



Planbureau voor de Leefomgeving

KOSTEN EN EFFECTEN VAN OPTIES VOOR NATIONAAL LUCHTBELEID

*Effecten van maatregelen voor verkeer,
houtstook in woningen en landbouw
op de blootstelling aan fijnstof, roet
en stikstofdioxide en hun kosten*

PBL

Kosten en effecten van opties voor nationaal luchtbeleid

Effecten van maatregelen voor
verkeer, houtstook in woningen en
landbouw op de blootstelling aan
fijnstof, roet en stikstofdioxide en
hun kosten

**Kosten en effecten van opties voor nationaal
luchtbeleid**

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving
Den Haag, 2019
PBL-publicatienummer: 1949

Redactie figuren

Beeldredactie PBL

Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL

Contact

Winand Smeets [winand.smeets@pbl.nl]

Auteurs

Winand Smeets, Gerben Geilenkirchen, Durk
Nijdam, Marian van Schijndel en Sietske van
der Sluis (PBL); Arjan Plomp, Rianne Dröge,
Bart Jansen en Jan Hulskotte (TNO); Anco Hoen,
Lisanne van Wijngaarden, Eelco den Boer en
Maarten 't Hoen (CE Delft); Wilco de Vries en
Jan Aben (RIVM)

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:
Smeets, W. et al. (2019), *Kosten en effecten van opties voor nationaal luchtbeleid*, Den Haag: PBL.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Inhoud

BEVINDINGEN

Samenvatting	8
Kosten en effecten van opties voor nationaal luchtbeleid	14

VERDIEPING

1 Inleiding	38
2 Aanpak	41
3 Maatregelen	48
3.1 Beleidsmaatregelen en technische potentiëlen	48
3.2 Verkeersmaatregelen	52
3.3 Maatregelen houtstook in woningen	62
3.4 Maatregelen landbouw	68
4 Blootstelling en bronbijdragen 2020 – 2030	77
4.1 Fijnstofblootstelling basisscenario	77
4.2 Roetblootstelling basisscenario	79
4.3 Stikstofdioxideblootstelling basisscenario	79
5 Vergelijkende analyse van de maatregelen	82
5.1 Analyse fijnstofblootstelling	82
5.2 Analyse stikstofdioxideblootstelling	101
5.3 Analyse roetblootstelling	108
6 Maatregelpakketten	114
6.1 Samenstelling van het pakket	114
6.2 Blootstellingseffecten van het pakket 2030 en 2020	115
Literatuur	119
Bijlage	122

BEVINDINGEN

BEVINDINGEN

Samenvatting

In het Regeerakkoord (2017) is afgesproken dat het kabinet een actieplan opstelt voor een permanente verbetering van de luchtkwaliteit in Nederland. In lijn met het Regeerakkoord werkt het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, samen met provincies en gemeenten, aan het Schone Luchtakkoord. De vraag ligt voor hoe het kabinet dit actieplan kan vormgeven en wat het Rijk kan doen om de blootstelling van de bevolking aan luchtverontreinigende stoffen tot en met 2030 te verminderen. Met deze studie dragen we daarvoor cijfermatige informatie aan en vergelijken we mogelijke *nationale* maatregelen op hun (kosten)effectiviteit voor het verlagen van de blootstelling aan fijnstof (PM_{2,5}), roet (elementair koolstof, EC) en stikstofdioxide (NO₂).

De studie is afgebakend tot een aantal *nationale* en op rijksniveau te implementeren beleidsmaatregelen voor het verkeer, de houtstook in woningen en de landbouw. Deze maatregelen zijn door het PBL gekozen. Naast *beleidsmaatregelen* zijn in deze studie ook *technische potentiëlen* doorgerekend. Deze potentiëlen geven inzicht in de maximale effecten die technisch mogelijk zijn bij toepassing van schone technieken of innovatieve aanpassingen in het productieproces. Zo is het maximale effect berekend van een volledige uitfasering van dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter (dieselauto's tot en met Euro4) en van oudere vervuilende typen houtkachels. Er zijn geen klimaatmaatregelen onderzocht, behalve enkele voor de luchtkwaliteit zeer relevante maatregelen bij het wegverkeer, zoals de kabinetsambitie voor 100 procent nieuwverkoop van nulmissiepersonenauto's in 2030. We kijken in deze studie naar beleidsmaatregelen en technische potentiëlen die primair zijn gericht op de vermindering van de nationale emissies van luchtverontreinigende stoffen. Lokale milieuzones, die over een relatief klein gebied de emissies verminderen in het centrumgebied van steden, vallen buiten de scope van deze studie. In het kader van het interdepartementale beleidsonderzoek Luchtkwaliteit heeft het PBL voor overige sectoren dan verkeer een ordegrrootteschatting gemaakt van de bijdrage die het ontwerp-Klimaatakkoord kan leveren aan de verbetering van de luchtkwaliteit (IBO 2019).

Het verkeer, de houtstook in woningen en de landbouw dragen voor circa 62 procent bij aan de geraamde fijnstofblootstelling in 2030 die te herleiden is tot (antropogene) bronnen op Nederlands grondgebied, inclusief internationale zeescheepvaart. De landbouw en houtstook in woningen dragen in 2030 voor respectievelijk 18 en 17 procent bij. De bijdrage van het wegverkeer is 11 procent: voor personenauto's is de bijdrage afgerond 6 procent en voor bestelauto's en vrachtauto's/bussen elk 2 procent. Het overige verkeer draagt voor 16 procent bij: de bijdrage van internationale zeescheepvaart, binnenvaart, de mobiele werktuigen en de luchtvaart is afgerond respectievelijk 8, 3, 3 en 1 procent. Het valt op dat de bijdrage van landbouw en houtstook

aan de gemiddelde fijnstofblootstelling groter is dan die van het wegverkeer. De emissies van primair fijnstof door houtstook zijn in deze studie gecorrigeerd voor de emissies van zogenoemd condenseerbaar fijnstof: koolwaterstoffen die in het hete rookgas nog gasvormig zijn, maar bij afkoeling in de lucht snel condenseren en zo bijdragen aan de fijnstofconcentratie. De stikstofdioxideblootstelling wordt gedomineerd door verkeersbronnen; deze dragen voor 68 procent bij aan de geraamde stikstofdioxideblootstelling in 2030 door Nederlandse bronnen. Verkeer en houtstook in woningen bepalen nagenoeg voor 100 procent de roetblootstelling die wordt veroorzaakt door Nederlandse bronnen inclusief zeescheepvaart. De houtstook in woningen levert in 2030 een bijdrage van 40 procent aan deze roetblootstelling. De overige 60 procent wordt verklaard door het verkeer. De mobiele werktuigen dragen bij voor 13 procent, de internationale zeescheepvaart en de binnenvaart elk voor 8 procent en de luchtvaart voor 3 procent. De bijdrage van personenauto's, vrachtauto's/bussen en bestelauto's is resp. 18, 6 en 4 procent.

Om de impact van luchtvervuiling op de volksgezondheid in te schatten, wordt doorgaans vooral gekeken naar de indicatoren fijnstof en stikstofdioxide. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) adviseert vooralsnog de fijnstofconcentraties te verlagen tot maximaal 10.000 nanogram per kubieke meter (10 microgram per kubieke meter). Voor stikstofdioxide werkt de WHO nog aan een nieuwe adviesnorm. Voor stikstofdioxide is de toxicologische bewijslast voor gezondheidseffecten geringer dan voor fijnstof. In deze studie is aanvullend naar roet gekeken, omdat roet wordt gezien als een belangrijke veroorzaker van de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging. Roet wordt daarbij beschouwd als een goede indicator voor de primair uitgestoten, meer schadelijke componenten van fijnstof die vrijkomen bij verbranding, waaronder de gelijktijdig met roet uitgestoten organische verbindingen. Roet maakt maar enkele procenten uit van de fijnstofconcentratie. Het is verstandig om bij een beoordeling van beleidsmaatregelen niet uitsluitend naar fijnstof te kijken, maar altijd mee te wegen wat een maatregel doet voor het verminderen van de roetblootstelling.

De lijst met geïdentificeerde beleidsmaatregelen is niet uitputtend. De overheid kan verschillende typen beleidsinstrumenten inzetten om de luchtkwaliteit te verbeteren: wet- en regelgeving, financiële instrumenten, convenanten en voorlichting. Ook hierbinnen kan worden gevarieerd, bijvoorbeeld op de aard en hoogte van de prijsprikkels bij financiële instrumenten. Er zijn dus veel verschillende beleidsuitwerkingen denkbaar om de luchtkwaliteit te verbeteren. De in deze studie doorgerekende beleidsmaatregelen zijn *voorbeeldmaatregelen* die een beeld geven van de ordegrootte van de haalbare effecten en de kosteneffectiviteit daarvan.

In deze studie is gekeken naar de effecten voor de *gemiddelde* blootstelling van de Nederlandse bevolking over een heel jaar. Het effect op de gemiddelde blootstelling is berekend door de gemodelleerde jaargemiddelde concentratiedalingen op een resolutie van 1 bij 1 kilometer te wegen naar de bevolkingsdichtheid. De kosteneffectiviteit drukt daarbij uit hoe een euro het meest optimaal kan worden ingezet, gelet op de beoogde blootstellingsdaling van fijnstof, roet en stikstofdioxide in een specifiek zichtjaar.

De kosteneffectiviteit is berekend voor elke afzonderlijke indicator, waarbij voor elke indicator steeds de volledige kosten van de maatregel zijn meegenomen in de berekening. De kosten zijn dus niet op voorhand verdeeld over de stoffen. De analyse geeft per afzonderlijke indicator (fijnstof, stikstofdioxide of roet) aan welke maatregelen goedkoop of duur zijn. In het zuiden en midden van Nederland en in stedelijke gebieden zullen de (absolute) effecten van maatregelen op de concentraties groter zijn dan hier berekend voor de gemiddelde bevolking. Dit geldt in het bijzonder voor lokale 'hot spots': woningen die dicht bij drukke wegen staan, grote veestallen of in een wijk met een hoge uitstoot door houtverbranding.

Doorgerekende zichtjaren zijn 2020, 2025 en 2030. De effecten en kosten van maatregelen zijn afgezet tegen een basisscenario dat de autonoom dalende trend in blootstelling tot 2030 weergeeft bij uitvoering van al bestaand beleid. We richten ons in eerste instantie op de effecten in het zichtjaar 2030, omdat dit het centrale zichtjaar is bij de voorbereiding van het Schone Luchtakkoord. De informatie biedt aanknopingspunten voor de vormgeving van een nationaal luchtbeleid. Alleen voor verkeer zijn ook opties voor verbetering op de korte termijn (2020) becijferd. Deze effectschattingen voor 2020 zijn illustratief voor de effecten die op de korte termijn (in de komende jaren) haalbaar zijn bij verkeer. Het spreekt voor zich dat de tijd tot 2020 te kort is om de doorgerekende beleidsmaatregelen al in 2020 te kunnen invoeren.

De belangrijkste bevindingen van dit rapport zijn:

- Voor een verlaging van *de fijnstofblootstelling op de lange termijn (2030)* ligt het voor de hand de nadruk te leggen op maatregelen bij houtkachels en open haarden. Een significante reductie in fijnstofblootstelling is haalbaar met maatregelen die zijn vormgegeven naar voorbeeld van Duitse regelgeving: het verplicht saneren van verouderde houtkachels (inzet- en inbouwhaarden meegerekend) door invoering van een nationale emissie-norm, en het beperken van het gebruik van open haarden. Deze beleidsmaatregelen voor houtstook in woningen leveren in 2030 en 2025 op afstand het grootste effect op van alle beschouwde beleidsmaatregelen en scoren gunstig op kosteneffectiviteit. Deze maatregelen betekenen een wezenlijk andere aanpak van de fijnstofuitstoot door houtstook in woningen. Kern van deze aanpak is nieuw regelgevend beleid voor *bestaande* meest vervuilende kachels en open haarden. Met de hier beschouwde maatregelen voor bestaande kachels en open haarden zal de blootstelling met 240 nanogram per kubieke meter kunnen dalen. Dit is een daling van 7 procent afgezet tegen de geraamde totale (antropogene) fijnstofblootstelling in 2030 van alle Nederlandse bronnen inclusief zeescheepvaart. Voor verkeer streeft het kabinet naar 100 procent nieuwverkoop van nulmissiepersonenauto's in 2030. Realisatie van deze ambitie levert potentieel – na de houtstookmaatregelen – het grootste effect op van alle overige opties. De gemiddelde blootstelling zal hierdoor in 2030 met 23 tot 39 nanogram per kubieke meter dalen, oftewel een daling van 0,7 tot 1,1 procent ten opzichte van de totale geraamde blootstelling in 2030 aan alle Nederlandse bronnen. Na 2030 zal het effect verder toenemen met de verkoop van nulmissieauto's.

- Uitgaande van de beschouwde *beleidsmaatregelen* hebben we indicatieve beleidspakketten samengesteld voor wegverkeer, scheepvaart, houtstook en landbouw. Met het volledige pakket (inclusief de kabinetsambitie voor 100 procent nieuwverkoop van nulemissiepersonenauto's) is een blootstellingseffect van 340 nanogram per kubieke meter te realiseren in 2030. Dit is een daling met 10 procent afgezet tegen de totale (antropogene) fijnstofblootstelling in 2030 van alle Nederlandse bronnen inclusief zeescheepvaart. Het pakket voor houtstook in woningen domineert het resultaat met een daling van 252 nanogram per kubieke meter. De effecten van de beleidspakketten voor verkeer en landbouw zijn veel kleiner, respectievelijk 63 en 25 nanogram per kubieke meter. Met het hier samengestelde beleidspakket, dat uitgaat van prijsbeleid voor dieselauto's, wordt echter slechts een deel van de in 2030 nog rondrijdende dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter (auto's tot en met Euro4) vervangen. Dit roept de vraag op wat er maximaal haalbaar is als alle dieselauto's zonder roetfilter (nog circa 100.000) in 2030 uit Nederland zouden verdwijnen. De analyse van technische potentiëlen laat zien dat dan in 2030 een maximaal extra effect te behalen is van 13 nanogram per kubieke meter. Dit effect is relatief klein, en verandert het beeld voor 2030 niet wezenlijk.
- Technische potentiëlen in 2030 uitgaande van een uitfasering van alle Euro5- of Euro6-dieselauto's zijn in deze studie niet doorgerekend. De bijdrage van alle personen- en bestelauto's (diesel en benzine) aan de fijnstofblootstelling in 2030 is 300 nanogram per kubieke meter (primair en secundair stof), waarvan 250 nanogram per kubieke meter uitlaatemissies zijn. De bijdrage van houtstook in woningen in 2030 is 620 nanogram per kubieke meter (hoofdzakelijk primair stof).
- De vergelijking van afzonderlijke maatregelen in effectiviteit voor vermindering van fijnstofblootstelling brengt opvallende verschillen aan het licht. Zo heeft de volledige uitfasering van verouderde houtkachels in 2030 een vier- tot zevenmaal groter effect op de fijnstofblootstelling dan het realiseren van de kabinetsambitie voor 100 procent nieuwverkoop van nulemissieauto's. Ook heeft de volledige uitfasering van houtkachels in 2030 een twaalfmaal groter effect op de fijnstofblootstelling dan de volledige uitfasering van de nog actieve dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter. Het effect van de uitfasering van dieselauto's zonder filter en oude kachels zal in de tijd geleidelijk afnemen, omdat diesels en kachels ook autonoom vervangen gaan worden. Het probleem met kachels (en open haarden) is echter dat deze erg lang meegaan (de mediane levensduur van houtkachels is 25 jaar), waardoor de autonome verschoning van het park veel trager verloopt dan bij dieselauto's.
- Voor een verlaging van de *fijnstofblootstelling op de korte termijn (2020)* kan de uitfasering van vervuilende diesels zonder roetfilter (auto's tot en met Euro4) een groot effect opleveren, naast maatregelen bij de binnenvaart en zeescheepvaart en een verregaande snelheidsverlaging op snelwegen naar 100 kilometer per uur. De kabinetsambitie voor elektrisch rijden heeft op de korte termijn een verwaarloosbaar effect op de fijnstof-

blootstelling. Voor de korte termijn (2020) zijn in deze studie alleen maatregelen voor verkeer doorgerekend.

- Met het samengestelde beleidspakket voor verkeer (uitgaande van nationaal prijsbeleid voor wegverkeer) zal de fijnstofblootstelling in 2020 dalen met 81 nanogram per kubieke meter. Dit is een daling van 2 procent afgezet tegen de geraamde totale (antropogene) fijnstofblootstelling in 2020 van alle Nederlandse bronnen inclusief zeescheepvaart. Dit effect neemt toe tot 4 procent (165 nanogram) als wordt uitgegaan van een volledige uitfasering van dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder filter. Deze toename met 84 nanogram illustreert dat op de korte termijn (2020) nog een significante winst te behalen valt met maatregelen gericht op het uitfaseren van de resterende groep vervuilende dieselauto's zonder filter. In 2020 rijden er namelijk nog circa 240.000 dieselpersonenauto's en circa 290.000 dieselbestelauto's zonder roetfilter. De berekende effecten voor 2020 nemen wel snel af in de tijd, omdat het dieselautopark onder invloed van bestaand beleid al snel schoner wordt. In 2025 is nog een effect haalbaar van 29 nanogram per kubieke meter. Er is een zeer groot maximaal haalbaar reductiepotentieel berekend voor het 100 procent stoken van optimaal gedroogd hout in kachels en open haarden (circa 300 nanogram per kubieke meter). Dit potentieel is niet meegenomen in de samengestelde beleidspakketten. Optimaal gedroogd betekent minimaal twee jaar lang gedroogd hout. Bij het stoken van niet goed gedroogd hout nemen de emissies van fijnstof zeer sterk toe.
- Het verkeer levert een dominante bijdrage aan de stikstofdioxideblootstelling. Voor een verlaging van de *stikstofdioxideblootstelling op de lange termijn (2030)* komen dan ook vooral verkeersmaatregelen in beeld. Als de kabinetsambitie voor 100 procent nieuwverkoop van nulmissieauto's in 2030 wordt gerealiseerd, scoort dit zowel qua effectiviteit als kosteneffectiviteit veruit het best. Daarnaast levert de retrofit (technische aanpassing) van 50 procent van alle in 2030 nog varende niet-Stage V-binnenvaartschepen een relatief groot effect op, met een gunstige kosteneffectiviteit. In 2030 is met het volledige samengestelde beleidspakket een daling in de stikstofdioxideblootstelling haalbaar van 455 nanogram per kubieke meter. Dit is een daling van 5 procent afgezet tegen de totale geraamde stikstofdioxideblootstelling van alle Nederlandse bronnen in 2030. Dit kan toenemen tot 6 procent (505 nanogram) als we aannemen dat alle dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter uit het autopark verdwijnen.

- Opvallend voor de korte termijn (2020) is de relatief grote daling in stikstofdioxide-blootstelling die kan worden behaald met het volledig uitfaseren van dieselauto's zonder filter. In 2020 is met het samengestelde beleidspakket (uitgaande van nationaal prijsbeleid voor wegverkeer) een daling te realiseren van 566 nanogram per kubieke meter ofwel 5 procent ten opzichte van de totale stikstofdioxideblootstelling van alle Nederlandse bronnen voor 2020. Gaan we uit van een volledige uitfasering van dieselauto's zonder filter, dan kan dit toenemen tot 940 nanogram per kubieke meter ofwel 8 procent.
- De ordening van onderzochte beleidsmaatregelen naar de effectiviteit voor de vermindering van de roetblootstelling is op hoofdlijnen niet wezenlijk anders dan die voor fijnstof. Kijken we naar de lange termijn (2030), dan zijn de maatregelen voor houtstook veruit het meest effectief. Met het volledige pakket is een daling in de roetblootstelling in 2030 haalbaar van 21 procent. Dit is tweemaal zo veel als voor de fijnstofblootstelling. Opmerkelijk voor roet is het relatief grote maximale effect dat op de korte termijn (komende jaren) haalbaar is, uitgaande van een volledige uitfasering van diesel-personenauto's en -bestelauto's zonder filter. Afgezet tegen de geraamde roetblootstelling van alle Nederlandse bronnen voor 2020 is hiermee een daling van 14 procent haalbaar.
- Bij geen van de onderzochte indicatoren voor luchtkwaliteit (fijnstof, stikstofdioxide en roet) ligt een nadruk op landbouwmaatregelen voor de hand als we kijken naar de gemiddelde effectiviteit van maatregelen in Nederland. Wel zijn enkele landbouwmaatregelen uitvoerbaar met geen of beperkte meerkosten, waardoor de kosteneffectiviteit zeer gunstig is. Het gaat dan onder andere om het toepassen van mestinjectie op grasland op zand door aanpassing van de regeling voor het gebruik van meststoffen en een aanscherping van de ammoniakemissie-eis voor rundveestallen en voor legkippen in volièrehuisvesting. Voor deze maatregelen geldt dat de kosten van de nieuwe schonere techniek niet opvallend hoger liggen dan voor de oude techniek. Ook is een aantal innovatieve maatregelen in de landbouw mogelijk tegen beperkte kosten, zoals een verhoging van de efficiency van de voerbenutting bij melkvee en meer beweiding van melkkoeien. Voor deze maatregelen geldt dat er investeringen moeten worden gepleegd (in technieken en/of kennis) waarvan wordt verwacht dat deze zich later terugverdienen.

Kosten en effecten van opties voor nationaal luchtbeleid

Opties voor nationaal luchtbeleid bij verkeer, houtstook in woningen en landbouw

In het Regeerakkoord is afgesproken dat het kabinet een nationaal actieplan voor de luchtkwaliteit uitwerkt dat is gericht op een continue verbetering van de luchtkwaliteit. In lijn daarmee werkt het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat samen met provincies en gemeenten aan het Schone Luchtakkoord. Met dit akkoord wil de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat de gezondheidsrisico's door luchtverontreiniging verminderen. De vraag ligt voor hoe het kabinet dit plan kan vormgeven en wat het Rijk kan doen om de blootstelling van de bevolking aan luchtverontreinigende stoffen tot en met 2030 te verkleinen.

Ter ondersteuning van dit beleidsproces heeft het PBL een onderzoek uitgevoerd naar de emissie-effecten, blootstellingseffecten en kosten van mogelijke opties voor nationaal luchtbeleid. De studie is afgebakend tot een aantal *nationale* en op *rijksniveau* te implementeren emissiebeperkende beleidsmaatregelen voor het verkeer, de scheepvaart, houtstook in woningen en de landbouw. De maatregelen zijn door het PBL geselecteerd. Er zijn geen klimaatmaatregelen onderzocht, behalve enkele voor de luchtkwaliteit zeer relevante maatregelen bij het wegverkeer. We kijken in deze studie naar maatregelen die primair zijn gericht op de vermindering van de nationale emissies van luchtverontreinigende stoffen. Lokale milieuzones, die over een relatief klein gebied de emissies verminderen in het centrumgebied van steden, vallen buiten de scope van deze studie. In het kader van het interdepartementale beleidsonderzoek Luchtkwaliteit heeft het PBL voor overige sectoren dan verkeer een ordegrootteschatting gemaakt van de bijdrage die het ontwerp-Klimaatakkoord kan leveren aan de verbetering van de luchtkwaliteit (IBO 2019).

Verkeer, houtstook in woningen en landbouw maken 62 procent uit van de geraamde fijnstofblootstelling in 2030 welke wordt veroorzaakt door (antropogene) bronnen op Nederlands grondgebied inclusief de zeescheepvaart. Verkeersbronnen en houtstook in woningen bepalen voor respectievelijk 68 en 9 procent de geraamde blootstelling in 2030

afkomstig van Nederlandse bronnen. Verkeer en houtstook in woningen bepalen nagenoeg volledig de roetblootstelling afkomstig van Nederlandse bronnen. De landbouw en houtstook in woningen bepalen voor respectievelijk 18 en 17 procent de blootstelling in 2030 afkomstig van Nederlandse bronnen. De internationale zeescheepvaart, binnenvaart, de mobiele werktuigen en de luchtvaart dragen bij voor respectievelijk 8, 3, 3 en 1 procent. Voor personenauto's is de bijdrage 6 procent, voor bestelauto's en vrachtauto's/bussen elk 2 procent. Het valt bij deze cijfers op dat de bijdrage van landbouw en houtstook aan de gemiddelde fijnstofblootstelling groter is dan die van het wegverkeer. De emissies van primair fijnstof door houtstook zijn in deze studie gecorrigeerd voor de emissies van zogenoemd condenseerbaar fijnstof: koolwaterstoffen die in het hete rookgas nog gasvormig zijn, maar bij afkoeling in de lucht snel condenseren en zo bijdragen aan de fijnstofconcentratie.

Het doel van de studie is om een beeld te geven van de ordegrrootte van haalbare effecten en daarbij horende kosten van maatregelen ter verbetering van de luchtkwaliteit. Het politieke en maatschappelijke draagvlak voor maatregelen is niet meegewogen bij de selectie van de te onderzoeken maatregelen. Voorop stond de bijdrage die maatregelen kunnen leveren. De emissiereductie- en kostenschattingen voor de beschouwde maatregelen bouwen voort op eerder uitgevoerde studies van het PBL, CE-Delft en TNO in het kader van onderzoek voor de Europese NEC-richtlijn (emissieplafonds 2020 en 2030) en de Programmatiese Aanpak Stikstof.

De doorgerekende maatregelen zijn een mix van:

- *beleidsmaatregelen* waarbij de emissie- en milieueffecten zijn ingeschat gegeven de inzet en verwachte effectiviteit van een specifiek beleidsinstrument; en
- *technische potentiëlen* (of *technische maatregelen*) waarbij een maximaal haalbaar technisch verbeterpotentieel is berekend, uitgaande van specifieke aannames over de uitfasering dan wel retrofit van oude, vervuilende kapitaalgoederen (voertuigen, vaartuigen, houtkachels, open haarden en stallen).

Beide typen maatregelen worden in de figuren steeds apart gepresenteerd. De *technische potentiëlen* geven inzicht in de maximale effecten die technisch mogelijk zijn bij toepassing van schone technieken of innovatieve aanpassingen in het productieproces. De inschatting van technische potentiëlen is beleidsneutraal en hierbij zijn geen aannames gedaan over het beleid dat wordt ingezet. Er zijn meerdere relevante technische potentiëlen in beeld gebracht: de kabinetsambitie voor 100 procent verkoop van nul-emissieauto's, de volledige uitfasering van dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter (dieselauto's tot en met Euro4 ofwel dieselauto's die in 2020 tien jaar en ouder zijn), de volledige uitfasering van oudere vervuilende typen houtkachels, het maximaal installeren van fijnstofreductietechnieken op pluimveestallen in heel Nederland en het na 20 jaar vervangen van niet-emissiearme melkveestallen in heel Nederland. Technische potentiëlen uitgaande van een volledige uitfasering van Euro5- of Euro6-dieselauto's zijn in deze studie niet doorgerekend.

Het merendeel van de geïdentificeerde *beleidsmaatregelen* stuurt op een verschoning van het opgestelde park aan voertuigen en installaties via het gebruik van moderne schone technologie (personen- en bestelauto's, houtkachels en landbouwstallen). Deze verschoning van het park aan kapitaalgoederen is mogelijk door eisen te stellen aan de *nieuwverkoop* of *nieuwbouw* van kapitaalgoederen (doorgaans is dit geregeld via Europese regelgeving), de *versnelling* van de afvoer (door sloop of export) van verouderde vervuilende technologie uit Nederland of de retrofit (technische aanpassing) van vervuilende binnenvaartschepen. Er zijn in deze studie geen maatregelen doorgerekend die primair zijn gericht op het beperken van het volume van het verkeer, de veestapelomvang of het houtgebruik. Bij de landbouw kijken we alleen naar rundvee en pluimvee. Reden hiervoor is dat er in het basisscenario van uit wordt gegaan dat met bestaand beleid alle varkensstallen in 2030 zijn uitgerust met een effectieve luchtwasser. Er zijn verder geen berekeningen gedaan wat betreft de tegenvaller die onlangs duidelijk is geworden en waaruit blijkt dat gecombineerde luchtwassers in de praktijk minder effectief zijn dan verwacht.

De beschouwde lijst met beleidsmaatregelen is niet uitputtend. De overheid kan verschillende typen van beleidsinstrumenten inzetten om de luchtkwaliteit te verbeteren: wet- en regelgeving, financiële instrumenten, convenanten en voorlichting. Ook hierbinnen kan worden gevarieerd, bijvoorbeeld op de aard en hoogte van de prijsprikkels bij financiële instrumenten. Er zijn dus veel verschillende beleidsinvullingen denkbaar om de luchtkwaliteit te verbeteren via een verdere verschoning van het opgestelde park aan kapitaalgoederen. De in deze studie doorgerekende maatregelen zijn voorbeeldmaatregelen die een beeld geven van de ordegrootte van de haalbare effecten en de kosteneffectiviteit daarvan. Voor verkeer en landbouw zijn beleidsmaatregelen onderzocht die het huidige luchtbeleid aanscherpen of uitbreiden. Voor houtstook is er geen emissiebeleid in Nederland zoals dat bestaat voor andere vervuilende emissiebronnen die de luchtkwaliteit verslechteren. Bij de beleidsmaatregelen voor houtstook is daarom de beleidspraktijk in Duitsland als voorbeeld genomen, waar al sinds 1974 regelgeving bestaat voor particuliere houtgestookte installaties. In deze studie is dus gekeken naar nieuw regelgevend beleid voor houtstook daar waar het huidige Nederlandse beleid vooral is gericht op voorlichting over goed stookgedrag. Voor de effectiviteit van dit beleid is in deze studie verondersteld dat dit Duitse beleid ook in Nederland kan worden geïmplementeerd en effectief kan zijn. Deze beleidsmaatregelen naar Duits voorbeeld betekenen een wezenlijk andere aanpak van de fijnstofuitstoot door houtstook in woningen.

Effecten op de gemiddelde blootstelling aan fijnstof, stikstofdioxide en roet

Van afzonderlijke maatregelen is het effect op de gemiddelde blootstelling van de Nederlandse bevolking berekend over een heel jaar, voor de zichtjaren 2020, 2025 en 2030. Voor 2020 zijn alleen verkeersmaatregelen doorgerekend. Enkele maatregelen zijn alleen

doorgerekend voor 2030. Het effect op de gemiddelde blootstelling van de Nederlandse bevolking is berekend door de berekende jaargemiddelde concentratiedalingen op een resolutie van 1 bij 1 kilometer te wegen naar de bevolkingsdichtheid (Velders et al. 2017). De aldus gewogen concentratiedaling (in nanogram per kubieke meter) is een maat voor de daling in jaargemiddelde blootstelling van een gemiddelde Nederlander aan luchtverontreiniging. Deze maat wordt in het vervolg van deze studie aangeduid met de term 'blootstelling'. Feitelijk gaat het hier om een berekende jaargemiddelde concentratiedaling op het woonadres van een gemiddelde Nederlander.

De berekeningen voor emissiereducties en kosten zijn vastgelegd in factsheets. De vertaling van nationale emissiereducties naar blootstelling is gedaan op basis van modelberekeningen. Blootstellingseffecten zijn berekend voor drie indicatoren die in verband worden gebracht met gezondheidseffecten: fijnstof, stikstofdioxide en roet (elementair koolstof, EC). In deze studie kijken we naar fijnstofdeeltjes kleiner dan 2,5 micrometer. De afkorting voor deze fijnstofdeeltjes is PM_{2,5}. In deze studie gebruiken we verder de term fijnstof om dit type deeltjes aan te duiden. Deeltjes kleiner dan 2,5 micrometer kunnen diep doordringen in de longen, tot in de longblaasjes. Voor fijnstof geldt dat er geen drempelwaarde is waaronder luchtverontreiniging niet schadelijk is voor de gezondheid. Met andere woorden, elke verbetering van de fijnstofconcentratie levert gezondheidswinst op.

Fijnstof in de lucht bestaat uit een zogeheten primaire en een secundaire fractie. Primair fijnstof wordt direct door menselijke activiteiten of de natuur in de atmosfeer gebracht. Het secundaire deel vormt zich na verloop van tijd in de atmosfeer door chemische reacties van uitgestoten gassen. Bij de vorming van secundair fijnstof spelen de emissies van stikstofoxiden (verkeer) en ammoniak (landbouw) een belangrijke rol. De beschouwde maatregelen hebben invloed op zowel de primaire als de secundaire fractie. Veel verkeersmaatregelen verminderen daarbij zowel de primaire emissies van fijnstof (uitlaat en slijtage) als de emissies van stikstofoxiden (secundaire fractie). Het merendeel van de beschouwde landbouwmaatregelen vermindert de emissies van ammoniak en hebben zo effect op de secundaire fractie. Twee landbouwmaatregelen zijn gericht op het verlagen van de primaire fijnstofemissies van pluimveestallen. Houtstookmaatregelen verminderen vooral de primaire fijnstofemissies. De chemische samenstelling van de primaire en secundaire fractie van fijnstof is heel verschillend. Bij de huidige stand van de wetenschap is het niet mogelijk om mogelijke verschillen tussen beide fracties in toxiciteit en gezondheidseffecten te kunnen kwantificeren.

Om de impact van luchtvervuiling op de volksgezondheid in te schatten, wordt vooral gekeken naar de indicatoren fijnstof en stikstofdioxide. Voor beide indicatoren zijn in de Europese Unie bindende grenswaarden afgesproken. Voor fijnstof geldt een bindende EU-grenswaarde voor de jaargemiddelde concentratie van 25.000 nanogram per kubieke meter (25 microgram). Voor stikstofdioxide is de grenswaarde 40.000 nanogram per kubieke meter (40 microgram). De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) hanteert strengere normen dan de Europese Unie. De WHO adviseert de fijnstofconcentraties

verder te verlagen tot 10.000 nanogram per kubieke meter (10 microgram). Voor stikstofdioxide werkt de WHO nog aan een nieuwe advieswaarde. Voor stikstofdioxide is de toxicologische bewijslast voor gezondheidseffecten geringer dan voor fijnstof. In deze studie is aanvullend naar roet gekeken, omdat roet wordt gezien als een goede indicator voor de meer schadelijke componenten van fijnstof die vrijkomen bij verbranding. Het is daarom verstandig om bij een beoordeling van beleidsmaatregelen ook mee te wegen wat een maatregel doet voor het verminderen van de roetblootstelling. De WHO beveelt ook aan om er bij het verminderen van de fijnstofconcentraties voor te zorgen dat alle onderdelen van het fijnstofmengsel worden gereduceerd, en om niet bepaalde relevante onderdelen in het mengsel over het hoofd te zien, zoals deeltjes die vrijkomen bij verbrandingsprocessen. Roet is een *specifieke indicator* voor de primair bij de bron uitgestoten fijnstofdeeltjes veroorzaakt door *verbranding*, oftewel het zogeheten verbrandingsaerosol. Waarschijnlijk wordt de schade door roet deels ook veroorzaakt door reactieve organische componenten uit het verbrandingsmengsel, die zich aan de uitgestoten roetdeeltjes hechten. Roet maakt maar een klein deel uit van de fijnstofconcentratie (5 procent van de gemiddelde antropogene fijnstofblootstelling veroorzaakt door Nederlandse bronnen in 2030).

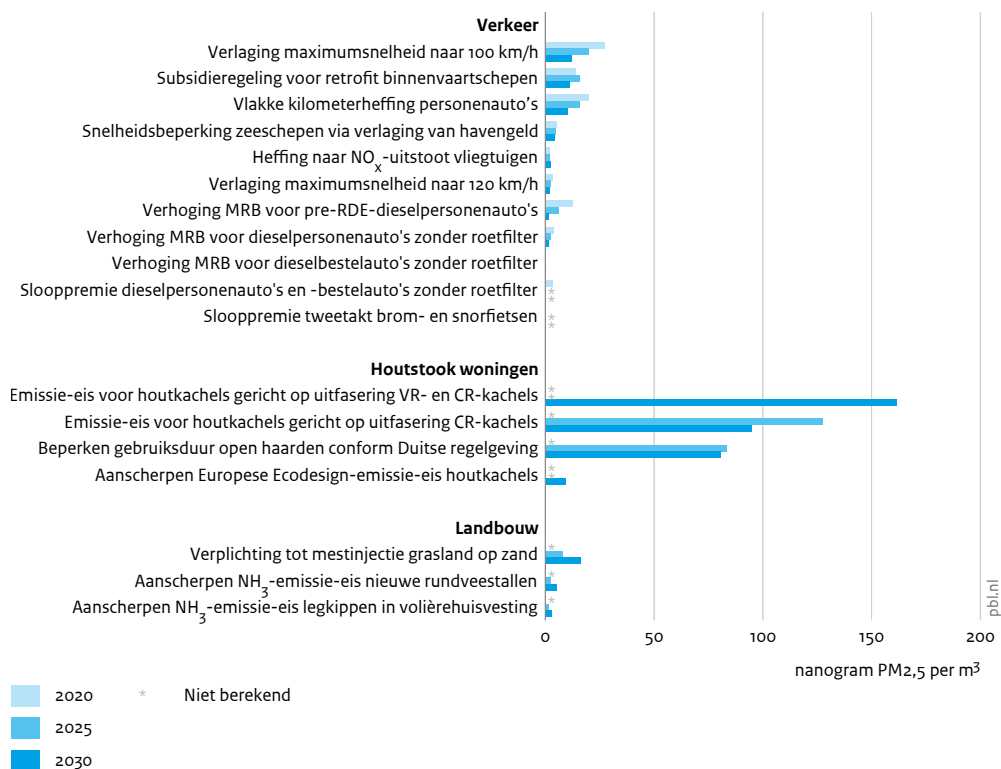
De berekende kosten zijn de nationale kosten volgens de milieukostenmethodiek. Ze zijn exclusief overdrachten binnen Nederland, zoals subsidies en belastingen inclusief fiscale vrijstellingen. De nationale kosten geven de kosten voor Nederland als geheel. De nationale kosten omvatten investeringen (vertaald naar jaarlijkse kapitaalkosten), kosten voor onderhoud en beheer, energiekosten, kosten voor de vervroegde afschrijving van installaties en voertuigen (bij het vervroegd uitfasen of saneren van kachels, voertuigen of stallen) en uitvoeringskosten van de overheid. Alle kosten, ook de investeringskosten en de kosten voor vervroegde afschrijving van goederen, zijn omgerekend naar jaarlijkse kosten in de zichtjaren 2020, 2025 en 2030. Deze jaarlijkse kosten kunnen worden afgezet tegen jaarlijkse milieueffecten om inzicht te krijgen in de kosteneffectiviteit.

Maatregelen voor houtkachels en open haarden zijn het meest effectief voor vermindering van de fijnstofblootstelling in 2030

Figuur 1a laat het effect op de gemiddelde fijnstofblootstelling zien voor de geanalyseerde beleidsmaatregelen. Figuur 1b doet dit voor de technische potentiëlen. De maatregelen zijn gesorteerd naar aflopend effect in 2030. We beoordelen de opties hierna eerst op hun effectiviteit voor fijnstof in het zichtjaar 2030. Het jaar 2030 was namelijk het centrale zichtjaar bij de voorbereiding van het Schone Luchtakkoord. Vervolgens kijken we naar de mogelijkheden op de korte termijn. Berekeningen voor de korte termijn zijn gedaan voor 2020. Effectschattingen voor 2020 zijn illustratief voor de haalbare effecten op de korte termijn in de komende jaren. Het spreekt voor zich dat de tijd tot 2020 te kort is om de doorgerekende beleidsmaatregelen al in 2020 te kunnen invoeren.

Figuur 1a

Effectiviteit van beleidsmaatregelen voor vermindering van fijnstofblootstelling (PM_{2,5})



Bron: PBL

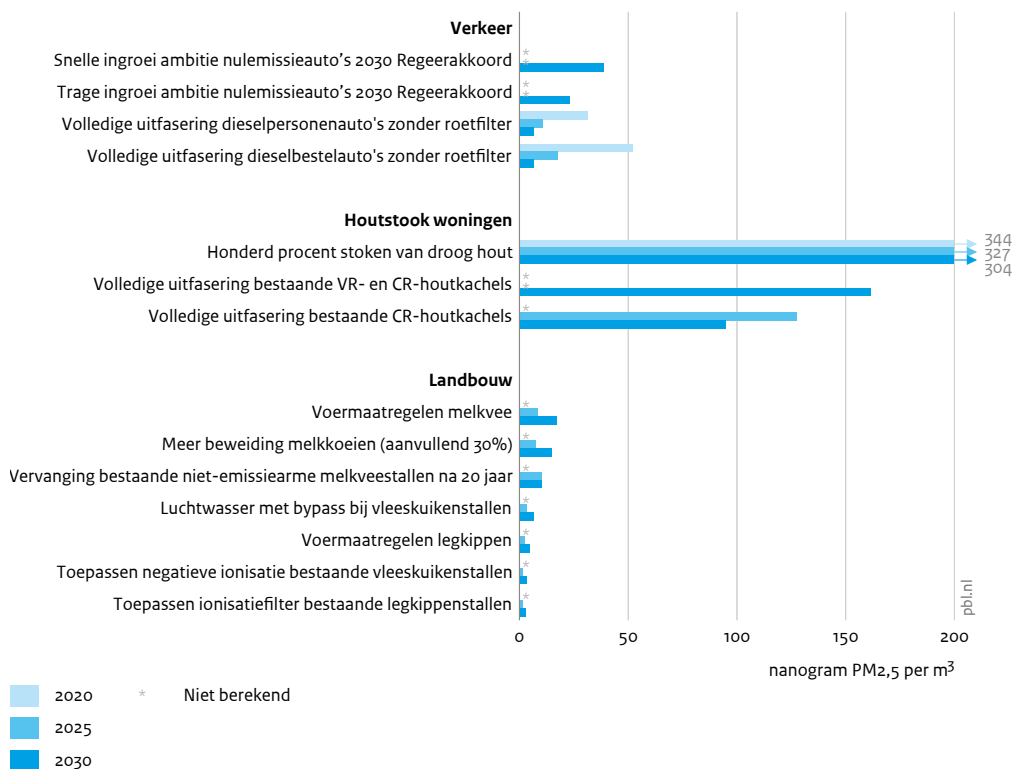
De twee meest effectieve *beleidsmaatregelen* voor vermindering van de gemiddelde fijnstofblootstelling in 2030 zijn (in volgorde van effectiviteit, met tussen haakjes het jaargemiddelde effect op de blootstelling in nanogram per kubieke meter):

- invoering van een nationale emissie-eis voor bestaande houtkachels gericht op volledige uitfasering van vervuilende Conventioneel Rendement-kachels (CR) en Verbeterd Rendement-kachels (VR) per uiterlijk 1-1-2029 (160 nanogram per kubieke meter);
- het beperken van de gebruiksduur van open haarden conform de Duitse regelgeving per uiterlijk 1-1-2024 (maximaal 8 dagen per maand en 5 uur per dag) (80 nanogram per kubieke meter).

Voor het berekenen van de emissiereductie van de kachelmaatregelen wordt gebruik gemaakt van de nieuwste kennis en inzichten bij TNO, zoals verwerkt in het kachelpark-

Figuur 1b

Technisch potentieel voor vermindering van fijnstofblootstelling (PM_{2,5})



Bron: PBL

model, dat wordt gebruikt voor Emissieregistratie. Conventioneel Rendement kachels zijn ongekeurde en meest vervuilende kachels die voldoen aan geen enkele typekeur. Verbeterd Rendement kachels zijn kachels die voldeden aan een Nederlandse typekeur, die gold van 1997 tot 2004, en sinds februari 2005 is vervallen. Moderne kachels storen veel minder stof uit dan CR- en VR-kachels en zijn efficiënter. Vanaf 2022 wordt de Europese Ecodesign normstelling van kracht voor de nieuwverkoop van kachels.

Dan volgen op afstand:

- het toepassen van mestinjectie bij grasland op zand door een aanpassing van de regeling voor het gebruik van meststoffen (17 nanogram per kubieke meter);
- het verlagen van de maximumsnelheid naar 100 kilometer per uur (12 nanogram per kubieke meter);

- een subsidieregeling voor retrofit van bestaande binnenvaartschepen die niet aan Stage V-emissienormen voldoen (11 nanogram per kubieke meter);
- invoering van een kilometerheffing voor personenauto's (10 nanogram per kubieke meter);
- het aanscherpen van de Europese Ecodesign-emissie-eis voor nieuw houtkachels per 1-1-2026 (9 nanogram per kubieke meter);
- het aanscherpen van de ammoniakemissie-eis voor melkveeestallen (5 nanogram per kubieke meter);
- snelheidsbeperking bij zeeschepen via het verlagen van het havengeld (4 nanogram per kubieke meter);
- het aanscherpen van de ammoniakemissie-eis voor legkippen in volièrehuisvesting (5 nanogram per kubieke meter);
- heffing op de stikstofoxidenuitstoot van vliegtuigen (2 nanogram per kubieke meter);
- de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter (1 nanogram per kubieke meter);
- de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselbestelauto's zonder roetfilter (0,1 nanogram per kubieke meter).

Opvallend is dat de meest effectieve beleidsmaatregelen voor een verdere verlaging van de fijnstofblootstelling gericht zijn op de vermindering van de uitstoot door houtstook in woningen (zie figuur 1a). Bij de doorrekening van een beleid voor houtstook naar Duits voorbeeld is aangenomen dat de gestelde regels voor 100 procent worden nageleefd, hetgeen het maximale effect laat zien van wat haalbaar is met dit beleid. Beide maatregelen betekenen een wezenlijk andere aanpak van de fijnstofuitstoot door houtstook in woningen. Bij de berekening is verondersteld dat er (uiterlijk) per 1 januari 2029 wettelijke emissie-eisen worden gesteld aan bestaande CR- en VR-kachels. Daarbij wordt ook een controle- en inspectiesysteem voor houtkachels opgezet naar Duits voorbeeld. De berekening gaat uit van een tweejaarlijkse keuring van kachels door een erkende schoorsteenveger met afgifte van een inspectieattest. De schoorsteenveger beoordeelt de emissies en de technische staat van de kachel, het correcte en veilige gebruik hiervan en geeft advies. Een controle op de opslag en kwaliteit (vochtgehalte) van de liggende houtvoorraad maakt onderdeel uit van de technische inspectie.

Van de *technische reductiepotentiëlen* (*technische maatregelen*) hebben we als eerste de ambitie uit het Regeerakkoord voor nieuw-verkoop van nulmissieauto's doorgerekend. Uitgaande van eerder door het PBL uitgewerkte scenariovarianten voor invulling van deze ambitie gaat het om 1,8 tot 2,8 miljoen elektrische personenauto's in 2030, oftewel 20 tot 30 procent van het autopark. Dit levert een gemiddeld fijnstofblootstellingseffect in 2030 op van 23 tot 39 nanogram per kubieke meter. De twee uitgewerkte scenariovarianten betreffen een snelle groei van elektrische auto's waarbij de grootschalige verkoop al ver voor 2030 toeneemt (resultierend in 2,8 miljoen elektrische personenauto's in 2030) en een trage ingroeivariant waarbij deze verkoop later op gang komt (resultierend in 1,8 miljoen elektrische personenauto's in 2030). Inmiddels zijn in het ontwerp-Klimaatakkoord diverse concrete maatregelen doorgerekend waarmee deze ambitie dichterbij kan komen.

Uit de PBL-doorrekening van dat ontwerp-akkoord blijkt dat het verwachte aantal elektrische auto's als het meezit in de buurt komt van de trage ingroeivariant voor de ambitie (1,8 miljoen elektrische auto's, oftewel 23 nanogram per kubieke meter) (PBL 2019). De trage ingroeivariant voor nulemissieauto's lijkt daarmee meer realistisch dan de snelle ingroeivariant.

Opvallend is het grote fijnstofreductiepotentieel dat is berekend voor het voor 100 procent stoken van optimaal gedroogd hout in kachels en open haarden (300 nanogram per kubieke meter). Optimaal gedroogd betekent minimaal twee jaar lang gedroogd hout. Uit statistieken van het CBS blijkt dat circa een kwart van het gestookte hout in woningen niet optimaal is gedroogd. Bij het stoken van niet optimaal gedroogd hout nemen de emissies zeer sterk toe. De opzet van het genoemde controle- en inspectiesysteem naar Duits voorbeeld kan bijdragen aan de ontsluiting van dit potentieel. Daarnaast kan de overheid proberen via zachtere beleidsinstrumenten, zoals een verbeterde en intensievere voorlichting, een deel van dit potentieel te realiseren.

De analyse van technische potentiëlen brengt opmerkelijke verschillen aan het licht (zie figuur 1b). Zo kan in 2030 met de volledige uitfasering van oude vervuilende typen (CR- en VR-)houtkachels een twaalfmaal groter effect worden bereikt dan met de volledige uitfasering van oudere nog rijdende dieselpersonen- en dieselbestelauto's zonder roetfilter (zie figuur 1b). Het potentiële effect van een volledige uitfasering van dieselpersonen- en dieselbestelauto's zonder filter bedraagt in 2030 respectievelijk 7 en 7 nanogram per kubieke meter (opgeteld 14). Dit effect is klein afgezet tegen het effect van een volledige uitfasering van vervuilende CR- en VR-houtkachels (162 nanogram per kubieke meter g/m³) maar komt opmerkelijk wel in de buurt van het verwachte effect van de kabinetsambitie voor 100 procent nieuwverkoop van nulemissie personenauto's in 2030 (23 nanogram per kubieke meter). Het technische reductiepotentieel bij vervanging van bestaande niet-emissiearme melkveestallen via een verlaging van de ammoniakemissies (na 20 jaar) is geschat op 11 nanogram per kubieke meter. Het maximaal haalbare effect bij toepassing van fijnstofreductietechnieken op alle pluimveestallen in 2030 is geschat op circa 7 nanogram per kubieke meter.

In deze studie is niet gerekend aan het technische reductiepotentieel bij een volledige uitfasering van relatief jonge pre-RDE-dieselauto's (dieselgate). Het betreft hier auto's die onder praktijkomstandigheden niet voldoen aan de Euro6-normen voor uitstoot van stikstofoxiden. Deze pre-RDE-auto's mogen nog tot 2020 worden verkocht. In deze studie is alleen een beleidsmaatregel doorgerekend voor ontmoediging van dit type auto's via een verhoging van de motorrijtuigenbelasting (400 euro per jaar). Met deze verhoging zal slechts een fractie van de pre-RDE dieselauto's in 2030 uit het park verdwijnen.

Versnelde uitfasering van verouderde houtkachels heeft in 2030 een groter effect op de fijnstofblootstelling dan de kabinetsambitie voor verkoop van nulemissieauto's

Een saneringsbeleid voor verouderde houtkachels naar Duits voorbeeld heeft een relatief groot effect op de fijnstofblootstelling. Deze maatregel heeft in 2030 een 4 tot 7 maal groter effect dan realisatie van de kabinetsambitie tot 100 procent verkoop van nulemissieauto's. Dit opmerkelijke verschil wordt verklaard doordat de blootstellingswinst (opgeteld over een jaar) per gesaneerde houtkachel gemiddeld een factor 70 groter is dan de blootstellingswinst per nieuw verkochte nulemissieauto. Naar verwachting zijn er in 2030 nog circa 175.000 verouderde houtkachels operationeel. Bij sanering worden deze vervuilende kachels versneld vervangen door schone Ecodesign-kachels. Vervuilende oudere kachels hebben een emissiefactor voor fijnstof van gemiddeld 510 gram per eenheid (gigajoule) verstoekt hout (de meest vervuilende Conventioneel Rendement (CR-)kachels) tot gemiddeld 220 gram per gigajoule (wat schonere Verbeterd Rendement (VR-)kachels). Een moderne Ecodesign-kachel heeft een emissiefactor van 49 gram per gigajoule. Realisatie van de kabinetsambitie voor elektrische auto's in 2030 betekent naar schatting als gezegd 1,8 tot 2,8 miljoen elektrische personenauto's in het wagenpark in 2030. Deze elektrische auto's komen in de plaats van moderne Euro6-benzineauto's en -dieselauto's die verhoudingsgewijs al weinig stof uitstoten. Moderne Euro6-auto's hebben een emissiefactor voor fijnstofuitstoot van 0,5 (benzine) tot 0,9 (diesel) gram per gigajoule verbrande benzine of diesel. Het verschil in emissiefactoren tussen een moderne Euro6-auto en een elektrische auto is dus verhoudingsgewijs heel klein, afgezet tegen het verschil in uitstoot tussen een verouderde kachel en een Ecodesign-kachel. Omdat de realisatie van de kabinetsambitie voor elektrisch rijden samengaat met miljoenen verkochte elektrische auto's in 2030, tellen de relatief kleine effecten per verkocht nulemissievoertuig nog wel op tot een significant totaal effect in 2030.

Merk hierbij op dat in 2030 – bij volledige uitvoering van de kabinetsambitie – nog slechts een deel van het autopark emissieloos is. Na 2030 zal het aandeel nulemissieauto's in het park toenemen en daarmee het effect op de fijnstofblootstelling. Bij een volledige transitie naar nulemissieauto's (na 2030) komt het ordegrootte-effect van nulemissie-rijden overeen met het berekende effect voor 2030 bij een volledige uitfasering van verouderde houtkachels.

Op de korte termijn (2020) kan de uitfasering van vervuilende diesels zonder roetfilter effectief zijn voor de fijnstofblootstelling naast maatregelen bij binnen- en zeescheepvaart

Voor 2020 zijn alleen verkeersmaatregelen doorgerekend. Maatregelen voor kachels en open haarden zijn niet doorgerekend voor 2020, omdat invoering van de beschouwde beleidsmaatregelen voor houtstook een lange voorbereiding vraagt. Om dezelfde reden is ook de kilometerheffing niet doorgerekend voor 2020. Deze beleidsmaatregelen zijn alleen doorgerekend voor 2025 en 2030. Bij het onderzoek van de landbouwmaatregelen lag de focus op 2030 en is verondersteld dat de maatregelen lineair in effect kunnen toenemen vanaf het uniform gekozen startjaar 2021. Deze geleidelijke toename is verondersteld, omdat enkele maatregelen nog technische uitontwikkeling vragen en de beleidsaanpassing tijd vergt.

De kabinetsambitie voor elektrisch rijden is voor 2020 en 2025 niet apart gekwantificeerd in factsheets. Wel is ingeschat dat deze ambitie op de korte termijn (2020 en 2025) nog maar een relatief bescheiden effect heeft voor de fijnstofblootstelling. Voor 2025 is dat effect indicatief geschat op 4 tot 6 nanogram per kubieke meter. Voor 2020 gaat het om nog kleinere effecten.

De meest effectieve *beleidsmaatregelen* voor vermindering van de fijnstofblootstelling op de korte termijn (2020) zijn in volgorde van effectiviteit:

- een verlaging van de snelheid op snelwegen naar 100 kilometer per uur (27 nanogram per kubieke meter);
- een subsidieregeling voor retrofit van binnenvaartschepen (14 nanogram per kubieke meter);
- een verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-dieselauto's (13 nanogram per kubieke meter);
- een snelheidsbeperking van zeeschepen nabij Nederlandse zeehavens tijdens het manoeuvreren (5 nanogram per kubieke meter);
- een verhoging van de MRB voor dieselauto's zonder roetfilter (4 nanogram per kubieke meter).

Opvallend is dat de aangenomen verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselvoertuigen zonder roetfilter (met 800 euro per jaar voor personenauto's) maar een klein effect heeft op de fijnstofblootstelling (zie figuur 1a). Het gaat hier om een belastingmaatregel waarbij naar verwachting slechts een klein deel van de eigenaren van een dieselauto zonder filter reageert op de doorgerekende prijsprikkel. In deze studie zijn verder geen beleidsmaatregelen voor verkeer geanalyseerd die zorgen voor een volledige verplichte uitfasering van dieselauto's zonder filter.

De analyse van de *technische reductiepotentiëlen* (figuur 1b) geeft wel inzicht in het potentiële effect uitgaande van een volledige uitfasering van dieselauto's zonder filter. Dit potentiële effect is 84 nanogram per kubieke meter in 2020. Wat illustreert dat op de korte termijn (2020) nog een significante winst te behalen valt met maatregelen voor het uitfaseren van de resterende groep vervuilende dieselauto's zonder filter. In 2020 rijden er nog circa 240.000 dieselpersonenauto's en circa 290.000 dieselbestelauto's zonder roetfilter. De berekende effecten voor 2020 nemen wel snel af in de tijd, omdat het dieselauto's park onder invloed van bestaand beleid al snel schoner wordt. In 2025 is nog een effect haalbaar van 29 nanogram per kubieke meter.

Op basis van de gepresenteerde cijfers zijn kentallen berekend voor de verwachte blootstellingswinst (gerekend over een heel jaar) per gesaneerde gemiddelde kachel of dieselauto. Deze kentallen laten in een oogopslag zien hoe effectief het is om een enkele vervuilende kachel dan wel een vervuilende diesel zonder filter te verwijderen uit het park. De resultaten van deze studie laten zien dat het fijnstofblootstellingseffect voor de gehele Nederlandse bevolking per gesaneerde houtkachel gemiddeld een factor 6 groter is dan het fijnstofeffect van een vervroegde uitfasering van een dieselpersonenauto en -bestelauto zonder roetfilter. Dit verschil in effectiviteit wordt voor een belangrijk deel verklaard doordat houtkachels veel condenseerbaar fijnstof uitstoten (zie hoofdstuk 2): koolwaterstoffen die snel na het verlaten van de schoorsteenpijp bij afkoeling in de lucht condenseren tot fijnstofdeeltjes. Het 'factor 6-verschil' in effectiviteit per gesaneerde kachel of dieselauto is relevant om mee te wegen bij de vormgeving van het toekomstige nationale en lokale luchtbeleid. Vervuilende Euro3-dieselauto's zonder filter hebben een gemiddelde fijnstofemissiefactor van 16 gram per gigajoule brandstof. Voor jongere Euro4-dieselauto's zonder filter is dit 11 gram per gigajoule. Een dieselauto met filter emitteert circa 1 gram per gigajoule. Verouderde houtkachels hebben een emissiefactor in de range van 220 tot 510 gram per gigajoule.

Meerdere maatregelen hebben een gunstige kosten-effectiviteit voor een verlaging van de fijnstofblootstelling, in het bijzonder maatregelen voor houtstook

Figuur 2a geeft de kosteneffectiviteit van de bestudeerde beleidsmaatregelen uitgedrukt in vermeden eenheid fijnstofblootstelling (in miljoen euro per nanogram per kubieke meter). Figuur 2b geeft de kosteneffectiviteit voor de onderzochte technische potentiëlen. Het gaat hierbij om nationale kosten voor een specifiek jaar waarin de vermeden blootstelling in datzelfde jaar tegen kan worden afgezet. Bij een kosteneffectiviteitsvergelijking gaat het erom hoe maatregelen zich ten opzichte van elkaar verhouden qua kosten, gelet op het doel dat voor ogen staat, wat in deze studie de verlaging van de blootstelling aan luchtverontreiniging is. In de bijlage van de studie en in de factsheets zijn de totale nationale kosten per maatregel gegeven in miljoen euro per jaar.

De kosteneffectiviteit is berekend door de jaarlijkse nationale kosten van een maatregel te delen door de vermeden blootstelling in dat jaar. De kosteneffectiviteit is berekend voor elke indicator, waarbij voor elke afzonderlijke indicator steeds de volledige kosten van de maatregel zijn meegenomen in de berekening. De kosten zijn dus niet op voorhand verdeeld over stoffen. De analyse geeft per afzonderlijke indicator (fijnstof, stikstofdioxide of roet) aan welke maatregelen goedkoop of duur zijn

Bij een lage waarde van de kosteneffectiviteit is het, gezien vanuit nationaal kostenperspectief, relatief goedkoop om de blootstelling van Nederlanders te verlagen en is de kosteneffectiviteit in vergelijking met andere maatregelen dus gunstig. Bij een hoge waarde van de kosteneffectiviteit is het kostbaar om de luchtkwaliteit te verbeteren en is de kosteneffectiviteit ongunstig in vergelijking met andere maatregelen. Bij een negatieve kosteneffectiviteit gaat invoering van de maatregel gepaard met negatieve kosten en dus nettobaten voor de samenleving. Dit is mogelijk als de nieuwe technologie goedkoper is dan de huidige toegepaste technologie. De kosteneffectiviteit is op nul berekend als de kosten van een maatregel op nagenoeg nul worden geschat. Dit is bijvoorbeeld het geval als de nieuwe schonere techniek of landbouwpraktijk even duur is als de oude techniek maar nog niet gangbaar is in de praktijk. In dit geval is het mogelijk dat vaak wel nog investeringen moeten worden gedaan die zich later terugverdienen.

Kijken we eerst naar de *beleidsmaatregelen*, dan zijn de geïdentificeerde beleidsmaatregelen voor particuliere houtstook niet alleen effectief, maar scoren ze ook goed op kosteneffectiviteit. De kosteneffectiviteit bedraagt 0,1 tot 0,2 miljoen euro per nanogram per kubieke meter fijnstofblootstellingsvermindering. Het gaat om:

- de *versnelde* uitfasering van bestaande vervuilende houtkachels (0,1 miljoen);
- een beperking van de gebruiksduur van open haarden (0,2 miljoen).

Bij de kosteninschattingen is rekening gehouden met de kosten die kachelbezitters moeten maken omdat ze eerder dan gepland een vervangingsinvestering moeten doen in een nieuwe kachel. Dit maakt dat de investering in een nieuwe kachel naar voren gehaald moet worden in de tijd. Daarnaast is in de kostenberekening rekening gehouden met de kosten die het Duitse systeem van reguliere tweejaarlijkse inspectie door erkende schoorsteenvegers met zich brengt.

De volgende drie beleidsmaatregelen voor de landbouw zijn uitvoerbaar met geen of zeer beperkte meerkosten. Het gaat om:

- het toepassen van mestinjectie bij grasland op zand (aanpassing van de regeling gebruik meststoffen);
- een aangescherpte ammoniakemissie-eis voor nieuwe melkveestallen;
- een aangescherpte ammoniakemissie-eis voor legkippen in volièrehuisvesting.

Voor de maatregel gericht op het toepassen van mestinjectie geldt dat de kosten van deze nieuwe bemestingstechniek grofweg vergelijkbaar zijn met die van de oude techniek (zodembemester). Mits de overgang van de oude naar de nieuwe techniek geleidelijk vorm

krijgt, kan deze maatregel zonder substantiële meerkosten worden geïmplementeerd. Ook voor nieuwe melkveestallen en legkipstallen geldt dat schonere stallen niet duurder zijn.

Beleidsmaatregelen met een kosteneffectiviteit tussen 0,6 en 2,6 miljoen euro per nanogram per kubieke meter fijnstofblootstellingsvermindering in 2030 zijn:

- een snelheidsbeperking bij zeeschepen via een *verlaging van het havengeld* (0,8 miljoen);
- de *subsidieregeling* voor retrofit van bestaande binnenvaartschepen (0,9 miljoen);
- het aanscherpen van de Europese Ecodesign-*emissie-eis* voor nieuwe houtkachels (1,8 miljoen).

De onderzochte beleidsmaatregelen bij het wegverkeer hebben een kosteneffectiviteit van 7 tot 16 miljoen euro per nanogram per kubieke meter fijnstofblootstellingsvermindering in 2030. Het gaat om:

- de verlaging van de snelheid op snelwegen naar 100 kilometer per uur (7 miljoen);
- de verhoging van de *motorrijtuigenbelasting* voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter (12 miljoen);
- de verhoging van de *motorrijtuigenbelasting* voor pre-RDE-dieselpersonenauto's (16 miljoen).

Deze wegverkeersmaatregelen scoren daarmee in 2030 in vergelijking met andere maatregelen relatief ongunstig op kosteneffectiviteit. De kosteneffectiviteit van vooral snelheidsmaatregelen is op de korte termijn (2020) wel veel gunstiger (0,3 miljoen euro per nanogram/kubieke meter). Deze wijziging in kosteneffectiviteit wordt verklaard doordat het personenautopark door vernieuwing automatisch schoner wordt, waardoor een snelheidsmaatregel in 2030 een kleiner effect heeft op de emissies en blootstelling dan in 2020.

Hoewel voor de uitfasering van dieselpersonenauto's zonder filter een groot technisch potentieel is berekend, scoren de geanalyseerde beleidsmaatregelen in het kader van de motorrijtuigenbelasting minder gunstig op kosteneffectiviteit. Daarbij moet worden vermeld dat de berekeningen voor de motorrijtuigenbelasting wel met de nodige onzekerheid zijn omgeven. Nader onderzoek is nodig om meer inzicht te krijgen in de kosten van specifiek beleid voor het weren van vervuilende diesels. De kosteneffectiviteit zal afhangen van de ouderdom (restwaarde) van de voertuigen die vervroegd uit het autopark worden geweerd.

Bij de *technische potentiëlen (technische maatregelen)* wordt voor de kabinetsambitie voor de verkoop van nulmissiepersonenauto's een negatieve kosteneffectiviteit berekend. Dit betekent dat deze ambitie negatieve kosten oftewel baten met zich brengt. Centrale aanname bij de berekening is dat de kostendalingen van elektrisch rijden zich doorzetten. Hierdoor komen in de loop van het komende decennium de totale jaarkosten (investeringen en operationele kosten) van dan verkochte elektrische auto's lager te liggen dan van vergelijkbare auto's met een brandstofmotor.

Het stoken van droog hout vraagt investeringen van gebruikers in geld (kwalitatief goede opslag van hout voor drogen of aankoop van goed gedroogd hout). Daarnaast vraagt het investeringen in tijd en moeite. De kosteneffectiviteit van deze technische maatregel is berekend op 0,3 miljoen euro per nanogram per kubieke meter fijnstofblootstellingsvermindering.

Kijken we naar de innovatieve landbouwmaatregelen voor de reductie van ammoniakemissies (zie figuur 2b), dan zijn enkele hiervan uitvoerbaar met geen of zeer beperkte meerkosten. Het gaat om:

- een verhoging van de efficiency van de voerbenutting bij melkvee;
- meer beweiding van koeien;
- het houden van minder jongvee.

In deze studie brengen we uitsluitend de nationale kosten in beeld. Er is dus niet naar de inkomenseffecten en sociale aspecten gekeken, maar verondersteld mag worden dat de beschouwde maatregelen niet alle gelijk neerslaan bij verschillende inkomensgroepen.

De ambitie voor nulemissieauto's is het meest effectief voor een verdere verlaging van de stikstofdioxideblootstelling in 2030; op de korte termijn kan de uitfasering van vervuilende diesels effectief zijn

Het verkeer levert een dominante bijdrage aan de stikstofdioxideblootstelling. De meest effectieve *beleidsmaatregelen* voor vermindering van de blootstelling in 2030 vinden we dan ook bij het verkeer. Dit zijn in volgorde van effectiviteit:

- een verlaging van de maximumsnelheid op snelwegen naar 100 kilometer per uur (100 nanogram per kubieke meter);
- een kilometerheffing voor personenauto's (78 nanogram per kubieke meter);
- een subsidieregeling voor retrofit van binnenvaartschepen (67 nanogram per kubieke meter).

De overige onderzochte beleidsmaatregelen voor verkeer hebben een effect op de stikstofdioxideblootstelling in 2030 variërend van 5 tot 23 nanogram per kubieke meter. Het gaat dan om:

- een snelheidsbeperking bij zeeschepen via verlaging van het havengeld (23 nanogram per kubieke meter);
- een stikstofoxidenheffing voor vliegtuigen (20 nanogram per kubieke meter);
- een verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-dieselpersonenauto's (13 nanogram per kubieke meter).

Figuur 2a

Kosteneffectiviteit van beleidsmaatregelen voor vermindering van fijnstofblootstelling (PM_{2,5})

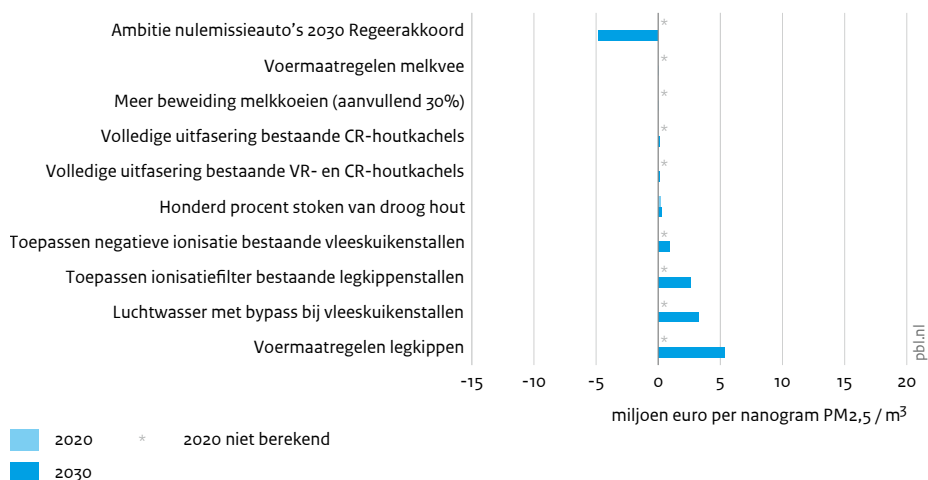


Bron: PBL

De verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-dieselpersonenauto's (met 400 euro per jaar) heeft in 2030 een relatief beperkt effect op de stikstofdioxideblootstelling (13 nanogram per kubieke meter). Dat wordt verklaard doordat het aantal auto's waarop deze maatregel aangrijpt in 2030 beperkt is. Het aantal pre-RDE-dieselauto's neemt onder invloed van bestaand beleid namelijk autonoom af tot 2030. Op de korte termijn (2020) is deze maatregel veel effectiever (90 nanogram per kubieke meter). Het gaat hierbij om het via prijsbeleid uit het park weren van dieselauto's die onder praktijkomstandigheden niet aan de Euro6-norm voor de uitstoot van stikstofoxiden voldoen (dieselgate). In 2020 voldoen nog bijna geen diesel personenauto's aan de Euro6-RDE-norm, zodat nagenoeg het hele dieselpark met een verhoging van de motorrijtuigenbelasting wordt geconfronteerd en het effect dan relatief groot is.

Figuur 2b

Kosteneffectiviteit van technisch potentieel voor vermindering van fijnstofblootstelling (PM_{2,5})



Bron: PBL

Het effect van snelheidsmaatregelen op de stikstofdioxideblootstelling hangt sterk af van de opgelegde maximumsnelheid. Een verlaging van de maximumsnelheid op snelwegen naar 100 kilometer per uur heeft grofweg een tienmaal groter effect dan een verlaging naar 120 kilometer per uur. Het effect van een verlaging naar 120 kilometer per uur is beperkt mede omdat op veel snelwegen in het stedelijk gebied geen 130 kilometer per uur mag worden gereden.

Kijken we naar de *technische reductiepotentiëlen*, dan valt op dat in 2030 een grote stikstofdioxideblootstellingswinst te behalen is als de ambitie uit het Regeerakkoord voor nieuw-verkoop van nulemissieauto's in 2030 wordt gerealiseerd (166-276 nanogram per kubieke meter). Voor de lange termijn (2030) leidt dit streefbeeld van het kabinet zelfs tot de grootste stikstofdioxideblootstellingswinst van alle in deze studie onderzochte maatregelen. Op de korte termijn (2020 en 2025) heeft de ambitie nog maar een bescheiden effect op de blootstelling. Voor 2025 is het effect van deze ambitie indicatief geschat op 28-41 nanogram per kubieke meter. Voor 2020 zijn de effecten een fractie hiervan.

De volledige uitfasering van dieselpersonenauto's en -bestelauto's in 2030 heeft in 2030 een effect op de stikstofdioxideblootstelling van circa 50 nanogram per kubieke meter. Dit effect is echter veel groter op de korte termijn (2020). Bij een volledige uitfasering van dieselpersonenauto's zonder roetfilter daalt de stikstofdioxideblootstelling in 2020 met circa 140 nanogram per kubieke meter. Bij een volledige uitfasering van dieselbestelauto's

zonder filter is dit 230 nanogram. Het opgetelde potentieel is 370 nanogram per kubieke metr. Dit potentieel is groter dan het reductiepotentieel dat is berekend voor de ambitie uit het Regeerakkoord voor nieuw-verkoop van nulmissieauto's in 2030 (166-276 nanogram per kubieke meter). Deze vergelijking van potentiëlen voor stikstofdioxidereductie maakt duidelijk dat op de korte termijn (in de komende jaren) met de uitfasering van circa 500.000 vervuilende dieselpersonen- en bestelauto's zonder filter een groter effect op de stikstofdioxideblootstelling kan worden gerealiseerd dan met beleid dat erop is gericht om in de nieuw-verkopen relatief schone nieuwe auto's te vervangen door elektrische auto's. Zoals gezegd neemt dit effect wel snel af in de tijd met de autonome verschoning van het autopark die al automatisch plaatsvindt met bestaand beleid. Voor de korte termijn (komende jaren) is evident dat het bijzonder effectief is voor de stikstofdioxideluchtkwaliteit om de groep vervuilende dieselauto's zonder filter versneld af te voeren.

Beleidsmaatregelen met de meest gunstige kosteneffectiviteit voor vermindering van de stikstofdioxideblootstelling zijn de subsidieregeling voor retrofit van binnenvaartschepen en de snelheidsbeperking bij zeeschepen via verlaging van het havengeld. Maatregelen bij het wegverkeer die zijn gericht op het versneld vervangen van pre-RDE-diesels en diesels zonder filter scoren, gelet op de stikstofdioxideblootstelling, relatief ongunstiger op kosteneffectiviteit in vergelijking met maatregelen bij de binnenvaart en de zeevaart.

Maatregelen voor houtkachels en open haarden zijn het meest effectief voor een verdere verlaging van de roetblootstelling in 2030; op korte termijn kent de uitfasering van diesels zonder filter een groot reductiepotentieel

Alle beschouwde beleidsmaatregelen voor verkeer en houtstook hebben een effect op de roetblootstelling. De bestudeerde landbouwmaatregelen richten zich op een vermindering van ammoniakemissies (secundair fijnstof) en stofemissies uit pluimveestallen (mest, veren, strooisel en voer), en hebben geen effect op roet.

De ordening van *beleidsmaatregelen* naar effectiviteit voor vermindering van de roetblootstelling in 2030 is op hoofdlijnen niet wezenlijk anders dan voor fijnstof. De meest effectieve beleidsmaatregelen zijn:

- de invoering van een nationale emissie-eis voor bestaande houtkachels gericht op volledige uitfasering van vervuilende kachels (Conventioneel en Verbeterd Rendement) (22,5 nanogram per kubieke meter);
- het beperken van de gebruiksduur van open haarden conform Duitse regelgeving (9,6 nanogram per kubieke meter);
- een subsidieregeling voor retrofit van bestaande binnenvaartschepen (1,9 nanogram per kubieke meter).

In vergelijking met het beeld voor fijnstof valt op dat de verkeersmaatregelen qua effectiviteit voor roet dichter in de buurt liggen van de maatregelen voor houtstook. Dit wordt verklaard doordat condenseerbaar fijnstof wel bijdraagt aan fijnstof maar niet aan roet. Het grote effect van houtstookmaatregelen op de uitstoot van condenseerbaar fijnstof valt bij de vergelijkende analyse voor roet dus weg.

Kijken we vervolgens naar de *technische reductiepotentiëlen*, dan blijkt de kabinetsambitie voor de 100 procent verkoop van nulemissieauto's potentieel een significant roetblootstellingseffect van 2,2 tot 3,7 nanogram per kubieke meter te kunnen opleveren in 2030 (zie ook figuur 5.7). Een nog groter effect is haalbaar met de volledige uitfasering van in 2030 nog in gebruik zijnde dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder filter. Het maximale roetreductiepotentieel van een volledige uitfasering van deze dieselauto's is 6,9 nanogram per kubieke meter in 2030. Dit maakt duidelijk dat een volledige uitfasering van vervuilende dieselauto's zonder filter een potentieel effect op de roetblootstelling in 2030 kan hebben dat twee- tot driemaal zo groot is als het potentiële effect dat haalbaar is met de kabinetsambitie voor de verkoop van nulemissieauto's. Op de korte termijn (2020) is het berekende reductiepotentieel nog veel groter. In 2020 is een maximaal blootstellingseffect voor roet van 37 nanogram per kubieke meter haalbaar bij volledige uitfasering van alle dieselpersonenauto's en dieselbestelauto's zonder filter. Dit potentieel is daarmee groter dan het voor 2030 berekende potentieel van de uitfasering van verouderde (VR- en CR-)houtkachels. Opnieuw neemt dit effect wel snel af in de tijd met de autonome verschoning van het autopark.

Voor de technische maatregel droog hout stoken is in deze studie geen roeteffect berekend omdat de beschikbare onderzoeken niet eenduidig wijzen op een afname van de roetemissies. Nieuw onderzoek is nodig om hier meer inzicht in te krijgen.

Beschouwde opties kunnen een significante bijdrage leveren aan een verdere verlaging van de blootstelling aan fijnstof, stikstofdioxide en roet

Om een beeld te geven van de orde grootte van de haalbare blootstellingseffecten met nationaal beleid zijn er indicatieve beleidsmaatregelpakketten samengesteld voor particuliere houtstook, wegverkeer, scheepvaart en landbouw. Deze pakketten geven een beeld van wat er haalbaar is in 2030 en 2020 met de in deze studie geïdentificeerde beleidsmaatregelen (zie tabel 1 en 2). In de pakketten voor 2030 is ook rekening gehouden met de kabinetsambitie voor de verkoop van nulemissieauto's. De lage effectschatting voor dit streefbeeld is ook meegenomen in het pakket met nationale beleidsmaatregelen, omdat in het ontwerp-Klimaatakkoord een concreet maatregelpakket is uitgewerkt dat is gericht op de realisatie van deze ambitie. Op grond van de doorrekening van dit maatregelpakket uit het ontwerp-Klimaatakkoord lijkt de trage ingroeivariant het meest waarschijnlijk scenario. Dit scenario voor ingroei van nulemissiepersonenauto's is

daarom meegenomen in het gegeven pakket. Ook de effecten van nationale motorrijtuigenbelastingmaatregelen voor het onaantrekkelijk maken van vervuilende dieselauto's zijn meegenomen in het pakket. Effecten van lokale maatregelen, zoals milieuzoneringsbeleid, daarentegen zijn niet onderzocht in deze studie en maken dus ook geen deel uit van het gegeven beleidspakket. Er is gecorrigeerd voor overlap tussen maatregelen.

Met het samengestelde pakket aan beleidsmaatregelen kan in 2030 een extra blootstellingseffect worden gerealiseerd van circa 340 nanogram fijnstof, 457 nanogram stikstofdioxide en 41 nanogram roet per kubieke meter (tabel 1). Afgezet tegen de totale geraamde blootstelling in 2030 door bronnen op Nederlands grondgebied (inclusief zeescheepvaart op het Nederlands Continentaal Plat) is dit een reductie met respectievelijk 10, 5 en 21 procent. De haalbare procentuele daling in roetblootstelling is in 2030 daarmee tweemaal zo groot als die voor fijnstof. Voor fijnstof en roet valt bij houtstook in kachels en open haarden de grootste potentiële winst te behalen. Voor stikstofdioxide valt vooral winst te behalen met maatregelen bij het wegverkeer, in het bijzonder beleid gericht op het bevorderen van de nieuwverkoop van nulmissieauto's.

Het pakket voor houtstook in woningen domineert het resultaat voor fijnstof met een daling van 252 nanogram per kubieke meter. De effecten van de beleidspakketten voor verkeer en landbouw zijn veel kleiner, respectievelijk 63 en 25 nanogram per kubieke meter. Het gegeven beleidspakket voor verkeer gaat daarbij uit van het nationaal beprijzen van vervuilende dieselauto's door middel van een forse verhoging van de motorrijtuigenbelasting. Het effect van dit prijsbeleid is echter klein, waardoor dit beleidspakket slechts een beperkt effect heeft op de uitfasering van vervuilende dieselauto's. Met ander beleid, zoals een uitgebreid milieuzoneringsbeleid gericht op de uitfasering van vervuilende diesels, kan mogelijk een groter effect worden bereikt. Hoewel lokale luchtmaatregelen in deze studie niet zijn onderzocht, geeft de analyse van technische potentiële wel inzicht in effecten die bereikt kunnen worden met een ver doorgevoerd milieuzoneringsbeleid. De analyse van technische potentiële laat zien dat uitgaande van een volledige uitfasering van alle dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter in Nederland in 2030 een maximaal effect te behalen is van 13 nanogram per kubieke meter (zie tabel 1). Dit effect is klein, afgezet tegen het effect van een volledige uitfasering van vervuilende kachels. De bevindingen voor fijnstof (zie tabel 1) veranderen hierdoor dus niet wezenlijk: veruit de grootste blootstellingswinst is te behalen met een strenger beleid voor houtstook in woningen.

Op de korte termijn (2020, komende jaren) zijn alleen verkeersmaatregelen doorgerekend. Met het samengestelde pakket aan beleidsmaatregelen voor verkeer kan in 2030 een extra blootstellingsvermindering worden gerealiseerd van circa 65 nanogram fijnstof, 454 nanogram stikstofdioxide en 11 nanogram roet per kubieke meter (tabel 2). Het theoretisch maximaal haalbare reductiepotentieel van het volledig weren van alle nog actieve dieselauto's zonder roetfilter (circa 500.000) is op de korte termijn veel groter dan op de lange termijn. In 2020 gaat het om circa 240.000 nog actieve personenauto's zonder filter en circa 290.000 bestelauto's. Het maximaal haalbare fijnstofeffect bij volledige

uitfasering van deze auto's is in 2020 84 nanogram voor fijnstof, 372 nanogram voor stikstofdioxide en 37 nanogram voor roet. Dit zijn grote effecten, in het bijzonder voor roet en stikstofdioxide (tabel 2). Het gaat hier om een tijdelijk effect, omdat het autopark door verjonging ook autonoom schoner wordt. In 2030 zijn deze maximaal haalbare effecten gedaald met 80 tot 85 procent (tabel 1).

Geconcludeerd kan worden dat er meerdere nationale opties beschikbaar zijn die met geen of beperkte meerkosten kunnen zorgen voor een significante vermindering in de blootstelling aan fijnstof, roet en stikstofdioxide. Voor een verdere verlaging van de fijnstofblootstelling op de lange termijn (2030) ligt het voor de hand nadruk te leggen op maatregelen bij houtkachels en open haarden. Deze maatregelen voor houtstook zijn veruit het meest effectief. De ambitie van het kabinet voor de verkoop van nulmissieauto's voor 2030 is een effectieve optie bij verkeer, maar met een aanzienlijk kleiner effect. Voor een verdere verlaging van de fijnstofblootstelling op de korte termijn (2020, komende jaren) kan de uitfasering van vervuilende diesels zonder roetfilter (auto's tot en met Euro4) effectief zijn, naast maatregelen bij binnenvaart en zeescheepvaart en een verregaande snelheidsverlaging op snelwegen naar 100 kilometer per uur. Voor een verdere reductie van stikstofdioxide in 2030 komen verkeersmaatregelen in beeld, in het bijzonder het bevorderen van de nieuwverkoop van nulmissieauto's. Als het om de roetblootstelling gaat dan is de ordening van onderzochte beleidsmaatregelen naar effectiviteit op hoofdlijnen niet wezenlijk anders dan voor fijnstof. Voor zowel stikstofdioxide en roet geldt dat er, net als voor fijnstof, op korte termijn een groot reductiepotentieel is berekend voor de volledige uitfasering van dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder filter. Bij geen van de indicatoren voor luchtkwaliteit ligt een nadruk op landbouwmaatregelen voor de hand – met als kanttekening dat we kijken naar de gemiddelde effecten in Nederland. Wel zijn de drie geanalyseerde beleidsmaatregelen in de landbouw uitvoerbaar met geen of beperkte nettomeerkosten. Voor deze maatregelen geldt dat de kosten van de nieuwe schonere techniek niet opvallend hoger liggen dan voor de oude techniek. Ook is een aantal innovatieve landbouwmaatregelen mogelijk tegen beperkte kosten zoals verhoging van de efficiency van de voerbenutting bij melkvee en meer beweiding van melkkoeien. Voor deze maatregelen geldt dat er investeringen moeten worden gepleegd (in technieken en/of kennis) waarvan wordt verwacht dat deze zich later terugverdienen.

Effect- en kostenschattingen zijn omgeven met een onvermijdelijke onzekerheidsmarge

De effectschattingen voor afzonderlijke maatregelen zijn gebaseerd op de best beschikbare informatie, maar zijn wel onvermijdelijk omgeven met een onzekerheidsmarge. De cijfers geven een indicatie van de ordegrootte van effecten en de kosten en de relatieve bijdrage die aanvullende maatregelen kunnen leveren aan het verlagen van de gemiddelde nationale blootstelling. Relevante onzekerheden hangen samen met het

Tabel 1

Blootstellingsvermindering maatregelpakketten voor fijnstof, roet en stikstofdioxide, 2030

	Blootstellingsvermindering ^c , ng/m ³			Blootstellingsvermindering afgezet tegen de geraamde blootstelling veroorzaakt door Nederlandse bronnen in 2030 ^a , %		
	Fijnstof	Stikstofdioxide	Roet	Fijnstof	Stikstofdioxide	Roet
Pakket door het PBL beschouwde beleidsmaatregelen, inclusief de kabinetsambitie voor de verkoop van nulemissiepersonenauto's						
Wegverkeer	45	331	5	1,3%	4%	3%
Overig verkeer	18	110	2	0,5%	1%	1%
Houtkachels en open haarden	252	16	33	7,1%	0,2%	17%
Landbouw	25			0,7%		
Totaal	340	457	41	9,6%	5%	21%
Technisch potentieel bij volledige uitfasering dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder filter^b						
Wegverkeer	13	49	7	0,4%	0,6%	3%

- De totale berekende blootstelling in 2030 in het basispad veroorzaakt door Nederlandse antropogene bronnen voor fijnstof (inclusief zeescheepvaart) is in 2030 3,550 nanogram per kubieke meter. De totale blootstelling aan roet door Nederlandse bronnen (inclusief zeescheepvaart) bedraagt in 2030 190 nanogram per kubieke meter. De stikstofdioxideblootstelling veroorzaakt door Nederlandse bronnen is in ordegruote benaderd; dit is niet een-op-een mogelijk, omdat de relatie tussen stikstofoxidenuitstoot en stikstofdioxideblootstelling niet lineair verloopt.
- Dit technisch potentieel geeft de maximaal haalbare effecten ten opzichte van het basisscenario. Een klein deel van dit potentieel is opgenomen in het gegeven beleidspakket. Extra effecten ten opzichte van dit beleidspakket bedragen 11, 39 en 6 nanogram per kubieke meter voor respectievelijk fijnstof, stikstofdioxide en roet.
- De resultaten van de berekeningen zijn niet afgerond: de onzekerheid is groter dan de cijfers suggereren.

basisscenario met geraamde toekomstige ontwikkelingen, de geregistreerde emissies van verschillende bronnen en de verspreidingsprocessen van stoffen door de lucht. Zo geldt voor prijsmaatregelen dat de reactie van burgers op prijssignalen met een grote onzekerheid is omgeven. Iets andere aannames over de reactie van automobilisten op een aangenomen belastingverhoging kunnen tot relatief grote verschuivingen in de berekende emissiereducties leiden. Bij de uitwerking van een maatregel zijn er verder veronderstellingen gedaan over de wijze van instrumenteren en het invoeringsmoment van de maatregel. Andere veronderstellingen leiden tot andere effecten en kosten.

De gepresenteerde cijfers in deze studie zijn niet afgerond en suggereren meer exactheid dan gezien de onzekerheden is toegestaan. De gegeven blootstellingseffecten kunnen het best worden gebruikt voor het vergelijken van de effecten van maatregelen. De absolute waarde van de gecijferde blootstellingseffecten kent een grote onzekerheidsmarge. Zo wordt de onzekerheid in de jaargemiddelde geraamde Nederlandse fijnstof- en stikstofdioxideconcentratie in het basisscenario geschat op ongeveer 15 procent (Velders et al. 2016).

Tabel 2

Blootstellingsvermindering maatregelpakketten voor fijnstof, roet en stikstofdioxide, 2020

	Blootstellingsvermindering ^c , ng/m ³			Blootstellingsvermindering afgezet tegen de geraamde blootstelling veroorzaakt door Nederlandse bronnen in 2020 ^a , %		
	Fijnstof (PM _{2,5})	Stikstofdioxide	Roet	Fijnstof (PM _{2,5})	Stikstofdioxide	Roet
Pakket door het PBL beschouwde beleidsmaatregelen						
Wegverkeer	44	334	8	1,1%	3%	3%
Overig verkeer	21	120	3	0,5%	1%	1%
Totaal	65	454	11	1,6%	4%	4%
Technisch potentieel bij volledige uitfasering dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder filter^b						
Wegverkeer	84	372	37	2,1%	3%	14%

- De totale berekende blootstelling in het basispad veroorzaakt door Nederlandse antropogene bronnen voor fijnstof (inclusief zeescheepvaart) is in 2020 3.990 nanogram per kubieke meter. De totale blootstelling aan roet door Nederlandse bronnen (inclusief zeescheepvaart) bedraagt in 2020 270 nanogram per kubieke meter. De stikstofdioxideblootstelling veroorzaakt door Nederlandse bronnen is in ordegröte benaderd; dit is niet een op een mogelijk omdat de relatie tussen stikstofoxidenuitstoot en stikstofdioxideblootstelling niet lineair verloopt.
- Dit technisch potentieel geeft de maximaal haalbare effecten ten opzichte van het basisscenario. Een klein deel van dit potentieel is opgenomen in het gegeven beleidspakket. Extra effecten ten opzichte van dit beleidspakket bedragen 78, 348 en 34 nanogram per kubieke meter voor respectievelijk fijnstof, stikstofdioxide en roet.
- De resultaten van de berekeningen zijn niet afgerond: de onzekerheid is groter dan de cijfers suggereren.

VERDIEPING

VERDIEPING

1 Inleiding

In het Regeerakkoord (2017) is afgesproken dat het kabinet een nationaal actieplan luchtkwaliteit uitwerkt, gericht op een continue verbetering van de luchtkwaliteit. In lijn met dit akkoord werkt de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat het Schone Luchtakkoord uit. Ter ondersteuning van dit beleidsproces heeft het PBL aanvullende opties voor nationaal luchtbeleid geïdentificeerd en doorgerekend op milieueffecten en kosten.

Het onderzoek van het PBL is afgebakend tot een aantal potentieel significante *ationale* en op rijksniveau te implementeren emissiebeperkende maatregelen voor de brongroepen particuliere houtstook, wegverkeer, scheepvaart en landbouw. Lokale maatregelen – zoals milieuzoneringsbeleid – die lokaal effectief kunnen zijn, vallen buiten de scope van deze studie. Voor het volledig uitfasen van dieselauto's zonder filter zijn wel de maximaal haalbare reductiepotentiëlen berekend. In deze studie is ook niet gekeken naar de neveneffecten voor luchtverontreiniging van klimaatmaatregelen. In het kader van de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2019 zal het PBL hier nader onderzoek naar doen.

We kijken in het bijzonder naar specifieke beleidsmaatregelen die zijn gericht op de vermindering van de emissies van luchtverontreinigende stoffen. Het gaat dan om maatregelen voor de vermindering van de emissies van fijnstof, stikstofoxiden en ammoniak; luchtverontreinigende stoffen waar het Klimaatakkoord niet verder op is gericht. Specifieke luchtmaatregelen bij de industrie en energievoorziening zijn buiten deze studie gehouden, omdat dit niet uitvoerbaar was binnen de beschikbare middelen en budget voor dit onderzoek. Voor de industrie geldt daarnaast dat er weinig actuele informatie beschikbaar is over de mogelijkheden voor verdergaande emissiereductie van fijnstofemissies. Fijnstof in de industrie is afkomstig uit veel uiteenlopende productieprocessen. Uitgebreid onderzoek naar een reeks van bedrijven is nodig om een beeld te krijgen van wat er nog aan aanvullende emissiereductie haalbaar is en tegen welke kosten.

Naast de mogelijkheid om specifieke maatregelen te nemen die zijn gericht op het verminderen van de emissies van luchtverontreinigende stoffen, zullen ook de maatregelen uit het Klimaatakkoord gevolgen hebben voor deze emissies. In deze studie is hier alleen naar gekeken wat betreft de kabinetsambitie voor de verkoop van nul-emissiepersonenauto's. Deze ambitie is in deze studie wel meegenomen omdat het gaat om een lage emissiebron. Hierdoor kan deze maatregel een significant effect hebben op de blootstelling aan luchtverontreiniging. Met deze maatregel kan de effectiviteit van andere maatregelen ook in een breder perspectief worden geplaatst. Overige klimaatmaatregelen (in de gebouwde omgeving, industrie, landbouw en energievoorziening) zijn in deze studie niet geanalyseerd. Hiervoor verwijzen we naar het interdepartementaal beleidson-

derzoek (IBO) luchtkwaliteit. Voor dit IBO-onderzoek heeft het PBL, als vervolg op de doorrekening van het ontwerp-Klimaatakkoord (PBL 2019), een ordegrrootte-inschatting gemaakt van de mogelijke neveneffecten voor luchtverontreiniging van het ontwerp-Klimaatakkoord. Deze analyse geeft geaggregeerde neveneffecten (laag en hoog) op het niveau van de sectoren industrie, gebouwde omgeving, energievoorziening en landbouw. In de Klimaat- en Energieverkenning van 2019 zal het PBL deze neveneffecten in meer detail analyseren. Daarbij zal een nieuwe emissieraming worden opgesteld voor luchtverontreinigende stoffen rekening houdend met het Klimaatakkoord.

Het hier voorliggende onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met het RIVM, CE Delft en TNO (CE Delft 2019; TNO 2019). De potentiële effectiviteit van maatregelen voor de verbetering van de luchtkwaliteit was het leidende criterium bij de selectie van maatregelen. Daarbij hebben we niet de pretentie om uitputtend te zijn. Gekozen maatregelen geven een dwarsdoorsnede over sectoren van mogelijke maatregelen. Het doel van de studie was vooral om maatregelen in een breder perspectief te kunnen beoordelen en tegen elkaar te kunnen afzetten in kosten en effecten, gegeven de beschikbare informatie.

Het gaat om een mix van beleidsmaatregelen en technische maatregelen. Beleidsmaatregelen geven de effecten uitgaande van een door de onderzoekspartners gekozen beleidsinstrument, bijvoorbeeld een emissienorm of een belastingmaatregel. De technische maatregelen zijn meer theoretisch van aard, en geven een beeld van het maximaal haalbare reductiepotentieel bij maximale toepassing van een techniek of een verbod op bepaalde activiteiten. Het politieke en maatschappelijke draagvlak voor maatregelen is niet meegewogen bij de selectie van de maatregelen.

Voor elke maatregel zijn de effecten op de emissies en de kosten berekend. Vervolgens is met behulp van modelresultaten van het RIVM het effect op de gemiddelde blootstelling berekend voor fijnstof, stikstofdioxide en roet (elementair koolstof, EC). Emissiereducties en blootstellingsveranderingen zijn, voor zover relevant, berekend voor de jaren 2020, 2025 en 2030. De kosteneffectiviteit is voor elke maatregel becijferd door de kosten te delen door de blootstellingsvermindering. Dit geeft de kosten per eenheid blootstellingsvermindering. Er zijn zo drie kosteneffectiviteitscijfers berekend; voor de blootstellingsvermindering van fijnstof, stikstofdioxide en roet.

De maatregelen zijn doorgerekend ten opzichte van een basisscenario dat is gebaseerd op uitvoering van het bestaande beleid. Voor dit basisscenario is gebruikgemaakt van de Nationale Energieverkenning NEV 2017 (Schoots & Hammingh 2017). Dit is in lijn met de analyse van het ontwerp-Klimaatakkoord waar ook de NEV 2017 de referentie vormt waartegen nieuw aanvullend beleid wordt afgezet.

In deze studie is de blootstellingsvermindering voor Nederlanders in beeld gebracht onder de veronderstelling dat alleen Nederland verdergaande maatregelen treft en dat in het omliggende buitenland verder geen extra nationaal beleid wordt ontwikkeld. Het is echter

heel waarschijnlijk dat ook daar met extra nationale maatregelen zal worden gewerkt aan een verdergaande verbetering van de luchtkwaliteit. Ook in de omliggende landen wordt de gezondheid beïnvloed door luchtverontreiniging en zijn er aanvullende maatregelen beschikbaar, zoals het beter onderwerken van mest, minder dieselverkeer en schonere schepen. Extra maatregelen in deze landen kunnen potentieel veel extra blootstellingswinst opleveren in Nederland. Mochten de hier berekende emissiereducties gepaard gaan met een vergelijkbare beleidsinspanning en emissiereductie in het omliggende buitenland, dan kan de blootstellingswinst in Nederland voor fijnstof bij benadering tot een factor twee groter uitkomen dan in deze studie is berekend. De maatregelen die worden ingezet in andere landen zullen daarbij logischerwijs afwijken van die in Nederland. Zo is Nederland verder in de aanpak van ammoniakemissies uit de landbouw en loopt Duitsland weer voor bij de aanpak van emissies door houtstook.

2 Aanpak

In samenwerking met CE Delft en TNO zijn mogelijke opties geselecteerd en hiervan zijn de nationale emissiereducties berekend en de kosten. De vertaling van emissiereducties naar gemiddeld blootstellingseffect voor de Nederlandse bevolking is gedaan met zogeheten bron-receptorrelaties, die zijn samengesteld door het RIVM. Deze berekeningen zijn in lijn met de in Nederland gehanteerde standaard berekeningsmethodiek voor de luchtkwaliteit. De bron-receptorrelaties zijn samengesteld conform het rapport *Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland. Rapportage 2016* (Velders et al. 2017).

De maatregelen zijn vastgelegd in factsheets, en geven effecten (voor emissies), kosten, opbouw van kosten en kosteneffectiviteit voor de zichtjaren 2020, 2025 en 2030. Alle kosten voor een maatregel, ook de investeringskosten, zijn vertaald naar jaarlijkse kosten voor de zichtjaren (Daniëls & Koelemeijer 2016). Op deze manier zijn ze rechtstreeks te vergelijken met de jaarlijkse effecten in die zichtjaren, en is het mogelijk de kosteneffectiviteit – de kosten per eenheid effect – af te leiden. De kosteneffectiviteit is berekend als kosten per eenheid vermeden gemiddelde blootstelling aan fijnstof, roet en stikstofdioxide. Uiteraard is het zo dat een maatregel verschillende stoffen tegelijkertijd reduceert en vaak ook een effect heeft op de uitstoot van broeikasgassen. In de hier gepresenteerde vergelijkende analyse van kosteneffectiviteit zijn de kosten van een maatregel genomen en zijn deze afgezet tegen de vermeden blootstelling aan alleen de beschouwde indicator. De kosten zijn dus niet op voorhand verdeeld over de stoffen. Voor elke indicator zijn de volledige kosten van de maatregel meegenomen. Daarmee wordt inzicht gegeven in de kosteneffectiviteit mocht het enige doel zijn om winst te boeken voor die indicator, dat wil zeggen fijnstof, roet of stikstofdioxide. In hoofdstuk 5 worden dan ook drie vergelijkende analyses voor de kosteneffectiviteit gepresenteerd.

De factsheets voor afzonderlijke maatregelen zijn voor houtstook en verkeer terug te vinden in de rapporten voor de deelstudies. De deelstudie van CE Delft richt zich op verkeersopties (CE Delft 2019). De deelstudie van TNO richt zich op de maatregelen voor houtkachels en open haarden (TNO 2019). De factsheets voor landbouw zijn voor een groot deel gebaseerd op het rapport *PAS Aanvullende reservemaatregelen Landbouw* (Groenestein et al. 2017). Het PBL heeft de effectschattingen voor landbouwmaatregelen in lijn gebracht met het gebruikte basisscenario, waardoor alleen additionele effecten ten opzichte van bestaand beleid zijn doorgerekend. De factsheets geven een toelichting op de inschatting van de kosten en emissie-effecten van de maatregelen. De effecten op de blootstelling zijn in de deelstudies niet berekend. De deelstudies geven alleen informatie over de emissie-effecten en kosten. De berekende effecten hebben betrekking op de emissies van primair fijnstof, stikstofoxiden en roet. Het PBL heeft de doorvertaling gemaakt naar concentraties en blootstelling. Voor het onderzoek van CE Delft naar

verkeersopties geldt dat het gebruik van elektrische auto's naast het berekende effect op de uitlaatemissies ook een effect kan hebben op de slijtage-emissies van remmen, banden en wegdek. Deze mogelijke effecten zijn nog onzeker en konden hier niet worden ingeschat. Nader onderzoek is nodig om meer inzicht te verkrijgen in de omvang en richting van de effecten voor slijtage-emissies.

De effecten en kosten zijn afgezet tegen een basisscenario dat is gebaseerd op de uitvoering van bestaand beleid. Het basisscenario voor deze studie is de Nationale Energieverkenning (NEV) 2017 (Schoots & Hammingh 2017) en daarvan afgeleid de GCN2018-raming (Velders et al. 2018). Voor dit basisscenario geldt dat de emissies dalen en de luchtkwaliteit tot 2030 verder verbetert. Deze studie brengt de extra haalbare effecten ten opzichte van deze autonoom dalende trend volgens het basisscenario in beeld.

Het basisscenario voor houtstook is gecorrigeerd voor de emissies van condenseerbaar fijnstof die in de Emissieregistratie niet worden geregistreerd voor houtstook in kachels en open haarden (zie kader 2.2). Voor het wegverkeer worden deze wel meegenomen. Als dit condenseerbaar fijnstof wordt meegenomen, ligt de totale emissie van primair fijnstof door kachels en open haarden gemiddeld een factor 3 hoger dan zonder. Voor de doorvertaling van emissies van condenseerbaar fijnstof naar concentraties (blootstelling) is dezelfde bron-receptorrelatie gebruikt als voor het primair bij de bron uitgestoten fijnstof zonder condenseerbaar stof. Onder dit uitgangspunt neemt de blootstelling aan fijnstof afkomstig van houtkachels en open haarden toe met een factor 3.

Dit hoofdrapport richt zich op de blootstellingseffecten. Blootstellingseffecten zijn becijferd voor drie verschillende luchtkwaliteitsindicatoren (zie kader 2.1 en 2.2):

- fijnstofdeeltjes kleiner dan 2,5 micrometer (PM_{2,5});
- stikstofdioxide (NO₂); en
- roet (EC, elementair koolstof).

Om de impact van luchtvervuiling op de volksgezondheid in te schatten, wordt vooral gebruikgemaakt van fijnstof (PM_{2.5}) en stikstofdioxide omdat daar Europese luchtkwaliteitsnormen voor bestaan. In deze studie kijken we aanvullend naar roet, omdat dit een bruikbare aanvullende specifieke indicator is voor de primair bij de bron uitgestoten fijnstofdeeltjes afkomstig van verbranding. Fijnstof is daarbij een containerindicator die is opgebouwd uit allerlei verschillende typen fijnstofdeeltjes. Voor deze afzonderlijke deeltjes is de toxiciteit onzeker, maar het is wel duidelijk dat de afzonderlijke bouwstenen niet alle even gezondheidsrelevant zijn. Roet wordt gezien als een fijnstofcomponent die speciale aandacht verdient omdat deze tot de meer schadelijke stoffen in het mengsel behoort. De bijdrage van roet in de Nederlandse fijnstofconcentratie bedraagt iets meer dan 10 procent. Zolang het niet exact bekend is welke specifieke bouwstenen in het fijnstofmengsel de schade veroorzaken, is het verstandig om beleid zo breed mogelijk te beoordelen. Hier is dit gedaan door, naast fijnstof en stikstofdioxide, ook te kijken naar de effectiviteit van maatregelen voor het verminderen van de roetblootstelling.

Roet is een goede indicator voor koolstofdeeltjes die ontstaan bij verbranding van vloeibare brandstoffen als scheepbrandstoffen, diesel, benzine en kerosine, of vaste brandstoffen als hout en steenkool. Roet maakt maar enkele procenten uit van de fijnstofconcentratie (5 procent van de concentratie veroorzaakt door Nederlandse bronnen in 2030). De WHO beveelt aan om er bij het verminderen van fijnstofconcentraties voor te zorgen dat alle onderdelen van het fijnstofmengsel worden gereduceerd, en om niet bepaalde relevante onderdelen in het mengsel over het hoofd te zien, zoals deeltjes die vrijkomen bij verbrandingsprocessen en slijtage van remmen of banden. Roet wordt daarbij gezien als één van de meer schadelijke componenten van fijnstof. Ook roet blijft een indicator waarbij er over het precieze mechanisme van het ontstaan van gezondheidsschade door roet nog veel vragen zijn. Waarschijnlijk wordt de schade ook veroorzaakt door reactieve organische componenten uit het verbrandingsaerosol, die zich aan de roetdeeltjes hechten.

Het effect op de gemiddelde blootstelling van de Nederlandse bevolking is berekend door de berekende jaargemiddelde concentratiedalingen op een resolutie van 1 bij 1 kilometer te wegen naar de bevolkingsdichtheid. De aldus gewogen concentratiedaling (in nanogram [ng] per kubieke meter [m³]) is een maat voor de daling in de jaargemiddelde blootstelling van een gemiddelde Nederlander aan luchtverontreiniging. We duiden deze maat in het vervolg van deze studie aan met de term 'blootstelling'. Feitelijk gaat het hier om een berekende *jaargemiddelde concentratiedaling* op het woonadres van een gemiddelde Nederlander. Deze concentratiedaling op het woonadres is een grove maat voor de werkelijke blootstelling aan luchtverontreiniging in de buitenlucht. De werkelijke blootstelling van een Nederlander wijkt hiervan af. Om deze te kunnen bepalen, moet rekening worden gehouden met het dagelijkse activiteitenpatroon van Nederlanders (thuis, op de weg, recreatie, werk). Het ontbreekt aan informatie om dit type complexe blootstellingsberekeningen voor de gehele Nederlandse bevolking uit te voeren.

De berekende gemiddelde blootstellingseffecten in deze studie zijn verder niet representatief voor mensen woonachtig op lokale 'hotspots'; woningen die dicht bij drukke wegen staan, grote veestallen of bij andere woningen met een verhoogde uitstoot door houtverbranding. Voor deze locaties zijn de effecten van maatregelen groter dan hier ingeschat. Daarnaast dient te worden bedacht dat er voor alle maatregelen regionale/lokale verschillen bestaan in blootstellingsvermindering. Zo zal voor verkeersmaatregelen de absolute blootstellingsvermindering in ng/m³ in gebieden met een hoge verkeersdichtheid (midden- en zuid-Nederland en in steden) groter zijn dan in gebieden met een lage verkeersdichtheid (noord-Nederland en ruraal gebied). In relatieve zin (relatieve blootstellingsvermindering ten opzichte van de uitgangssituatie oftewel het basispad) zullen deze verschillen kleiner zijn.

De berekende kosten zijn de nationale kosten volgens de milieukostenmethodiek (Daniëls & Koelemeijer 2016). Deze methodiek wordt ook gebruikt voor de analyses van het Klimaatakkoord. Ze zijn dus exclusief overdrachten binnen Nederland, zoals subsidies en belastingen inclusief fiscale vrijstellingen. De nationale kosten omvatten investeringen

(vertaald naar jaarlijkse kapitaalkosten), kosten voor onderhoud en beheer (O&M), energiekosten of -baten, kosten voor vervroegde afschrijving van installaties en voertuigen en uitvoeringskosten van de overheid. Kosten voor voortijdige afschrijving zijn in rekening gebracht indien het kapitaalgoed (auto, kachel, stal) eerder wordt afgeschreven dan de technische levensduur. De kosteneffectiviteit is berekend door de jaarlijkse nationale kosten te delen door de vermeden blootstelling per jaar. De kosteneffectiviteit wordt uitgedrukt in miljoen euro per eenheid vermindering van de blootstelling (miljoen per ng/m^3). Bij een lage waarde van de kosteneffectiviteit is het goedkoop om de blootstelling te verlagen en is de kosteneffectiviteit dus gunstig. Bij een hoge waarde van de kosteneffectiviteit is het kostbaar om de luchtkwaliteit te verbeteren en is de kosteneffectiviteit ongunstig. Bij een negatieve kosteneffectiviteit gaat invoering van de maatregel gepaard met negatieve kosten en dus nettobaten voor de samenleving.

De gepresenteerde cijfers voor afzonderlijke maatregelen zijn omgeven met een onvermijdelijke onzekerheidsmarge. De cijfers geven een indicatie van de orde grootte van de effecten en kosten en de relatieve bijdrage die mogelijke aanvullende maatregelen kunnen leveren aan het verlagen van de gemiddelde nationale blootstelling. Daarbij moet als eerste worden bedacht dat het in deze studie gaat om mogelijke maatregelen waarbij keuzes zijn gemaakt voor een achtergrondscenario en voor de vormgeving van de maatregel. Bij de uitwerking van een maatregel zijn er bijvoorbeeld veronderstellingen gedaan over het invoeringsmoment van de maatregel en de manier van instrumenteren. Andere veronderstellingen leiden tot andere effecten en kosten. Kijken we naar het gebruikte achtergrondscenario, dan kan de uitvoering van het afgesproken beleid tegenvallen of meevallen. Als het tegenvalt, dan wordt het effect van aanvullende opties veelal gunstiger en zal in veel gevallen ook de kosteneffectiviteit van een optie gunstiger uitpakken dan becijferd. Naast dit soort onzekerheden zijn er ook onzekerheden die samenhangen met de geregistreeerde emissies, de verspreidingsprocessen van stoffen door de lucht en de doorwerking van een maatregel. Voor prijsmaatregelen geldt dat de reactie van burgers op prijssignalen met een grote onzekerheid is omgeven. Andere aannames over de reactie van automobilisten op de aangenomen verhoging van de motorrijtuigenbelasting kunnen tot relatief grote verschuivingen in de berekende emissiereducties leiden.

Resultaten van hier gegeven optieberekeningen zijn dus altijd indicatief, maar wel gebaseerd op de best beschikbare informatie op dit moment.

2.1 Indicatoren voor luchtkwaliteit

Fijnstofdeeltjes in de lucht, waar de WHO-adviesnorm op is gebaseerd, worden gemeten aan de hand van massa. Fijnstofdeeltjes zijn echter niet uniform en zijn opgebouwd uit verschillende typen verbindingen met verschillende chemische en fysische eigenschappen.

Fijnstof (PM_{2,5})

De blootstelling aan fijnstofdeeltjes heeft betrekking op primair en secundair fijnstof. Primair fijnstof heeft betrekking op stofdeeltjes die direct bij de bron (uitlaat, kachelpijp, schoorsteen) worden uitgestoten en zich daarna verspreiden in de lucht. Bij secundair anorganisch fijnstof gaat het om fijnstofdeeltjes die niet direct bij de bron maar pas later in de atmosfeer worden gevormd uit de gassen stikstofoxiden, ammoniak en zwaveloxiden. Bij secundair organisch fijnstof gaat het om fijnstofdeeltjes die worden gevormd uit vluchtige organische verbindingen. De bijdrage van het secundaire anorganische stof aan de fijnstofblootstelling is groot. Volgens de Gezondheidsraad kan op basis van de beschikbare wetenschappelijke kennis het optreden van gezondheidseffecten door het fijnstofmengsel als 'zeker' of 'hoogst waarschijnlijk' worden beoordeeld (Gezondheidsraad 2018a).

Roet of elementair koolstof (EC)

Roet is een algemeen bekend begrip, maar is ook een begrip dat niet eenduidig fysisch of chemisch is gedefinieerd. Roet wordt veelal gebruikt om de zichtbare zwarte deeltjesvormige luchtverontreiniging aan te duiden. De zwarte kleur komt dan door de aanwezigheid van elementair koolstof en/of teerachtige stoffen die het gevolg zijn van onvolledig verlopen verbrandingsprocessen (RIVM 2013).

Het hangt van de studie af hoe de term roet precies is gedefinieerd. In deze studie gebruiken we de term roet om het elementair koolstof of EC in fijnstofdeeltjes aan te duiden (Velders et al. 2013). Elementair koolstof is helder gedefinieerd als het aanwezige koolstof in deeltjes dat met een EC-meetmethode is bepaald. Het koolstof in fijnstofdeeltjes kan namelijk worden verdeeld in de koolstof aanwezig in de vorm van organische verbindingen (OC) en de koolstof aanwezig in de vorm van elementair koolstof (EC, koolstof aanwezig als de enkelvoudige stof koolstof, grafiet). In deze studie is aangesloten op de EC-karakterisering zoals gegeven in de door het RIVM gerapporteerde EC-blootstellingskaarten (Velders et al. 2013). Aangezien er nog weinig ervaring is met het modelleren en meten van EC, kwalificeert het RIVM deze blootstellingskaarten en emissiefactoren voor EC als indicatief. De door het RIVM gegeven EC-concentraties en -blootstelling kunnen het best worden gebruikt in relatieve zin, voor het vergelijken van de orde grootte van de bijdragen van brongroepen en effecten van maatregelen. Het RIVM leidt de EC-emissies af uit de emissies voor fijnstof door per brongroep een verhouding aan te nemen tussen de emissie van EC en fijnstof.

Roet (EC, elementair koolstof) maakt een klein deel uit van de in de buitenlucht gemeten massa aan fijnstofdeeltjes. Roet is een indicator voor de primair uitgestoten verbranding-gerelateerde luchtverontreiniging afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen en biomassa. Het is daarmee een goede indicator voor de met verbranding samenhangende en potentieel zeer schadelijke delen van het fijnstofmengsel (Janssen et al. 2012). Roet maakt maar enkele procenten uit van de fijnstofconcentratie. Het precieze mechanisme waarmee blootstelling aan roet leidt tot gezondheidseffecten wordt nog niet volledig verklaard (Gezondheidsraad 2018). Meer informatie is nodig over het mechanisme van toxiciteit van roet, zowel als alleen het via een meetmethode gemeten elementair koolstof maar ook als bouwsteen van verbranding-gerelateerd fijnstof (PM_{2,5}) en ultrafijnstof met de daarbij gelijktijdig uitgestoten (verbranding-gerelateerde) organische verbindingen en metalen (Janssen et al. 2012).

Stikstofdioxide (NO₂)

Stikstofdioxide is een gasvormige verbinding waarvoor in de Europese Unie wettelijke normen zijn vastgelegd. Stikstofdioxide is een goede indicator voor verkeer-gerelateerde luchtverontreiniging. Voor stikstofdioxide is de epidemiologische en toxicologische bewijslast voor gezondheidseffecten aanzienlijk geringer dan voor fijnstof. Volgens de Gezondheidsraad is stikstofdioxide een uitstekende indicator van verbrandingsemissies, vooral van verkeer, maar het is geen uitgemaakte zaak dat stikstofdioxide zelf de gezondheidseffecten veroorzaakt waarmee het wordt geassocieerd (Gezondheidsraad 2018a).

2.2 Emissies van condenseerbaar fijnstof

De effecten van maatregelen zijn in deze studie berekend inclusief de effecten op de gasvormige emissie die bij afkoeling in de lucht direct na het verlaten van de schoorsteenpijp of uitlaat condenseert in fijnstofdeeltjes, het zogeheten concenseerbare fijnstof. Condenseerbaar fijnstof betreft grotendeels koolwaterstoffen die in het hete afgas nog gasvormig zijn, maar snel condenseren bij afkoeling in de lucht.

Houtkachels en open haarden stoten grote hoeveelheden condenseerbaar fijnstof uit. De bijdrage van condenseerbaar fijnstof aan de hoeveelheid fijnstof uit houtkachels is substantieel, waardoor de hoeveelheid uitgestoten fijnstof een factor 2 tot 3 hoger uitkomt dan de emissiefactoren waarin deze bijdrage niet is meegenomen (Denier van der Gon et al. 2015, 2018; Nussbaumer 2010; UNECE 2018).

De Nederlandse emissieregistratie rapporteert de fijnstofuitstoot van houtkachels en open haarden exclusief condenseerbaar fijnstof. Daar staat tegenover dat de uitstoot door verkeer in de emissieregistratie wordt gerapporteerd inclusief condenseerbaar fijnstof. Dit verschil in definitie van wat wel en niet wordt meegenomen in de Nederlandse uitstootcijfers maakt een goede vergelijkende analyse van maatregelen onmogelijk. Daarom hebben we de emissies van condenseerbaar fijnstof als gevolg van houtstook in deze studie meegenomen in de effectberekeningen zoals dat ook voor verkeer wordt gedaan. Daarmee worden effectschattingen in deze studie onderling vergelijkbaar.

TNO heeft de effecten van houtstookmaatregelen voor de uitstoot van condenseerbaar fijnstof bijgeschat. De uitstoot van fijnstofdeeltjes door houtkachels en open haarden wordt driemaal groter als condenseerbaar fijnstof wordt meegenomen. De bestaande inconsistentie in emissieopgaven voor condenseerbaar fijnstof speelt ook in andere landen en verdient aandacht, omdat deze uitstoot aanzienlijk is en volledig mist in de huidige emissierapportages en dus ook in de modellering van de bronbijdragen. Hierdoor wordt de bijdrage van bronnen zoals kachels en open haarden aan de fijnstofblootstelling onderschat (UNECE 2018).

3 Maatregelen

In dit hoofdstuk beschrijven we meer in detail de doorgerekende maatregelen.

In paragraaf 3.1 lichten we eerst het type maatregelen in het algemeen toe. Daarbij benoemen we de belangrijkste maatregelen ook al kort. In paragraaf 3.2, 3.3 en 3.4 bespreken we de verschillende maatregelen voor achtereenvolgens verkeer, houtstook in woningen en landbouw uitbreider.

3.1 Beleidsmaatregelen en technische potentiëlen

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de doorgerekende emissiebeperkende maatregelen. Daarin is ook een beknopte toelichting gegeven op de effectschatting.

De gegeven lijst is een mix van:

- ‘beleidsmaatregelen’, waarbij de emissie- en milieueffecten zijn ingeschat gegeven de inzet van een verondersteld beleidsinstrument; dat betekent aanscherping van bestaand beleid plus nieuw beleid voor de versnelde uitfasering van technisch sterk gedateerde en zeer vervuilende houtkachels en open haarden;
- ‘technische potentiëlen’ of ‘technische maatregelen’, waarbij een maximaal haalbaar technisch verbeterpotentieel is berekend uitgaande van specifieke aannames over de retrofit dan wel uitfasering van oude vervuilende kapitaalgoederen (houtkachels, voertuigen, vaartuigen en stallen).

Bij de presentatie van de resultaten worden de beleidsmaatregelen en de technische potentiëlen afzonderlijk gepresenteerd (zie hoofdstuk 5).

3.1.1 Beleidsmaatregelen

De lijst met beleidsmaatregelen is uiteraard niet uitputtend. Er zijn vele beleidsuitwerkingen en invullingen mogelijk. De gegeven maatregelen zijn dan ook voorbeeldmaatregelen die een beeld geven van de orde grootte van haalbare blootstellingseffecten in sectoren en de kosteneffectiviteit daarvan. Het berekende effect hoort bij het gekozen beleidsinstrument en het daarbij gekozen niveau van de prijsprikkel of emissienorm. Hierbij geldt dat met de onderzochte beleidsmaatregelen soms maar een deel van het maximale technische reductiepotentieel kan worden gerealiseerd.

Het merendeel van de gekozen beleidsmaatregelen stuurt op de verschoning van het Nederlandse park aan voertuigen en installaties via de toepassing van schonere technologie. In kader 3.1 lichten we toe op welke verschillende manieren hier met beleid op kan worden gestuurd. Er kan worden gestuurd op de nieuwverkopen (nieuwbouw) van

schonere voertuigen/installaties/schepen/stallen, de versnelde uitstroom van oude, gedateerde en vervuilende kapitaalgoederen of de retrofit (technische aanpassing) van deze verouderde kapitaalgoederen. Naast de maatregelen die zijn gericht op de verschoning van het park is een aantal gedragsmaatregelen opgenomen, zoals de kilometerheffing (minder verkeer), snelhedenbeleid bij personenauto's en zeeschepen (lagere uitstoot) en het stoken van droog hout. De kilometerheffing is in essentie een mobiliteitsmaatregel.

Voor verkeer en landbouw gaat het om een aanscherping of uitbreiding van het al lopende luchtbeleid. Voor verkeer betekent dit de inzet van financiële instrumenten (verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor vervuilende dieselveertuigen, subsidies voor retrofit van schepen) en de verlaging van snelheden (van auto's en zeeschepen). Voor de landbouw gaat het onder andere om het verder aanscherpen van emissie-eisen voor nieuwe rundvee- en kippenstallen en het aanscherpen van voorschriften voor het uitrijden van mest (mestinjectie verplicht stellen). Bij de retrofit van schepen wordt ervan uitgegaan dat er een subsidieregeling komt die ervoor zorgt dat in 2030 de helft van de schepen die dan nog niet aan de strenge Stage V-eisen voldoen, wordt geretrofit met een de-stikstofoxidenkatalysator en een roetfilter. Het aandeel van 50 procent van de schepen die waarschijnlijk gebruikmaken van de subsidieregeling is afkomstig uit de zogenoemde Prominentstudie (CE 2019).

Bij de beleidsmaatregelen voor houtstook in woningen betreft het nieuw regelgevend beleid daar waar het huidige Nederlandse beleid is gericht op voorlichting over goed stookgedrag. Omdat houtstook in woningen in het komende decennium tot en met 2030 een belangrijke bron vormt van fijnstof (driemaal grotere bijdrage dan personenauto's bij correctie voor condenseerbaar fijnstof, zie hoofdstuk 4, figuur 4.1 en 5.3) is er gekeken naar verdergaande beleidsopties dan voorlichting. Hierbij is de beleidspraktijk in Duitsland als voorbeeld genomen (1. BImSchV Bundes-Immissionschutzverordnung). In Duitsland bestaat als sinds 1974 regelgeving voor particuliere houtgestookte installaties. Hierbij worden er emissie-eisen gesteld aan zowel nieuwe als bestaande houtkachels, en dienen de emissies van kachels regulier te worden gecontroleerd door een schoorsteenveger, die eveneens een veiligheidscontrole en controle op de liggende brandstofvoorraad uitvoert. De zo uitgewerkte maatregelen betekenen voor Nederland een wezenlijk andere aanpak van de fijnstofuitstoot door houtstook in woningen. Voor deze nieuwe maatregelen is het moeilijk om de effectiviteit in te schatten, mede omdat het hier om maatregelen bij burgers gaat ('achter de voordeur') waarvoor handhaving moeilijk is. Bij de effectschatting van de beleidsmaatregelen voor houtstook wordt voor de eenvoud en helderheid volledige naleving aangenomen, wetende dat dit het maximaal haalbare effect weerspiegelt. Concreet is er dus gerekend op basis van een volledige uitfasering van de allermeeest vervuilende kachels in 2025, en een volledige uitfasering van alle vervuilende houtkachels in 2030. Inzet- en inbouwhaarden zijn meegerekend onder kachels. Het stoken van open haarden wordt verder beperkt in lijn met de regels in Duitsland (maximaal 8 dagen per maand en 5 uur per dag). Ook hier is 100 procent naleving aangenomen. De doorgerekende beleidsmaatregelen geven een beeld van wat

het in ordegrootte betekent voor de luchtkwaliteit als Nederland een strenger nationaal beleid ontwikkelt voor houtstook naar Duits voorbeeld. De kostenberekeningen maken daarbij inzichtelijk hoe duur of goedkoop de uitfasering van kachels is in vergelijking met ander beleid in andere sectoren.

3.1.2 Technische reductiepotentiëlen

De lijst met technische maatregelen geeft zoals vermeld een beeld van de maximaal haalbare reductiepotentiëlen. Voor alle technische potentiëlschattingen zijn ook de kosten in beeld gebracht, met uitzondering van de potentiëlen bij volledige uitfasering van dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter. De beleidsmaatregel voor een slooppremieregeling geeft een indruk van de kosteneffectiviteit van deze uitfaseringsmaatregel.

Voor houtstook is berekend wat er maximaal haalbaar is met een volledige versnelde uitfasering van vervuilende typen houtkachels (in 2025 en 2030), en wat er haalbaar is (in 2025 en 2030) als het stoken van open haarden wordt beperkt in lijn met de regelgeving in Duitsland (maximaal 8 dagen per maand en 5 uur per dag). Deze potentiëlschattingen voor houtstook zijn identiek aan de hiervoor toegelichte effectschattingen bij de beleidsmaatregelen voor houtstook (uitgangspunt van 100 procent naleving). In aanvulling hierop is berekend wat het effect kan zijn van het voor 100 procent stoken van optimaal droog hout.

Voor verkeer is de ambitie uit het Regeerakkoord voor 100 procent verkoop van nulmissiepersonenauto's in 2030 doorgerekend. Omdat het hier gaat om een ambitie of doel (zonder instrumentering) wordt deze maatregel uitsluitend weergegeven als technische maatregel en niet als beleidsmaatregel. Verder is voor vervuilende personen- en bestelauto's op diesel berekend wat de maximale blootstellingswinst is als alle dieselveertuigen zonder roetfilter versneld worden uitgefaseerd (in 2020, 2025 en 2030). Bij deze berekening is aangenomen dat de oude diesels worden vervangen door een moderne Euro6c-diesel. Een milieuzonering in meerder steden is een mogelijke beleidsmaatregel waarmee een deel van dit potentieel kan worden gerealiseerd. Voor de uitfasering van pre-RDE-dieselveertuigen is geen potentiëlschatting opgesteld omdat het hier gaat om nog heel jonge voertuigen die tot 2020 worden verkocht. De nationale kosten van uitfasering van deze voertuigen uit het Nederlandse park lopen in vergelijking met andere opties erg hoog op.

Voor oudere niet-emissiearme rundveestallen is berekend welk milieueffect een vervroegde uitfasering, 20 jaar na bouw, oplevert in 2025 en 2030. Deze 20 jaar is gekozen naar voorbeeld van beleid in Brabant. Voor legkippen- en vleeskuikenstallen is berekend wat het betekent als alle stallen voor 50 procent in 2025 en voor 100 procent in 2030 worden uitgerust met fijnstofreductietechnieken. Voor de landbouw zijn verder tal van andere technische maatregelen doorgerekend die de Wageningen UR heeft uitgewerkt in het kader van onderzoek ten behoeve van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS, zie Groenestein et al. 2017). Het gaat dan om het potentieel van voermaatregelen bij melkvee

en pluimvee, meer beweiding van melkkoeien, meer jongvee en specifieke technische aanpassingen aan bestaande melkveestallen.

Voor de retrofit van vervuilende binnenvaartschepen is (naast de geanalyseerde subsidie-maatregel die uitgaat van 50 procent retrofit) geen extra potentieelschatting opgesteld en gepresenteerd in de figuren, omdat onduidelijk is in hoeverre het technisch mogelijk is om meer dan 50 procent van de bestaande niet-Stage V-schepen technisch uit te rusten met een roetfilter en een katalysator voor de reductie van stikstofoxiden. Merk op dat het technisch potentieel minimaal zo groot is als het effect gegeven onder de hiervoor gegeven beleidsmaatregel voor retrofit (50 procent van de schepen die in 2030 nog niet voldoen aan Stage V).

3.1 Aangrijpingspunten voor het schoner maken van het voertuig-, kachel- en stallenpark

Het merendeel van de onderzochte maatregelen is gericht op een verdere verschoning van het Nederlandse voertuig-, kachel- en stallenpark door toepassing van schonere technologie. Deze verschoning van het park kan op drie manieren plaatsvinden. Beleid kan zijn gericht op:

- de instroom van schonere voertuigen/installaties (veelal Europees beleid waarbij emissie-eisen worden gesteld aan nieuw verkochte voertuigen en installaties, onder andere Euro-normen voor voertuigen en Ecodesign-eisen voor houtkachels);
- de versnelde uitstroom van oude (meest) vervuilende voertuigen/installaties (nationaal beleid);
- de retrofit van oudere typen vervuilende voertuigen/installaties (nationaal beleid).

Het onderscheid in deze drie werkingsmechanismen is relevant omdat het inzicht geeft in de werking van beleid. Europees beleid gericht op de nieuwverkoop heeft namelijk een heel ander effect dan nationaal beleid gericht op de versnelde uitfasering van oude voertuigen/installaties. Europees bronbeleid (of nationaal stimuleringsbeleid) voor nieuwverkoop verandert niets aan het natuurlijke vervangingsmoment waarop burgers besluiten om hun oude voertuig/installatie te vervangen. Het park wordt hierdoor op termijn wel schoner, maar het tempo waarin oude voertuigen en installaties uitfaseren verandert niet met dit beleid. Als het doel is om het tempo van verschoning te versnellen, dan zal hier specifiek nationaal beleid voor moeten worden ontwikkeld. Het natuurlijke moment van vervanging van voertuigen en installaties kan naar voren worden gehaald met financiële prikkels (slooppremie, belastingverhoging voor specifieke voertuigen/installaties) of via wet- en regelgeving (verplichte eisen voor bestaande installaties).

Het onderscheid in bovenstaande aangrijpingspunten voor beleid is ook relevant gelet op de ontwikkeling van emissie-effecten in de tijd. Een beleid gericht op het aanscherpen van emissie-eisen voor nieuwverkoop zal ervoor zorgen dat effecten geleidelijk toenemen met de jaarlijkse instroom van schonere voertuigen en installaties. Op het natuurlijke vervangingsmoment worden er voertuigen/installaties aangeschaft die schoner zijn dan het referentievoertuig dat autonoom (zonder nieuw beleid) zou zijn gekocht. De extra milieuwinst van het beleid is het verschil tussen de emissies van het schonere voertuig (installatie) en het referentievoertuig (installatie). De levensduur van goederen (voertuigen, scheepsmotoren, installaties en stallen) bepaalt hoe lang het duurt tot het hele park is vervangen en opgeschoond en het maximale effect is bereikt. Zo zal de autonome vervanging van het Nederlandse houtkachelpark (median levensduur van 25 jaar) langer duren dan de vervanging van het personenautopark (gemiddelde levensduur van 15 jaar). Als het beleid is gericht op het versneld uitfaseren (saneren) van (meest) vervuilende verouderde voertuigen of installaties, zullen de milieueffecten in de tijd geleidelijk afnemen. Het emissie-effect wordt geleidelijk minder, omdat de vervuilende voertuigen/installaties ook autonoom (zonder beleid) worden vervangen door schonere typen voertuigen/installaties. Met de tijd neemt de effectiviteit van het beleid af omdat er steeds minder voertuigen/installaties resterend waarop de maatregelen effect kunnen hebben. Hoe langer voertuigen/installaties meegaan, hoe langer een saneringsbeleid effect kan hebben. Hoe sneller dit beleid wordt ingezet, hoe groter het effect zal zijn.

3.2 Verkeersmaatregelen

De lijst met maatregelen voor verkeer is opgesteld in samenspraak met CE Delft. Veel van deze maatregelen zijn al in eerdere studies onderzocht. Voor de hier voorliggende studie is actuele informatie verwerkt over kosten en effecten. Ook zijn enkele nieuwe opties uitgewerkt. Een toelichting op de inschatting van de kosten en emissie-effecten van de verkeersmaatregelen is te vinden in het onderliggende rapport van CE Delft (2019). Er zijn geen specifieke maatregelen voor vrachtauto's onderzocht – zoals een verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor vrachtauto's zonder roetfilter –, omdat is besloten tot de invoering van een systeem van rekening rijden voor vrachtwagens.

Tabel 3.1

Lijst met geïdentificeerde nationale beleidsmaatregelen en technische potentiëlen

Omschrijving	Type beleids-instrument	Aangrijpingspunt maatregel en toelichting effectschatting	Doorgerekende jaren	Doelstof maatregel	Neven-effect op
BELEIDSMAATREGELEN					
Verkeer					
v1	Verhoging MRB voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter t/m 2030 (€ 800 per jaar).	Belasting	Versnelling uitstroom dieselpersonenauto's zonder filter (circa 22.000 diesels in 2020 en 8.000 diesels in 2030).	20,25,30 PM _{2,5} , EC	NO _x
v2	Verhoging MRB voor dieselbestelauto's zonder roetfilter t/m 2030 (€ 700-1.200 per jaar).	Belasting	Versnelling uitstroom dieselbestelauto's zonder filter (circa 1.500 diesels in 2020 en 300 diesels in 2030).	20,25,30 PM _{2,5} , EC	NO _x
v3	Slooppremieregeling oude personenauto's en bestelauto's met looptijd van de regeling voor één jaar in 2020 (€ 1.000 premie voor personenauto's en € 1.000-1.750 voor bestelauto's).	Subsidie	Versnelling uitstroom dieselpersonenauto's zonder filter voor het jaar 2020 tijdens welke de regeling is opengesteld. Regeling kan worden herhaald, maar in deze maatregel staat deze slechts voor één jaar open. Effecten van een regeling in 2020 zijn nul in 2025 en 2030.	20 PM _{2,5} , EC	NO _x
v4	Verhoging MRB voor pre-RDE-dieselpersonenauto's t/m 2030 (€ 400 per jaar).	Belasting	Versnelling uitstroom pre-RDE-diesels (circa 180.000 diesels in 2020 en 24.000 diesels in 2030).	20 NO _x	PM _{2,5} , EC
v6	Verlaging maximumsnelheden (terugdraaien verhoging naar 130 km/uur).	Wet- en regelgeving	Gedrag en snelheid. De stikstofoxidenuitstoot van personen- en bestelauto's op alle wegtypen ligt circa 1% lager door de maatregel, en de uitstoot van fijnstof ligt zo'n 1,3% lager.	20,25,30 -	NO _x , PM _{2,5} , EC
v7	Verlaging maximumsnelheid naar 100 km/u en bij grotere steden naar 80 km/u met strenge handhaving.	Wet- en regelgeving	Gedrag en snelheid. De stikstofoxidenuitstoot van personen- en bestelauto's op alle wegtypen ligt circa 10% lager door de maatregel, en de uitstoot van fijnstof ligt circa 4% lager.	20,25,30 -	NO _x , PM _{2,5} , EC

	Omschrijving	Type beleidsinstrument	Aangrijpingspunt maatregel en toelichting effectschatting	Doorgerekende jaren	Doelstof maatregel	Neven-effect op
v8	Retrofitregeling (roetfilter en de-stikstofoxidenkatalysator) voor binnenvaartschepen (subsidie is 80% van de investeringskosten van beide systemen).	Subsidie	Retrofit bestaande motoren (30% en 50% van de schepen die in 2025 en 2030 niet voldoen aan strenge Stage V-normen).	20,25,30	PM _{2,5} , EC NO _x	
v12	Snelheidsbeperking zeeschepen nabij zeehavens bij het manoeuvreren (korting op havengeld).	Financieel	Gedrag en snelheid. De berekening gaat ervan uit dat 70% van de manoeuvrerende zeeschepen de snelheid verlaagt met 15%.	20,25,30	NO _x , PM _{2,5} , EC	
v13	Slooppremie tweetaktbrom- en snorfietsen en aanschaf elektrisch (€ 750 premie).	Subsidie	Versnelling uitstroom tweetaktbrommers komende jaren (700-2.300 scooters in 2020). In 2025 en 2030 zijn alle tweetaktbrommers ook zonder beleid uit het park verdwenen.	20,25,30	NO _x , PM _{2,5} , EC	
v14	Vlakke kilometerheffing personenauto's (gemiddeld 7 eurocent per kilometer).	Anders betalen voor mobiliteit	Gedrag en autogebruik. De berekening gaat uit van een afname van het aantal personenautokilometers met zo'n 9% in 2020 en 13% in 2030.	25,30	-	
v15	Heffing naar stikstofoxiden uitstoot vliegtuigen (€ 100 per kg stikstofoxiden uitstoot voor vertrekkende vliegtuigen).	Heffing	Verhoogde inzet van vliegtuigen met minder stikstofoxiden uitstoot en vraaguitval in Nederland. Maatregel geeft dezelfde heffingsopbrengst als een ticketbelasting van € 10 op intra-EU-vluchten en € 20 op intercontinentale vluchten.	20,25,30	NO _x	PM _{2,5} , EC
Houtstook in woningen						
c1	Nationale emissienorm voor bestaande kachels gericht op uitfasering CR-houtkachels per uiterlijk 1-1-2024.	Wet- en regelgeving	Versnelling uitstroom meest vervuilende CR-kachels (inzet- en inbouwkachels meegerekend). De berekening gaat uit van 100% naleving van de regelgeving wat leidt tot circa 79.000 uitgefaseerde kachels in 2025 en 60.000 in 2030.	25,30	PM _{2,5} , EC	NO _x

	Omschrijving	Type beleids-instrument	Aangrijpingspunt maatregel en toelichting effectschatting	Doorgerekende jaren	Doelstof maatregel	Neven-effect op
c2	Beperking van de jaarlijkse gebruiksduur van open haarden naar analogie van Duitse regelgeving per uiterlijk 1-1-2024 (max. 8 dagen per maand en 5 uur per dag).	Wet- en regelgeving	Gedrag en houtgebruik. De berekening gaat uit van 100% naleving van de gebruiksregels wat leidt tot circa 40% vermindering in houtgebruik open haarden.	25,30	PM _{2,5} , EC	NO _x
c3	Nationale emissienorm voor bestaande kachels gericht op uitfasering CR- en VR-kachels per uiterlijk 1-1-2029.	Wet- en regelgeving	Versnelling uitstroom meest vervuilende CR-kachels plus vervuilende VR-kachels (inzet- en inbouwkachels meege-rekend). De berekening gaat uit van 100% naleving van de regelgeving wat leidt tot circa 60.000 uitgefaseerde CR-kachels en 116.000 VR-kachels in 2030.	30	PM _{2,5} , EC	NO _x
c3a	Additioneel effect boven op maatregel c03 bij vervanging van VR-kachels door Ecodesign-Plus.	Wet- en regelgeving	De uitgefaseerde kachels onder c3 worden nu vervangen door een Ecodesign-kachel met elektrostatisch filter in plaats van een Ecodesign-kachel zonder filter. Effectschatting is additioneel tov c3.	30	PM _{2,5} , EC	NO _x
c4	Aanscherpen van de Europese Ecodesign-emissie-eis voor nieuwverkoop houtkachels op het niveau van een elektrostatisch filter per 1-1-2026.	Wet- en regelgeving	Nieuwverkoop kachels met elektrostatisch filter. Bij ingroei vanaf 2026 is gerekend met circa 97.000 Ecodesign-Plus-kachels met elektrostatisch filter in 2030.	30	PM _{2,5} , EC	NO _x
Landbouw						
l4	Aanscherpen ammoniakemissie-eis nieuwe rundveestallen per 1-1-2021 (7 kg ammoniak per koe in Besluit Emissie-arme Huisvesting).	Wet- en regelgeving	Nieuwbouw en uitbreiding van rundveestallen met lagere ammoniakuitstoot (ingroei vanaf 2021). Berekening gaat uit van een aanscherping van 8,6 naar 7 kg ammoniak per koe. Met deze aanscherping wordt de emissienorm voor heel Nederland op het niveau gebracht van de norm die vanaf medio 2017 van kracht is in Noord-Brabant.	25,30	NH ₃	

	Omschrijving	Type beleids-instrument	Aangrijpingspunt maatregel en toelichting effectschatting	Doorgerekende jaren	Doelstof maatregel	Neven-effect op
18	Aanscherpen ammoniakemissie-eis legkippen in volièrehuisvesting per 1-1-2-2021 (0,025 kg ammoniak per dierplaats in Besluit Emissiearme Huisvesting).	Wet- en regelgeving	Nieuwbouw pluimveestallen met lagere ammoniakuitstoot (ingroei vanaf 2021). Berekening gaat uit van een aanscherping van 0,05 naar 0,025 kg ammoniak per dierplaats.	25,30	NH ₃	
112	Mestinjectie bij grasland op zand vanaf 1-1-2023 (regeling gebruik meststoffen).	Wet- en regelgeving	Verplichte toepassing van bemestingstechniek met lagere ammoniakuitstoot (100% mestinjectie in plaats van gebruik zodenbemester bij grasland op zand). Graduele invoering vanaf 2023; volledige implementatie in 2030. Het gaat hier om 53% van de totale mest die op grasland (zand, klei en veen) wordt aangewend. De maatregel geeft een procentuele afname in ammoniakuitstoot voor bemesting op grasland en zand van grofweg 74%.	25,30	NH ₃	

TECHNISCHE POTENTIËLEN (TECHNISCHE MAATREGELEN)

Verkeer

vtm1	Volledige uitfasering dieselpersonenauto's zonder roetfilter (vervanging door Euro6c-diesels).	-	100% uitfasering dieselpersonenauto's zonder roetfilter. Het gaat om dieselauto's tot en met Euro4 oftewel dieselauto's die in 2020 tien jaar en ouder zijn. Dat zijn er volgens de raming afgerond 240.000 in 2020, 100.000 in 2025 en 70.000 in 2030.	20,25,30	PM _{2,5} , EC	NO _x
vtm2	Volledige uitfasering dieselbestelauto's zonder roetfilter (vervanging door Euro6c-diesels).	-	100% uitfasering dieselbestelauto's zonder roetfilter. Het gaat om dieselauto's tot en met Euro4 oftewel dieselauto's die in 2020 tien jaar en ouder zijn. Dat zijn er volgens de raming 290.000 in 2020 en 50.000 in 2030.	20,25,30	PM _{2,5} , EC	NO _x

	Omschrijving	Type beleids-instrument	Aangrijpingspunt maatregel en toelichting effectschatting	Doorgerekende jaren	Doelstof maatregel	Neven-effect op
vt-m16a	Ambitie nulmissieauto's 2030 Regeerakkoord (trage ingroei).	-	100% verkoop van nul-emissiepersonenauto's in 2030. Berekening gaat uit van 1,8 miljoen nul-emissieauto's in 2030.	30	CO ₂	NO _x , PM _{2,5} , EC
vt-m16b	Ambitie nulmissieauto's 2030 Regeerakkoord (snelle ingroei).	-	100% verkoop van nul-emissiepersonenauto's. Berekening gaat uit van 2,8 miljoen nul-emissieauto's in 2030.	30	CO ₂	NO _x , PM _{2,5} , EC
Houtstook woningen						
ctm1	Volledige uitfasering meest vervuilende CR-houtkachels.	-	100% uitfasering diesel-personeelauto's zonder roetfilter. Dat zijn er 79.000 kachels in 2025 en 60.000 in 2030.	25,30	PM _{2,5} , EC	NO _x
ctm3	Volledige uitfasering vervuilende CR- en VR-houtkachels.	-	100% uitfasering CR- en VR-houtkachels. Dat zijn er 79.000 kachels in 2025 en 60000 in 2030. Dat zijn 60.000 CR-kachels en 116.000 VR-kachels in 2030.	30	PM _{2,5} , EC	NO _x
ctm5	100 procent stoken van droog hout in kachels en open haarden.	-	Gedrag en houtgebruik (100% droog hout). De berekening gaat uit van 100 % gebruik van minimaal 2 jaar gedroogd hout bij 75% in de referentie oftewel 25% nat gestookt hout in de referentie.	25,30	PM _{2,5}	NO _x
Landbouw						
ltm1	Bestaande rundveestallen: verbeterde mest-schuiven.	-	Technische aanpassing bestaande rundveestallen.	25,30	NH ₃	
ltm2	Bestaande rundveestallen: ventilatiemanagement.	-	Technische aanpassing bestaande rundveestallen.	25,30	NH ₃	

	Omschrijving	Type beleidsinstrument	Aangrijpingspunt maatregel en toelichting effectschatting	Doorgerekende jaren	Doelstof maatregel	Neven-effect op
ltm3	Bestaande rundveestallen: vervanging na 20 jaar en aanscherping emissie-eis naar 7 kg ammoniak per koe per 1-1-2021.	-	Versnelling uitstroom rundveestallen en vervanging door rundveest met strengere eis. Nieuw beleid voor bestaande oudere niet-emissiearme stalsystemen, dat stelt dat (vanaf 2021) stallen die 20 jaar oud zijn ook moeten voldoen aan emissie-eisen, wordt hier gecombineerd met een aanscherping van de emissie-eisen voor nieuwbouw naar 7 kg ammoniak per koe. Bij deze potentieelschatting zullen in respectievelijk 2025 en 2030 alle oudere niet-emissiearme stallen gebouwd in of voor 2005 en in of voor 2010 worden vervangen. Het gaat hier om naar schatting 17% van de melkkoeien waar dit effect doorwerkt.	25,30	NH ₃	
ltm5	Voermaatregelen melkvee vanaf 2021.	-	Lineaire ingroei vanaf 2021 naar het geschat maximaal technisch potentieel in 2030. Het technisch reductiepotentieel is geschat op 8,5% van de ammoniakemissie door melkkoeien in het basispad (in de stal en opslag en bij beweiding en bemesting).	25,30	NH ₃	
ltm6	Minder jongvee vanaf 2021.	-		25,30	NH ₃	
ltm7	Meer beweiding melkkoeien.	-	Lineaire ingroei vanaf 2021 naar het geschat maximaal technisch potentieel in 2030. Het nog beschikbare potentieel voor beweiding in 2030 is geschat op 30% van de melkkoeien.	25,30	NH ₃	
ltm9	Voermaatregelen legkippen (eiwitgehalte voer naar 15 g/kg).	-	Lineaire ingroei vanaf 2021 naar het geschat maximaal technisch potentieel in 2030.	25,30	NH ₃	

Omschrijving	Type beleids-instrument	Aangrijpingspunt maatregel en toelichting effectschatting	Doorgerekende jaren	Doelstof maatregel	Neven-effect op	
ltm10	Bypass luchtwasser vleeskuikenstallen.	-	Technische aanpassing van bestaande vleeskuikenstallen voor vermindering van ammoniakuitstoot. Lineaire ingroei vanaf 2021 naar het geschat maximaal technisch potentieel in 2030. Het technisch potentieel is geschat op 81% van de vleeskuikens.	25,30	NH ₃	PM _{2,5}
ltm11	Voermaatregelen vleeskuikens (eiwitgehalte voer naar 10 g/kg).	-	Lineaire ingroei vanaf 1-1-2021 naar het berekend maximaal technisch potentieel in 2030.	25,30	NH ₃	
ltm13	Minder kunstmest door preciezer bemesten.	-	Schonere bemesting met minder ammoniakuitstoot.	25,30	NH ₃	
ltm14	Toepassen ionisatiefilter bestaande legkipstallen.	-	Technische aanpassing van bestaande pluimveestallen voor vermindering van fijnstofuitstoot. Lineaire ingroei vanaf 2021 naar het geschat maximaal technisch potentieel in 2030. Het technisch potentieel is geschat op 65% van de vleeskuikens.	25,30	PM _{2,5}	
ltm15	Toepassen negatieve ionisatie bestaande vleeskuikenstallen.	-	Technische aanpassing van bestaande vleeskuikenstallen voor vermindering van fijnstofuitstoot. Lineaire ingroei vanaf 2021 naar het geschat maximaal technisch potentieel in 2030. Het technisch potentieel is geschat op 81% van de vleeskuikens.	25,30	PM _{2,5}	

3.2.1 Conventionele luchtmaatregelen verkeer

De meeste onderzochte maatregelen zijn 'conventionele' luchtmaatregelen die specifiek zijn gericht op het terugdringen van de emissies van luchtverontreinigende stoffen. Het gaat om:

- een verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter met 800 euro per jaar (maatregel v1). De verhoging is structureel en geldt voor onbepaalde tijd (ten minste tot en met 2030).
- een verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselbestelauto's zonder roetfilter met 700 euro per jaar (<1.350 kg) en 1.200 euro per jaar (>1.350 kg) (maatregel v2). De verhoging is structureel en geldt voor onbepaalde tijd (ten minste tot en met 2030).
- een slooppremieregeling voor personenauto's zonder roetfilter, en voor alle bestelauto's zonder roetfilter (grootweg bouwjaar 2008 en ouder) (maatregel v3). De hoogte van de premie is vastgesteld op 1.000 euro voor personenauto's en lichte bestelauto's (<1.800 kg), en op 1.750 euro voor zware bestelauto's (≥1.800 kg). De regeling geldt voor een jaar (2019).
- een verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-dieselpersonenauto's met 400 euro per jaar (maatregel v4). De verhoging is structureel en geldt voor onbepaalde tijd (ten minste tot en met 2030).
- een subsidieregeling voor de installatie van roetfilters en SCR-systemen op bestaande binnenvaartschepen (maatregel v8). De regeling loopt ten minste tot en met 2030. De subsidieregeling vergoedt 80 procent van de investeringskosten. Er wordt uitgegaan van een retrofit met een roetfilter en een SCR-de-stikstofoxideninstallatie. Aangenomen is dat 30 procent en 50 procent van de schepen die in 2025 en 2030 niet voldoen aan strenge Stage V-normen, gebruikmaken van de regeling en worden geretrofit.
- een slooppremie op tweetaktbrom- en snorfietsen van 750 euro per jaar voor de aanschaf van een elektrische scooter (maatregel v13). De looptijd van de regeling is onbepaald, maar de verwachting is dat er in 2025 geen premies meer zullen worden uitgekeerd omdat alle tweetaktbrom- en snorfietsen uit het park zijn verdwenen.
- invoering van een vlakke kilometerheffing voor personenauto's op het hele Nederlandse wegennet van gemiddeld 7 eurocent per kilometer (maatregel v14). De invoering gaat gepaard met het afschaffen van de motorrijtuigenbelasting en de belasting op personenauto's en motorrijwielen. De kilometerheffing is structureel en geldt voor onbepaalde tijd (ten minste tot 2030).
- gedifferentieerde stikstofoxidenheffing op vervuilende vliegtuigen van 100 euro per kilogram stikstofoxiden (maatregel v15). De heffing geldt voor alle vertrekkende vliegtuigen waaronder vrachtvervoer. De heffing is structureel en geldt voor onbepaalde tijd (ten minste tot en met 2030).

3.2.2 Gedragsmaatregelen verkeer

Daarnaast zijn gedragsmaatregelen voor verkeer en vervoer geanalyseerd. Het gaat om:

- het terugdraaien van de verhoging van de maximumsnelheid naar 120 km/uur op snelwegen (maatregel v6);
- een verlaging van de maximumsnelheid naar 100 km/u en bij grote steden naar 80 km/u met strenge handhaving (maatregel v7);

- een snelheidsbeperking voor zeeschepen nabij Nederlandse zeehavens tijdens het zogenoemde manoeuvreren (7 tot 11 kilometer uit de kust) (maatregel v12).
- invoering van een vlakke kilometerheffing van gemiddeld 7 eurocent per kilometer voor personenauto's (maatregel v14). De invoering gaat gepaard met het afschaffen van de motorrijtuigenbelasting en de belasting op personenauto's en motorrijwielen. De heffing is op alle wegen en gedurende de gehele dag van toepassing.

Maatregelen die zorgen voor een verschuiving van auto en vrachtauto naar fiets, het openbaar vervoer of ander goederentransport zijn in deze studie niet onderzocht.

3.2.3 Klimaatmaatregelen verkeer

Bij aanvang van deze studie lag de vraag voor welke gevolgen de ambitie van het kabinet voor nulmissiepersonenauto's in 2030 heeft voor de luchtkwaliteit. Om deze vraag te kunnen beantwoorden, heeft het PBL, in aanvulling op bovenstaande maatregelen, aan CE Delft de opdracht gegeven om een eerder door het PBL gepubliceerde doorrekening van de ambitie voor nulmissieauto's (zie Koelemeijer et al. 2018) door te vertalen naar de emissie-effecten voor luchtverontreinigende stoffen voor het jaar 2030.

Bij de eerdere PBL-doorrekening van de ambitie voor nulmissieauto's gaat het om een streefbeeld van het kabinet, en dus niet om een concrete geïnstrumenteerde beleidsmaatregel. In Koelemeijer et al. (2018) is aangenomen dat deze ambitie in 2030 volledig wordt gerealiseerd. De kosten zijn berekend onder de aanname dat de kosten van elektrische auto's in de loop van het decennium lager komen te liggen dan van vergelijkbare auto's met een verbrandingsmotor. Koelemeijer et al. (2018) werkten twee indicatieve scenario's uit: een ingroei van de nieuwverkoop van elektrische personenauto's die al ver voor 2030 toeneemt (snelle ingroeivariant, maatregel v16b) en een ingroei die later op gang komt (trage ingroeivariant, maatregel v16a). In beide scenario's is aangenomen dat het streefbeeld van 100 procent nieuwverkoop van personenauto's in 2030 wordt gehaald. De snelle ingroei van elektrisch komt overeen met 2,8 miljoen elektrische personenauto's in het wagenpark in 2030. De trage ingroei betekent 1,8 miljoen auto's in 2030. Op een geraamd totaal van 9 miljoen personenauto in 2030 is dit 20 tot 30 procent.

In welke mate het streefbeeld (van 100 procent) daadwerkelijk in 2030 kan worden bereikt, hangt af van wanneer de elektrische auto echt doorbreekt en in welke mate nationaal en Europees beleid daaraan kunnen bijdragen. In maart 2019 is een nadere analyse verschenen van de mogelijke doorwerking van de concrete voorstellen uit het ontwerp-Klimaatakkoord waaronder voorstellen voor realisatie van de ambitie (PBL 2019). Volgens deze analyse kunnen het voorgenomen Europese beleid en de stimuleringsvoorstellen leiden tot 50 á 75 procent nieuwverkoop van emissievrije personenauto's in 2030. De nationale kosten hiervan zijn voor 2030 beperkt en waarschijnlijk zelfs negatief: de lagere onderhouds- en brandstofkosten wegen zwaarder dan de extra investeringskosten door de meerprijs van elektrische auto's en van de laadpalen.

Naast deze doorrekening van de kabinetsambitie voor nulmissiepersonenauto's heeft CE Delft twee beleidsopties geanalyseerd voor de stimulering van elektrisch rijden bij particuliere autokopers in de periode 2019-2023. Ook is een optie geanalyseerd om elektrische bestelauto's te stimuleren via een aanschafsubsidie, eveneens in de periode 2019-2023 (CE Delft 2019). Uit deze analyse blijkt dat de stimuleringsopties in de periode 2019-2023 ongunstig scoren wat betreft kosteneffectiviteit indien deze geïsoleerd worden beoordeeld. Dit wordt verklaard doordat de jaarkosten (nationale kosten exclusief overdrachten) van elektrische auto's in de komende jaren nog hoger liggen dan van vergelijkbare auto's met brandstofmotor. Het is daarom belangrijk dat deze stimuleringsmaatregelen in een breder transitieperspectief worden beoordeeld en gewogen. Stimuleringsmaatregelen voor elektrisch rijden zijn vooral bedoeld om de grootschalige transitie naar elektrisch rijden te faciliteren. Om dit voor elkaar te krijgen, is het nodig dat er in Nederland (en internationaal) geleidelijk een markt gecreëerd gaat worden voor nulmissieauto's. Voor het leerproces van kansrijke innovatieve CO₂-neutrale technologieën is het belangrijk dat er ondersteuning is in de fase van technologieontwikkeling en de vroege fase van technologie-uitrol. Later zullen de kosten dalen en is het bij bepaalde technieken, zoals elektrische auto's, zelfs waarschijnlijk dat de nieuw ontwikkelde technologie goedkoper zal worden dan de oude technologie. Recente ontwikkelingen rond hernieuwbare energie, zoals windenergie op zee en zonnepanelen, laten zien welke forse kostendalingen er mogelijk zijn.

3.3 Maatregelen houtstook in woningen

In dit rapport zijn vijf beleidsopties uitgewerkt voor de beperking van emissies bij het stoken van biomassa in houtkachels en open haarden in woningen. Deze maatregelen zijn opgesteld in afstemming tussen het PBL en TNO. De maatregelen zijn geënt op het vigerende beleid in Duitsland (1. BImSchV Bundes-Immissionschutzverordnung; zie kader 3.3). De maatregelen zijn vormgegeven naar Duits voorbeeld, omdat dit beleid mogelijk tot aanzienlijk emissiereducties kan leiden. In overleg tussen de overheid, kachelbranche en consumentenorganisaties zal nader moeten worden onderzocht wat realistisch haalbaar is in de Nederlandse situatie. Mogelijke juridische aspecten rond de invoering van deze maatregelen zijn in deze studie niet onderzocht. Schattingen zijn vooral bedoeld om het potentieel en de kosten in beeld te krijgen.

Voor het berekenen van de emissiereductie van de kachelmaatregelen maken we gebruik van de nieuwste kennis en inzichten van TNO, zoals verwerkt in het kachelpark-model, dat wordt gebruikt voor Emissieregistratie. Conventioneel Rendement-kachels (CR) zijn ongekeurde en meest vervuilende kachels die voldoen aan geen enkele typekeur. Verbeterd Rendement-kachels (VR) zijn kachels die voldeden aan een Nederlandse typekeur, die gold van 1997 tot 2004, en sinds februari 2005 is vervallen. Moderne kachels die momenteel op de markt beschikbaar zijn stoten veel minder stof uit dan CR- en VR-kachels en zijn energie-efficiënter. Vanaf 2022 wordt de Europese Ecodesign-normstelling van kracht voor de nieuwverkoop van kachels.

Een toelichting op de inschatting van de kosten en emissie-effecten van de houtstookmaatregelen is te vinden in het onderliggende TNO-rapport (TNO 2019). Het gaat om:

- de *versnelde* uitfasering van meest vervuilende bestaande CR-houtkachels door invoering van een emissienorm per 1-1-2024 (maatregel c1);
- het beperken van de gebruiksduur van open haarden conform Duitse regelgeving (maximaal 8 dagen per maand en 5 uur per dag) (maatregel c2);
- de *versnelde* uitfasering van vervuilende bestaande CR- en VR-houtkachels door invoering van een emissienorm per 1-1-2030 (maatregel c3);
- aanscherpen van de Europese Ecodesign-norm voor houtkachels op het niveau dat haalbaar is met toepassing van een elektrostatisch filter (maatregel c4);
- het alleen stoken van droog hout (maatregel c5).

De onderzochte maatregelen betreffen een wezenlijke aanscherping van het Nederlandse beleid voor particuliere houtstook. De discussie en besluitvorming, uitwerking en invoering van zo'n beleid vragen veel tijd. Om die reden zijn deze mogelijke maatregelen niet doorgerekend voor de korte termijn (2020). Maatregel c3 en c5 zijn alleen doorgerekend voor 2030. Maatregel c3 betreft de uitfasering van alle vervuilende kachels (de oudste CR-kachels en de wat jongere VR-kachels). Omdat het in Duitsland mogelijk is om een eindjaar van gebruik vast te leggen voor verouderde kachels (die niet aan vastgestelde emissie-eisen voldoen), lijkt er geen reden waarom dit beleid in Nederland onmogelijk zou zijn. Vooral nog is aangenomen dat het niet realistisch haalbaar is om alle verouderde kachels al in 2025 uit te faseren. Dit heeft deels te maken met de capaciteit die nodig is bij de branche om deze vervanging mogelijk te maken. Deels lopen de kosten op omdat dan de jongere VR-kachels die nog langer meegaan dan vijf jaar eerder worden gesaneerd. Voor 2025 is daarom een aparte maatregel opgenomen waarbij alleen de oudste CR-kachels worden uitgefaseerd. Maatregel c4 is een maatregel die in Europa moet worden geregeld. De al afgesproken Europese Ecodesign-norm wordt in 2022 van kracht. Hier is aangenomen dat het zeker vier jaar duurt om deze norm vervolgens nog verder aan te scherpen. Dit betekent dat deze maatregel ingaat per 2026 en dus alleen is doorgerekend voor 2030.

3.3 Beleid in Duitsland voor houtkachels en open haarden

In Duitsland bestaat al sinds 1974 regelgeving voor particuliere houtgestookte installaties. Het gaat om 1.BImSchV (Bundes-Immissionschutzverordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen). Deze regelgeving is zo opgezet dat niet alleen eisen worden gesteld aan de nieuwverkoop van kachels, maar ook wordt met het beleid een uitfasering van vervuilende en verouderde houtkachels bewerkstelligd. Voor oude kachels geldt in Duitsland trapsgewijs een eindjaar van gebruik. Sinds 31 december 2014 mogen kachels met een bouwjaar voor 31 december 1974 (of een onduidelijk type kachel zonder niet nader vast te stellen bouwjaar) niet meer worden gebruikt, tenzij er maatregelen zijn getroffen om aan de emissie-eisen te voldoen. Vanaf 31 december 2024 mogen kachels met een

bouwjaar voor 31 december 2010 die niet aan de emissie-eisen voldoen in Duitsland niet meer worden gebruikt. Het Duitse beleid combineert zo een trapsgewijs ingevoerd eindjaar van gebruik met emissie-eisen voor bestaande kachels waaraan moet worden voldaan.

In Duitsland mogen open haarden zonder reinigingstechniek volgens de regelgeving (1.BImSchV) alleen af en toe ('nur gelegentlich') worden gebruikt. Via jurisprudentie is vervolgens bepaald dat open haarden niet meer dan acht dagen per maand en op deze dagen gedurende vijf uur mogen worden gestookt (TNO 2019). Deze Duitse invulling van een beperking op gebruiksduur is hier overgenomen. Met deze invulling wordt geschat dat – bij naleving van de gebruiksduurbeperking in de praktijk - de gebruiksduur en daarmee houtinzet in open haarden in Nederland met circa 40 procent kan worden verminderd. De handhaafbaarheid van deze maatregel is moeilijk tot onmogelijk. Daar staat tegenover dat deze maatregel, verankerd in regelgeving, het signaal afgeeft naar de samenleving dat het stoken van een open haard relatief zeer vervuilend is en om reden van de luchtkwaliteit dient te worden beperkt.

De maatregelen zijn gekozen met het oog op de potentieel significante bijdrage die deze op termijn (2025, 2030) kunnen leveren aan een verlaging van de gemiddelde blootstelling van de bevolking aan fijnstof en roet. Daarmee onderscheiden deze maatregelen zich van de drie aanbevelingen van het Platform Houtrook en Gezondheid die het ministerie van IenW in 2019 uitwerkt. Deze aanbevelingen zijn gericht op het tegengaan van temporele en lokale hinder- en overlastsituaties en niet zozeer op het verminderen van de blootstelling aan luchtverontreiniging over het hele jaar en voor de gehele Nederlandse bevolking. De drie aanbevelingen zijn: meer voorlichting, het ontwikkelen van een meetmethode die gebruikt kan worden bij overlast- en hindersituaties (tegengaan van overlast) en het ontwikkelen van een stookalert als de weersomstandigheden zeer ongunstig zijn voor het stoken. Daarnaast wil de staatsecretaris de Europese Ecodesign-eisen voor nieuwverkochte kachels versneld invoeren in Nederland; uiterlijk per 1 januari 2020 in plaats van per 1 januari 2022 (Ministerie van IenW 2019).

In aanloop naar de studie zijn nog enkele opties verkend, maar deze zijn om de hierna gegeven redenen niet doorgerekend.

- *Het vervroegen van de Europese Ecodesign-richtlijn die ingaat vanaf 2022.*
Deze beleidsmaatregel is aangekondigd door de staatssecretaris in haar brief van 15 januari 2019. De staatssecretaris wil de invoering van de Ecodesign-eisen voor nieuwverkoop van kachels vervroegen naar uiterlijk 1 januari 2020 (Ministerie van IenW 2019). Deze optie is in deze studie niet becijferd, omdat het aantal kachels waarop deze maatregel effect heeft klein is in vergelijking met het totale kachelpark, waardoor het nationale emissie-effect en dus ook het effect op fijnstofblootstelling beperkt is. Deze maatregel geldt voor die kachels die tot 2022 nog verkocht zouden zijn en die niet

voldoen aan de Ecodesign-eisen. Het gaat dan om een klein deel van de nieuwverkoop tot 2022. Het merendeel van de nieuwverkoop van houtkachels voldoet momenteel al aan Ecodesign.

- *Een slooppremieregeling voor bestaande vervuilende kachels.*
Een subsidieregeling is een alternatieve beleidsinvulling voor een verplichte uitfasering van oude vervuilende houtkachels. De keuze voor het beleidsinstrument regelgeving is in deze studie gemaakt omdat dit beleid in Duitsland is geïmplementeerd. Daarnaast is de effectiviteit van een slooppremieregeling waarschijnlijk lager dan van regelgeving.
- *Het stopzetten van de stimuleringsregeling (ISDE) van (automatische) pelletkachels.*
Deze regeling wordt veelvuldig bediscussieerd, maar is in deze studie niet geanalyseerd omdat er bij de voorbereiding van het onderzoek geen informatie bekend was over het effect van deze regeling op het houtverbruik en de emissies. Deze regeling leidt enerzijds tot extra nieuwverkoop van pelletkachels en daarmee extra houtgebruik en hogere fijnstofemissies. Anderzijds zal deze regeling ook een effect hebben op de vervanging van oude vervuilende kachels door nieuwe pelletkachels, met als gevolg lagere fijnstofemissies omdat pelletkachels schoner zijn dan stukhoutkachels. Hoe beide effecten zich tot elkaar verhouden is onbekend.

De effecten van maatregelen c1 tot en met c4 zijn gekwantificeerd tegen de achtergrond van het basisscenario. In dit basisscenario wordt (evenals in de Emissieregistratie) ervan uitgegaan dat er optimaal droog hout wordt gestookt. Omdat bekend is dat een deel van het hout niet optimaal is gedroogd, heeft TNO onderzocht hoeveel hoger de emissies zouden komen te liggen als wordt aangenomen dat een kwart van het gestookte hout niet optimaal is gedroogd. Uit een inventarisatie van het CBS (Segers 2013) blijkt dat zeker een kwart van de houtstook gebeurt met hout dat niet optimaal droog is. Deze berekende toename in emissies is als potentieel reductie-effect overgenomen onder maatregel c5 (droog hout stoken). De reductie-effecten van de maatregelen c1 tot en met c4 zijn overigens uitsluitend berekend ten opzichte van de referentiesituatie volgens het basisscenario van 100 procent gebruik van optimaal gedroogd hout. Reductie-effecten voor maatregelen c1 tot en met c4 ten opzichte van een referentiesituatie van 75 procent optimaal droog hout zijn niet geschat.

Hierna gaan we in meer detail in op de vijf doorgerekende opties voor houtstook.

3.3.1 Versnelde uitfasering van vervuilende CR-kachels

De versnelde uitfasering van CR-kachels is geïnstrumenteerd door de invoering van een nationale emissienorm voor bestaande kachels (bijvoorbeeld 0,10 gram fijnstof (PM₁₀) per kubieke meter oftewel 64 gram fijnstof (PM₁₀) per gigajoule ingaand per 1-1-2024. Aangenomen is dat de vervroegd vervangen bestaande CR-kachels worden vervangen door een Ecodesign-kachel. De norm is iets boven het niveau gesteld van de vroegere Nederlandse typekeur die tijdelijk van kracht is geweest in Nederland van 1997 tot 2004. Hiermee kunnen kachels die voldoen aan deze oude typekeur (zogenoeten Verbeterd Rendement-kachels, VR) nog wel langer worden gebruikt.

Deze maatregel zorgt daarmee voor een volledige uitfasering van zogenoemde (ongekeurde) Conventioneel Rendement-kachels (CR). De datum van 2024 is gekozen omdat de voorbereiding en uitwerking van deze maatregel tijd vragen, in afstemming tussen overheid, consument, houtkachelbranche en houtkacheleigenaren. Bij de uitwerking is verondersteld dat deze maatregel gehandhaafd gaat worden in lijn met de handhaving in Duitsland. Bij de uitwerking is uitgegaan van een tweejaarlijkse inspectieplicht voor kachels door onafhankelijke, gekwalificeerde vakmensen. Deze uitvoeringskosten zijn meegenomen in de kostenberekening.

3.3.2 Beperken van de gebruiksduur van open haarden

Het gaat om het beperken van de gebruiksduur van open haarden die worden gestookt zonder reinigingstechniek per 1-1-2014. Dit is mogelijk door invoering van een nationale emissienorm voor uitstoot van bestaande en nieuwe open haarden (bijvoorbeeld 0,10 gram fijnstof (PM₁₀) per kubieke meter oftewel 64 gram per gigajoule). De invulling van deze maatregel is in lijn met de beperking van de jaarlijkse gebruiksduur van open haarden, die is opgenomen in Duitse regelgeving (1.BImSchV Bundes-Immissionschutz-Verordnung), en die later nader is ingevuld in jurisprudentie uit Rijnland-Palts. Deze jurisprudentie houdt in dat open haarden in woningen niet meer dan 8 dagen per maand en 5 uur per stookdag mogen worden gebruikt (TNO 2019).

De handhaafbaarheid van deze maatregel is moeilijk tot onmogelijk. Ondanks dit handhavingsprobleem heeft de Duitse overheid er toch voor gekozen om een beperking op de gebruiksduur vast te leggen in de Duitse milieuregelgeving (1.BImSchV). Deze invulling is in deze studie overgenomen, ervan uitgaande dat er een krachtig signaal uitgaat van een in regelgeving vastgelegde eis. Er is geen empirisch bewijs hoeveel openhaardgebruikers hun gedrag zullen aanpassen bij het overnemen van de Duitse eis. Voor de doorrekening wordt uitgegaan van een volledige naleving van de gestelde eis. De naleving zal in de praktijk lager liggen, maar de verwachting is dat deze maatregel, indien verankerd in regelgeving, een signaal zal afgeven naar de samenleving dat het stoken van een open haard zeer vervuilend is en schadelijk voor de gezondheid en tot een minimum dient te worden beperkt. Dit kan een aanzienlijk deel van de openhaardbezitters ertoe bewegen om zich aan de wettelijke gebruiksduur te houden, die immers nog een aanzienlijk aantal dagen betreft. Bij de berekening van het emissie-effect is een realistische aanname gemaakt omtrent de (huidige) gebruiksduur van open haarden en is aangenomen dat bij volledige naleving van het voorschrift het houtgebruik met circa 40 procent zal worden verminderd.

3.3.3 Versnelde uitfasering van vervuilende VR- en CR-kachels

De versnelde uitfasering van VR- en CR-kachels is geïnstrumenteerd door invoering van een nationale emissienorm voor bestaande kachels (bijvoorbeeld 0,04 gram fijnstof (PM₁₀) per kubieke meter oftewel 25 gram per gigajoule ingaand per 1-1-2029. De vervroegd vervangen VR- en CR-kachels worden vervangen door een Ecodesign-kachel. Deze optie is gericht op het uitfaseren van zowel de wat jongere VR-kachels als de CR-kachels. De optie met een uitfasering van VR-kachels is niet doorgerekend voor 2025,

omdat de VR-kachels in het algemeen jonger zijn dan de CR-kachels. Daarmee is aangenomen dat de VR-kachels nog tot uiterlijk 2030 kunnen worden gebruikt. Bij de uitwerking is verondersteld dat deze maatregel gehandhaafd gaat worden in lijn met de handhaving in Duitsland. Bij de uitwerking is uitgegaan van een tweejaarlijkse inspectieplicht door onafhankelijke gekwalificeerde vakmensen. Deze uitvoeringskosten zijn meegenomen in de kostenberekening.

Daarnaast is nog een variant (maatregel 3a) onderzocht waarbij de VR- en CR-kachels per 1-1-2029 vervangen worden door een kachel die voldoet aan een nog niet afgesproken aangescherpte Ecodesign-Plus-emissienorm. Deze variant op maatregel 3 is relevant indien ingezet in combinatie met optie 4.

3.3.4 Aanscherpen van de Europese Ecodesign-norm

Deze maatregel betreft het aanscherpen per 1-1-2026 van de Europese Ecodesign-emissienormen. De nieuwe norm wordt hier aangeduid als de Ecodesign-Plus norm. Deze emissienorm is alleen van toepassing op nieuw verkochte kachels; dit betreft dus alleen de autonome vervanging van het kachelpark en leidt niet tot een versnelling van het tempo van verschoning van het bestaande kachelpark. Bij deze maatregel is dus aangenomen dat de Ecodesign-norm voor fijnstof die gaat gelden vanaf 2022, per 1-1-2026 opnieuw wordt aangescherpt, op een niveau dat toepassing vereist van een elektrostatisch filter.

3.3.5 Droog hout stoken

Deze maatregel is in deze studie niet geïnstrumenteerd en is uitgewerkt als een 'technisch potentieel' of technische maatregel. De optie laat zien welk milieueffect kan worden behaald als in Nederland voor 100 procent droog hout wordt gestookt in kachels en open haarden. Onder droog hout wordt hier minimaal twee jaar gedroogd hout verstaan. Uit een inventarisatie van het CBS (Segers 2013) blijkt dat zeker een kwart van de houtstook wordt uitgevoerd met hout dat niet optimaal droog is. Het is niet makkelijk om het berekende verbeterpotentieel effectief te instrumenteren. De overheid kan dit proberen via zachtere beleidsinstrumenten zoals voorlichting. Het gaat dan om een actievere en betere voorlichting door het Rijk en gemeenten over de gezondheidseffecten van houtstook, en het belang voor de luchtkwaliteit en gezondheid van het stoken van droog hout. Met een betere voorlichting kan een deel van het hier berekende potentieel waarschijnlijk worden ontsloten. Het stoken van droog hout is evenwel niet gratis; het vraagt investeringen van gebruikers in tijd, moeite en geld. Gebruikers die het hout rechtstreeks verkrijgen uit bossen, boomgaarden en groenstroken zullen moeten zorgen voor een voldoende grote en kwalitatief hoogwaardige opslag om het hout minimaal twee jaar te laten drogen. De hier bestudeerde optie ligt in het verlengde van de aangekondigde actie van de staatssecretaris gericht op een betere voorlichting over de gezondheidsaspecten van houtrook. Omdat we verwachten dat het tijd vraagt voordat deze optie daadwerkelijk effect kan hebben, is ook deze optie niet doorgerekend voor 2020.

3.3.6 Handhaving en uitvoeringskosten maatregelen houtstook

In Nederland bestaat er geen regelgeving voor de registratie en controle van houtkachels en open haarden en voor de periodieke reiniging van rookkanalen. Bij de vormgeving van de maatregelen voor houtstook is daarom de Duitse regelgeving en handhavingspraktijk als voorbeeld genomen. De uitvoeringskosten voor dit handhavingsregime zijn in lijn met het Duitse voorbeeld ingeschat en maken deel uit van de kostenschattingen voor maatregelen. Het handhavingsregime naar Duits voorbeeld houdt in dat een inspectieplicht is aangenomen voor kachels en open haarden. Overeenkomstig de Duitse regelgeving (1.BImSchV) dient een (zwaardere type) kachel elke twee jaar te worden gecontroleerd door een gekwalificeerd schoorsteenveger, die eveneens een veiligheidscontrole en controle op de liggende houtvoorraad uitvoert. Bij de uitwerking is deze tweejaarlijkse inspectieplicht aangehouden. De inspectie wordt uitgevoerd door een onafhankelijke partij, zoals gekwalificeerde schoorsteenvegers, die routinematig elke twee jaar een inspectie uitvoert. Deze vakmensen adviseren ook over stookgedrag en wettelijke verplichtingen voor kachelbezitters, zoals het buiten gebruik stellen van vervuilende kachels (maatregel c1 en c3) of het afdekken, opslaan en stoken van droog hout (maatregel c5).

De nationale kosten van dit handhavingsregime zijn geschat en meegenomen in de nati-onale kostenberekeningen en bedragen naar eerste ruwe schatting 7 miljoen euro per jaar (TNO 2019). Een groot deel van deze kosten kan direct voor rekening komen van de kacheleigenaren.

3.4 Maatregelen landbouw

In totaal zijn er 15 landbouwmaatregelen nader bestudeerd. Het gaat om drie beleidsmaatregelen waarbij de emissie- en blootstellingseffecten zijn ingeschat op basis van de inzet van een specifiek beleidsinstrument (zie tabel 3.1). De overige 12 maatregelen zijn technische reductiepotentiëlen waarbij een maximaal haalbaar technisch verbeterpotentieel is berekend, uitgaande van specifieke aannames.

De doorgerekende lijst met landbouwmaatregelen bouwt deels voort op een groslijst met technische ammoniakmaatregelen die is opgesteld op verzoek van het Bestuurlijk Overleg Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). Deze groslijst is in 2017 in opdracht van de Ministeries van EZ en LNV opgesteld als tussenstap in het proces dat moet leiden tot bestuurlijke vaststelling van een lijst met PAS-reservemaatregelen. De groslijst met ammoniakmaatregelen is gebaseerd op het rapport *PAS Aanvullende reservemaatregelen Landbouw* van Wageningen UR (Groenestein et al. 2017). De groslijst geeft een brede selectie aan maatregelen die generiek inzetbaar zijn om de ammoniakemissie uit de landbouw te verlagen. Wageningen UR heeft de groslijst uitgewerkt als technische maatregelen waarbij een technisch verbeterpotentieel ten opzichte van 2014 is berekend dat haalbaar is bij een verregaande toepassing van beschikbare schonere technieken. Het gaat dus om technische potentieelschattingen zonder beleidsinstrument. Wageningen UR onderscheidt in de

groslijst drie categorieën technische ammoniakmaatregelen: gericht op huisvesting (stallen), voeding en bemesting met dierlijke mest.

Uit de WUR-studie hebben we in totaal zeven ammoniakmaatregelen geselecteerd. Het gaat om de toepassing van verbeterde mestschuiven op melkveestallen, ventilatiemanagement op bestaande melkveestallen, voermaatregelen voor melkvee, voermaatregelen voor legkippen, toepassing van een luchtwasser bij vleeskuikenstallen, voermaatregelen voor vleeskuikens en de toepassing van mestinjectie bij grasland op zand. Daarbij hebben we de maatregel die is gericht op gebruik van de mestinjecteur in plaats van de zodebemester (op grasland op zand) opgenomen als een beleidsmaatregel. Verondersteld is dat de instrumentatie dan verloopt via aanpassing van de regeling voor het gebruik van meststoffen. De overige zes maatregelen uit de WUR-studie zijn opgenomen als technische maatregelen. We hebben als PBL daarnaast zes andere mogelijke ammoniakmaatregelen doorgerekend en twee maatregelen die gericht zijn op de vermindering van de fijnstofemissies.

Bij de drie beschouwde *beleidsmaatregelen* gaat het om:

- de aanscherping van de (maximale) ammoniakemissie-eis voor nieuwe melkveestallen (en bij uitbreiding van stallen) in het Besluit Emissiearme Huisvesting;
- de aanscherping van de (maximale) ammoniakemissie-eis voor nieuwe stallen (en bij uitbreiding van stallen) voor legkippen in volièrehuisvesting in het Besluit Emissiearme Huisvesting; en
- de aanscherping van voorschriften voor het aanwenden van mest bij grasland op zandgrond (gericht op het toepassen van mestinjectie) in de regeling voor het gebruik van meststoffen.

Zoals vermeld heeft het PBL het niveau van aanscherping van de emissie-eisen voor de eerste twee maatregelen gekozen. De laatste maatregel is zoals vermeld overgenomen uit de groslijst van maatregelen opgesteld door Wageningen UR. Het gekozen niveau van aanscherping van ammoniakemissie-eisen voor stallen is afgestemd op de beschikbaarheid op de markt van stalsystemen zonder meerkosten. We hebben geen beleidsmaatregelen doorgerekend voor varkensstallen. In het basisscenario is al aangenomen dat – gegeven de verwachte autonome ontwikkelingen – varkensstallen in 2030 zijn uitgerust met een luchtwasser (Velthof et al. 2016). Gegeven dit uitgangspunt in het basispad zijn verder geen berekeningen gedaan aan de aanscherping van ammoniakemissie-eisen voor varkensstallen. We kijken in deze studie daarom alleen naar maatregelen bij rundvee en pluimvee. In het gebruikte basisscenario is ook verondersteld dat gecombineerde luchtwassers presteren volgens de verwachtingen en specificaties. Inmiddels is gebleken dat deze gecombineerde luchtwassers slechter presteren dan voorzien. We hebben hier verder geen onderzoek naar gedaan en dus ook niet onderzocht welke blootstellingsvermindering haalbaar is als deze tegenvaller in het beleid zou worden gerepareerd.

Voor de 12 uiteenlopende *technische maatregelen* is geanalyseerd wat de orde van grootte van de reducties is die technisch haalbaar zijn (reductiepotentiëlen). De potentiëlen van deze maatregelen vertonen deels overlap en kunnen dus niet zomaar worden opgeteld. In totaal zijn zeven potentiële schattingen overgenomen uit de studie van Wageningen UR. Daarnaast heeft het PBL nog zes andere technische maatregelen (potentiëlen) verkend. Het gaat dan om maatregelen bij legkipstallen en vleeskuikenstallen ter vermindering van de emissies van primair fijnstof via de toepassing van fijnstofreductietechnieken. Daarnaast gaat het om twee ammoniakmaatregelen bij melkvee: meer beweiding van koeien en minder jongvee. Een andere ammoniakmaatregel richt zich op het gebruik van minder kunstmest door preciezer bemesten. Tot slot is een technische ammoniakmaatregel opgenomen die aangeeft welk blootstellingseffect haalbaar is als bestaande niet-emissiearme stallen verplicht na 20 jaar vervangen zouden worden door stallen die voldoen aan de emissie-eis voor nieuwe stallen. Hierbij is dezelfde emissie-eis aangehouden als gegeven bij de beleidsmaatregel voor aanscherping van emissie-eisen voor nieuwe melkveestallen. Deze maatregel voor vervanging van stallen na 20 jaar is opgenomen naar voorbeeld van het beleid in Noord-Brabant waar ook bestaande stallen na 20 jaar moeten voldoen aan emissie-eisen.

De in deze studie gegeven ammoniakreductie-inschattingen voor de zeven maatregelen uit de WUR-studie wijken af van de precieze effectschattingen in het rapport van Wageningen UR (Groenestein et al. 2017). Daar is namelijk berekend wat de emissie-reductie-effecten van maatregelen zijn in 2030 ten opzichte van 2014. In het onderhavige rapport zijn de emissie-effecten van alle maatregelen berekend ten opzichte van de geraamde situatie in 2030 (dan wel 2025) volgens het basisscenario. In 2030 zal een deel van de gegeven effecten ten opzichte van 2014 al gerealiseerd worden onder invloed van het reeds afgesproken beleid of als gevolg van autonome efficiëntieverbeteringen. Dit deel van de effecten is reeds verwerkt in het basisscenario en hoort dus niet bij de in deze studie gegeven effecten. We richten ons hier op de extra effecten die met beleid haalbaar zijn in het zichtjaar 2030 ten opzichte van het gehanteerde basisscenario. De hier gepresenteerde effectinschattingen zijn dus kleiner dan de effectschattingen in het rapport van Wageningen UR.

Hierna gaan we kort in op de beschouwde beleidsmaatregelen en technische potentiëlen. De drie beleidsmaatregelen zijn toegelicht in paragraaf 3.4.3, 3.4.8 en 3.4.12.

3.4.1 Bestaande rundveestallen: verbeterde mestschuiven

Deze technische maatregel geeft het potentiële effect van een technische aanpassing aan alle (in de zichtjaren) nog in gebruik zijnde niet-emissiearme melkveestallen met een hoge ammoniakemissie (in 2030 circa 28 procent van de melkveestallen). Met nieuwe mestschuiven en verbeterd management van schuiven wordt de ammoniakemissie van stalvloeren verminderd, doordat urine direct wordt afgevoerd en niet als plassen of poeltjes op de roostervloer achterblijft (Groenestein et al. 2017).

3.4.2 Bestaande rundveestallen: ventilatiemanagement

Deze technische maatregel geeft het potentiële effect van een technische aanpassing aan stallen die gebouwd zijn voor 2015 en in referentiepads nog aanwezig zijn in 2030 (circa 52 procent van de melkveestallen). De maatregel wordt dus niet verondersteld bij stallen die vanaf 2015 in het referentiepads worden vervangen door emissiearme stallen conform het nieuwe Besluit Huisvesting 2015. De maatregel beoogt de ammoniakemissie te beperken door de luchtsnelheid over het emitterend oppervlak in de stal te reduceren (Groenestein et al. 2017). Dit is mogelijk door de lange zijwanden van rundveestallen, die vaak open en voorzien van gordijnen zijn, uit te rusten met regelbare gordijnen. Deze kunnen meer worden gesloten waarbij door de kleinere luchtinlaat de ventilatie en dus ook de luchtsnelheid over de stalvloer afneemt.

3.4.3 Aanscherpen ammoniakemissie-eis nieuwe rundveestallen

Deze beleidsmaatregel betreft een aanscherping in het Besluit Emissiearme Huisvesting van de emissie-eis voor ammoniak bij stallen voor melk- en kalfkoeien, van 8,6 kg ammoniak per koe (van kracht vanaf 1 januari 2020) naar een waarde van 7 kg ammoniak per koe. De emissienorm refereert aan bepaalde stalsystemen zoals omschreven in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (kortweg RAV) en geldt voor nieuwe stallen en uitbreidingen van bestaande stallen. Met deze aanscherping wordt de emissienorm voor heel Nederland op het niveau gebracht van de emissie-eis die vanaf medio 2017 van kracht is in Noord-Brabant. Voor het berekende effect in 2030 geldt dat het deel van de stallen dat tussen 2021 en 2030 in het basisscenario zou worden vervangen door een emissiearme stal met een (maximale) ammoniakemissie van 8,6 kg per koe bij deze maatregel wordt vervangen door een emissiearme stal met een (maximale) emissie van 7 kg per koe.

3.4.4 Bestaande rundveestallen: vervanging na 20 jaar en aanscherping ammoniakemissie-eis

Deze technische maatregel geeft het potentiële effect als vooral niet-emissiearme melkveestallen na 20 jaar worden vervangen door moderne emissiearme melkveestallen. Voor de nieuwe stallen geldt bovendien de (aangescherpte) emissie-eis van 7 kg ammoniak per koe. Bij de effectschatting is aangenomen dat deze maatregel voor bestaande stallen samenvalt met een aanscherping van de emissie-eisen voor nieuwe melkveestallen (zie vorige maatregel). Deze maatregel is geënt op het bestaande beleid in Noord-Brabant voor bestaande stallen.

3.4.5 Voer- en diermanagementmaatregelen melkvee

Deze technische maatregel omvat een aantal voer- en diermanagementmaatregelen die ertoe moeten leiden dat de voerefficiëntie voor de melkproductie verder verbetert. Het betreft een intensivering van een efficiëntieverbetering die deels al autonoom zal plaatsvinden (Groenestein et al. 2017). Voermaatregelen behelzen een verlaging van het eiwitgehalte van rantsoenen, preciezer voeren en een verbetering van de verteerbaarheid van rantsoenen. Voorbeelden van diermanagement zijn het fokken en selecteren van productieve, efficiënte dieren en bevordering van het dierenwelzijn. Door bovengenoemde mix van maatregelen daalt per koe de totale ammoniakale excretie van stikstof in de

drijfmest (kortweg TAN, de bron voor de emissie van ammoniak). Deze maatregel heeft betrekking op de melk- en kalfkoeien op een bedrijf (en dus niet op het jongvee). Deze maatregel kan op vrijwillige basis stapsgewijs worden ingevoerd door een convenant af te sluiten met de melkveehouderijsector en de veevoederindustrie, in combinatie met ondersteuning van onderlinge kennisuitwisseling en -ontwikkeling tussen melkveehouders in de praktijk. Invoering van zo'n maatregel vraagt tijd, omdat boeren risico's voor de melkproductie en dus voor de directe inkomsten willen voorkomen. Zij zullen hier stapsgewijs in de bedrijfsvoering kennis en ervaring mee willen opdoen.

3.4.6 Minder jongvee

Deze technische maatregel omvat een verlaging van het aantal stuks jongvee bij melkkoeien. Dit is mogelijk als de levensduur van melkkoeien wordt verlengd door bevordering van hun welzijn. In het basisscenario is al verondersteld dat het jongvee trendmatig in aantal daalt, hier gaat het om een nog sterkere daling. Dit is een behoorlijke uitdaging, omdat een boer dient te investeren in tools voor genkartering (*gene mapping*) (voor jongveeselectie), maar ook in kennis en maatregelen die het dierenwelzijn bevorderen. Het is moeilijk in te schatten wat de nationale kosten zijn, omdat de eventuele investeringskosten (onder andere in tool voor genkartering voor een verbeterde selectie van het jongvee, verbetering van het dierenwelzijn, cursussen voor kennisverbetering) niet bekend zijn. Ook is er geen inschatting gemaakt van de extra arbeid (tijd van de boer) die het implementeren van deze maatregel met zich brengt. Inschatting is dat de kostenbesparing op de opfokkosten van het jongvee voldoende zijn om de onbekende investeringen uiteindelijk terug te verdienen, zodat de meerkosten dan nihil zullen zijn of tot netto-opbrengsten en dus negatieve nationale kosten leiden.

3.4.7 Meer beweiding melkkoeien

Deze technische maatregel betreft het bevorderen van weidegang bij melkkoeien, waarbij melkkoeien een aanzienlijk deel van hun voederbehoefte uit gras halen tijdens de beweiding (circa 1.200 uur per jaar), en tegelijkertijd een melkproductie hebben die hooguit 5 procent lager is dan bij permanent opstallen. Deze maatregel reduceert netto de ammoniakemissie omdat er bij meer beweiden relatief meer mest (urine en faeces) in de weide terecht komt in plaats van in de stal. Daarbij geldt dat de ammoniakemissie van mest tijdens beweiding lager is dan tijdens opslag en bemesting. Er is netto geen effect op de uitstoot van overige broeikasgassen. Kanttekening bij deze maatregel is dat beweiden niet automatisch goed is voor het dierenwelzijn: gedurende periodes met warm, zonnig weer kan hittestress ontstaan bij melkkoeien. Het creëren van beschutting kan hiervoor een oplossing bieden.

Beperkt weiden houdt in dat de melkkoeien 165 dagen gedurende 8 uur per dag in de wei staan. Bij deze optie is een berekening uitgevoerd voor het bevorderen van dit beperkt beweiden, omdat deze wijze van beweiden momenteel het meest voorkomt en hiermee financieel gemiddeld een marge te realiseren is die met permanent opstallen vergelijkbaar is. De duur van de beweiding bij beperkt beweiden (circa 1.200 uur) is meer dan de

minimaal vereiste duur (720 uur) die momenteel geldt binnen het Convenant Weidegang, waarbij melkveehouders een toeslag op de melkprijs ontvangen voor beweiding.

De maatregel gaat in tegen de trend van de toename van permanent opstallen als gevolg van schaalvergroting. Als de bedrijven groeien qua dieraantallen en de huiskavel niet kan meegroeien, is beweiding lastiger in te passen. Weidegrond bij de stal is nodig omdat de melkkoeien meerdere keren per dag naar de stal moeten voor het melken, tenzij boeren investeren in mobiele melkstallen. Ook de verdergaande trend naar hogere melkproductie per koe leidt tot minder weidegang. Bij minder weidegang krijgen melkkoeien namelijk minder beweging, waardoor relatief meer energie uit het voer kan worden gebruikt voor de melkproductie. Ook is het bij permanent opstallen makkelijker de diergezondheid en de (kracht)voeropname te optimaliseren en daarmee te sturen op een hogere melkproductie per koe.

In het basispad is aangenomen dat het permanent opstallen onder invloed van schaalvergroting toeneemt van de huidige 30 procent naar 45 procent in 2030. Of andersom geredeneerd, dat 55 procent van de melkkoeien nog weidegang krijgt. Inschatting is dat het mogelijk is om voor 80 procent van de melkkoeien weidegang te realiseren. De trend naar meer permanent opstallen dient dus vanaf heden te worden omgebogen naar meer beweiden. Indien de huiskavel niet groot genoeg is, is het plaatsen van een mobiele melkstal op een kavel verder van de boerderij, waar de melkkoeien dag en nacht beweiden worden, een mogelijkheid. De implementatie van deze maatregel kan op vrijwillige basis stapsgewijs worden bevorderd, bijvoorbeeld via een convenant, met aandacht voor kennisuitwisseling tussen boeren. Het handhaven en eventueel verhogen van de weidemelkpremie die boeren ontvangen van de zuivelverwerkende industrie, kan hierbij ook een stimulans zijn. Vanuit de overheid bezien is deze ontwikkeling mogelijk te bevorderen door meer verregaande eisen te stellen aan stalsystemen bij een bedrijfsvoering zonder (beperkt) beweiden, zoals momenteel ook in Noord-Brabant gebeurt.

Hoewel koeien bij beperkt beweiden iets minder melk produceren per koe, omdat ze meer beweging krijgen, kan dit tegen minder hoge kosten (onder andere door lagere voerkosten) gebeuren, waardoor per liter melk net zoveel of zelfs meer wordt verdiend (en de boer die beweiden een goed jaarinkomen kan realiseren). De eventuele extra kosten voor beschutting in de weide worden als verwaarloosbaar beschouwd en zijn niet meegerekend.

3.4.8 Aanscherpen ammoniakemissie-eis legkippen in volièrehuisvesting

De beleidsmaatregel betreft een aanscherping in het Besluit Emissiearme Huisvesting van de emissie-eis voor ammoniak bij stallen voor legkippen in volièrehuisvesting, van 0,068 kg ammoniak per dierplaats per jaar naar een waarde van 0,025 (RAV-stalsysteem E2.11.3). Er zijn inmiddels stallen beschikbaar waarmee dit mogelijk is, die niet duurder of zelfs goedkoper zijn dan de huidige bestaande stallen.

3.4.9 Voermaatregelen legkippen

De technische maatregel resulteert in een verlaging van het eiwitgehalte in het voer met 15 gram per kilogram. Door een lagere eiwitgift vermindert de uitscheiding van urinezuur en daarmee de vorming van ammoniak (Groenestein et al. 2017). De ammoniakemissie uit een stal zal hierdoor met 15 procent afnemen. Deze maatregel kan op vrijwillige basis stapsgewijs worden ingevoerd door een convenant. Invoering van deze maatregel vraagt tijd. Vanwege het risico op verminderde productieresultaten en saldoevermindering zullen boeren stapsgewijs in de bedrijfsvoering ervaring willen opdoen met deze maatregel.

3.4.10 Bypass luchtwasser vleeskuikenstallen

De technische maatregel bestaat uit het installeren van een chemische/gecombineerde luchtwasser voor ammoniakreductie op vleeskuikenstallen. Om kosten te drukken, wordt deze luchtwasser gedimensioneerd op de helft van de maximaal (gedurende enkele piekmomenten in het jaar) benodigde ventilatiecapaciteit, en een bypass voor de overige ventilatielucht (Groenestein et al. 2017). De maatregel is toepasbaar in alle bestaande vleeskuikenstallen die nog geen luchtzuivering bevatten. In de berekening voor 2030 gaat het om 81 procent van de vleeskuikens waar plaatsing van een luchtwasser met bypass is aangenomen. De ammoniakemissie in deze vleeskuikenstallen wordt met circa 75 procent gereduceerd.

Het toepassen van behandeling van een deelstroom met daarnaast een onbehandelde bypasstroom is tot dusver niet toegestaan uit oogpunt van handhaving. Dit maakt de toepassing van luchtzuivering relatief duur in vleeskuikenstallen met maximale ventilatieniveaus die slechts een zeer beperkt deel van het jaar voorkomen. Uit berekeningen blijkt dat bij een dimensionering van een wasser afgestemd op 50 procent van de maximale ventilatiecapaciteit, slechts 15 procent van de ammoniakemissie via de bypass ongezuiverd hoeft te blijven (Groenestein et al. 2017). Door de dimensionering aan te passen, wordt luchtzuivering bij vleeskuikenstallen aanzienlijk goedkoper.

3.4.11 Voermaatregelen vleeskuikens

De technische maatregel beoogt het ruwe eiwitgehalte in het voer te verminderen met 10 gram per kilo. Hierdoor zal de uitscheiding van urinezuur verminderen, evenals de vorming van ammoniak (Groenestein et al. 2017). De ammoniakemissie uit een stal zal hierdoor met 10 procent afnemen.

3.4.12 Mestinjectie bij grasland op zand

Bij deze beleidsmaatregel is aangenomen dat het Besluit Emissiearme Bemesting zo wordt aangescherpt dat dierlijke mest (merendeels rundveemest) op grasland op zand niet langer met de zodenbemester wordt aangewend, maar met een mestinjecteur. De techniek van mestinjectie op grasland bestaat al sinds eind jaren tachtig. Toepassing van deze bemestingstechniek, in plaats van de zodenbemester die in het basispad als standaardtechniek geldt, geeft een afname in de ammoniakemissie van 74 procent ten opzichte van het basispad grasland op zand. De maatregel heeft betrekking op 53 procent van het totale graslandareaal. Mestinjectie is minder makkelijk toepasbaar bij grasland op klei en

veengrond. De investering in een graslandinjecteur is vergelijkbaar met de investering in een zodenbemester.

3.4.13 Minder kunstmestgebruik door preciezer bemesten

Het verlagen van het stikstofkunstmestgebruik kan door preciezer bemesten, het verhogen van de stikstofwerking in dierlijke mest en (bij weidegrond) door toepassing van witte grasklaver. In totaal is naar schatting circa 15 procent minder gebruik van stikstofkunstmest technisch mogelijk. Door verminderde toevoer van stikstof naar de landbouwbodem nemen de verliezen van stikstof naar het milieu af. Dit leidt tot lagere ammoniakemissies. Tevens zullen ook de lachgasemissies en de af- en uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater afnemen.

Bij preciezer bemesten gaat het om een vermindering van de totale toevoer van stikstof naar gras- en bouwland door nauwkeurige timing, dosering en plaatsing van de meststoffen (zowel dierlijke mest als kunstmest), waarbij de opbrengsten van de gewassen op peil blijven. Hier is dus niet bedoeld het bereiken van een hogere opbrengst met dezelfde hoeveelheid meststoffen, waar precisiebemesting zich in de praktijk vaak op richt. Voor precisiebemesting gebruiken boeren efficiënte toedieningstechnieken om een afgestemde hoeveelheid mest toe te dienen, ondersteund door GPS-technieken in combinatie met GIS-systemen (met informatie over onder andere bodem en gewas). Vooral in de akkerbouw worden dergelijke toedieningstechnieken ontwikkeld en toegepast en hierdoor zou circa 7 procent reductie (dus bijna de helft van de potentiële reductie van 15 procent) in kunstmestgebruik kunnen worden gehaald. Op grasland zijn de mogelijkheden hiervan beperkt.

Het verhogen van de stikstofwerking van dierlijke mest is mogelijk door be- en verwerking van dierlijke mest (mestscheiding en bemesten met de stikstofrijke dunne fractie). Dit leidt tot een betere benutting van de stikstof uit dierlijke mest en daarmee tot een verminderde benodigde toevoer van stikstof via kunstmest, zowel op bouw- als grasland. Inschatting is dat door scheiding van een kwart van de geproduceerde drijfmest circa 6 procent reductie van het kunstmestgebruik haalbaar is.

Bij toepassing van witte grasklaver op weidegrond wordt deels in de stikstofbehoefte van het gras voorzien, doordat de klaver de stikstof uit de lucht omzet in meststoffen. Omdat hierbij wel sprake is van enige opbrengstderving, dient hiervoor gecompenseerd te worden door aankoop van extra ruwvoer (bijvoorbeeld mais). Op zandgrond is de opbrengstderving beperkt, waardoor de besparing op kunstmest groter is dan de extra kosten voor ruwvoeraankoop. Op kleigrond is dit andersom. De technisch potentiële kunstmestreductie is geschat op circa 2 procent. Daarbij is het uitgangspunt dat de toepassing beperkt is tot grasland op zand dat wordt beweid (grotfweg 10 procent van het grasareaal), vanwege de beperkte opbrengstderving.

3.4.14 Toepassen ionisatiefilter bestaande legkipstallen

Bij deze technische maatregel wordt bij alle stallen met leghennen in grondhuisvesting of volièrehuisvesting een fijnstofreductietechniek geïnstalleerd op het emissieniveau dat haalbaar is met een ionisatiefilter. Het ionisatiefilter is een fijnstofreductietechniek die buiten de stal kan worden opgesteld in de uitgaande luchtstroom als nageschakelde techniek bij een nieuwe en bestaande stal. Het ionisatiefilter wordt gecombineerd met een grofstoffilter. Het systeem van grofstof- en ionisatiefilter wordt verbonden aan de ventilatoren van stallen. De ventilatoren blazen de vuile ventilatielucht door het systeem voordat het de buitenlucht in gaat. In het systeem worden stofdeeltjes afgevangen met het principe van ionisatie. De deeltjes worden geladen, gaan vastplakken aan een afvangoppervlak en worden regelmatig verwijderd (WUR 2019). Ten opzichte van stallen met grond- of volièrehuisvesting zonder fijnstofmaatregelen houdt de maatregel 45 procent fijnstofemissiereductie in. Bij pluimvee zijn de uitgestoten deeltjes afkomstig van mest en veertjes en in mindere mate strooisel en mengvoer. Dit fijnstof bevat ook endotoxinen (resten van dode bacteriën) en micro-organismen.

In het basisscenario is voorzien dat circa 65 procent van de leghennen in 2030 nog is gehuisvest in stallen zonder fijnstofmaatregelen. De maatregel speelt in 2030 voor deze 65 procent van de leghennen. Voor de resterende 35 procent van de leghennen wordt verwacht dat ze met bestaand beleid al gehuisvest zijn in huisvestingssystemen met een fijnstofuitstoot op een emissieniveau dat overeenstemt met een stal met ionisatiefilter.

3.4.15 Toepassen negatieve ionisatie bestaande vleeskuikenstallen

Bij deze technische maatregel wordt bij alle stallen met vleeskuikens een fijnstofreductietechniek geïnstalleerd op het emissieniveau dat haalbaar is met een negatief ionisatiesysteem. Hierbij zijn coronadraden, waar een elektrische spanning op staat, als stofcollector net onder het plafond in de stal bevestigd. Ten opzichte van stallen zonder fijnstofmaatregelen houdt de maatregel 65 procent fijnstofemissiereductie in.

In het basisscenario is voorzien dat circa 81 procent van de vleeskuikens in 2030 nog is gehuisvest in stallen zonder fijnstofmaatregelen. De maatregel geldt in 2030 voor deze 81 procent van de leghennen. Voor de 19 procent resterende vleeskuikens is in het basispad verondersteld dat die zich in stalsystemen bevinden waar in 2030 al aanvullende fijnstofmaatregelen zijn getroffen.

4 Blootstelling en bronbijdragen 2020 – 2030

In dit hoofdstuk gaan we kort in op de geraamde blootstelling aan fijnstof, roet en stikstofdioxide in het basisscenario. Dit basisscenario is het vertrekpunt voor de analyse van verdergaande maatregelen (zie hoofdstuk 2). Het basispad geeft inzicht in de trend in blootstelling bij uitvoering van het bestaande beleid. Ook geeft het basispad inzicht in de bijdragen van verschillende brongroepen aan de blootstelling. De figuren laten de blootstelling zien die wordt veroorzaakt door (antropogene) emissies van Nederlandse bronnen, met inbegrip van de zeescheepvaart op het Nederlands Continentaal Plat. Bij de zeescheepvaart gaat het om varende schepen op het Nederlands Continentaal Plat, binnengaats varende schepen en schepen die voor anker liggen. Naast de blootstelling door Nederlandse emissies wordt ook de blootstelling door antropogene emissies in het buitenland gepresenteerd in de figuren. Hierna concentreren we ons in de tekst uitsluitend op de blootstelling die wordt veroorzaakt door Nederlandse bronnen.

Bij de gegeven blootstelling gaat het om de gemodelleerde concentratie op een resolutie van 1 bij 1 kilometer die gewogen is naar de bevolkingsdichtheid. Deze gemiddelde concentratiedaling (in nanogram per kubieke meter, ng/m^3) is een maat voor de daling in de jaargemiddelde blootstelling van een gemiddelde Nederlander aan luchtverontreiniging. Deze maat is in deze studie aangeduid met de term ‘blootstelling’.

4.1 Fijnstofblootstelling basisscenario

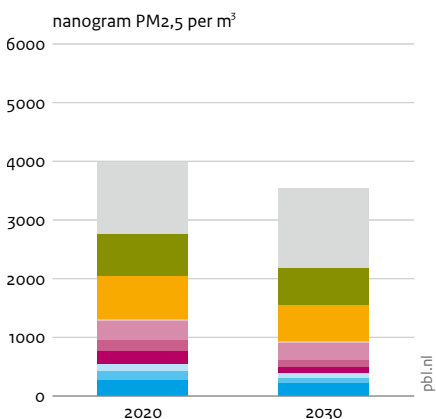
Figuur 4.1 laat de bijdrage van Nederlandse bronnen (inclusief zeescheepvaart) aan de fijnstofblootstelling zien voor 2020 en 2030. De bronbijdragen zijn berekend op basis van de GCN2017 (Velders et al. 2017), waarbij de bijdrage van houtkachels en open haarden is gecorrigeerd voor de uitstoot van condenseerbaar fijnstof. Deze bijdrage ontbreekt in GCN2017 en is hier geschat op basis van emissieberekeningen door TNO.

Zoals eerder toegelicht, gaat het bij de fijnstofblootstelling om de blootstelling aan zowel het primaire als het secundaire fijnstof. De bijdrage van het secundaire stof aan de fijnstofblootstelling is significant en bedraagt iets meer dan de helft. Dit verschilt overigens sterk per brongroep. Voor wegverkeer in 2020 is de bijdrage van het secundaire

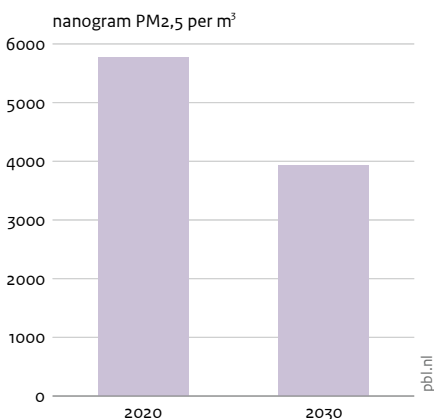
Figuur 4.1

Opbouw van antropogene fijnstofblootstelling (PM_{2,5})

Herkomst Nederland



Herkomst buitenland



- Overige bronnen
- Landbouw
- Houtkachels en open haarden
- Luchtvaart
- Internationale zeescheepvaart, inclusief NCP en visserij
- Binnenvaart
- Mobiele werktuigen en rail
- Vrachtauto's, bussen en tweewielers
- Bestelauto's
- Personenauto's
- Buitenland

Bron: RIVM; bewerking PBL

stof aan de blootstelling 60 procent. De fijnstofblootstelling door de landbouw wordt voor 95 procent bepaald door secundair fijnstof dat wil zeggen de uitstoot van ammoniak. Het resterende deel heeft betrekking op de directe uitstoot van deeltjes bij vooral pluimveestallen. De blootstelling door houtkachels en open haarden wordt juist gedomineerd (92 procent) door de primair uitgestoten fijnstofdeeltjes waaronder roet en condenseerbaar fijnstof (zie kader 2.2 in hoofdstuk 2).

Met een volledige uitvoering van het bestaande beleid daalt de fijnstofblootstelling door Nederlandse bronnen tussen 2020 en 2030 met 11 procent. De grootste relatieve daling zien we bij de bestelauto's (50 procent), mobiele werktuigen (46 procent), de binnenvaart (35 procent) en de vrachtauto's en bussen (33 procent). De geraamde daling bij personenauto's is 18 procent. Bij houtstook in woningen en de landbouw is dit respectievelijk 16 procent en 12 procent. De luchtvaart is de enige *verkeerssector* die een toename in blootstelling laat zien. De blootstelling door de categorie overige bronnen stijgt naar

verwachting met de productiegroei in de economie met in totaal 10 procent. Deze categorie heeft onder andere betrekking op emissies door de industrie, overige emissies door consumenten en emissies in de bouw.

De fijnstofblootstelling afkomstig van bronnen op Nederlands grondgebied inclusief de zeescheepvaart is in 2030 opgebouwd uit de volgende bronbijdragen: 18 procent landbouw en 17 procent houtkachels en open haarden. Het overig verkeer heeft een bijdrage van afgerond 16 procent: 8 procent zeescheepvaart, 3 procent binnenvaart, 3 procent mobiele werktuigen en 1 procent luchtvaart. Het wegverkeer draagt afgerond 11 procent bij in 2030: 6 procent personenauto's, 2 procent bestelauto's en 2 procent vrachtauto's en bussen. De blootstelling van de in deze studie onderzochte brongroepen wegverkeer, scheepvaart, particuliere houtstook en landbouw telt zo op tot 62 procent. De bijdrage van overige bronnen is 38 procent.

4.2 Roetblootstelling basisscenario

Figuur 4.2 laat de roetblootstelling voor Nederlandse bronnen (inclusief zeescheepvaart) zien voor 2020 en 2030. Ongeveer 5 procent van de totale door Nederlandse bronnen veroorzaakte fijnstofblootstelling bestaat uit roet in 2030. Per brongroep verschilt het aandeel roet in fijnstof sterk.

Met uitvoering van het bestaande beleid daalt tussen 2020 en 2030 de roetblootstelling door Nederlandse bronnen met circa 30 procent. De roetblootstelling daalt daarmee relatief sterker dan de fijnstofblootstelling. De grootste relatieve daling zien we bij de binnenvaart en mobiele werktuigen. De blootstellingsvermindering bij particuliere houtstook is 11 procent. De luchtvaart en de zeescheepvaart zijn verkeerssectoren die een toename in blootstelling veroorzaken.

De roetblootstelling afkomstig van bronnen op Nederlands grondgebied wordt bijna volledig bepaald door het verkeer en particuliere houtstook. De bijdrage van overige sectoren is marginaal. De roetblootstelling in 2030 is opgebouwd uit: houtkachels en open haarden (40 procent), overig verkeer (31 procent) en het wegverkeer (28 procent). Personenauto's en bestelauto's hebben een bijdrage van respectievelijk 18 procent en 4 procent. De bijdrage van vrachtauto's en bussen bedraagt 6 procent. De zeescheepvaart en de binnenvaart dragen elk 8 procent bij en de luchtvaart 3 procent.

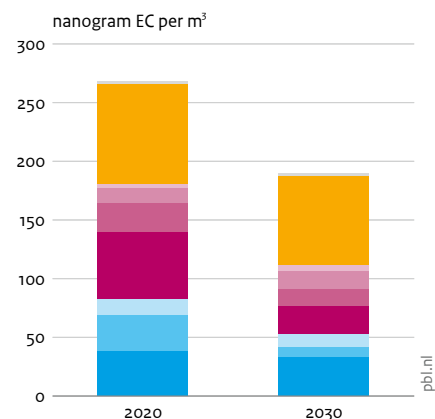
4.3 Stikstofdioxideblootstelling basisscenario

Figuur 4.3 geeft een beeld van de bijdrage van Nederlandse bronnen (inclusief zeescheepvaart) aan de stikstofdioxideblootstelling voor 2020 en 2030. De stikstofdioxidechemie is complex en niet-lineair, waardoor de stikstofuitstoot van een bron niet een-op-een omgezet kan worden in een stikstofdioxideconcentratie. Hier zijn de bronbijdragen van

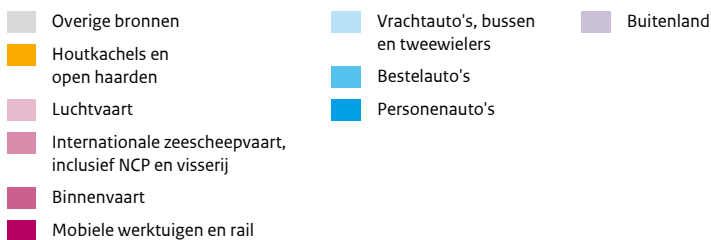
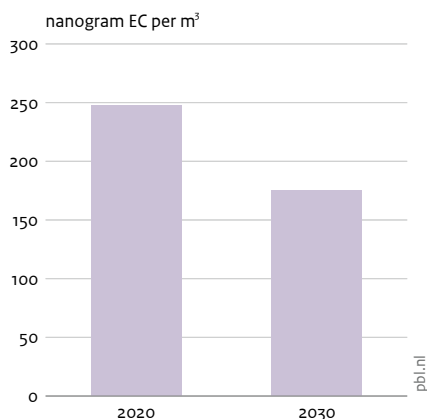
Figuur 4.2

Opbouw van antropogene roetblootstelling

Herkomst Nederland



Herkomst buitenland



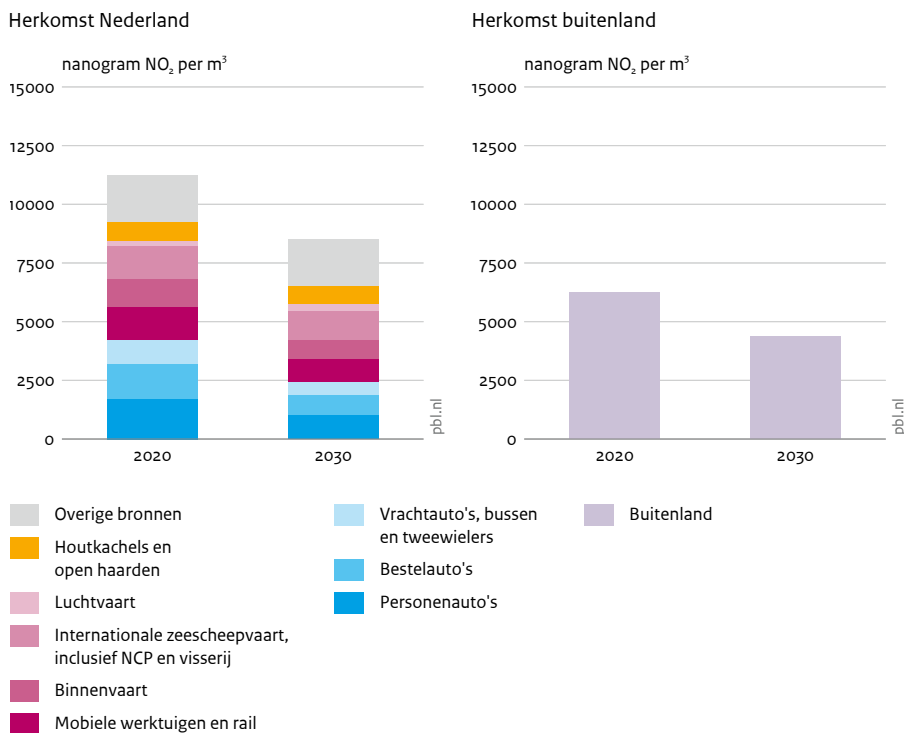
Bron: RIVM; bewerking PBL

bronnen op Nederlands grondgebied indicatief benaderd. De gegeven stikstofdioxide-bronbijdragen kunnen alleen in relatieve zin worden gebruikt, voor het vergelijken van de ordegrootte van de bijdragen van brongroepen.

Met uitvoering van het bestaande beleid daalt de stikstofdioxideblootstelling door Nederlandse bronnen tussen 2020 en 2030 met circa 24 procent. Bij alle brongroepen voor verkeer zien we een daling in blootstelling, met uitzondering van de luchtvaart waar de uitstoot toeneemt. De uitstoot door overige bronnen betreft de verbranding in de industrie, energiesector, gebouwverwarming, in handel, diensten en overheid en de glastuinbouw. De blootstelling veroorzaakt door overige bronnen wijzigt niet tussen 2020 en 2030.

Figuur 4.3

Opbouw van antropogene stikstofdioxideblootstelling



Bron: RIVM; bewerking PBL

De geraamde stikstofdioxideblootstelling in Nederland in 2030 wordt voor 68 procent bepaald door verkeersbronnen (zie figuur 4.3). Houtkachels en open haarden dragen 9 procent bij. Het aandeel van de overige bronnen, waaronder de verbranding in stationaire bronnen zoals industrie, centrales, glastuinbouw en gasketels in woningen, is 23 procent.

5 Vergelijkende analyse van de maatregelen

In dit hoofdstuk presenteren we de resultaten van de doorrekening. Daarbij vergelijken we maatregelen op effectiviteit en kosteneffectiviteit. Dit doen we achtereenvolgens voor de drie beschouwde indicatoren: fijnstofblootstelling (paragraaf 5.1), stikstofdioxideblootstelling (paragraaf 5.2) en roetblootstelling (paragraaf 5.3). In elke paragraaf bespreken we als eerste de resultaten voor 2030; dat jaar vormt het centrale zichtjaar bij de voorbereiding van het Schone Luchtakkoord. Daarna volgen de resultaten voor 2020 en 2025. Het tijdsaspect is relevant, omdat opties in de tijd meer of minder belangrijk worden. Effecten en kosten van maatregelen ter *versnelde* uitfasering van vervuilende goederen nemen af in de tijd, terwijl het effect van maatregelen gericht op nieuwverkoop juist toeneemt in de tijd. Blootstelling betekent de daling in de fijnstofconcentratie waar een gemiddelde Nederlander aan wordt blootgesteld op zijn woonadres (zie hoofdstuk 2 voor uitleg over de berekeningswijze).

5.1 Analyse fijnstofblootstelling

5.1.1 Effectiviteit maatregelen fijnstofblootstelling 2030

Figuur 5.1a en b laten de effectiviteit van de onderzochte opties zien voor de fijnstofblootstelling van Nederlanders in 2030 en 2020, 2025. In de bijlage zijn de cijfers gegeven in tabelvorm. Figuur 5a laat de effectiviteit van de onderzochte beleidsmaatregelen zien voor de blootstelling; figuur 5b die van technische potentiëlen. De maatregelen zijn gesorteerd naar aflopend effect in 2030. Beleidsmaatregelen zijn maatregelen die concreet zijn geïnstrumenteerd en waarbij de gegeven effect- en kostenschattingen niet los kunnen worden gezien van de gekozen manier van instrumenteren (zie tabel 3.1). De technische potentiëlen geven inzicht in de maximale effecten die technisch mogelijk zijn bij toepassing van schone technieken of innovatieve aanpassingen in het productieproces. Aan deze potentiëlen is geen beleidsinstrument gekoppeld. De vraag hoe deze potentiëlen kunnen worden gerealiseerd, blijft hier onbeantwoord. De figuur geeft voor een aantal maatregelen ook een doorrekening voor het jaar 2020. De tijd tot 2020 is waarschijnlijk te kort om deze maatregelen te kunnen implementeren. De effectschatting voor 2020 dient te worden gelezen als illustratief voor mogelijke effecten op de korte termijn, voor een jaar snel volgend op 2020 (2021 of 2022).

Figuur 5.2 geeft een verdere detaillering van figuur 5.1 voor het jaar 2030. Deze figuur laat zien door welke emissiereducties (primair fijnstof en/of ammoniak en/of stikstofoxiden) het gegeven effect op blootstelling wordt verklaard, en dus op welke stoffen de maatregel effect heeft. Primair fijnstof betekent dat het stof direct bij de bron wordt uitgestoten als stofdeeltjes. Bij emissies van de gasvormige verbindingen ammoniak en stikstofoxiden worden de stofdeeltjes pas later in de atmosfeer gevormd (secundair gevormde fijnstofdeeltjes). De uitstoot van stikstofoxiden zorgt samen met het aanwezige ammoniak in de atmosfeer voor de vorming van zoutverbindingen (zie kader 2.1 in hoofdstuk 2). Hierna volgen de resultaten voor achtereenvolgens 2030, 2025 en 2020.

De twee meest effectieve onderzochte *beleidsmaatregelen* voor vermindering van de fijnstofblootstelling in 2030 zijn gericht op houtstook en zijn (in volgorde van effectiviteit, met tussen haakjes de stoffen waar de maatregel op aangrijpt en het effect in ng/m³):

- invoering van een nationale *emissie-eis* voor bestaande houtkachels gericht op volledige uitfasering van vervuilende (CR- en VR-)kachels per uiterlijk 1-1-2029 (primair fijnstof; 160 ng/m³);
- het beperken van de gebruiksduur van open haarden *conform Duitse regelgeving* per uiterlijk 1-1-2024 (maximaal 8 dagen per maand en 5 uur per dag) (primair fijnstof; 80 ng/m³).

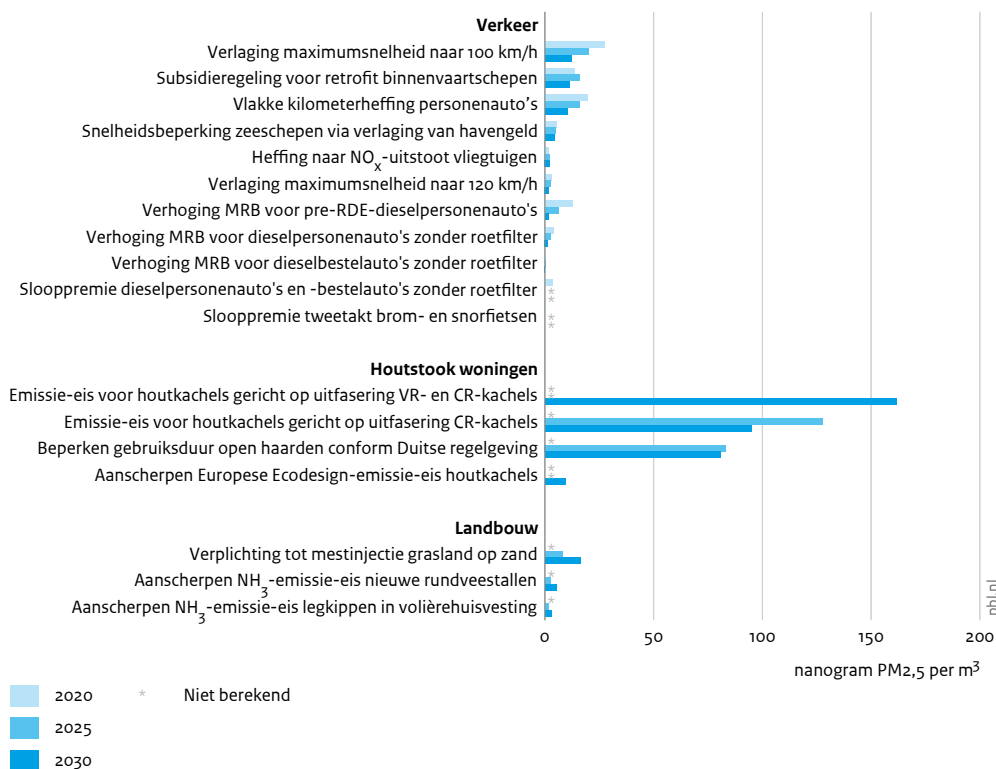
Beide maatregelen gaan uit van een regelgevend beleid voor houtstook in Nederland naar analogie van het beleid in Duitsland. Deze maatregelen betekenen een wezenlijk andere aanpak en beeldvorming ten aanzien van de fijnstofuitstoot door houtstook in woningen. Het uitgangspunt bij de doorrekening is geweest dat de gestelde wettelijke regels voor 100 procent worden nageleefd, hetgeen het maximale effect laat zien van wat haalbaar is met dit beleid. Over de precieze effectiviteit van deze maatregelen bestaat onzekerheid. Het is niet bekend welke deel van de bevolking zich aan deze regels zal houden. Uitgangspunt hier is dat als er om gezondheidsredenen wettelijke regels worden ingevoerd, zoals in Duitsland, het merendeel van de Nederlandse bevolking deze regel zal naleven. De naleving wordt daarnaast net als in Duitsland ondersteund door de invoering van een verplichte reguliere controle en inspectie.

Dan volgen op afstand:

- het toepassen van mestinjectie bij grasland op zand door aanpassing van de *regeling gebruik meststoffen* (ammoniak; 17 ng/m³);
- het verlagen van de maximumsnelheid naar 100 km per uur (primair fijnstof en stikstofoxiden; 12 ng/m³);
- een *subsidierегeling* voor retrofit van bestaande binnenvaartschepen die niet aan Stage V-emissionormen voldoen (primair fijnstof en stikstofoxiden; 11 ng/m³);
- een kilometerheffing voor personenauto's (primair fijnstof en stikstofoxiden; 10 ng/m³);
- het aanscherpen van de Europese Ecodesign-emissie-eis voor nieuwe houtkachels per 1-1-2026 (primair fijnstof; 9 ng/m³);
- het aanscherpen van de ammoniakemissie-eis melkveestallen (ammoniak; 5 ng/m³);

Figuur 5.1a

Effectiviteit van beleidsmaatregelen voor vermindering van fijnstofblootstelling (PM_{2,5})



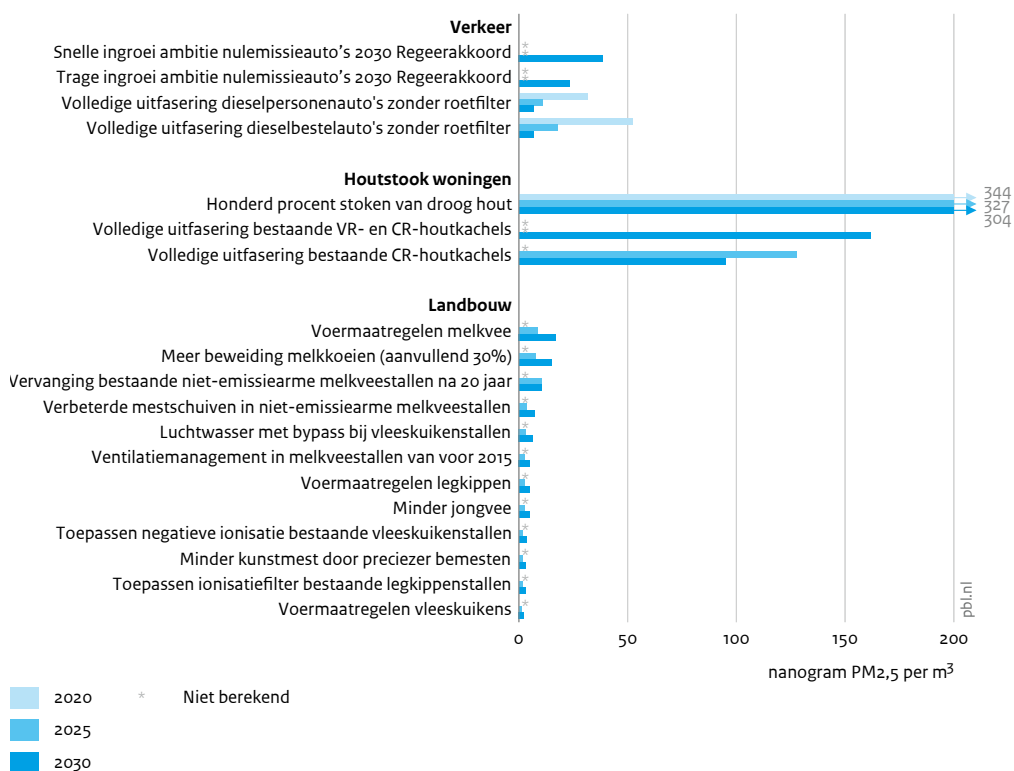
Bron: PBL

- snelheidsbeperking bij zeeschepen via *verlaging van het havengeld* (primair fijnstof en stikstofoxiden; 4 ng/m³ fijnstof);
- het aanscherpen van de ammoniakemissie-eis legkippen in volièrehuisvesting (ammoniak; 5 ng/m³);
- *heffing* op stikstofoxidenuitstoot vliegtuigen (primair fijnstof en stikstofoxiden; 2 ng/m³);
- de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter (primair fijnstof en stikstofoxiden; 1 ng/m³);
- de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselbestelauto's zonder roetfilter (primair fijnstof en stikstofoxiden; 0,1 ng/m³).

Kijken we naar de *technische potentiëlen* dan laat de doorrekening een zeer groot theoretisch reductiepotentieel (300 ng/m³) zien als er in Nederland alleen nog maar optimaal gedroogd hout (minimaal twee jaar) gestookt zou worden. Ook is een relatief grote blootstellings-

Figuur 5.1b

Technisch potentieel voor vermindering van fijnstofblootstelling (PM_{2,5})



2020 * Niet berekend
 2025
 2030

Bron: PBL

winst in 2030 te behalen als de ambitie uit het Regeerakkoord voor nieuwverkoop van nulemissieauto's wordt gerealiseerd (23-39 ng/m³). Uitgaande van de uitgewerkte scenario-varianten voor invulling van de ambitie (PBL 2019) gaat het om 1,8 tot 2,8 miljoen elektrische personenauto's in 2030, oftewel 20 tot 30 procent van het autopark. In het ontwerp-Klimaatakkoord zijn diverse concrete maatregelen doorgerekend waarmee deze ambitie dichterbij kan worden gebracht. De doorrekening van het ontwerp-Klimaatakkoord laat zien dat met het voorgestelde pakket aan maatregelen uit dat akkoord het verwachte aantal elektrische auto's in 2030, als het meezit, in de buurt komt van de trage ingroeivariant voor de ambitie (1,8 miljoen elektrische auto's; 23 ng/m³) (PBL 2019). De in deze studie doorgerekende trage ingroeivariant voor nulemissieauto's lijkt daarmee meer realistisch dan de snelle ingroeivariant.

Het potentiële effect van een volledige uitfasering van dieselpersonen- en dieselbestelauto's zonder roetfilter in 2030 bedraagt respectievelijk 7 en 7 ng/m³ (opgeteld 14 ng/m³) en komt daarmee qua omvang in de buurt van het potentieel van de ambitie. Op de korte termijn (komende jaren) is het reductiepotentieel veel groter. Onder invloed van bestaand bronbeleid wordt het wegverkeer namelijk al snel veel schoner en verdwijnen de meest vervuilende dieselauto's zonder filter autonoom uit het park. In 2020 rijden er met bestaand beleid (volgens het basispad) naar verwachting nog 240.000 dieselpersonenauto's zonder filter waar beleid op kan aangrijpen. In 2025 en 2030 is dit gedaald naar respectievelijk 100.000 en 70.000.

De vervanging van bestaande niet-emissiearme rundveestallen na 20 jaar heeft een reductiepotentieel van circa 11 ng/m³. Zoals vermeld in hoofdstuk 3, is er in deze studie niet gerekend aan een technische potentiële schatting voor de volledige uitfasering van relatief jonge pre-RDE-dieselauto's (auto's die onder praktijkomstandigheden niet voldoen aan de Euro6-normen voor uitstoot van stikstofoxiden) nog tot 2020 mogen worden verkocht. Wel is een motorrijtuigenbelastingmaatregel voor ontmoediging van dit type auto's doorgerekend (zie hiervoor bij beleidsmaatregelen).

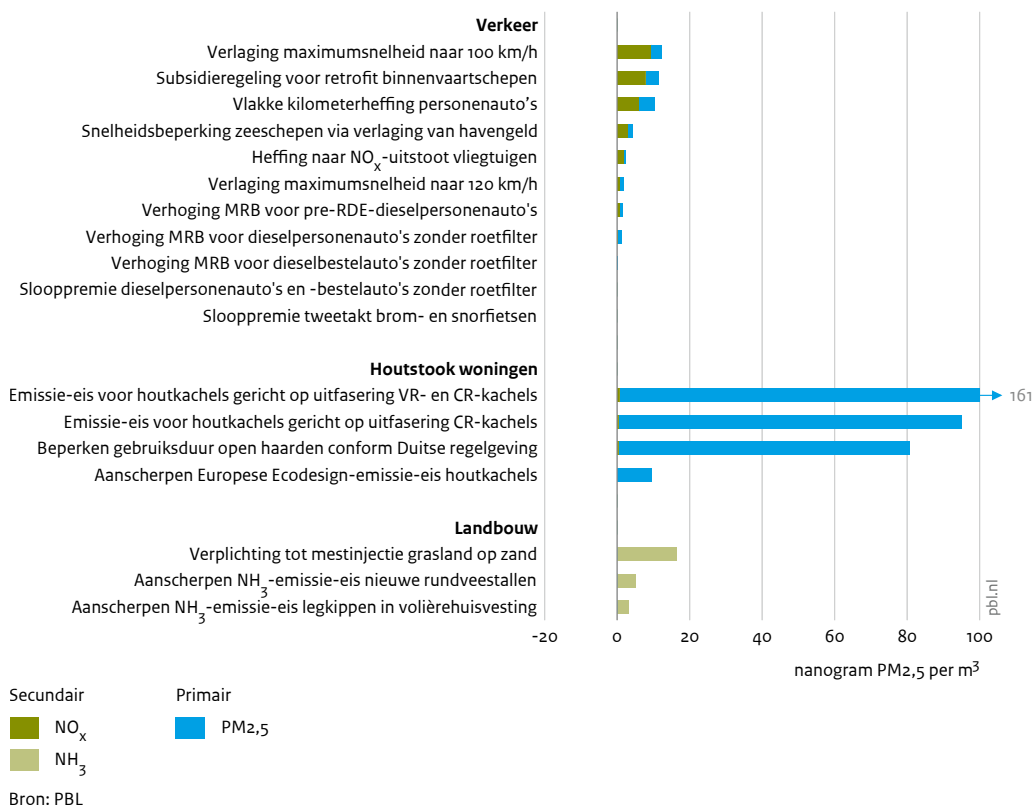
De geanalyseerde technischereductiepotentiëlen zijn, in volgorde van effectiviteit en met tussen haakjes het blootstellingseffect voor fijnstof in ng/m³ in 2030:

- het voor 100 procent stoken van optimaal gedroogd hout in kachels en open haarden (primair fijnstof; 300 ng/m³);
- het volledig uitfaseren van vervuilende VR- en CR-houtkachels (primair fijnstof; 160 ng/m³);
- de ambitie voor 100 procent verkoop van nulmissieauto's in 2030 volgens het Regeerakkoord (primair fijnstof en stikstofoxiden; 23-39 ng/m³);
- voermaatregelen melkvee (ammoniak; 17 ng/m³);
- meer beweiding melkkoeien (ammoniak; 15 ng/m³);
- bestaande niet-emissiearme melkveestallen: vervanging na 20 jaar en aanscherping ammoniakemissie-eis (ammoniak; 11 ng/m³);
- volledige uitfasering dieselpersonenauto's zonder roetfilter (vervanging door Euro6c-diesels) (primair fijnstof en stikstofoxiden; 7 ng/m³);
- volledige uitfasering dieselbestelauto's zonder roetfilter (vervanging door Euro6c-diesels) (primair fijnstof en stikstofoxiden; 7 ng/m³);
- voermaatregelen legkippen (ammoniak; 5 ng/m³);
- minder jongvee (ammoniak; 5 ng/m³);
- toepassen negatieve ionisatie bestaande vleeskuikenstallen (primair fijnstof; 4 ng/m³);
- toepassen ionisatiefilter bestaande legkipstallen (primair fijnstof; 3 ng/m³);
- minder kunstmest door preciezer bemesten (primair fijnstof; 3 ng/m³).

Figuur 5.2 laat zien dat de maatregelen voor houtstook doorwerken op de fijnstofconcentratie via een vermindering van de primair bij de bron uitgestoten fijnstofdeeltjes. De fijnstofeffecten van veel verkeersmaatregelen, zoals de kabinetsambitie voor nulmissieauto's en de verlaging van de maximumsnelheid, loopt deels via de reductie van primair uitgestoten deeltjes fijnstof en deels via de reductie van stikstofoxiden, wat leidt tot

Figuur 5.2a

Effectiviteit van beleidsmaatregelen voor vermindering van fijnstofblootstelling (PM_{2,5}), 2030



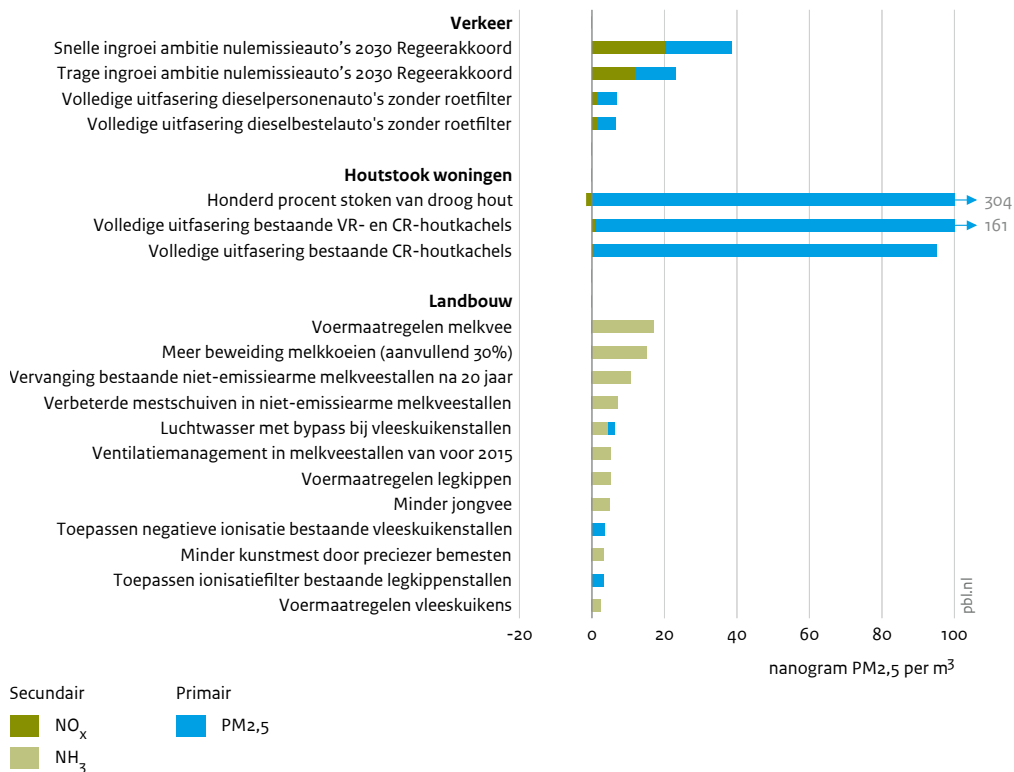
minder vorming van secundair fijnstof. Het effect van landbouwmaatregelen loopt voor de meeste maatregelen via een reductie van ammoniak en dus het secundaire stof. Voor twee maatregelen gericht op legkipstallen en vleeskuikenstallen loopt het effect op de fijnstofblootstelling via een vermindering van primair uitgestoten fijnstofdeeltjes.

Vergelijken we het effect van een volledige uitfasering van houtkachels met het effect van de kabinetsambitie voor de verkoop van nulemissieauto's dan valt op dat de uitfasering van houtkachels in 2030 een factor 4 tot 7 groter effect heeft. Dit verschil is opmerkelijk en wordt nader toegelicht in kader 5.1.

Hierna volgt een nadere toelichting op de effectiviteitsschattingen voor de verschillende maatregelen. Eerst volgen de belangrijkste beleidsmaatregelen, daarna de technische maatregelen (maximale reductiepotentiëlen).

Figuur 5.2b

Technisch potentieel voor vermindering van fijnstofblootstelling (PM_{2,5}), 2030



Bron: PBL

Invoering emissienorm gericht op verplichte uitfasering van vervuilende houtkachels

De meest effectieve beleidsmaatregel volgens de hier gepresenteerde doorrekening is de invoering van een nationale emissienorm voor bestaande houtkachels die ervoor zorgt dat vervuilende (VR- en CR-)houtkachels versneld van de hand worden gedaan en uit het Nederlandse kachelpark verdwijnen (maatregel c3). Bij de uitwerking van deze maatregel wordt ervan uitgegaan dat beleid dat in Duitsland werkt ook in Nederland kan worden ingezet en effectief zal zijn. Het aangrijpingspunt van deze beleidsmaatregel is de installaties waarmee Nederlanders stoken; de eis is dat dit uiterlijk in 2029 gebeurt conform de Europese standaarden die vanaf 2022 gaan gelden voor nieuwverkoop. Het is hierbij belangrijk om vast te stellen dat houtkachels lang meegaan en een mediane levensduur hebben van 25 jaar (TNO 2019); voor de helft van de kachels geldt dus dat deze langer dan 25 jaar in gebruik zijn. Deze lange technische levensduur maakt dat de autonome vervanging van het houtkachelpark traag verloopt; gedateerde vervuilende

kachels blijven dus lang aanwezig in het park. Het zij opgemerkt dat een *versnelde* uitfasering van verouderde kachels niet wordt bewerkstelligd met de afgesproken Ecodesign-eisen die in 2022 van kracht worden. Deze wetgeving grijpt alleen aan op de nieuwverkoop van kachels en zal er niet voor zorgen dat bestaande vuile kachels eerder worden afgevoerd. Om verouderde kachels *versneld* uit het park te krijgen is, specifiek aanvullend beleid nodig. Dit kan ook deels via stimuleringsregelingen voor sloop. Hier is naar Duits voorbeeld beleid doorgerekend dat gebaseerd is op regelgeving.

De beleidsmaatregel voor uitfasering van vuile kachels komt zo effectief uit de doorrekening voor 2030 omdat verouderde kachels zoals gezegd een lange technische levensduur hebben (veel langer dan personenauto's) en gekenmerkt worden door een zeer hoge fijnstofuitstoot. Oude vervuilende CR- en VR-kachels stoten respectievelijk een factor 10 en 5 meer fijnstof uit per eenheid verbruikte brandstof dan moderne Ecodesign-kachels en gaan ook minder efficiënt om met de biomassa-brandstof (zie figuur 5.3). De hier doorgerekende maatregel gaat zoals gezegd uit van 100 procent naleving van de regels door kachelbezitters. Dit betekent dat alle in 2030 nog in gebruik zijnde verouderde VR- en CR-kachels uit het Nederlandse kachelpark verdwijnen door sloop of export. Het bedrijven van dit type kachels in Nederland is niet meer toegestaan. Dit levert in 2030 een blootstellingsvermindering op van 160 ng/m³. In 2030 zijn volgens de schattingen van TNO nog circa 60.000 CR-kachels in gebruik en 116.000 VR-kachels, opgeteld circa 176.000 vervuilende kachels.

Als gevolg van de invoering van een wettelijke emissie-eis voor bestaande kachels zullen kachelbezitters besluiten om hun oude kachel in te wisselen voor een moderne Ecodesign-kachel of besluiten om geen houtkachel meer te gebruiken. Aangenomen is dat in ruim 80 procent van de gevallen een Ecodesign-kachel wordt teruggeplaatst en in 20 procent van de gevallen wordt er geen kachel meer gebruikt.

De uitwerking en voorbereiding van beleid gericht op de versnelde uitfasering van verouderde en vervuilende kachels naar Duits voorbeeld vragen tijd en overleg. Voorgaande maatregel is gericht op de uitfasering van alle verouderde typen kachels per uiterlijk 2029 (CR- en VR-kachels). Het is daarnaast mogelijk om al eerder beleid vorm te geven voor de uitfasering van de alleroudste en meest vervuilende CR-kachels. Maatregel c1 illustreert het effect van een beleid gericht op uitfasering van alleen CR-kachels per uiterlijk 2025. Omdat kachels lang gebruikt blijven worden werkt deze maatregel door tot 2030 en daarna. In 2025 zijn zonder aanvullend beleid nog circa 79.000 conventionele CR-kachels in gebruik. Vervroegde uitfasering van deze CR-kachels (via het stellen van een emissienorm per 1-1-2024) heeft in 2025 een effect voor de fijnstofblootstelling van 128 ng/m³. In 2030 gaat het nog om 60.000 CR-kachels die in gebruik zijn en het effect is dan 91 ng/m³.

Regelgeving voor het gebruik van open haarden

De op een na meest effectieve beleidsmaatregel is het vastleggen van regels voor de gebruiksduur van open haarden (maatregel c2). Het effect van deze maatregel is 80 ng/m³ blootstellingsvermindering. Het is duidelijk dat deze maatregel niet makkelijk is te

handhaven. In de effectschatting heeft het PBL voor de eenvoud 100 procent naleving van de regels aangenomen. Dit is een bovenschatting en het is zeer onzeker wat het precieze effect zal zijn van zo'n maatregel. Voor zover bekend is hier in Duitsland ook geen evaluerend onderzoek naar gedaan. Er is dus geen empirisch bewijs hoeveel openhaardgebruikers hun gedrag zullen aanpassen. De verankering van de gebruiksduur in wetgeving geeft een duidelijk signaal af naar de samenleving dat het stoken van hout in open haarden zeer vervuilend, schadelijk is voor de gezondheid en het hele jaar door tot een minimum moet worden beperkt. Dit kan een aanzienlijk deel van de openhaardgebruikers ertoe aanzetten om binnen de afgesproken wettelijke gebruiksduur te blijven. Er wordt uitgegaan van een beperking tot maximaal 8 dagen per maand en 5 uur per stookdag, in lijn met regelgeving en jurisprudentie in Duitsland. Een open haard stoot een factor 13 meer fijnstof uit per eenheid verbruikte brandstof dan een moderne Ecodesign-kachel en is de meest vervuilende manier van hout stoken.

Verplichte mestinjectie grasland op zandgrond

De op twee na meest effectieve beleidsmaatregel is de verplichting tot het toepassen van een mestinjecteur – dat wil zeggen met afdichten injectiesleuf – bij grasland op zand in plaats van een zodenbemester die nu veelal in de praktijk wordt gebruikt (maatregel 112). Deze maatregel kan worden geïnstrumenteerd via een aanscherping van het Besluit Emissiearme Bemesting. Deze maatregel heeft een effect voor de fijnstofblootstelling van 17 ng/m³ in 2030 en 8 ng/m³ in 2025.

Overige beleidsmaatregelen

De overige beleidsmaatregelen in volgorde van effectiviteit hebben betrekking op het verkeer, de houtstook en landbouw. Bij verkeer gaat het onder andere om de invoering van een uitgebreide subsidieregeling voor de retrofit van oudere vervuilende binnenvaartschepen die niet aan de Stage V-emissienormen voldoen. Aangenomen is dat 30 en 50 procent van de schepen die in 2025 en 2030 niet voldoen aan strenge Stage V-normen gebruikmaken van de regeling. Hierbij wordt 80 procent van de investeringskosten vergoed (CE Delft 2019). Het effect voor de fijnstofblootstelling van deze maatregel is 11 ng/m³ in 2030 en 16 ng/m³ in 2025. Een verregaande snelheidsverlaging heeft ook een significant effect van 12 ng/m³ in 2030 en 20 ng/m³ in 2025. Een verlaging van de maximumsnelheid naar 120 km per uur geeft slechts een beperkt effect (0,4 ng/m³ in 2030 en 3 ng/m³ in 2025). Het belonen van een snelheidsbeperking bij zeeschepen via een verlaging van het havengeld heeft een effect van 4 tot 5 ng/m³ in zowel 2025 als 2030. Bij de landbouw zijn er nog twee andere beleidsmaatregelen doorgerekend. Het aanscherpen van de ammoniakemissie-eisen voor nieuwbouw en uitbreiding van rundveestallen, van 8,6 naar 7 kg ammoniak per koe, resulteert in een fijnstofblootstellingseffect van 5 ng/m³ in 2030 en 3 ng/m³ in 2025. Het aanscherpen van de ammoniakemissie-eis voor legkippen in volière-huisvesting, van 0,05 naar 0,025 kg ammoniak per dierplaats, resulteert in een fijnstofblootstellingseffect van 3 ng/m³ in 2030 en 2 ng/m³ in 2025.

Naast de beleidsmaatregelen voor bestaande houtkachels en open haarden is er nog een andere kachelmaatregel doorgerekend die is gericht op de nieuwverkoop van kachels.

Het betreft de invoering van een nieuwe Ecodesign-Plus-norm per 1-1-2026 voor nieuwverkochte houtkachels die verder gaat dan de reeds afgesproken Ecodesign-norm die in 2022 van kracht wordt in Europa en die in Nederland naar voren (2020) wordt gehaald. Op dit moment zijn er geen Europese plannen voor een aanscherping van de Ecodesign-norm. Het totale effect van deze maatregel is fors kleiner dan van beleid dat is gericht op het afvoeren van oude gedateerde installaties. Dit komt omdat in het basispad met bestaand beleid vanaf 2025 al minder vervuilende Ecodesign-kachels worden verkocht. Het verschil in uitstoot tussen een anders verkochte Ecodesign-kachel en een nog schonere Ecodesign Plus-kachel is veel kleiner dan het verschil tussen een oude CR- of VR-kachel en een Ecodesign. Het effect van deze Europese beleidsmaatregel kan worden berekend door het aantal kachels dat vanaf de veronderstelde invoerdatum (1-1-2026) nieuw wordt verkocht te vermenigvuldigen met het verschil in uitstoot tussen een Ecodesign-kachel en een nog schonere Ecodesign-Plus-kachel. Voor deze maatregel geldt, net als voor andere maatregelen die zijn gericht op nieuwbouw of -verkoop, dat het milieueffect na 2030 verder zal ingroeien met de geleidelijke instroom in het kachelpark van nieuwe Ecodesign-Plus-kachels.

Merk hierbij op dat als de Ecodesign-emissienorm voor nieuwe kachels wordt aangescherpt, dat ook gevolgen heeft voor het effect van maatregel c3 voor versnelde uitfasering van vervuilende kachels per 1-1-2030. Het effect van deze uitfaseringsmaatregel zal namelijk toenemen, omdat de versneld uit gebruik genomen oude kachels dan niet vervangen gaan worden door een Ecodesign-kachel maar door een nog schonere Ecodesign-Plus-kachel.

Het valt op dat de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter in 2030 tot de minst effectieve maatregelen behoort. Dit kan deels verklaard worden doordat met de veronderstelde prijsprikkel (van 800 euro) slechts een deel van dieselrijders zonder filter ontmoedigd zal worden om hierin nog langer door te rijden. De doorgerekende technische maatregel voor volledige uitfasering van dieselpersonenauto's zonder roetfilter laat daarbij zoals eerder gezegd zien dat dit niet de hele verklaring is. Als alle in 2030 nog rondrijdende dieselpersonenauto's zonder filter worden uitgefaseerd, kan een maximaal blootstellingseffect worden behaald van 3 ng/m³. Als alle bestelauto's zonder filter worden uitgefaseerd, kan een vergelijkbaar effect worden behaald van 3 ng/m³.

Technische reductiepotentiëlen

De meest effectieve technische maatregel voor vermindering van de fijnstofblootstelling is het stoken van droog hout in kachels en open haarden (figuur 5.1b). Uitgangspunt voor de doorrekening van het reductiepotentieel is dat een kwart van het gestookte hout in Nederland niet goed is gedroogd (minder dan twee jaar). Het cijfer van 25 procent 'niet goed gedroogd hout' is de beste schatting die momenteel beschikbaar is en dateert van 2013 (Segers 2013). Onder de aanname van 100 procent gebruik van optimaal (minimaal twee jaar) gedroogd hout is een potentieel voor de fijnstofblootstellingsvermindering berekend van circa 300 ng/m³ in 2030. Het is niet makkelijk om dit technische verbeter-

potentieel effectief te instrumenteren, aangezien het stoken van droog hout niet gratis is. Het vraagt investeringen van kachel- en openhaardeigenaren in tijd, moeite en geld (zie hoofdstuk 3). De overheid kan proberen via zachtere beleidsinstrumenten, zoals voorlichting, een deel van dit reductiepotentieel te realiseren. De effectiviteit van dit soort voorlichtingscampagnes is erg onzeker. Daarnaast kan de opzet van een systeem voor verplichte reguliere inspectie van kachels en open haarden naar Duits voorbeeld een effectief instrument zijn om de kwaliteit van de gestookte brandstof in Nederland te verbeteren. In Duitsland beoordelen erkende schoorsteenvegers de houtopslag en adviseren burgers hierbij.

In deze studie zijn een groot aantal technische reductiepotentiëlen bij de landbouw doorgerekend (figuur 5.1b). Het betreft hier voor het merendeel technische potentieel-schattingen die de WUR eerder heeft opgesteld in het kader van onderzoek voor de zogeheten reservemaatregelen Programmatische Aanpak Stikstof. De effectschattingen van de WUR zijn door het PBL in lijn gebracht met het basisscenario (basispad). Daarnaast hebben weL, naar voorbeeld van beleid in Noord-Brabant en ordegrootte, het maximale reductiepotentieel becijferd van een versnelde vervanging van bestaande rundveestallen in heel Nederland. Hierbij is naar voorbeeld van de Noord-Brabantse beleidspraktijk aangenomen dat alle niet-emissiearme rundveestallen in Nederland na 20 jaar worden vervangen door nieuwe emissiearme stallen die voldoen aan een emissie-eis van 7 kg ammoniak per koe. Het potentiële blootstellingseffect van deze maatregel is 11 ng/m³ vanaf het moment in zowel 2025 als 2030.

5.1 Fijnstofblootstellingseffect bij sanering van verouderde houtkachels en bij 100 procent nieuwverkoop van nulemissieauto's

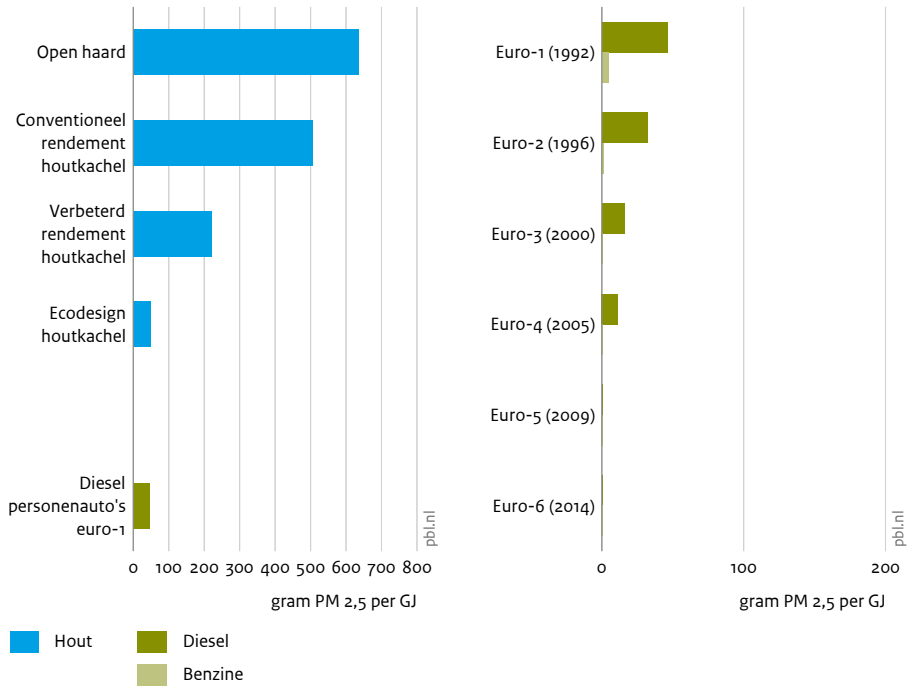
De resultaten van deze studie laten zien dat de versnelde volledige uitfasering van 170.000 vervuilende houtkachels in 2030 (maatregel c3) een factor 4 tot 7 groter effect heeft voor de fijnstofblootstelling dan de instroom in het park van 1,8 tot 2,8 miljoen elektrische auto's volgens de ambitie voor nulemissieauto's uit het Regeerakkoord. Dit resultaat is opmerkelijk gegeven het grote verschil in aantal kachels/voertuigen. De verklaring is het zeer vervuilende karakter van de verbranding van hout in oude kachels, gecombineerd met het gegeven dat moderne Euro6-diesel- en benzinepersonenauto's nog maar relatief weinig fijnstof uitstoten (uitlaatemissies). Moderne auto's zijn voorzien van allerlei bestrijdingstechnieken. Dergelijke technieken worden niet toegepast bij houtkachels. Voor oude kachels geldt daarbij dat de verbranding suboptimaal verloopt aangezien deze kachels niet optimaal zijn ontworpen. Suboptimale verbranding leidt tot hoge fijnstofemissies waaronder condenseerbaar fijnstof. Moderne Ecodesign-kachels hebben wel een goed ontworpen verbrandingskamer waardoor de verbranding in dit type kachels (bij goed stookgedrag en droog hout) wel optimaal kan verlopen en de emissies lager zijn. In moderne Ecodesign-kachels worden echter geen bestrijdingstechnieken toegepast, zoals wel gebeurt bij auto's.

Figuur 5.3

Primair fijnstofuitstoot (PM_{2,5}) per eenheid verbruikte energie onder praktijk-omstandigheden

Houtstook woningen

Personenauto's



Bron: TNO; PBL

Hierna lichten we cijfermatig toe waarom geanalyseerd beleid voor de uitfasering van oude houtkachels tot en met 2030 zo effectief is voor de fijnstofblootstellingsvermindering, afgezet tegen beleid gericht op de instroom in het park van emissieloze auto's. Het gegeven verschil in effectiviteit in 2030 wordt direct duidelijk als we de emissies in het basispad vergelijken. De 170.000 resterende oude vervuilende VR- en CR-houtkachels emitteren in 2030 circa 1,2 kiloton (primaire) fijnstof, tegenover circa 0,3 kiloton voor de uitlaatemissies van het gehele personenautopark (zie tabel 5.1; GCN 2018; TNO 2019). Vervolgens grijpt de maatregel voor de kabinetsambitie in 2030 nog slechts aan op een deel van de uitstoot van 0,3 kiloton, omdat in 2030 nog slechts een deel van het autopark emissievrij is. De primaire emissiereductie van de kabinetsambitie is berekend op 0,08 tot 0,13 miljoen kg in 2030. De primaire fijnstofemissiereductie die behaald kan worden met het versneld uitfaseren van CR- en VR-kachels in 2030 bedraagt circa 1,1 miljoen kg. Met de uitfasering van alleen CR-kachels kan in 2025 een reductie worden gerealiseerd van circa 0,9 miljoen kg en circa 0,6 miljoen kg in 2030. Het verschil tussen emissies in het basisscenario en in de emissie-effecten wordt nog duidelijker als we verder inzoomen op het brandstofverbruik en de emissiefactoren. Resterende verouderde en vervuilende VR- en CR-kachels in 2030 (170.000 CR- en VR-houtkachels in 2030) hebben een gemiddelde fijnstofemissiefactor van 320 g/GJ. Het gehele personenautopark heeft in 2030 een geraamde emissiefactor van 1,2 g/GJ (uitlaatemissies). Dit verschil in emissiekenmerken is dominant en overstijgt het verschil in geraamde brandstofinzet tussen beide typen bronnen. De geraamde brandstofinzet voor het hele Nederlandse personenautopark in 2030 bedraagt 221 PJ tegenover 3,9 PJ voor het verouderde (VR- en CR-)deel van het kachelpark. Gecombineerd met de parkemissiefactoren leidt dit tot de berekende emissies van 1,2 kiloton (primaire) fijnstofuitstoot in 2030 voor vervuilende (VR- en CR-)houtkachels en 0,3 kiloton voor het hele personenautopark. Het verschil wordt dus veroorzaakt doordat verouderde houtkachels in vergelijking met auto's zeer veel fijnstof uitstoten per eenheid (GJ) verstoekte brandstof.

Voor de afzonderlijke kacheltypen geldt dat CR- en VR-houtkachels een fijnstofemissiefactor hebben van respectievelijk 507 en 221 g/GJ houtverbruik (figuur 5.3). Een open haard heeft een emissiefactor van 637 g/GJ houtverbruik. Moderne Ecodesign-kachels hebben een emissiefactor van 49 g/GJ. Een moderne Euro6-personeelauto heeft een emissiefactor voor fijnstof van 0,5 tot 0,9 g/GJ.

Tabel 5.1

Geraamde ontwikkeling van de emissies van fijnstof en stikstofoxiden door houtstook in woningen en door personenauto's in het basisscenario met bestaand beleid

	Emissies basisscenario (miljoen kg)		
	2020	2025	2030
Fijnstof, inclusief condenseerbaar fijnstof			
Open haarden	1,46	1,41	1,36
CR-kachels (conventioneel) ^a	1,26	0,89	0,68
VR-kachels (verbeterd) ^b	0,84	0,70	0,56
DINplus-kachels ^c	1,02	1,11	1,08
Ecodesign-kachels	0,06	0,09	0,16
<i>Totaal kachels en open haarden</i>	4,65	4,20	3,85
Personenauto's uitlaat	0,37	0,32	0,27
Personenauto's slijtage (banden, wegdek, remmen)	0,30	0,31	0,32
<i>Totaal personenauto's</i>	0,66	0,63	0,59
Stikstofoxiden			
Open haarden	0,18	0,17	0,17
CR-kachels (conventioneel) ^a	0,32	0,23	0,17
VR-kachels (verbeterd) ^b	0,49	0,41	0,33
DINplus-kachels ^c	1,02	1,11	1,08
Ecodesign-kachels	0,31	0,38	0,57
<i>Totaal kachels en open haarden</i>	2,32	2,30	2,31
<i>Totaal personenauto's</i>	19,35	13,96	8,57

a. CR-kachels zijn ongekeurde kachels die aan geen enkele typekeur voldoen.

b. VR-kachels zijn kachels die voldoen aan een Nederlandse typekeur voor houtkachels en inzethaarden, die gold van 1997 tot 2004. Dit besluit is sinds 1 februari 2005 vervallen.

c. DINplus-kachels zijn kachels die voldoen aan de Duitse DINplus-norm. De Duitse DINplus-norm vormde de basis voor de Ecodesign-normering die in 2022 in de Europese Unie van kracht wordt.

5.1.2 Effectiviteit maatregelen fijnstofblootstelling 2025

Voor een vermindering van de blootstelling in 2025 kunnen vergelijkbare beleidsmaatregelen worden ingezet als voor 2030 (figuur 5.1a). Voor vermindering van de emissies van houtstook op de wat meer korte termijn (2025) is een beleidsmaatregel doorgerekend die alleen is gericht op de vervroegde uitfasering van de alleroudste en meest vervuulende CR-houtkachels. Verondersteld is dat er een wettelijke emissienorm wordt ingesteld uiterlijk per 1-1-2024 op een zodanig niveau dat alleen de CR-kachels hoeven te worden afgevoerd. De emissie-eis voor bestaande kachels wordt dus zo ingesteld dat de wat jongere VR-kachels nog niet hoeven te worden verwijderd.

Voor veel van de onderzochte beleidsmaatregelen voor verkeer laat figuur 5.1a zien dat de effectiviteit op de korte termijn (2020 en 2025) groter is dan in 2030. Zo is het effect van een verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor vervuilende voertuigen later in de tijd kleiner omdat er minder voertuigen resteren waarop de maatregel aangrijpt. Voor gedragsmaatregelen geldt dat het hele autopark autonoom schoner wordt tussen 2020 en 2030, waardoor een kilometerheffing of snelheidsverlaging in 2020 een groter effect heeft dan in 2030. Ook voor de vervroegde uitfasering van vervuilende houtkachels geldt dat het kachelpark autonoom schoner wordt, maar dit gaat veel trager dan bij voertuigen omdat kachels veel langer meegaan.

De kabinetsambitie voor emissievrij rijden heeft op de korte termijn (2020 en 2025) nog maar een bescheiden effect op de fijnstofblootstelling. Het effect van deze kabinetsambitie voor nulemissierijden wordt indicatief geschat op 4-6 ng/m³ voor 2025. Voor 2020 gaat het om nog kleinere effecten. Voor 2025 heeft CE Delft (2019) deze maatregel overigens niet doorgerekend. Deze effectschatting is later gemaakt en is niet opgenomen in de figuren.

5.1.3 Effectiviteit maatregelen fijnstofblootstelling 2020

Voor 2020 zijn alleen beleidsmaatregelen voor verkeer doorgerekend. Zoals aangegeven is de doorrekening voor 2020 illustratief voor de mogelijke effecten in de komende jaren. Beleidsmaatregelen voor kachels en open haarden zijn niet doorgerekend voor 2020, omdat het gaat om nieuw beleid en invoering van deze maatregelen een lange voorbereiding vraagt. Om dezelfde reden is ook de kilometerheffing niet doorgerekend voor 2020. Ook alle maatregelen voor de landbouw zijn alleen doorgerekend voor 2025 en 2030. Bij het onderzoek naar de landbouwmaatregelen lag de focus op 2030 en is verondersteld dat de maatregelen lineair in effect kunnen toenemen vanaf het uniform gekozen startjaar 2021. Deze geleidelijke toename is verondersteld, omdat enkele maatregelen nog technische uitontwikkeling vragen en de beleidsaanpassing tijd vergt. De effecten voor 2025 zijn dus de helft van de effecten in 2030. Dit met uitzondering van de technische maatregel voor de vervanging van bestaande rundveestallen. Hiervoor geldt dat het reductiepotentieel voor alle jaren vanaf 2021 gelijk is.

De meest effectieve *beleidsmaatregelen* bij verkeer voor vermindering van de fijnstofblootstelling op de korte termijn (2020) zijn in volgorde van effectiviteit:

- een verlaging van de snelheid op snelwegen naar 100 km per uur (27 ng/m³);
- een subsidieregeling voor retrofit van binnenvaartschepen (14 ng/m³);
- een verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-dieselauto's (13 ng/m³);
- een snelheidsbeperking van zeeschepen nabij Nederlandse zeehavens tijdens het manoeuvreren (5 ng/m³);
- een verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselauto's zonder roetfilter (4 ng/m³).

De snelheidsmaatregel 100 km per uur is van de hier onderzochte beleidsmaatregelen het meest effectief op de korte termijn (2020), maar deze maatregel wordt geleidelijk minder

effectief naar 2030. Dit komt doordat het autopark autonoom schoner wordt. Op de korte termijn valt met deze maatregel duidelijk meer winst te boeken dan op de lange termijn. Het effect van de snelheidsmaatregel 100 km per uur neemt af van 27 ng/m³ in 2020 naar 20 ng/m³ in 2025 en 12 ng/m³ in 2030.

Het valt op dat de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-dieselpersonenauto's in 2020 effectiever is dan de verhoging voor dieselauto's zonder roetfilter. De motorrijtuigenbelastingmaatregel voor pre-RDE-auto's grijpt in 2020 namelijk aan op vrijwel het hele dieselpark. Tot 2020 mogen er pre-RDE-diesels worden verkocht en in 2020 voldoet het grootste deel van het dieselpark nog niet aan de RDE-norm. De motorrijtuigenbelastingmaatregel voor diesels zonder roetfilter grijpt aan op een veel kleiner deel van het park, namelijk alleen op auto's van bouwjaar 2008/2009 en ouder (CE Delft 2019).

Kijken we naar de *technische reductiepotentiëlen* voor verkeer op de korte termijn (2020) dan is er een groot maximaal fijnstofreductiepotentieel berekend voor de volledige uitfasering van alle dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter (figuur 5.1b). Dit technische potentieel voor dieselpersonenauto's zonder filter bedraagt circa 32 ng/m³ in 2020. Ook hier geldt dat het reductiepotentieel snel afneemt met de jaren. In 2025 en 2030 is dit potentieel respectievelijk 11 ng/m³ en 7 ng/m³. Het technisch potentieel bij volledige uitfasering van dieselbestelauto's zonder filter is groter dan bij personenauto's, en bedraagt 52 ng/m³ in 2020, 18 ng/m³ in 2025 en 7 ng/m³ in 2030. Opgeteld gaat het voor alle diesels zonder filter om een technisch reductiepotentieel van 84 ng/m³ in 2020, 29 ng/m³ in 2025 en 14 ng/m³ in 2030.

Figuur 5.1 laat zien dat met de aangenomen verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselvoertuigen zonder roetfilter (met 800 euro voor personenauto's) maar een klein deel van het maximale reductiepotentieel in 2020 wordt ontsloten. Dit wordt verklaard doordat dat het hier gaat om een belastingmaatregel waarbij naar verwachting slechts een klein deel van de dieselrijders zonder filter reageert op de doorgerekende prijsprikkel. Met ander beleid, zoals een ver doorgevoerd lokaal milieuzoneringsbeleid of nog hogere prijsprikkels, is mogelijk een groter deel van het reductiepotentieel te realiseren. Het voorliggende PBL-onderzoek is bij aanvang afgebakend tot mogelijke nationale maatregelen. Er is geen onderzoek gedaan naar de effectiviteit van lokale milieuzoneringsmaatregelen.

Vergelijking fijnstofblootstellingswinst per uitgefaseerde oude kachel of dieselauto zonder filter

De gepresenteerde cijfers voor vervuilende kachels en dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder filter maken het mogelijk om kentallen te berekenen voor de verwachte blootstellingswinst (gerekend over een heel jaar) per gesaneerde gemiddelde kachel of dieselauto. Deze kentallen laten in een oogopslag zien hoe effectief het is om een vervuilende kachel dan wel een vervuilende diesel zonder filter te verwijderen uit het park. Het berekend reductiepotentieel (84 ng/m³) voor uitfasering van 520.000 dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder filter in 2020 kan worden vergeleken met het berekende

potentieel (160 ng/m^3) voor de volledige uitfasering van 175.000 verouderde houtkachels in 2030. Kentallen zijn te berekenen door de gegeven blootstellingswinst te delen door het aantal gesaneerde auto's/kachels. De resultaten laten zien dat het fijnstofblootstellingseffect voor de Nederlandse bevolking per gesaneerde houtkachel (gemiddeld bij uitfasering van CR en VR) een factor 6 groter is dan het fijnstofeffect van een vervroegde uitfasering van een diesel zonder roetfilter. Dit verschil wordt voor een belangrijk deel verklaard doordat houtkachels veel condenseerbaar fijnstof uitstoten (zie hoofdstuk 2). Deze verschil in effectiviteit per gesaneerde kachel of dieselauto is relevant om mee te wegen bij de vormgeving van het toekomstige nationale en lokale luchtbeleid zoals dat ontwikkeld wordt in het Schone Luchtakkoord. Het is aan te bevelen om naast de aandacht die uitgaat naar de verschoning van het wagenpark door het weren van vervuilende diesels zonder roetfilter ook te kijken welke mogelijkheden er zijn om het bestaande kachelpark versneld te verschonen.

5.1.4 Kosteneffectiviteit maatregelen fijnstofblootstelling

Figuur 5.4 laat de kosteneffectiviteit van de beschouwde maatregelen in 2030 zien uitgedrukt als jaarlijkse kosten (miljoen euro) per eenheid fijnstofblootstellingsvermindering (ng/m^3) (zie de bijlage voor de tabelresultaten).

Kijken we eerst naar de *beleidsmaatregelen*, dan zijn de geïdentificeerde beleidsmaatregelen voor particuliere houtstook niet alleen effectief maar ook kosteneffectief. De kosteneffectiviteit bedraagt 0,1 tot 0,2 miljoen euro per ng/m^3 fijnstof. Het gaat om:

- de *versnelde* uitfasering van bestaande vervuilende CR- en VR-houtkachels (0,1 miljoen euro per ng/m^3);
- een beperking van de gebruiksduur van open haarden (0,2 miljoen euro per ng/m^3).

Bij de kosteninschattingen is rekening gehouden met de kosten die kachelbezitters moeten maken omdat ze eerder dan gepland een vervangingsinvestering moeten doen in een nieuwe kachel. Dit maakt dat een investering naar voren gehaald moet worden in de tijd. Daarnaast is in de kostenberekening rekening gehouden met de kosten die het Duitse systeem van reguliere tweejaarlijkse inspectie door erkende schoorsteenvegers met zich brengt.

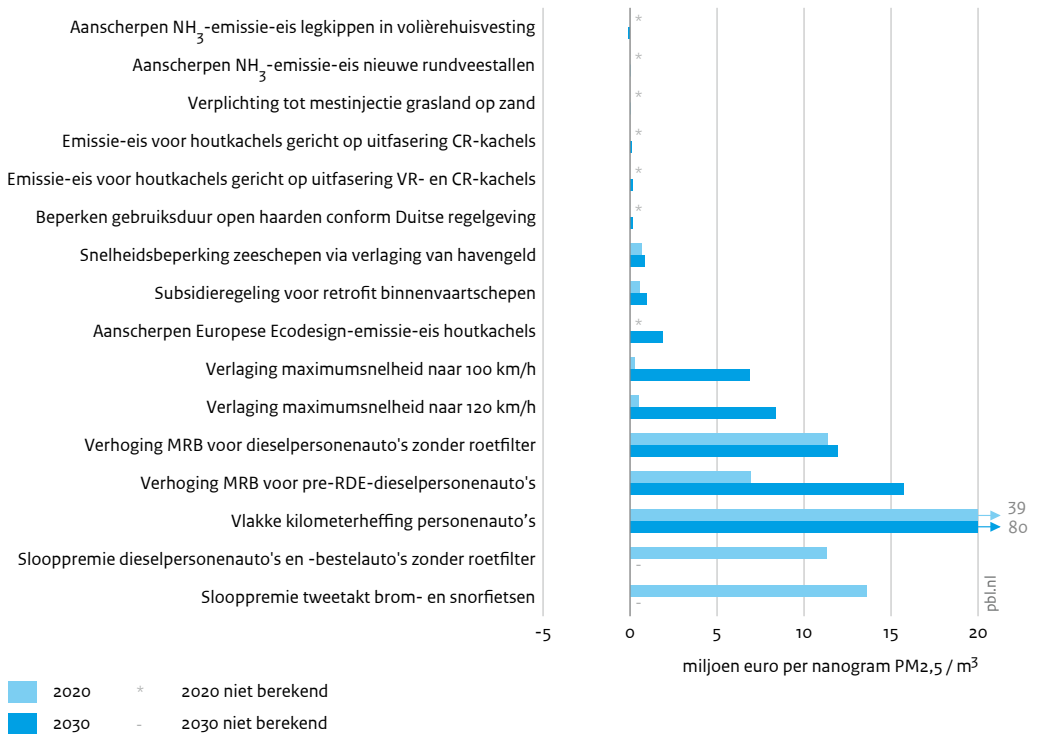
De volgende drie beleidsmaatregelen voor de landbouw zijn onder voorwaardenuitvoerbaar met geen of zeer beperkte meerkosten. Het gaat om:

- het toepassen van mestinjectie bij grasland op zand (aanpassing van de regeling voor het gebruik van meststoffen);
- een aangescherpte ammoniakemissie-eis voor nieuwe melkveestallen;
- een aangescherpte ammoniakemissie-eis voor legkippen in volièrehuisvesting.

Voor de maatregel gericht op het toepassen van mestinjectie geldt dat de kosten van deze nieuwe bemestingstechniek grofweg vergelijkbaar zijn met die van de oude. Mits de overgang van de oude naar de nieuwe techniek geleidelijk vorm krijgt, kan deze maatregel zonder substantiële meerkosten worden geïmplementeerd. Ook voor nieuwe melkveestallen en legkippenstallen geldt dat schonere stallen niet duurder zijn dan de huidige typen.

Figuur 5.4a

Kosteneffectiviteit van beleidsmaatregelen voor vermindering van fijnstofblootstelling (PM_{2,5})



Bron: PBL

Beleidsmaatregelen met een kosteneffectiviteit tussen 0,6 en 2,6 miljoen euro per ng/m³ fijnstof in 2030 zijn:

- een snelheidsbeperking bij zeeschepen via *verlaging van het havengeld* (0,8 miljoen euro);
- de *subsidieregeling* voor retrofit van bestaande binnenvaartschepen (0,9 miljoen euro);
- het aanscherpen van de Europese Ecodesign-norm voor houtkachels (1,8 miljoen euro).

Maatregelen bij zee- en binnenvaartschepen scoren veel gunstiger in kosteneffectiviteit dan de hierna gegeven maatregelen bij wegvoertuigen.

De onderzochte beleidsmaatregelen bij het wegverkeer hebben een kosteneffectiviteit van 7 tot 16 miljoen euro per ng/m³ fijnstofblootstellingsvermindering in 2030. Het gaat om:

- de verlaging van de snelheid op snelwegen naar 100 km per uur (7 miljoen euro);
- de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter (12 miljoen euro);

Figuur 5.4b

Kosteneffectiviteit van technisch potentieel voor vermindering van fijnstofblootstelling (PM_{2,5})



Bron: PBL

- de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-dieselpersonenauto's (16 miljoen euro).

Deze wegverkeersmaatregelen scoren daarmee in 2030 in vergelijking met andere maatregelen relatief ongunstig op kosteneffectiviteit. Hierbij zij aangetekend dat de kosteneffectiviteit van snelheidsmaatregelen op de korte termijn (2020) wel veel gunstiger is. In 2020 is de kosteneffectiviteit 0,3 miljoen per ng/m³. Deze wijziging in kosteneffectiviteit wordt verklaard doordat het personenautopark door vernieuwing automatisch schoner wordt, waardoor een snelheidsmaatregel in 2030 een kleiner effect heeft op de emissies en blootstelling dan in 2020.

Resultaten voor 2020 voor de invoering van een slooppremie voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter laten zien dat deze maatregel ongunstig scoort op kosteneffectiviteit.

Dit is in lijn met de studie van de Rekenkamer (2018) die gekeken heeft naar de kosten-effectiviteit van de nationale sloopregeling personen- en bestelauto's, die liep van 29 mei 2009 tot 21 april 2010. Dit hangt samen met de relatief hoge restwaarde van voertuigen.

Voor de technische potentiëlschatting die gaat over de kabinetsambitie voor verkoop van nulmissiepersonenauto's is voor 2030 een negatieve kosteneffectiviteit berekend. Dit betekent dat deze ambitie negatieve kosten ofwel baten met zich brengt. De kostenberekening is integraal overgenomen uit de PBL-studie *Nationale kosten klimaat- en energietransitie in 2030 – Update 2018* (PBL 2018). Centrale aanname bij deze berekening is dat de kostendalingen van elektrisch rijden zich doorzetten, waardoor in de loop van het komende decennium de totale jaarkosten (investeringen en operationele kosten) van dan verkochte elektrische auto's lager komen te liggen dan van vergelijkbare auto's met een brandstofmotor.

Kijken we naar de in beeld gebrachte *technische potentiëlen* voor de reductie van ammoniakemissies in de landbouw dan zijn enkele hiervan eveneens uitvoerbaar met geen of zeer beperkte meerkosten. Het gaat om:

- een verhoging van de efficiency van de voerbenutting bij melkvee;
- meer beweiding koeien;
- het houden van minder jongvee.

Technische voermaatregelen bij vleeskuikens gericht op reductie van ammoniakemissies hebben een zeer gunstige kosteneffectiviteit vergelijkbaar met houtstookmaatregelen (0,2 miljoen euro per ng/m^3). Het toepassen van negatieve ionisatie bij stallen met vleeskuikens heeft een kosteneffectiviteit van 0,9 miljoen euro per ng/m^3 . Voor het toepassen van een ionisatiefilter bij stallen met legkippen is dit 2,6 miljoen euro per ng/m^3 . Het vervangen van bestaande rundveestallen na 20 jaar heeft een relatief ongunstige kosteneffectiviteit van 8 miljoen euro per ng/m^3 .

5.2 Analyse stikstofdioxideblootstelling

5.2.1 Effectiviteit maatregelen stikstofdioxideblootstelling 2030

Figuur 5.5 laat het effect van beleidsmaatregelen en technische potentiëlen op de stikstofdioxideblootstelling zien in 2030 en in 2020 en 2030. In de bijlage zijn de cijfers gegeven in tabelvorm.

Het verkeer levert een dominante bijdrage aan de stikstofdioxideblootstelling. De meest effectieve *beleidsmaatregelen* voor vermindering van de stikstofdioxideblootstelling in 2030 vinden we dan ook bij het verkeer. Dit zijn in volgorde van effectiviteit:

- een verlaging van de *maximumsnelheid* op snelwegen naar 100 km per uur ($100 \text{ ng}/\text{m}^3$);
- een *kilometerheffing* voor personenauto's ($78 \text{ ng}/\text{m}^3$);
- een uitgebreide *subsidieregeling* voor retrofit van binnenvaartschepen ($67 \text{ ng}/\text{m}^3$).

Figuur 5.5a

Effectiviteit van beleidsmaatregelen voor vermindering van stikstofdioxideblootstelling



Bron: PBL

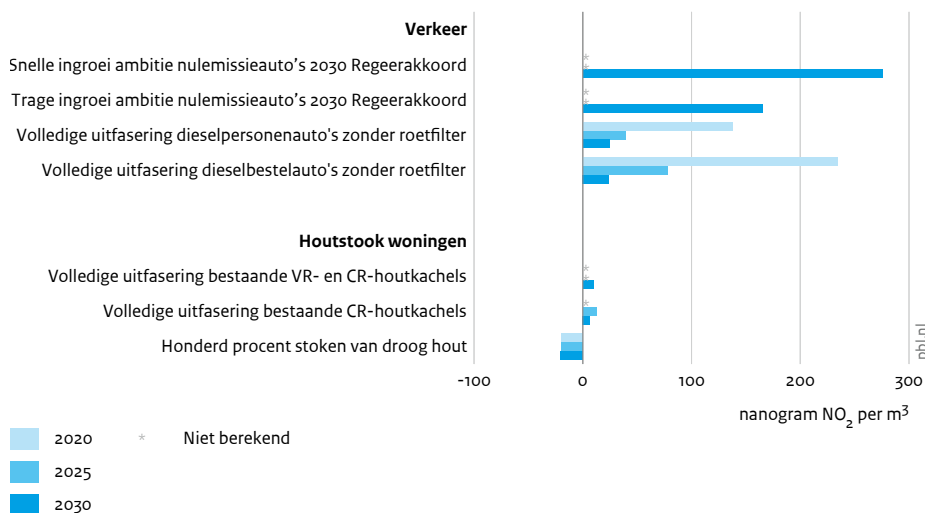
Overige onderzochte beleidsmaatregelen voor verkeer hebben een effect op de stikstofdioxideblootstelling in 2030 variërend van 5 tot 23 ng/m³. Het gaat dan om:

- een *snelheidsbeperking* bij zeeschepen via verlaging van het *havengeld* (23 ng/m³);
- een *stikstofoxideneffing* voor vliegtuigen (20 ng/m³);
- een *verhoging van de motorrijtuigenbelasting* voor pre-RDE-dieselpersonenauto's (13 ng/m³).

De verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-dieselpersonenauto's (met 400 euro per jaar) heeft een relatief beperkt effect op de stikstofdioxideblootstelling van 13 ng/m³ in 2030, wat verklaard wordt doordat het aantal auto's waarop deze maatregel aangrijpt in 2030 nog maar beperkt is. De totale stikstofoxidenuitstoot door dieselauto's wordt onder invloed van de Europese RDE-normen steeds kleiner. Dit maakt dat er in 2030 minder winst te behalen valt dan in 2020. Het berekende effect van een motorrijtuigenbelastingmaatregel neemt daardoor ook af in de tijd. Door de belastingmaatregel zijn er in 2030 naar schatting 24.000 pre-RDE-diesels versneld uit het wagenpark verdwenen

Figuur 5.5b

Technisch potentieel voor vermindering van stikstofdioxideblootstelling



Bron: PBL

(CE Delft 2019). Daarbij gaat het hier wel opnieuw om een belastingmaatregel waarmee een deel van de resterende pre-RDE-dieselrijders een andere auto zal aanschaffen.

Het effect van snelheidsbeleid op de stikstofdioxideblootstelling hangt sterk af van de opgelegde maximumsnelheid. Een verlaging van de maximumsnelheid op snelwegen naar 100 km per uur heeft grofweg een tienmaal groter effect dan een verlaging naar 120 km per uur. Het effect van een verlaging naar 120 km per uur is beperkt, mede omdat op veel snelwegen in stedelijk gebied in het midden en zuiden van Nederland geen 130 km per uur mag worden gereden.

Kijken we naar de in beeld gebrachte *technische reductiepotentiëlen* dan valt op dat in 2030 een relatief grote extra stikstofdioxideblootstellingswinst te behalen is als de ambitie uit het Regeerakkoord voor nieuwverkoop van nulmissieauto's in 2030 wordt gerealiseerd (166-276 ng/m³) (zie figuur 5.5b). Daarbij laat de doorrekening van het ontwerp-Klimaatakkoord zien dat met de daarin voorgestelde maatregelen het verwachte aantal elektrische auto's in 2030 (als het meezit) in de buurt komt van de trage scenariovariant voor ingroei van nulmissieauto's (1,8 miljoen elektrische auto's in 2030; 166 ng/m³) (PBL 2019). Dit blootstellingseffect overtreft de effecten van de andere doorgeredende beleidsmaatregelen. Voor de lange termijn (2030 en daarna) leidt beleid gericht op de transitie naar nulmissiepersonenauto's tot de grootste stikstofdioxideblootstellingswinst van alle in deze studie onderzochte maatregelen. De volledige uitfasering van dieselpersonenauto's

en -bestelauto's in 2030 heeft een effect op de stikstofdioxideblootstelling van elk 24 ng/m³, opgeteld circa 50 ng/m³.

Maatregelen voor houtstook hebben een klein positief effect op de stikstofdioxideblootstelling, met uitzondering van de maatregel droog hout stoken. Deze maatregel verhoogt de blootstelling met 10 ng/m³, omdat in de vuurhaard een hogere temperatuur bereikt zal worden waardoor de emissies van stikstofoxiden (stikstofmonoxide en stikstofdioxide) toenemen (zie figuur 5.5b).

5.2.2 Effectiviteit maatregelen stikstofdioxideblootstelling 2020

Om de stikstofdioxideblootstelling op de korte termijn (2020) verder te verlagen zijn van de onderzochte *beleidsmaatregelen* voor verkeer de volgende het meest effectief:

- de verlaging van de maximumsnelheid op snelwegen naar 100 km per uur (228 ng/m³);
- een verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-dieselauto's (93 ng/m³);
- een subsidieregeling voor retrofit van binnenvaartschepen (75 ng/m³).

Daarnaast is het mogelijk om met bijvoorbeeld lokaal beleid, zoals milieuzoneringsbeleid, de stikstofdioxideblootstelling van de bevolking te verminderen. Deze lokale maatregelen zijn in deze studie niet onderzocht.

Van de onderzochte maatregelen behoort de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-diesels op de korte termijn (2020) tot de drie meest effectieve maatregelen. Het gaat hier om het uit het park weren van dieselauto's die onder praktijkomstandigheden niet aan de Euro6-norm voor uitstoot van stikstofoxiden voldoen (dieselgate). In 2020 is deze belastingmaatregel daarbij zevenmaal effectiever dan in 2030. In 2020 voldoen nog bijna geen dieselpersonenauto's aan de Euro6-RDE-norm zodat nagenoeg het hele dieselpark met een belastingverhoging wordt geconfronteerd. Door die verhoging wordt een deel van de pre-RDE-dieselauto's versneld van de hand gedaan en vervangen door nieuwere Euro6-RDE-dieselauto's of -benzineauto's. Het aantal pre-RDE-auto's dat door de belastingmaatregel versneld uit het Nederlandse autopark verdwijnt is voor 2020 indicatief geschat op 180.000 (CE Delft 2019).

In kader 5.2 gaan we in op het verschil in doorwerking van een belastingmaatregel voor pre-RDE-dieselauto's en de ambitie voor verkoop van nulemissieauto's. Hieruit blijkt dat (gerekend per voertuig) de vervanging van een pre-RDE-dieselauto door een RDE-dieselauto of een benzineauto naar schatting een vijfmaal groter effect heeft op de stikstofdioxideblootstelling dan de instroom van een elektrisch voertuig. Doordat het bij de ambitie gaat om miljoenen elektrische voertuigen is het opgetelde effect van de ambitie in 2030 groter dan het effect in 2020 van de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-diesels.

Kijken we naar de *technische reductiepotentiëlen* dan heeft de kabinetsambitie voor nulmissie-rijden op de korte termijn (2020 en 2025) nog maar een bescheiden effect op de stikstofdioxideblootstelling. Voor 2025 is het effect van deze ambitie indicatief geschat op 28-41 ng/m³. Dit effect is na afronding van de CE Delft-studie berekend en niet opgenomen in figuur 5.5. Voor 2020 zijn de effecten een fractie hiervan.

Op de korte termijn (2020) is er een groot maximaal technisch haalbaar stikstofdioxide-reductiepotentieel berekend voor de volledige uitfasering van alle dieselpersonen- en bestelauto's zonder roetfilter. Bij een volledige uitfasering van dieselpersonenauto's zonder roetfilter daalt de stikstofdioxideblootstelling met circa 140 ng/m³. Bij een volledige uitfasering van dieselbestelauto's zonder filter is dit 230 ng/m³. Het opgetelde potentieel is 370 ng/m³. Dit potentieel is zelfs groter dan het potentieel dat is berekend voor de ambitie uit het Regeerakkoord voor nieuwverkoop van nulmissieauto's in 2030 (166-276 ng/m³). Deze vergelijking van potentiëlen maakt duidelijk dat op de korte termijn (in de komende jaren) met de uitfasering van grofweg 500.000 dieselpersonen- en bestelauto's zonder filter (dieselauto's tot en met Euro4) een groter effect op de stikstofdioxideblootstelling gerealiseerd kan worden dan met beleid dat erop is gericht om in 2030 de nieuwverkopen alleen nog maar uit elektrische auto's te laten bestaan. Bij mobiliteit is het voor de stikstofdioxideluchtkwaliteit voor de korte termijn (komende jaren) dus bijzonder effectief om de kleine groep hele vieze auto's versnelt af te voeren.

5.2 Stikstofdioxideblootstellingseffect uitgedrukt per voertuig bij instroom van elektrische auto's en bij vervroegde uitfasering van pre-RDE-dieselauto's

Onze analyse laat zien dat de versnelde uitfasering van 180.000 pre-RDE-dieselauto's in 2020 een effect heeft op de stikstofdioxideblootstelling van 93 ng/m³. De instroom van 1,8 tot 2,8 miljoen elektrische voertuigen in 2030 heeft een blootstellingseffect van 165 tot 276 ng/m³ (zie figuur 5.5). De gemiddelde blootstellingswinst per vervroegd vervangen of nieuw ingestroomd voertuig is te berekenen door deze effecten te delen door het aantal vervangen of ingestroomde auto's. Doen we dit dan betekent dit een verschil van een factor 5 in effectiviteit per voertuig. Anders gezegd, de stikstofdioxideblootstellingswinst per versneld vervangen pre-RDE-dieselauto is een factor 5 groter dan het stikstofdioxide-effect per nieuw verkochte elektrische auto. Ondanks dit verschil in effectiviteit per voertuig, zien we dat het totale stikstofdioxide-effect van de ambitie toch significant groter is dan dat van de motorrijtuigenbelastingmaatregel voor pre-RDE-dieselauto's. Dit wordt verklaard doordat de realisatie van de kabinetsambitie voor elektrisch rijden samengaat met miljoenen verkochte elektrische auto's tegenover slechts circa 180.000 vervroegd vervangen pre-RDE-auto's.

De verklaring voor een factor 5 verschil in effectiviteit per voertuig is dat moderne Euro6-diesel- en benzinepersonenauto's al zijn uitgerust met technieken die de stikstofoxidenuitstoot effectief verminderen. Hierdoor is het effect voor de stikstofdioxideblootstelling van de instroom van een elektrische auto relatief beperkt. De nulmissieauto wordt namelijk gekocht in plaats van een anders gekochte relatief schone (nieuwe) Euro6-diesel- of benzineauto met een brandstofmotor. De belastingmaatregel voor pre-RDE-diesels grijpt anders aan. Deze maatregel zorgt er niet voor dat een schone RDE-diesel uit het park verdwijnt, maar leidt ertoe dat een vuilere pre-RDE-dieselauto van de weg verdwijnt. Deze pre-RDE-diesel voldoet onder praktijkomstandigheden nog niet aan de stikstofoxidenorm, en wordt door de belastingmaatregel vervangen door een Euro6-RDE-dieselauto (die wel voldoet) of een benzineauto.

5.2.3 Kosteneffectiviteit maatregelen stikstofdioxideblootstelling

Figuur 5.6 laat de kosteneffectiviteit van de beschouwde beleidsmaatregelen en technische potentiëlen in 2030 en 2020 zien, uitgedrukt als jaarlijkse kosten (miljoen euro) per eenheid stikstofdioxideblootstellingsvermindering (ng/m^3) (zie de bijlage voor de tabelresultaten).

De *beleidsmaatregelen* met de meest gunstige kosteneffectiviteit voor stikstofdioxideblootstellingsvermindering zijn:

- een *subsidieregeling* voor retrofit van binnenvaartschepen met een de-stikstofoxidenkatalysator;
- snelheidsbeperking bij zeeschepen via verlaging van het *havengeld*.

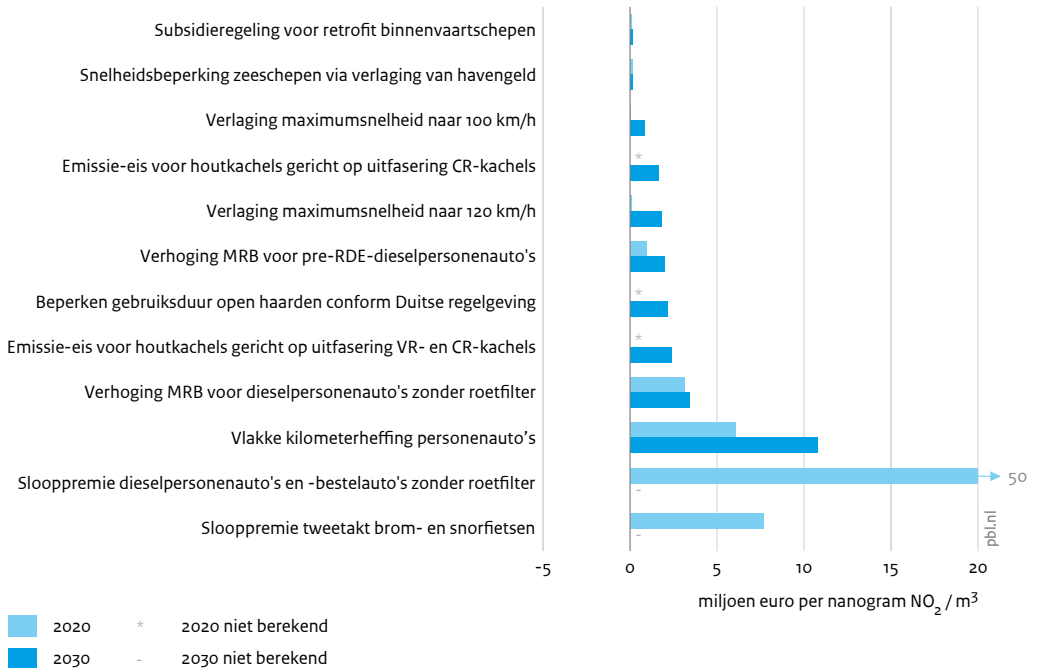
De kosteneffectiviteit voor deze maatregelen bedraagt 0,2 miljoen euro per ng/m^3 stikstofdioxide. Voor de blootstelling daaraan is het dus efficiënt en doelmatig is om aandacht te besteden aan dit type maatregelen.

Kijken we dan naar de kosteneffectiviteit van onderzochte motorrijtuigenbelastingmaatregelen voor het wegverkeer dan heeft de verhoging van die belasting voor pre-RDE-dieselpersonenauto's (met 800 euro per jaar) een kosteneffectiviteit van 1-2 miljoen euro per ng/m^3 stikstofdioxide. De verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor diesel-personeelauto's zonder filter heeft een kosteneffectiviteit van 3 miljoen per ng/m^3 stikstofdioxide. Dit geeft aan dat dit soort maatregelen bij het wegverkeer – die zijn gericht op het versneld vervangen van dit type auto's – duurder zijn dan de beschreven maatregelen bij de binnenvaart en de zeevaart.

Voor de stikstofdioxideblootstelling is het niet echt relevant om in te zoomen op de onderzochte beleidsmaatregelen voor houtstook. Deze maatregelen zijn primair gericht op de vermindering van de fijnstof- en roetblootstelling en hiervoor scoren deze maatregelen zeer gunstig op zowel effectiviteit als kosteneffectiviteit (zie paragraaf 5.1.1 en 5.1.2). Voor de volledigheid zijn de kosteneffectiviteitscijfers voor stikstofdioxide toch gegeven in figuur 5.6. De geïdentificeerde beleidsmaatregelen voor houtstook leiden tot een klein positief effect voor de stikstofdioxideblootstelling (zie figuur 5.5). Doordat de kosten hier worden gedeeld door een klein stikstofdioxide-effect, springt de kosteneffectiviteit voor

Figuur 5.6a

Kosteneffectiviteit van beleidsmaatregelen voor vermindering van stikstofdioxideblootstelling



Bron: PBL

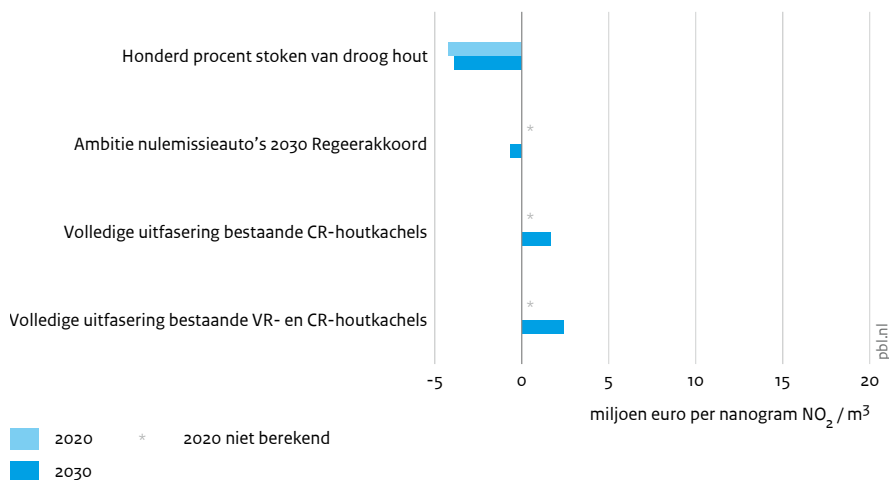
stikstofdioxide er wel ongunstig uit in figuur 5.6. Alle kosteneffectiviteitscijfers (voor fijnstof, stikstofdioxide en roet) zijn zo berekend dat alle kosten zijn toegerekend aan de beschouwde stof. Kosten zijn dus niet op voorhand verdeeld over de stoffen. Alle kosten zijn dus opnieuw bij elke stof meegenomen in de kosteneffectiviteitsberekening.

De ambitie voor nulemissiepersonenauto's uit het Regeerakkoord betekent naar verwachting kostendalingen en dus negatieve kosten (ofwel baten) voor het jaar 2030 (zie paragraaf 5.1.2). Deze negatieve kosten zijn in figuur 5.6b te herkennen als een negatieve kosteneffectiviteit.

De *technische maatregel* 'stoken van droog hout' leidt tot wat hogere emissies van stikstof-oxiden (hogere temperatuur in de vuurhaard) en dus een extra stikstofdioxideblootstelling. Deze toename in blootstelling is in figuur 5.5b gepresenteerd als een negatief effect op de blootstelling, en in figuur 5.6b als een negatieve kosteneffectiviteit (stoken van droog hout brengt extra kosten zich). Het zij ook hier opgemerkt dat het stoken van droog hout primair is gericht op het verlagen van de fijnstofemissies en daarbij potentieel kan zorgen voor fors lagere fijnstofemissies en -blootstelling (zie figuur 5.1b).

Figuur 5.6b

Kosteneffectiviteit van technisch potentieel voor vermindering van stikstofdioxideblootstelling



Bron: PBL

5.3 Analyse roetblootstelling

5.3.1 Effectiviteit maatregelen roetblootstelling 2030

Figuur 5.7a toont de effectiviteit van beleidsmaatregelen voor de roetblootstelling in 2030 en in 2020 en 2025 (zie de bijlage voor de tabelresultaten). Figuur 5.7b laat de in beeld gebrachte technische reductiepotentiëlen zien.

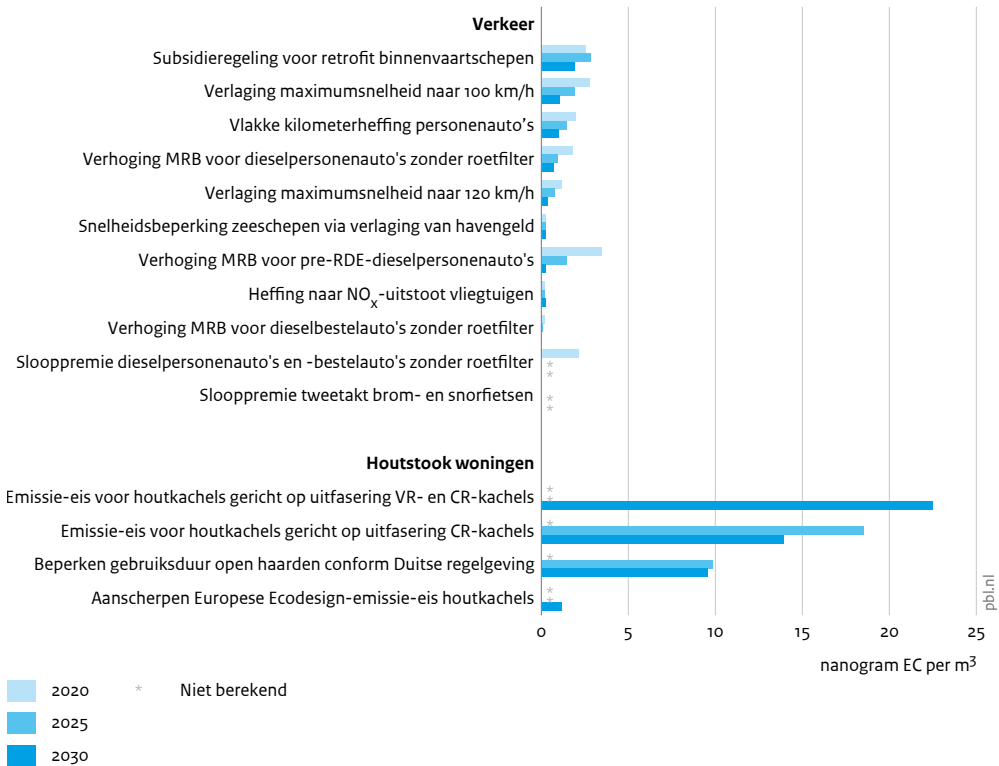
Merk hierbij op dat landbouwmaatregelen zijn gericht op ammoniak en stofemissies uit landbouwstallen en dus geen effect hebben op roet. Daarnaast is er geen roeteffect berekend voor de technische maatregel 'droog hout stoken' omdat de beschikbare onderzoeken niet eenduidig wijzen op een afname van de roetemissies. Nader onderzoek is nodig alvorens hier een effect aan kan worden toegekend.

De ordening van de belangrijkste maatregelen naar effectiviteit voor vermindering van de roetblootstelling is niet wezenlijk anders dan voor fijnstof. De *beleidsmaatregelen* met de meest gunstige effectiviteit in 2030 zijn opnieuw gericht op houtstook. Dit zijn:

- invoering van een *nationale emissie-eis* voor bestaande houtkachels gericht op volledige uitfasering van vervuilende (CR- en VR-)kachels per uiterlijk 1-1-2029 (22,5 ng/m³);
- het beperken van de gebruiksduur van open haarden conform *Duitse regelgeving* per uiterlijk 1-1-2024 (9,6 ng/m³).

Figuur 5.7a

Effectiviteit van beleidsmaatregelen voor vermindering van roetblootstelling



Bron: PBL

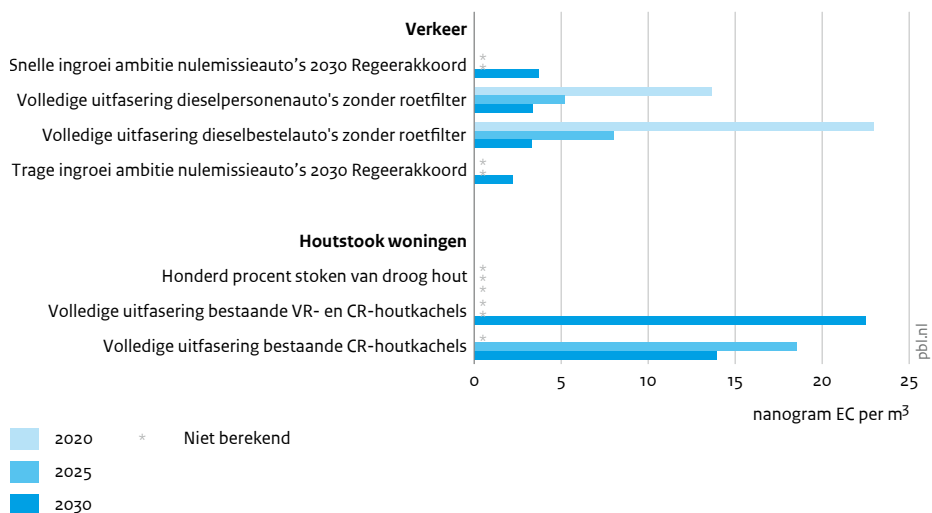
De volgende beleidsmaatregelen hebben een effectiviteit die voor 2030 afloopt van 2 naar 0,3 ng/m³:

- een *subsidieregeling* voor retrofit van binnenvaartschepen (1,9 ng/m³);
- het aanscherpen van de Europese Ecodesign-emissie-eis voor nieuwe houtkachels (1,2 ng/m³);
- de verlaging van de maximumsnelheid op snelwegen naar 100 km per uur (1,1 ng/m³);
- een *kilometerheffing* voor personenauto's (1,0 ng/m³);
- een verhoging van de *motorrijtuigenbelasting* voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter (0,7 ng/m³);
- snelheidsbeperking bij zeeschepen via verlaging van het *havengeld* (0,3 ng/m³).

Kijken we vervolgens naar de (*technische reductiepotentiëlen*) *technische maatregelen* dan blijkt de kabinetsambitie voor nulmissieauto's in 2030 potentieel een significant roetblootstellingseffect van 2,2 tot 3,7 ng/m³ te kunnen opleveren (figuur 5.7b). Merk hierbij op dat het

Figuur 5.7b

Technisch potentieel voor vermindering van roetblootstelling



Bron: PBL

effect van de transitie naar emissievrij rijden na 2030 nog een factor 3 tot 5 zal toenemen bij een volledige transitie naar nulemissierijden. Het potentieel van de volledige uitfasering van dieselpersonenauto's zonder filter is 3,3 ng/m³. Voor de volledige uitfasering van dieselbestelauto's is dit 3,6 ng/m³. Samen is dat 6,9 ng/m³. Dit maakt duidelijk dat met de volledige uitfasering van de in 2030 nog rondrijdende vervuilende dieselauto's zonder filter een potentieel roeteffect in 2030 te realiseren is dat driemaal zo groot is als het potentiële effect dat haalbaar is met de kabinetsambitie voor verkoop van nulemissieauto's. Een vergelijking met de reductiepotentiëlen voor houtstook laat zien dat de volledige sanering van verouderde houtkachels in 2030 een potentieel heeft van 22,5 ng/m³. Dat is een factor 3 groter dan het reductiepotentieel van de volledige uitfasering van dieselauto's zonder filter.

5.3.2 Effectiviteit maatregelen roetblootstelling 2020

De meest effectieve *beleidsmaatregelen* voor vermindering van de roetblootstelling in 2020 zijn in volgorde van effectiviteit:

- de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-dieselauto's (3,5 ng/m³)
- de verlaging van de snelheid op snelwegen naar 100 km per uur (2,8 ng/m³);
- de subsidieregeling voor retrofit van binnenvaartschepen (2,5 ng/m³);
- de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter (1,8 ng/m³).

De onderzochte belastingmaatregel voor diesels zonder filter scoort in de roetanalyse opvallend beter dan in de fijnstofanalyse. Dit wordt verklaard doordat deze belastingmaatregel heel specifiek is gericht op de vermindering van de primair uitgestoten roetemissies. Doordat andere onderzochte verkeersmaatregelen de fijnstofblootstelling ook verlagen via een emissiereductie van stikstofoxiden (secundair gevormd stof), scoren deze maatregelen (onder andere snelheidsverlaging, kilometerheffing) wat beter voor de aanpak van fijnstof dan voor die van roet (zie ook figuur 5.1a).

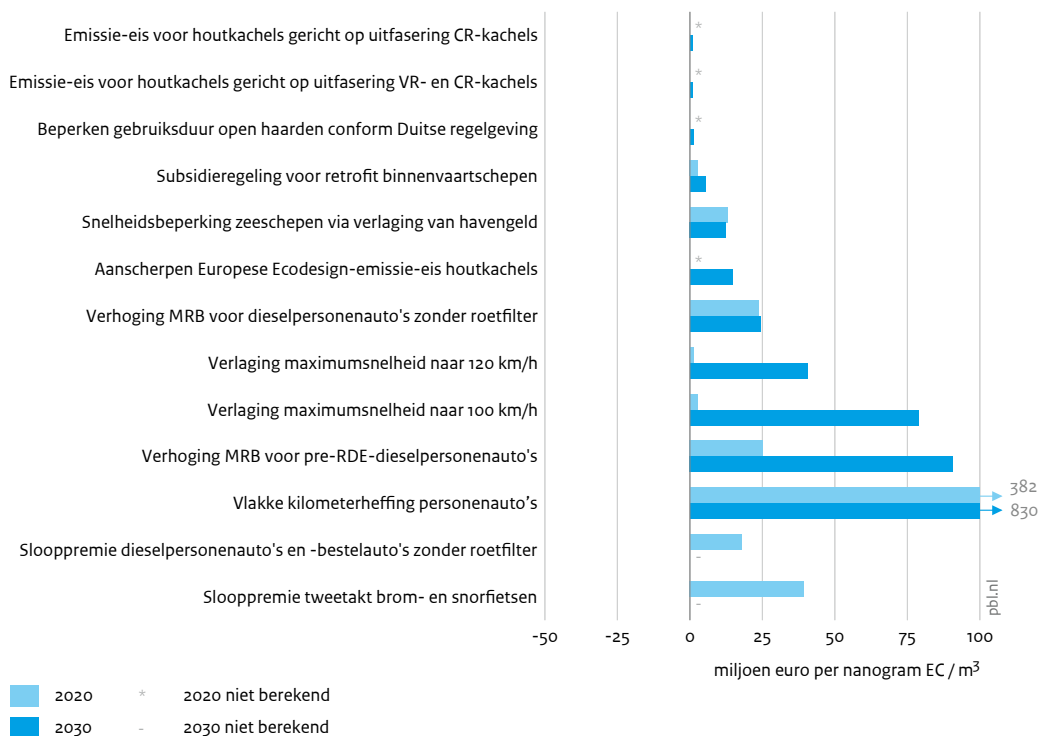
Voor de berekende *technische reductiepotentiëlen* (*technische maatregelen*) geldt dat in 2020 een blootstellingseffect van 14 respectievelijk 23 ng/m³ haalbaar is bij uitfasering van alle dieselpersonenauto's respectievelijk dieselbestelauto's zonder filter (zie figuur 5.7b). Opgeteld is dit potentieel voor uitfasering van vuile diesels 37 ng/m³. Dit potentieel is op de korte termijn (2020) daarmee groot en vergelijkbaar met het potentieel van de maatregelen voor houtstook bij kachels en open haarden zoals berekend voor 2030.

Roetblootstellingswinst per gesaneerde kachel of dieselauto zonder filter

De gepresenteerde cijfers voor vervuilende kachels en dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder filter maken het mogelijk om ook hier kentallen te berekenen voor de verwachte roetblootstellingswinst (gerekend over een heel jaar) per gesaneerde gemiddelde kachel of dieselauto. Hieruit blijkt dat de roetblootstellingswinst (opgeteld over een jaar) voor een versneld vervangen vervuilende houtkachel (gemiddeld bij uitfasering van CR en VR) een factor 2 groter is dan het roetblootstellingseffect van een vervroegd uitgefaseerde vervuilende diesel zonder filter.

Figuur 5.8a

Kosteneffectiviteit van beleidsmaatregelen voor vermindering van roetblootstelling



Bron: PBL

5.3.3 Kosteneffectiviteit maatregelen roetblootstelling

Figuur 5.8 laat de kosteneffectiviteit van de beschouwde beleidsmaatregelen en technische potentiëlen in 2030 zien, uitgedrukt als jaarlijkse kosten (miljoen euro) per eenheid roetblootstellingsvermindering (ng/m³) (zie de bijlage voor de tabelresultaten).

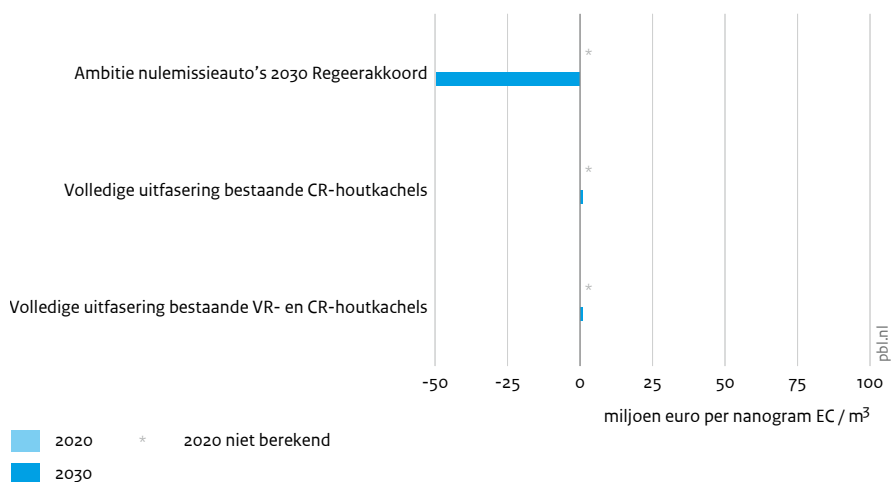
De meest kosteneffectieve *beleidsmaatregelen* voor de vermindering van de roetblootstelling zijn:

- de invoering van een nationale emissie-eis voor bestaande houtkachels gericht op volledige uitfasering van vervuilende CR- en VR-kachels;
- het beperken van de gebruiksduur van open haarden conform Duitse regelgeving.

Deze maatregelen hebben een kosteneffectiviteit van circa 1 miljoen euro per ng/m³ roet.

Figuur 5.8b

Kosteneffectiviteit van technisch potentieel voor vermindering van roetblootstelling



Bron: PBL

Dan volgen op enige afstand de volgende maatregelen in volgorde van kosteneffectiviteit:

- een retrofitregeling (roetfilter) voor binnenvaartschepen (6 miljoen euro per ng/m³);
- een snelheidsbeperking bij zeeschepen via verlaging van het havengeld (13 miljoen euro per ng/m³);
- de verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter (24 miljoen euro per ng/m³);
- het aanscherpen van de Europese Ecodesign-emissie-eis voor houtkachels (29 miljoen euro per ng/m³).

Ook voor roet geldt dat de belastingmaatregel gericht op versnelde vervanging van dieselpersonenauto's zonder roetfilter relatief ongunstig scoort op kosteneffectiviteit afgezet tegen andere maatregelen. Het verschil is echter minder groot dan in de vergelijkende analyse voor fijnstof. Dat wordt verklaard doordat effecten op de fijnstofuitstoot die lopen via condenseerbaar fijnstof of secundair stof (stikstofoxidenreductie) geen rol spelen bij de analyse voor de indicator roet.

De verlaging van de maximumsnelheid naar 110 km per uur werkt vooral door op de stikstofoxidenemissie en heeft een relatief ongunstige kosteneffectiviteit voor de roetblootstelling van 79 miljoen euro per ng/m³.

6 Maatregelpakketten

Om een beeld te geven van de ordegrrootte van de haalbare blootstellingswinst met nationaal beleid zijn er indicatieve beleidsmaatregelpakketten samengesteld voor particuliere houtstook, wegverkeer, scheepvaart en landbouw (tabel 6.1 en 6.2). Deze pakketten geven een beeld van wat er haalbaar is in 2030 en 2020 met de in deze studie geïdentificeerde beleidsmaatregelen. In de pakketten voor 2030 is ook rekening gehouden met de kabinetsambitie voor de verkoop van nulmissieauto's. De lage effectschatting voor dit streefbeeld is meegenomen in het pakket met nationale beleidsmaatregelen, omdat in het ontwerp-Klimaatakkoord een pakket aan concrete maatregelen is uitgewerkt die gericht zijn op de realisatie van deze ambitie. Op grond van de doorrekening van maatregelen uit het ontwerp-Klimaatakkoord lijkt de trage ingroeivariant het meest waarschijnlijk scenario. Dit scenario voor groei van nulmissiepersonenauto's is daarom meegenomen in het gegeven pakket. Merk op dat effecten van nationale motorrijtuigenbelastingmaatregelen voor het onaantrekkelijk maken van vervuilende dieselauto's zijn meegenomen in het pakket. Effecten van lokale maatregelen zoals milieuzoneringsbeleid daarentegen zijn niet onderzocht in deze studie en maken dus ook geen deel uit van het gegeven beleidspakket.

Tabel 6.1 en 6.2 laten de blootstellingsvermindering zien voor fijnstof, roet en stikstofdioxide in 2030 en 2020 voor de samengestelde pakketten. Hierbij is er gecorrigeerd voor overlap tussen maatregelen.

6.1 Samenstelling van het pakket

Het pakket voor *wegverkeer* is samengesteld uit:

- ambitie voor nulmissieauto's in 2030 uit het Regeerakkoord (trage ingroeivariant);
- verlaging van de maximumsnelheid naar 100 km per uur;
- vlakke *kilometerheffing* voor personenauto's (alleen voor 2030);
- verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor pre-RDE-dieselpersonenauto's;
- verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselpersonenauto's zonder filter;
- verhoging van de motorrijtuigenbelasting voor dieselbestelauto's zonder filter;
- slooppremie tweetaktbrom- en snorfietsen.

Het pakket voor *overig verkeer* bestaat uit:

- een *subsidieregeling* voor retrofit van binnenvaartschepen;
- een snelheidsbeperking bij zeeschepen via een verlaging van het *havengeld*;
- het instellen van een *heffing* op de stikstofoxidenuitstoot van vliegtuigen.

De kabinetsambitie voor de 100 procent verkoop van nulmissieauto's in 2030 is meegenomen in het beleidspakket omdat in het ontwerp-Klimaatakkoord een pakket aan concrete maatregelen is uitgewerkt dat is gericht op de realisatie van deze ambitie. Op grond van de doorrekening van dit maatregelpakket uit het ontwerp-Klimaatakkoord lijkt de trage ingroeivariant het meest waarschijnlijke scenario en deze is daarom verwerkt in het pakket.

Voor *houtstook* zijn de beleidsmaatregelen c2 (beperken gebruiksduur open haarden), c3 (uitfasering van vervuilende CR- en VR-kachels) en c4 (aanscherping Ecodesign-emissienorm) opgenomen in het pakket. De effecten voor deze afzonderlijke beleidsmaatregelen voor houtstook (maatregel c1, c3 en c4, tabel 3.1) zijn optelbaar. Blootstellings-effecten van de technische maatregel 'droog hout stoken' zijn niet meegenomen. Merk hierbij wel op dat ook de effectschatting voor deze maatregel (c5) geen overlap vertoont met de overige maatregelen voor houtstook. Dit wordt verklaard doordat in de emissieregistratie en het basisscenario wordt verondersteld dat gestookt hout in Nederlandse woningen optimaal (minimaal twee jaar) gedroogd is. Dit is in de praktijk niet het geval. TNO heeft bij de effectschattingen allereerst de emissie-effecten berekend van de maatregelen c2, c3 en c4 gegeven deze optimistische aanname. Vervolgens heeft TNO aanvullend berekend hoeveel hoger de emissies in het basisscenario uitkomen als we, gegeven het geraamde kachelpark tot 2030 (volgens het basisscenario en dus nog zonder maatregelen c1, c3 en c4), aannemen dat een kwart van het gestookte hout niet optimaal is gedroogd. Deze extra emissies zijn gelijkgesteld aan het potentiële reductie-effect dat onder de technische maatregel ctp5 is berekend indien Nederlandse burgers voor 100 procent droog hout zouden stoken.

Het *landbouwpakket* is samengesteld uit beleidsmaatregelen die een aanscherping betekenen van de bestaande regelgeving. Het gaat dan om de volgende maatregelen:

- mestinjectie grasland op land via aanpassing van de regeling voor het gebruik van meststoffen (112);
- aanscherping van de ammoniakemissie-eis nieuwe rundveestallen (14);
- aanscherping van de ammoniakemissie-eis legkippen in volièrehuisvesting (18).

Naast deze drie beleidsmaatregelen zijn er geen innovatieve technische landbouwmaatregelen meegenomen in het pakket.

6.2 Blootstellingseffecten van het pakket 2030 en 2020

Met het samengestelde pakket aan beleidsmaatregelen kan in 2030 een extra blootstellingsvermindering worden gerealiseerd van circa 340 ng/m³ fijnstof, 457 ng/m³ stikstofdioxide en 41 ng/m³ roet (tabel 6.1). Afgezet tegen de totale geraamde blootstelling in 2030 door bronnen op Nederlands grondgebied (inclusief zeescheepvaart op het Nederlands Continentaal Plat) is dit een reductie met respectievelijk 10, 5 en 21 procent. De haalbare daling in roetblootstelling is in 2030 daarmee tweemaal zo groot als die voor fijnstof.

Voor fijnstof en roet valt bij houtstook in kachels en open haarden de grootste potentiële winst te behalen. Voor stikstofdioxide valt vooral winst te behalen met maatregelen bij het wegverkeer.

Het pakket voor houtstook in woningen domineert het resultaat voor fijnstof met een daling van 252 nanogram per kubieke meter (zie tabel 6.1). De effecten van de beleidspakketten voor verkeer en landbouw zijn veel kleiner, respectievelijk 63 en 25 nanogram per kubieke meter. Het gegeven beleidspakket voor verkeer gaat daarbij uit van het nationaal beprijzen van vervuilende dieselauto's door middel van een forse verhoging van de motorrijtuigenbelasting. Het effect van dit prijsbeleid is echter klein, waardoor dit beleidspakket slechts een beperkt effect heeft op de uitfasering van vervuilende dieselauto's. Met ander beleid, zoals een uitgebreid milieuzoneringsbeleid gericht op de uitfasering van vervuilende diesels, kan mogelijk een groter effect worden bereikt. Hoewel lokale luchtmaatregelen in deze studie niet zijn onderzocht, geeft de analyse van technische potentiëlen wel inzicht in effecten die bereikt kunnen worden met een ver doorgevoerd milieuzoneringsbeleid. De analyse van technische potentiëlen laat zien dat uitgaande van een volledige uitfasering van alle dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter in Nederland in 2030 een maximaal effect te behalen is van 13 nanogram per kubieke meter (zie tabel 6.1). Dit effect is klein, afgezet tegen het effect van een volledige uitfasering van vervuilende kachels. De bevindingen voor fijnstof veranderen hierdoor dus niet wezenlijk: veruit de grootste blootstellingswinst is te behalen met een strenger beleid voor houtstook in woningen.

Op de korte termijn (2020, komende jaren) zijn alleen verkeersmaatregelen doorgerekend. Met het samengestelde pakket aan beleidsmaatregelen voor verkeer kan in 2020 een extra blootstellingsvermindering worden gehaald van circa 65 ng/m³ fijnstof, 454 ng/m³ stikstofdioxide en 11 ng/m³ roet (zie tabel 6.2). Het theoretisch maximaal haalbare reductiepotentieel van het volledig weren van alle nog actieve dieselauto's zonder roetfilter is op de korte termijn (circa 500.000 diesels zonder filter in 2020) veel groter dan op de lange termijn (circa 100.000 diesels zonder filter in 2030). In 2020 gaat het om circa 240.000 nog actieve personenauto's zonder filter en circa 290.000 bestelauto's. Het maximaal haalbare effect bij volledige uitfasering van deze auto's is in 2020 84 ng/m³ voor fijnstof, 372 ng/m³ voor stikstofdioxide en 37 ng/m³ voor roet. Dit zijn grote effecten, in het bijzonder voor roet en stikstofdioxide. Het gaat hier om een tijdelijk effect omdat het autopark door verjonging ook autonoom schoner wordt. In 2030 zijn deze maximaal haalbare effecten gedaald met 80 tot 85 procent.

Geconcludeerd kan worden dat er meerdere nationale opties beschikbaar zijn die met geen of beperkte meerkosten kunnen zorgen voor een significante vermindering in de blootstelling van fijnstof, stikstofdioxide en roet. Voor een verdere verlaging van de fijnstofblootstelling op de lange termijn (2030) ligt het voor de hand nadruk te leggen op maatregelen bij houtkachels en open haarden. Deze maatregelen voor houtstook zijn veruit het meest effectief. De ambitie van het kabinet voor nieuwverkoop van nulmissie-auto's in 2030 is een effectieve optie bij verkeer, maar met een aanzienlijk kleiner effect.

Tabel 6.1

Blootstellingsvermindering maatregelpakketten voor fijnstof, roet en stikstofdioxide, 2030

	Blootstellingsvermindering ^c , ng/m ³			Blootstellingsvermindering afgezet tegen de geraamde blootstelling veroorzaakt door Nederlandse bronnen in 2030 ^a , %		
Pakket door PBL beschouwde beleidsmaatregelen inclusief de kabinetsambitie verkoop nulemissiepersonenauto's						
	Fijnstof	Stikstofdioxide	Roet	Fijnstof	Stikstofdioxide	Roet
Wegverkeer	45	331	5	1,3%	4%	3%
Overig verkeer	18	110	2	0,5%	1%	1%
Houtkachels en open haarden	252	16	33	7,1%	0,2%	17%
Landbouw	25			0,7%		
Totaal	340	457	41	9,6%	5%	21%
Theoretisch potentieel bij volledige uitfasering dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder filter^b						
Wegverkeer	13	49	7	0,4%	0,6%	3%

- De totale berekende blootstelling in 2030 in het basispad veroorzaakt door Nederlandse antropogene bronnen voor fijnstof (inclusief zeescheepvaart) is 3.550 ng/m³ in 2030. De totale blootstelling aan roet door Nederlandse bronnen (inclusief zeescheepvaart) bedraagt 190 ng/m³ in 2030. De stikstofdioxideblootstelling veroorzaakt door Nederlandse bronnen is ordegrrootte benaderd; dit is niet een-op-een mogelijk omdat de relatie tussen stikstofoxidenuitstoot en stikstofdioxideblootstelling niet lineair verloopt.
- Dit technisch potentieel geeft de maximaal haalbare effecten ten opzichte van het basisscenario. Een klein deel van dit potentieel is opgenomen in het gegeven beleidspakket. Extra effecten ten opzichte van dit beleidspakket bedragen 11, 39 en 6 ng/m³ voor respectievelijk fijnstof, stikstofdioxide en roet.
- De resultaten van de berekeningen zijn niet afgerond: de onzekerheid is groter dan de cijfers suggereren.

Voor een verdere verlaging van de fijnstofblootstelling op de korte termijn (2020) kan de uitfasering van vervuilende oudere diesels zonder roetfilter I effectief zijn, naast maatregelen bij binnenvaart en zeescheepvaart en een verregaande snelheidsverlaging op snelwegen naar 100 km per uur. Voor een verdere reductie van stikstofdioxide komen verkeersmaatregelen in beeld. Als het om de roetblootstelling gaat, dan is de ordening van onderzochte beleidsmaatregelen naar effectiviteit op hoofdlijnen niet wezenlijk anders dan voor fijnstof. Voor stikstofdioxide en roet geldt dat er op korte termijn een groot reductiepotentieel is berekend voor de volledige uitfasering van dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder filter. Bij geen van de indicatoren voor luchtkwaliteit ligt een nadruk op landbouwmaatregelen voor de hand; met als kanttekening dat we kijken naar de gemiddelde effecten in Nederland. Wel zijn de drie geanalyseerde beleidsmaatregelen in de landbouw uitvoerbaar met geen of beperkte nettomeerkosten. Voor deze maatregelen geldt dat de kosten van de nieuwe schonere techniek niet opvallend hoger liggen dan voor de oude techniek. Ook is een aantal innovatieve landbouwmaatregelen mogelijk tegen beperkte kosten, zoals verhoging van de efficiency van de voerbenuiting bij melkvee en

Tabel 6.2

Blootstellingsvermindering maatregelpakketten voor fijnstof, roet en stikstofdioxide, 2020

	Blootstellingsvermindering ^c , ng/m ³			Blootstellingsvermindering afgezet tegen de geraamde blootstelling veroorzaakt door Nederlandse bronnen in 2020 ^a , %		
	Fijnstof	Stikstofdioxide	Roet	Fijnstof	Stikstofdioxide	Roet
Pakket door PBL beschouwde beleidsmaatregelen						
Wegverkeer	44	334	8	1,1%	3%	3%
Overig verkeer	21	120	3	0,5%	1%	1%
Totaal	65	454	11	1,6%	4%	4%
Theoretisch potentieel bij volledige uitfasering dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder filter^b						
Wegverkeer	84	372	37	2,1%	3%	14%

- De totale berekende blootstelling in het basispad veroorzaakt door Nederlandse antropogene bronnen voor fijnstof (inclusief zeescheepvaart) is 3.990 ng/m³ in 2020. De totale blootstelling aan roet door Nederlandse bronnen (inclusief zeescheepvaart) bedraagt in 2020 270 ng/m³. De stikstofdioxideblootstelling veroorzaakt door Nederlandse bronnen is ordegrrootte benaderd; dit is niet een op een mogelijk omdat de relatie tussen stikstofdioxidenuitstoot en stikstofdioxideblootstelling niet lineair verloopt.
- Dit technisch potentieel geeft de maximaal haalbare effecten ten opzichte van het basisscenario. Een klein deel van dit potentieel is opgenomen in het gegeven beleidspakket. Extra effecten ten opzichte van dit beleidspakket bedragen 78, 348 en 34 ng/m³ voor respectievelijk fijnstof, stikstofdioxide en roet.
- De resultaten van de berekeningen zijn niet afgerond: de onzekerheid is groter dan de cijfers suggereren.

meer beweiding van melkkoeien. Voor deze maatregelen geldt dat er investeringen moeten worden gepleegd (in technieken en/of kennis) waarvan wordt verwacht dat deze zich later terugverdienen.

Literatuur

- CE Delft (2019), *Nationale maatregelen luchtkwaliteit verkeer. Kosten en effecten op PM, NO_x en EC*. Delft: CE Delft.
- Daniëls, B.W. & R. Koelemeijer (2016), *Kostenefficiëntie van beleidsmaatregelen ter vermindering van broeikasgasemissies*, zie: <https://www.pbl.nl/publicaties/kostenefficiëntie-van-beleidsmaatregelen-ter-vermindering-vanbroeikasgasemissies>.
- Denier van der Gon, H., R. Bergström, C. Fountoukis, C. Johansson, S.N. Pandis, D. Simpson & A.J.H. Visschedijk (2015), 'Particulate emissions from residential wood combustion in Europe: Revised estimates and an evaluation', *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 6503-6519.
- Denier van der Gon, H., B. Henzing, R. Kranenburg, A. Visschedijk & M. Schaap (2018), 'Houtstook en de concentraties fijnstof', *Tijdschrift Lucht*, 2: 19-22.
- Gezondheidsraad (2018a), *Gezondheidseffecten luchtverontreiniging. Achtergronddocument bij: Gezondheidswinst door schonere lucht*, Nr. 2018/01A. Den Haag: Gezondheidsraad.
- Gezondheidsraad (2018b), *Gezondheidsrisico's rond veehouderijen: vervolgadvis*, Nr. 2018/04. Den Haag: gezondheidsraad.
- Groenestein, K., P. Bikker, C. van Bruggen, H. Ellen, J. van Harn, J. Huijsmans, N. Ogink, L. Şebek & I. Vermeij (2017), *PAS Aanvullende reservemaatregelen Landbouw*. Wageningen: WUR.
- Hekkenberg M. & R. Koelemeijer (2018), *Analyse van het voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord*. Den Haag: PBL.
- IBO (2019), *IBO Luchtkwaliteit*. Den Haag: Ministerie van Financiën.
- Janssen N., M.E. Gerlofs-Nijland, T. Lanki, R.O. Salonen, F. Cassee, G. Hoek, P. Fischer, B. Brunekreef & M. Krzyzanowski (2012), *World Health Organization. Health effects of black carbon*. Copenhagen: WHO.
- Koelemeijer, R., B. Daniëls, P. Koutstaal, G. Geilenkirchen, J. Ros, P. Boot, G.J. van den Born & M. van Schijndel (2018), *Kosten energie- en klimaattransitie in 2030 – update 2018*, Den Haag: PBL.

Ministerie van IenW (2019), *Brief van de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat betreffende houtrook van particuliere kachels*. ENW/BSK-2019/6882.

Nussbaumer, T. (2010), *Emissionsfaktoren von Holzfeuerungen und Klimaeffekt von Aerosolen aus der Biomasse-Verbrennung*, 11. Holzenergie-Symposium, 17. September 2010, ETH Zürich, ISBN 3-908705-21-5, 67–90.

PBL (2019), *Effecten ontwerp Klimaatakkoord*. Den Haag: PBL, zie: <https://www.pbl.nl/publicaties/effecten-ontwerp-klimaatakkoord>.

Rekenkamer (2018), *Resultaten verantwoordingsonderzoek 2017 Ministerie van Infrastructuur en Milieu (XII)*, Rapport bij het jaarverslag.

RIVM (2013), *RIVM-dossier fijn stof hoofdstuk 1, 'Stof: hoe en wat'*. Versie 1. Bilthoven: RIVM.

Schijndel, M. van, et al. (2019), *Berekening landbouw-opties*. Den Haag: PBL.

Schoots, K., M. Hekkenberg & P. Hammingh (2017), *Nationale Energieverkenning 2017*. Den Haag: PBL, zie: <http://www.pbl.nl/publicaties/nationale-energieverkenning-2017>.

Segers, R. (2013), 'Houtverbruik Huishoudens WoON-onderzoek 2012', *CBS Webartikel*, 20-12-2013.

TNO (2019), *Berekening kachel-opties 2018*, TNO-notitie nummer 060.34651. Petten: TNO.

UNECE (2018), *TFEIP-TFMM Proposal condensables for EMEP Steering Body. Informal Documents item 14: Progress in emissions inventories and other emissions-related issues: (b) Improvement of emission data*, Fourth Joint Session of the EMEP Steering Body and the Working Group on Effects 10-14 September 2018 Geneva, Switzerland, zie: <https://www.unece.org/index.php?id=45539>.

Velders, G.J.M., J.M.M. Aben, G.P. Geilenkirchen, H.A. den Hollander, B.A. Jimmink, H.E. van der Swaluw, W.J. de Vries, J. Wesseling & M.C. van Zanten (2013), *Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland. Rapportage 2013*. Bilthoven: RIVM.

Velders, G.J.M., J.M.M. Aben, G.P. Geilenkirchen, H.A. den Hollander, L. Megens, E. van der Swaluw, W.J. de Vries, M.C. van Zanten (2016), *Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland. Rapportage 2016*, Rapport 2016-0068. Bilthoven: RIVM.

Velders, G.J.M., J.M.M. Aben, G.P. Geilenkirchen, H.A. den Hollander, L. Nguyen, E. van der Swaluw, W.J. de Vries, R.J. Wichink Kruit (2018), *Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland. Rapportage 2018*, RIVM Briefrapport 2018-0104. Bilthoven: RIVM.

Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, J.W.H. van der Kolk, S.V. Oude Voshaar, J. Vonk & M.W. van Schijndel (2016), *Referentieraming van emissies naar lucht uit de landbouw tot 2030. Achtergronddocument bij de Nationale Energieverkenning 2015, met emissies van ammoniak, methaan, lachgas, stikstofoxide en fijnstof uit de landbouw tot 2030*. Wageningen: WUR.

WUR, *Dossier fijnstof – Fijnstof en endotoxinen uit stallen*, zie <https://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Fijnstof-en-endotoxinen-uit-stallen.htm>.

Bijlage

Tabel B.1

Blootstellingsvermindering fijnstof, ng/m³

Code	Naam maatregel	2020	2025	2030
Beleidsmaatregelen				
v1	Verhoging MRB voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter	3,8	2,4	1,4
v2	Verhoging MRB voor dieselbestelauto's zonder roetfilter	0,2	0,1	0,1
v3	Slooppremie dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter	3,4		
v4	Verhoging MRB voor pre-RDE-dieselpersonenauto's	12,7	6,1	1,6
v6	Verlaging maximumsnelheid naar 120 km/h	3,3	2,6	1,9
v7	Verlaging maximumsnelheid naar 100 km/h	27,4	19,9	12,4
v8	Subsidieregeling voor retrofit binnenvaartschepen	13,8	16,1	11,4
v12	Snelheidsbeperking zeeschepen via verlaging van havengeld	5,4	4,9	4,4
v13	Slooppremie tweetaktbrom- en snorfietzen	0,02		
v14	Vlakke kilometerheffing personenauto's		15,8	10,5
v15	Heffing naar stikstofoxidenuitstoot vliegtuigen	1,8	2,1	2,3
c1	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering CR-kachels		127,5	95,1
c2	Beperken gebruiksduur open haarden conform Duitse regelgeving		83,3	80,7
c3	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering VR- en CR-kachels			161,7
c3a	Additioneel effect maatregel c3 bij tegelijk aanscherpen Europese Ecodesign-emissie-eis houtkachels			13,8
c4	Aanscherpen Europese Ecodesign-emissie-eis houtkachels			9,4
l4	Aanscherpen ammoniakemissie-eis nieuwe rundveestallen		2,6	5,2
l8	Aanscherpen ammoniakemissie-eis legkippen in volièrehuisvesting		1,6	3,2
h2	Verplichting tot mestinjectie grasland op zand		8,3	16,5
Technische reductiepotentiëlen				
vtm1	Volledige uitfasering dieselpersonenauto's zonder roetfilter	31,6	10,9	6,9
vtm2	Volledige uitfasering dieselbestelauto's zonder roetfilter	52,3	17,7	6,6
vtm16a	Trage ingroei ambitie nulemissieauto's 2030 Regeerakkoord			23,2
vtm16b	Snelle ingroei ambitie nulemissieauto's 2030 Regeerakkoord			38,7
ctm1	Volledige uitfasering bestaande CR-houtkachels		127,5	95,1
ctm3	Volledige uitfasering bestaande VR- en CR-houtkachels			161,7
ctm5	Honderd procent stoken van droog hout		326,5	304,3
ltm1	Verbeterde mestschuiven in niet-emissiearme melkveestallen		3,6	7,2
ltm2	Ventilatiemanagement in melkveestallen van voor 2015		2,5	5,1

Code	Naam maatregel	2020	2025	2030
ltm3	Vervanging bestaande niet-emissiearme melkveestallen na 20 jaar		10,5	10,5
ltm5	Voermaatregelen melkvee		8,6	17,1
ltm6	Minder jongvee		2,4	4,9
ltm7	Meer beweiding melkkoeien (aanvullend 30%)		7,5	14,9
ltm9	Voermaatregelen legkippen		2,5	5,1
ltm10	Luchtwater met bypass bij vleeskuikenstallen		3,2	6,5
ltm11	Voermaatregelen vleeskuikens		1,2	2,4
ltm13	Minder kunstmest door preciezer bemesten		1,6	3,2
ltm14	Toepassen ionisatiefilter bestaande legkipstallen		1,5	3,1
ltm15	Toepassen negatieve ionisatie bestaande vleeskuikenstallen		1,7	3,5

Tabel B.2

Blootstellingsvermindering stikstofdioxide, ng/m³

Code	Naam maatregel	2020	2025	2030
Beleidsmaatregelen				
v1	Verhoging MRB voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter	13,7	7,9	4,9
v2	Verhoging MRB voor dieselbestelauto's zonder roetfilter	-0,6	-0,2	0,1
v3	Slooppremie dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter	0,8		
v4	Verhoging MRB voor pre-RDE-dieselpersonenauto's	93,1	44,8	13,0
v6	Verlaging maximumsnelheid naar 120 km/h	17,0	13,1	9,0
v7	Verlaging maximumsnelheid naar 100 km/h	227,9	166,8	102,7
v8	Subsidieregeling voor retrofit binnenvaartschepen	75,2	90,5	67,0
v12	Snelheidsbeperking zeeschepen via verlaging van havengeld	29,3	26,0	22,5
v13	Slooppremie tweetaktbrom- en snorfietzen	0,04		
v14	Vlakke kilometerheffing personenauto's		102,8	77,7
v15	Heffing naar stikstofoxidenuitstoot vliegtuigen	15,1	17,7	20,4
Emissie-eisen				
c1	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering CR-kachels		12,6	6,6
c2	Beperken gebruiksduur open haarden conform Duitse regelgeving		6,1	6,0
c3	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering VR- en CR-kachels			9,7
c3a	Additioneel effect maatregel c3 bij tegelijk aanscherpen Europese Ecodesign-emissie-eis houtkachels			0,0
c4	Aanscherpen Europese Ecodesign-emissie-eis houtkachels			0,0
Technische reductiepotentiëlen				
vtm1	Volledige uitfasering dieselpersonenauto's zonder roetfilter	137,4	39,3	24,4
vtm2	Volledige uitfasering dieselbestelauto's zonder roetfilter	234,8	77,9	24,1
vtm16a	Trage ingroei ambitie nulmissieauto's 2030 Regeerakkoord			165,5
vtm16b	Snelle ingroei ambitie nulmissieauto's 2030 Regeerakkoord			275,7
Houtkachels				
ctm1	Volledige uitfasering bestaande CR-houtkachels		12,6	6,6
ctm3	Volledige uitfasering bestaande VR- en CR-houtkachels			9,7
ctm5	Honderd procent stoken van droog hout		-20,0	-20,9

Tabel B.3

Blootstellingsvermindering roet, ng/m³

Code	Naam maatregel	2020	2025	2030
Beleidsmaatregelen				
v1	Verhoging MRB voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter	1,8	1,0	0,7
v2	Verhoging MRB voor dieselbestelauto's zonder roetfilter	0,2	0,1	0,03
v3	Slooppremie dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter	2,1		
v4	Verhoging MRB voor pre-RDE-dieselpersonenauto's	3,5	1,4	0,3
v6	Verlaging maximumsnelheid naar 120 km/h	1,2	0,8	0,4
v7	Verlaging maximumsnelheid naar 100 km/h	2,8	1,9	1,1
v8	Subsidieregeling voor retrofit binnenvaartschepen	2,5	2,9	1,9
v12	Snelheidsbeperking zeeschepen via verlaging van havengeld	0,3	0,3	0,3
v13	Slooppremie tweetaktbrom- en snorfietzen	0,01		
v14	Vlakke kilometerheffing personenauto's		1,5	1,0
v15	Heffing naar stikstofoxidenuitstoot vliegtuigen	0,2	0,2	0,2
c1	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering CR-kachels		18,5	14,0
c2	Beperken gebruiksduur open haarden conform Duitse regelgeving		9,8	9,6
c3	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering VR- en CR-kachels			22,5
c3a	Additioneel effect maatregel c3 bij tegelijk aanscherpen Europese Ecodesign-emissie-eis houtkachels			1,8
c4	Aanscherpen Europese Ecodesign-emissie-eis houtkachels			1,2
Technische reductiepotentiëlen				
vtm1	Volledige uitfasering dieselpersonenauto's zonder roetfilter	13,6	5,2	3,3
vtm2	Volledige uitfasering dieselbestelauto's zonder roetfilter	23,0	8,0	3,3
vtm16a	Trage ingroei ambitie nulmissieauto's 2030 Regeerakkoord			2,2
vtm16b	Snelle ingroei ambitie nulmissieauto's 2030 Regeerakkoord			3,7
ctm1	Volledige uitfasering bestaande CR-houtkachels		18,5	14,0
ctm3	Volledige uitfasering bestaande VR- en CR-houtkachels			22,5
ctm5	Honderd procent stoken van droog hout			

Tabel B.4

Nationale kosten van maatregelen, miljoen euro/jaar

Code	Naam maatregel	2020	2025	2030
Code	Naam maatregel	2020	2025	2030
Beleidsmaatregelen				
v1	Verhoging MRB voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter	43	26	17
v2	Verhoging MRB voor dieselbestelauto's zonder roetfilter			
v3	Slooppremie dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter	38		
v4	Verhoging MRB voor pre-RDE-dieselpersonenauto's	88	57	26
v6	Verlaging maximumsnelheid naar 120 km/h	2	9	16
v7	Verlaging maximumsnelheid naar 100 km/h	8	45	85
v8	Subsidieregeling voor retrofit binnenvaartschepen	7	11	11
v12	Snelheidsbeperking zeeschepen via verlaging van havengeld	4	4	4
v13	Slooppremie tweetaktbrom- en snorfietzen	0,3		
v14	Vlakke kilometerheffing personenauto's	764	801	838
v15	Heffing naar stikstofoxidenuitstoot vliegtuigen	-306	-341	-376
c1	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering CR-kachels		15	11
c2	Beperken gebruiksduur open haarden conform Duitse regelgeving		13	13
c3	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering VR- en CR-kachels			23
c3a	Additioneel effect maatregel c3 bij tegelijk aanscherpen Europese Ecodesign-emissie-eis houtkachels			26
c4	Aanscherpen Europese Ecodesign-emissie-eis houtkachels			17
l4	Aanscherpen ammoniakemissie-eis nieuwe rundveestallen	0	0	0
l8	Aanscherpen ammoniakemissie-eis legkippen in volièrehuisvesting	0	0	0
l12	Verplichting tot mestinjectie grasland op zand	0	0	0
Technische reductiepotentiëlen				
vtm1	Volledige uitfasering dieselpersonenauto's zonder roetfilter			
vtm2	Volledige uitfasering dieselbestelauto's zonder roetfilter			
vtm16a	Trage ingroei ambitie nulemissieauto's 2030 Regeerakkoord			-110
vtm16b	Snelle ingroei ambitie nulemissieauto's 2030 Regeerakkoord			-185
ctm1	Volledige uitfasering bestaande CR-houtkachels		15	11
ctm3	Volledige uitfasering bestaande VR- en CR-houtkachels			23
ctm5	Honderd procent stoken van droog hout		81	82

Code	Naam maatregel	2020	2025	2030
ltm1	Verbeterde mestschuiven in niet-emissiearme melkveestallen		5	10
ltm2	Ventilatiemanagement in melkveestallen van voor 2015		5	9
ltm3	Vervanging bestaande niet-emissiearme melkveestallen na 20 jaar		87	87
ltm5	Voermaatregelen melkvee		0	0
ltm6	Minder jongvee		0	0
ltm7	Meer beweiding melkkoeien (aanvullend 30%)		0	0
ltm9	Voermaatregelen legkippen		14	27
ltm10	Luchtwater met bypass bij vleeskuikenstallen		11	21
ltm11	Voermaatregelen vleeskuikens		0	0
ltm13	Minder kunstmest door preciezer bemesten		13	25
ltm14	Toepassen ionisatiefilter bestaande legkipstallen		4	8
ltm15	Toepassen negatieve ionisatie bestaande vleeskuikenstallen		2	3

Tabel B.5

Kosteneffectiviteit voor blootstellingsvermindering fijnstof, miljoen euro per ng/m³

Code	Naam maatregel	2020	2025	2030
Beleidsmaatregelen				
v1	Verhoging MRB voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter	11,4	10,6	11,9
v2	Verhoging MRB voor dieselbestelauto's zonder roetfilter			
v3	Slooppremie dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter	11,3		
v4	Verhoging MRB voor pre-RDE-dieselpersonenauto's	6,9	9,2	15,7
v6	Verlaging maximumsnelheid naar 120 km/h	0,5	3,4	8,4
v7	Verlaging maximumsnelheid naar 100 km/h	0,3	2,3	6,8
v8	Subsidieregeling voor retrofit binnenvaartschepen	0,5	0,7	0,9
v12	Snelheidsbeperking zeeschepen via verlaging van havengeld	0,7	0,7	0,8
v13	Slooppremie tweetaktbrom- en snorfietzen	13,6		
v14	Vlakke kilometerheffing personenauto's		50,8	79,6
v15	Heffing naar stikstofoxidenuitstoot vliegtuigen	-167	-163	-161
c1	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering CR-kachels		0,1	0,1
c2	Beperken gebruiksduur open haarden conform Duitse regelgeving		0,2	0,2
c3	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering VR- en CR-kachels			0,1
c3a	Additioneel effect maatregel c3 bij tegelijk aanscherpen Europese Ecodesign-emissie-eis houtkachels			1,9
c4	Aanscherpen Europese Ecodesign-emissie-eis houtkachels			1,8
l4	Aanscherpen ammoniakemissie-eis nieuwe rundveestallen		0	0
l8	Aanscherpen ammoniakemissie-eis legkippen in volièrehuisvesting		0	0
h2	Verplichting tot mestinjectie grasland op zand		0	0
Technische reductiepotentiëlen				
vtm1	Volledige uitfasering dieselpersonenauto's zonder roetfilter			
vtm2	Volledige uitfasering dieselbestelauto's zonder roetfilter			
vtm16a	Trage ingroei ambitie nulemissieauto's 2030 Regeerakkoord			-4,8
vtm16b	Snelle ingroei ambitie nulemissieauto's 2030 Regeerakkoord			-4,8
ctm1	Volledige uitfasering bestaande CR-houtkachels		0,1	0,1
ctm3	Volledige uitfasering bestaande VR- en CR-houtkachels			0,1
ctm5	Honderd procent stoken van droog hout		0,2	0,3
ltm1	Verbeterde mestschuiven in niet-emissiearme melkveestallen		1,4	1,4
ltm2	Ventilatiemanagement in melkveestallen van voor 2015		1,9	1,9

Code	Naam maatregel	2020	2025	2030
ltm3	Vervanging bestaande niet-emissiearme melkveestallen na 20 jaar		8,3	8,3
ltm5	Voermaatregelen melkvee		0	0
ltm6	Minder jongvee		0	0
ltm7	Meer beweiding melkkoeien (aanvullend 30%)		0	0
ltm9	Voermaatregelen legkippen		5,3	5,3
ltm10	Luchtwater met bypass bij vleeskuikenstallen		3,3	3,3
ltm11	Voermaatregelen vleeskuikens		0,2	0,2
ltm13	Minder kunstmest door preciezer bemesten		7,8	7,8
ltm14	Toepassen ionisatiefilter bestaande legkipstallen		2,6	2,6
ltm15	Toepassen negatieve ionisatie bestaande vleeskuikenstallen		0,9	0,9

Tabel B.6

Kosteneffectiviteit voor blootstellingsvermindering stikstofdioxide, miljoen euro per ng/m³

Code	Naam maatregel	2020	2025	2030
Beleidsmaatregelen				
v1	Verhoging MRB voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter	3,1	3,3	3,4
v2	Verhoging MRB voor dieselbestelauto's zonder roetfilter	3,4	5,1	-3,4
v3	Slooppremie dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter	49,5		
v4	Verhoging MRB voor pre-RDE-dieselpersonenauto's	0,9	1,3	2,0
v6	Verlaging maximumsnelheid naar 120 km/h	0,1	0,7	1,8
v7	Verlaging maximumsnelheid naar 100 km/h	0,0	0,3	0,8
v8	Subsidieregeling voor retrofit binnenvaartschepen	0,1	0,1	0,2
v12	Snelheidsbeperking zeeschepen via verlaging van havengeld	0,1	0,1	0,2
v13	Slooppremie tweetaktbrom- en snorfietzen	7,7	nb	nb
v14	Vlakke kilometerheffing personenauto's		7,8	10,8
v15	Heffing naar stikstofoxidenuitstoot vliegtuigen	-20	-19	-18
c1	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering CR-kachels		1,1	1,7
c2	Beperken gebruiksduur open haarden conform Duitse regelgeving		2,1	2,2
c3	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering VR- en CR-kachels			2,4
Technische reductiepotentiëlen				
vtm1	Volledige uitfasering dieselpersonenauto's zonder roetfilter			
vtm2	Volledige uitfasering dieselbestelauto's zonder roetfilter			
vtm16a	Trage ingroei ambitie nulmissieauto's 2030 Regeerakkoord			-0,7
vtm16b	Snelle ingroei ambitie nulmissieauto's 2030 Regeerakkoord			-0,7
ctm1	Volledige uitfasering bestaande CR-houtkachels		1,1	1,7
ctm3	Volledige uitfasering bestaande VR- en CR-houtkachels			2,4
ctm5	Honderd procent stoken van droog hout		-4,1	-3,9

Tabel B.7

Kosteneffectiviteit voor blootstellingsvermindering roet, miljoen euro per ng/m³

Code	Naam maatregel	2020	2025	2030
Beleidsmaatregelen				
v1	Verhoging MRB voor dieselpersonenauto's zonder roetfilter	23,8	26,8	24,4
v2	Verhoging MRB voor dieselbestelauto's zonder roetfilter			
v3	Slooppremie dieselpersonenauto's en -bestelauto's zonder roetfilter	17,7		
v4	Verhoging MRB voor pre-RDE-dieselpersonenauto's	25,2	39,1	90,7
v6	Verlaging maximumsnelheid naar 120 km/h	1,4	11,1	40,5
v7	Verlaging maximumsnelheid naar 100 km/h	2,7	23,5	78,8
v8	Subsidieregeling voor retrofit binnenvaartschepen	2,8	3,7	5,5
v12	Snelheidsbeperking zeeschepen via verlaging van havengeld	13,1	12,7	12,5
v13	Slooppremie tweetaktbrom- en snorfietzen	39,3		
v14	Vlakke kilometerheffing personenauto's	382	546	830
v15	Heffing naar stikstofoxidenuitstoot vliegtuigen	-1496	-1547	-1589
c1	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering CR-kachels		0,8	0,8
c2	Beperken gebruiksduur open haarden conform Duitse regelgeving		1,3	1,4
c3	Emissie-eis voor houtkachels gericht op uitfasering VR- en CR-kachels			1,0
c3a	Additioneel effect maatregel c3 bij tegelijk aanscherpen Europese Ecodesign-emissie-eis houtkachels			14,6
c4	Aanscherpen Europese Ecodesign-emissie-eis houtkachels			14,8
Technische reductiepotentiëlen				
vtm1	Volledige uitfasering dieselpersonenauto's zonder roetfilter			
vtm2	Volledige uitfasering dieselbestelauto's zonder roetfilter			
vtm16a	Trage ingroei ambitie nulmissieauto's 2030 Regeerakkoord			-49,6
vtm16b	Snelle ingroei ambitie nulmissieauto's 2030 Regeerakkoord			-49,6
ctm1	Volledige uitfasering bestaande CR-houtkachels		0,8	0,8
ctm3	Volledige uitfasering bestaande VR- en CR-houtkachels			1,0
ctm5	Honderd procent stoken van droog hout			

Planbureau voor de Leefomgeving

Postadres
Postbus 30314
2500 GH Den Haag

www.pbl.nl
[@leefomgeving](https://twitter.com/leefomgeving)

Mei 2019