat de wegcapaciteit beperkter is. De typische capaciteit is ongeveer 20.000 voertuigen per etmaal en 5 miljoen voertuigen per jaar. Bij een $NO_x$ uitstoot van 0,25 gram per kilometer, afhankelijk van de verhouding personenauto's, bestelauto's, en vrachtauto's per plaatse, is de totale uitstoot per kilometer en per jaar 1,2 ton op een drukke doorgaande weg.

Elk jaar worden de emissiefactoren bijgesteld op basis van nieuwe metingen en inzichten. Deels betrekking op nieuwe voertuigen, wetgeving en technologie, deels op verbeterde inzichten in de praktijkemissies in normaal gebruik, en deels op beleid en economische ontwikkelingen die het wagenpark verschuift en verjongt, zoals te zien is aan de emissiefactoren in Tabel 12.
Er is duidelijk nog een verschoning van het wagenpark richting 2030, deels door elektrificatie, maar grotendeels door het verdwijnen van voertuigen met een hoge $NO_x$ uitstoot.[21,22]

## A.2 Concentraties, blootstelling, en depositie

Specifieke effecten voor specifieke locaties vragen nadere analyse. Als een weg dichterbij een kwetsbaar gebied voor vervuilde lucht ligt dan een bouwproject, dan is het effect van de verkeersuitstoot groter dan van de vergelijkbare uitstoot van de bouw. Maar in andere gevallen, met meer complexe geografische omstandigheden zijn de relatieve effecten niet gelijk duidelijk, en dat vraagt een mee gedetailleerde berekening, om de effecten van uitstoot van verschillende, bij elkaar in de buurt liggende locaties te vergelijken op het blootstellings- of depositiepunt.

---

[20] Reduced $NO_x$ and PM10 emissions on urban motorways in The Netherlands by 80km/h speed management, Science of the Total Environment, 408 (12), 2517-2526.
[21] Emissiefactoren wegverkeer: wijzigingen en uitbreidingen 2021, TNO rapport 2021 R11981.
[22] Emissiefactoren wegverkeer. Actualisatie 2019, TNO rapport, 2019 R10825.

De grootschalige concentratie- en depositiekaarten van Nederland[23] laten duidelijk de bijdrages van wegen, bedrijvigheid, en bewoning zien in de $NO_2$ concentratie. Er ligt daarmee een basis om effecten van de verschoning van wegverkeer en reductie van verkeersintensiteiten in kaart te brengen. Landelijk is er al een grote autonome verschoning van wegverkeer, door Europees bronbeleid, maar lokale versnelling kan onderdeel zijn van een projectaanpak die andere activiteiten mogelijk maakt

[23] https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten

# B Emissiefactoren

Tabel 12: De $NO_x$ emissiefactoren van 2022 voor de verschillende jaren.

| **Wegtype** | **Zichtjaar** | **2019** | **2025** | **2030** |
|---|---|---|---|---|
| | **Voertuigklasse** | **NOx [g/km]** | | |
| Stad stagnerend | Licht wegverkeer [<3.5 ton] | 0,419 | 0,293 | 0,179 |
| | Bussen | 4,648 | 2,710 | 2,066 |
| | Middelzwaar wegverkeer [3.5-20 ton] | 8,095 | 4,667 | 4,614 |
| | Zwaar wegverkeer [> 20 ton] | 9,262 | 5,249 | 5,249 |
| Stad normaal | Licht wegverkeer [<3.5 ton] | 0,291 | 0,235 | 0,147 |
| | Bussen | 2,840 | 1,634 | 1,233 |
| | Middelzwaar wegverkeer [3.5-20 ton] | 4,822 | 2,418 | 2,386 |
| | Zwaar wegverkeer [> 20 ton] | 6,174 | 4,322 | 4,322 |
| Stad doorstromend | Licht wegverkeer [<3.5 ton] | 0,270 | 0,223 | 0,143 |
| | Bussen | 2,115 | 1,243 | 0,954 |
| | Middelzwaar wegverkeer [3.5-20 ton] | 3,118 | 1,595 | 1,575 |
| | Zwaar wegverkeer [> 20 ton] | 4,361 | 3,418 | 3,418 |
| Buitenweg | Licht wegverkeer [<3.5 ton] | 0,213 | 0,189 | 0,116 |
| | Bussen | 1,640 | 0,978 | 0,752 |
| | Middelzwaar wegverkeer [3.5-20 ton] | 2,823 | 1,191 | 1,144 |
| | Zwaar wegverkeer [> 20 ton] | 4,005 | 2,906 | 2,906 |
| Snelweg file | Licht wegverkeer [<3.5 ton] | 0,387 | 0,264 | 0,151 |
| | Middelzwaar wegverkeer [3.5-20 ton] | 6,109 | 4,685 | 4,645 |
| | Zwaar wegverkeer [> 20 ton] | 7,592 | 5,760 | 5,760 |
| Snelweg 80 km/h met trajectcontrole | Licht wegverkeer [<3.5 ton] | 0,192 | 0,171 | 0,106 |
| | Middelzwaar wegverkeer [3.5-20 ton] | 2,299 | 0,960 | 0,944 |
| | Zwaar wegverkeer [> 20 ton] | 2,335 | 1,390 | 1,390 |
| Snelweg 100 km/h met trajectcontrole | Licht wegverkeer [<3.5 ton] | 0,232 | 0,189 | 0,111 |
| | Middelzwaar wegverkeer [3.5-20 ton] | 2,299 | 0,960 | 0,944 |
| | Zwaar wegverkeer [> 20 ton] | 2,335 | 1,390 | 1,390 |
| Snelweg 100 km/h | Licht wegverkeer [<3.5 ton] | 0,252 | 0,198 | 0,116 |
| | Middelzwaar wegverkeer [3.5-20 ton] | 2,299 | 0,960 | 0,944 |
| | Zwaar wegverkeer [> 20 ton] | 2,335 | 1,390 | 1,390 |
| Snelweg 120 km/h | Licht wegverkeer [<3.5 ton] | 0,315 | 0,227 | 0,130 |
| | Middelzwaar wegverkeer [3.5-20 ton] | 2,299 | 0,960 | 0,944 |
| | Zwaar wegverkeer [> 20 ton] | 2,335 | 1,390 | 1,390 |
| Snelweg 130 km/h | Licht wegverkeer [<3.5 ton] | 0,350 | 0,242 | 0,137 |
| | Middelzwaar wegverkeer [3.5-20 ton] | 2,299 | 0,960 | 0,944 |
| | Zwaar wegverkeer [> 20 ton] | 2,335 | 1,390 | 1,390 |