



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Klimaatakkoord: effecten op veiligheid, gezondheid en natuur

RIVM Rapport 2019-0076
J. van der Ree et al.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Klimaatakkoord: effecten op veiligheid, gezondheid en natuur

RIVM Rapport 2019-0076

Colofon

© RIVM 2019

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2019-0076

J. van der Ree (auteur), RIVM
E. Honig (auteur), RIVM
P.A.M. Uijt De Haag (auteur), RIVM
G. Kelfkens (auteur), RIVM
M.F. van de Ven (auteur), RIVM

Contact:

Joost van der Ree
Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid
e-mail: joost.van.der.ree@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, directie Warmte in het kader van het project: M/460103/01/AA 'Verkenning potentiële gezondheids- en veiligheidswinst energietransitie'.

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Klimaatakkoord: effecten op veiligheid, gezondheid en natuur

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat wil de positieve en negatieve effecten van het Klimaatakkoord voor veiligheid, gezondheid en natuur in beeld brengen. Het RIVM heeft daarom onderzocht wat het afbouwen van de huidige fossiele energie bronnen, en de systemen en technieken die daardoor verdwijnen, betekent voor veiligheid, gezondheid en natuur.

De maatregelen in het Klimaatakkoord kunnen, door het verdwijnen van de fossiele bronnen, winst opleveren voor gezondheid, veiligheid en natuur. Deze winst is relevant maar ook beperkt omdat CO₂-reductie zich niet één-op-één vertaalt in vermindering van luchtverontreiniging of in veiligere leef- en werkomstandigheden.

Het gaat hierbij nadrukkelijk om een eerste verkenning die een ruwe schatting op nationaal niveau oplevert. Internationale maatregelen kunnen de winst vergroten. Deze verkenning houdt geen rekening met de mogelijke gevolgen van de vervangende energiesystemen en technieken.

Voor veiligheid gaat het vooral om het wegvallen van koolmonoxide-vergiftiging door gebruik van aardgasinstallaties in huis. Als in 2050 alle woningen gasloos zijn, worden 10-50 dodelijke slachtoffers per jaar voorkomen. Daarnaast verdwijnen risicobronnen, waardoor de kans op een ramp met tien of meer doden door deze bronnen verdwijnt. Vooral het vervallen van het transport van brandstoffen levert een belangrijke verbetering op.

Voor gezondheid ligt de winst vooral in het vervangen van verbrandingsmotoren (benzine, diesel, gas) door elektromotoren. Hierdoor komen minder stikstofoxiden en fijnstof in de lucht. Geschat wordt dat deze emissies in 2030 met 10% kunnen dalen ten opzichte van 2016. De ziektelast door luchtverontreiniging zal hierdoor met één tot enkele procenten afnemen. Voor 2050 wordt een verdere daling verwacht voor stikstofoxiden en fijnstof door de klimaatmaatregelen, waardoor de afname van de ziektelast nog eens kan verdubbelen.

Blootstelling aan dieselrook op de werkplek kan leiden tot longkanker en andere aandoeningen. Door het verdwijnen van dieselrook kan de werkgerelateerde ziektelast met één tot enkele procenten afnemen.

Elektrische auto's maken bij lage snelheden minder geluid waardoor de geluidsoverlast binnen de bebouwde kom afneemt. Dat kan leiden tot een geluidsreductie met 1 decibel in 2030 en met 3-4 decibel in 2050. Als het lukt een vermindering met 3-4 decibel te realiseren zal de ziektelast als gevolg van geluid met 15-25% afnemen.

Voor natuur is met het Klimaatakkoord winst te halen door een verdere vermindering van de stikstofdepositie. Ongeveer 10% extra vermindering

in 2050 is mogelijk. Als die daling wordt gerealiseerd zal het natuuroppervlak waarvoor de stikstofbelasting onder de kritische waarde ligt toenemen. Dit heeft gunstige gevolgen voor natuur en biodiversiteit.

Realiseren van de klimaatdoelen van Parijs (2015) is nodig om verdere opwarming van de aarde en de gevolgen daarvan zo veel mogelijk te voorkomen. Om aan de afspraken van Parijs te voldoen moet Nederland overstappen van fossiele brandstoffen op duurzame energiebronnen zoals zon en wind. Het (ontwerp-)Klimaatakkoord legt de maatregelen en afspraken voor deze energietransitie vast. Doel van het Klimaatakkoord is een vermindering van broeikasgassen met 49% in 2030 en met 95-100% in 2050.

Kernwoorden: klimaatakkoord, broeikasgassen, CO₂-reductie, veiligheid, gezondheid, natuur

Synopsis

Climate Accord: effects on health, safety and nature

The Ministry of Economic Affairs and Climate Policy wants to identify the positive and negative consequences of the Climate Accord for safety, health and nature. RIVM has therefore investigated what the reduction of the current fossil energy sources (and the systems and techniques that would disappear as a result) means for safety, health and nature.

The disappearance of fossil sources means that the measures in the Climate Accord can be beneficial for health, safety and nature. These benefits are relevant but also limited because CO₂ reductions do not translate directly into reduced atmospheric pollution or safer living and working conditions.

This is emphatically just a first exploration that gives a rough estimate at the national level. International measures can increase the benefits. This exploratory study does not take account of the possible consequences of the replacement energy systems and techniques.

The main benefit for safety is the elimination of carbon monoxide poisoning that is due to natural gas systems being used in the home. If all houses are gasless by 2050, 10-50 fatalities a year will be prevented. In addition, sources of risk will disappear so that the risk of disasters with 10 or more fatalities from those sources disappears. The elimination of fuel transportation in particular is a major improvement.

The main benefit for health is the replacement of combustion engines (petrol, diesel and gas) by electric motors. This reduces the amounts of nitrogen oxides and fine particulates in the air. It is estimated that these emissions may fall by 10% by 2030 in comparison to 2016. This will reduce the disease burden caused by air pollution by one per cent or more. A further decrease in nitrogen oxides and fine particulates is expected for 2050 as a result of climate measures, which can double that decrease in the disease burden.

Exposure to diesel fumes and smoke in the workplace can lead to lung cancer and other conditions. The disappearance of diesel smoke can decrease the work-related disease burden by one per cent or more.

Electric cars make less noise at low speeds, which reduces the noise nuisance in built-up areas. This can lead to a noise reduction of 1 decibel by 2030 and 3-4 decibels by 2050. If we can achieve a reduction of 3-4 decibels, the disease burden as a result of noise will decrease by 15-25%.

The benefit of the Climate Accord for nature is a further decrease in nitrogen deposition. An additional reduction of approximately 10% by 2050 is possible. If that reduction is realised, the natural land area where nitrogen levels are below the critical value will increase. This has favourable consequences for nature and biodiversity.

Realising the Paris climate objectives (2015) is necessary in order to prevent further global warming and its consequences as much as possible. To meet the Paris agreements, the Netherlands has to switch from fossil fuels to sustainable energy sources such as solar and wind power. The draft Climate Accord defines the measures and agreements needed for this energy transition. The objective of the Climate Accord is to reduce greenhouse gases by 49% by 2030 and by 95-100% by 2050.

Keywords: climate accord, greenhouse gases, CO₂ reduction, safety, health, nature

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13

2 Afbakening en leeswijzer — 15

3 Effecten Klimaatakkoord op veiligheid — 17

- 3.1 Wat is veiligheid? — 17
- 3.2 Hoe wordt veiligheid in relatie tot klimaatbeleid beschouwd? — 17
 - 3.2.1 Aantal slachtoffers jaarlijks ten gevolge van ongevallen — 17
 - 3.2.2 Kans op een groot ongeval met slachtoffers in de omgeving — 19
- 3.3 Effecten in de keten — 19
 - 3.3.1 Winning, verwerking en opslag — 20
 - 3.3.2 Transport — 21
 - 3.3.3 Distributie — 23
- 3.4 Samenvattend — 25

4 Effecten Klimaatakkoord op gezondheid — 27

- 4.1 Wat is gezondheid? — 27
- 4.2 Hoe wordt gezondheid gemeten en wat is de situatie nu? — 27
 - 4.2.1 Buitenmilieu - luchtverontreiniging — 28
 - 4.2.2 Buitenmilieu - geluid — 31
 - 4.2.3 Buitenmilieu - overige factoren — 32
 - 4.2.4 Buitenmilieu - concluderend — 32
 - 4.2.5 Binnenmilieu — 34
 - 4.2.6 Werkgerelateerde blootstelling aan stoffen — 35

5 Gezondheids- en veiligheidswinst per klimaat­tafel — 37

- 5.1 Inleiding — 37
- 5.2 Gebouwde omgeving — 37
 - 5.2.1 Veiligheid — 37
 - 5.2.2 Geluid — 38
 - 5.2.3 Luchtkwaliteit — 39
- 5.3 Mobiliteit — 40
 - 5.3.1 Veiligheid — 41
 - 5.3.2 Geluid — 41
 - 5.3.3 Luchtkwaliteit — 43
- 5.4 Landbouw en landgebruik — 44
 - 5.4.1 Veiligheid — 45
 - 5.4.2 Geluid (glastuinbouw) — 45
 - 5.4.3 Luchtkwaliteit (glastuinbouw) — 45
- 5.5 Industrie — 46
 - 5.5.1 Veiligheid — 46
 - 5.5.2 Geluid — 46
 - 5.5.3 Luchtkwaliteit — 47
- 5.6 Elektriciteit — 47
 - 5.6.1 Veiligheid — 47
 - 5.6.2 Geluid — 48
 - 5.6.3 Luchtkwaliteit — 49

6 Effecten Klimaatakkoord op natuur — 51

7 Overzicht van de effecten van het Klimaatakkoord — 53

- 7.1 Veiligheid — 53
- 7.2 Gezondheid — 53
 - 7.2.1 Geluid — 53
 - 7.2.2 Luchtkwaliteit — 54
 - 7.2.3 Werkgerelateerde blootstelling aan stoffen — 55
 - 7.2.4 Samenvatting effect op ziektelast — 55
- 7.3 Natuur — 56
- 7.4 Beschouwende opmerkingen — 56

8 Referenties — 79

Bijlage 1 Kwantificeren gezondheidsschade

Bijlage 2 Herkomst NO₂ en PM₁₀ in Nederland

Bijlage 3 Geluid en gezondheid

Bijlage 4 Overige gezondheidseffecten buitenmilieu

Bijlage 5 Binnenmilieu

Bijlage 6 Reductie luchtverontreiniging door klimaatmaatregelen

Samenvatting

Achtergrond

Om aan het akkoord van Parijs te voldoen moet Nederland overstappen van fossiele brandstoffen op duurzame energiebronnen zoals zon en wind. Deze energietransitie zal ingrijpende maatschappelijke gevolgen hebben, maar is nodig om verdere opwarming van de aarde en de gevolgen daarvan zo veel mogelijk te voorkomen. Doel van de energietransitie is een sterke reductie van de emissie van broeikasgassen. Het (ontwerp-)Klimaatakkoord van december 2018 streeft in 2030 naar een reductie met 49% en in 2050 met 95-100%. De keuzes in het Klimaatakkoord hebben ook impact op beleidsterreinen zoals veiligheid, gezondheid en natuur. In een gasloze woning zullen geen mensen overlijden aan koolmonoxidevergiftiging door aardgasgestookte installaties. Vervangen van auto's met een verbrandingsmotor door elektrische auto's zal de luchtkwaliteit en daardoor de gezondheid verbeteren. Minder stikstofdepositie door minder emissie van stikstofoxiden is positief voor natuur en biodiversiteit.

Opdracht

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) wil in beeld brengen welke veiligheids- en gezondheidsrisico's gaan verminderen als gevolg van het Klimaatakkoord en de energietransitie. Daarom is het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) gevraagd een verkenning van de effecten van het Klimaatakkoord uit te voeren op veiligheid, gezondheid en natuur. De opdracht is specifiek om de gevolgen van het afbouwen van de huidige fossiele energie bronnen te verkennen en de systemen en technieken die daardoor verdwijnen.

RIVM-verkenning

Het RIVM heeft deze verkenning uitgevoerd. Daarbij is ervan uitgegaan dat de CO₂-reductiepercentages in het Klimaatakkoord voor 2030 en 2050 gerealiseerd worden. Er is geëvalueerd wat het afbouwen van de huidige CO₂-bronnen door de maatregelen in het Klimaatakkoord betekent voor veiligheid, gezondheid en natuur. Het gaat daarbij nadrukkelijk om een eerste verkenning die niet meer dan een ruwe schatting op nationaal niveau oplevert, en geen rekening houdt met de mogelijke gevolgen van de vervangende energiesystemen en technieken.

Effecten Klimaatakkoord

Veiligheid

Terugdringen van het gebruik van fossiele brandstoffen kan op twee manieren een positief effect hebben op de veiligheid. De grootste veiligheidswinst wordt bereikt door het voorkomen van ongevallen bij het eindgebruik van fossiele brandstoffen in de gebouwde omgeving. Meestal gaat het om koolmonoxidevergiftiging. Het realiseren van gasloze woonwijken in 2050 zal naar schatting leiden tot 10-50 minder dodelijke slachtoffers per jaar. Daarnaast zullen er minder slachtoffers vallen bij winning, verwerking, opslag, transport en distributie van fossiele brandstoffen. In 2050, als deze industriële keten sterk in omvang is afgenomen gaat het om één dodelijk slachtoffer minder per jaar. Daarnaast verdwijnen er, vooral bij transport, ook risicobronnen

die eens in de 100-1000 jaar tot een ongeval met meer dan tien doden kunnen leiden.

Gezondheid

In 2018 rapporteerde het RIVM dat blootstelling aan milieufactoren in de leefomgeving ongeveer 175.000 DALY's bijdraagt aan de ziektelast van de Nederlandse bevolking. Het binnenmilieu in gebouwen draagt daarnaast ongeveer 23.000 DALY's bij. Samen zorgt dit voor 4% van de ziektelast in Nederland. Bezorgdheid, hinder en welzijn vielen buiten de DALY-benadering. De maatregelen in het Klimaatakkoord kunnen deze ziektelast verlagen. Vooral het vervangen van verbrandingsmotoren op benzine, diesel of gas door elektromotoren heeft effect. Dat betekent minder emissie van vervuilende stoffen. Voor fijnstof en stikstofoxiden kan de emissie in 2030 met ruim 10% dalen ten opzichte van 2016. Een dergelijke reductie verlaagt de ziektelast met enkele duizenden DALY's (één tot enkele procenten van de totale ziektelast door luchtverontreiniging). In 2050 wordt de emissie van milieuvervuilende stoffen verder teruggebracht, met 25% voor fijnstof en 50% voor stikstofoxiden ten opzichte van 2016, waardoor de ziektelast mogelijk met nog enkele duizenden DALY's kan afnemen.

Slaapverstoring door omgevingsgeluid voegt ongeveer 25.000 DALY's toe aan de ziektelast van de bevolking. De meeste slaapverstoring vindt plaats door geluid van wegverkeer binnen de bebouwde kom. Elektrische auto's zijn binnen de bebouwde kom (bij lage snelheden) stiller dan auto's met verbrandingsmotoren. Dat kan in 2030 een geluidsreductie met circa 1 decibel (dB) opleveren en in 2050 met 3-4 dB. Als het lukt om een reductie met 3-4 dB te realiseren, kan het aantal (ernstig) gehinderden in 2050 met ongeveer een derde dalen. Daardoor kan de ziektelast ook met enkele duizenden DALY's afnemen, wat neerkomt op 15 tot 25% van de ziektelast door geluid.

Werkgerelateerde blootstelling aan dieselrook leidt tot ongeveer 2900 DALY's als gevolg van het ontstaan van longkanker. Deze ziektelast kan verdwijnen als dieselrook verdwijnt uit de werkomgeving. Andere ziekten als gevolg van werkgerelateerde blootstelling aan dieselrook zullen ook verdwijnen, maar hiervoor is geen DALY-schatting beschikbaar. In totaal kan het gaan om een reductie van de werkgerelateerde ziektelast met één tot enkele procenten.

Omdat het 'gasloos' maken van woningen ingrijpende maatregelen op het gebied van isolatie en installaties vraagt, kunnen maatregelen in het Klimaatakkoord ook de kwaliteit van het binnenmilieu beïnvloeden. Op dit moment biedt het Klimaatakkoord onvoldoende aanknopingspunten om een kwantitatieve schatting te kunnen maken, maar verbeteren van de ventilatie en de bouwtechnische staat van de woning kan de ziektelast als gevolg van radon, vocht en meeroken verlagen.

Natuur

Stikstofoxiden en ammoniak zorgen in Nederland voor te hoge stikstofdepositie in kwetsbare natuurgebieden, met negatieve gevolgen voor de biodiversiteit. Het effect van de maatregelen in het Klimaatakkoord op natuur komt vooral door verminderde emissies van stikstofoxiden. In welke mate er ook reductie van ammoniak optreedt

door de maatregelen in het Klimaatakkoord is niet onderzocht. Dit rapport richt zich op het verdwijnen van fossiele bronnen van CO₂-emissies, terwijl ammoniak grotendeels afkomstig is van niet-fossiele bronnen in de landbouw.

De invloed van het Klimaatakkoord is beperkt omdat er uitgebreid bestaand beleid is voor stikstofreductie, omdat een belangrijk deel van de stikstofoxiden uit het buitenland wordt geïmporteerd en omdat een belangrijk deel van de stikstofdepositie afkomstig is van ammoniak uit de landbouwsector.

De maatregelen in het Klimaatakkoord kunnen leiden tot een reductie van de stikstofdepositie met ruim 2% in 2030. Voor 2050 is een daling van de uitstoot van stikstofoxiden met 10% mogelijk. Dat zal betekenen dat het natuurareaal waarvoor de stikstofbelasting onder de kritische waarde ligt, toeneemt, met gunstige gevolgen voor natuur en biodiversiteit. Mogelijk wordt een deel van deze reducties al bereikt met vastgesteld en voorgenomen beleid. In dat geval komt de bijdrage van de maatregelen in het Klimaatakkoord lager uit.

Conclusies en aanbevelingen

Het verdwijnen van de fossiele bronnen kan winst opleveren voor gezondheid, veiligheid en natuur. De mate waarin is afhankelijk van welke keuzes er worden gemaakt voor energiesystemen en technieken die de fossiele bronnen vervangen. Een belangrijke aanbeveling is om bij die keuzes oog te hebben voor de gunstige neveneffecten op veiligheid, gezondheid en natuur.

Een kanttekening daarbij is dat de omvang van de winst relevant maar ook beperkt is, omdat de CO₂-reductie zich niet één-op-één vertaalt in minder luchtverontreiniging of in veiligere leef- en werkomstandigheden.

Deze verkenning levert nadrukkelijk een globale schatting op nationaal niveau. Voor een preciezere bepaling moeten allereerst de maatregelen in het Klimaatakkoord concreter worden uitgewerkt, zodat hun effect op luchtverontreinigende emissies nauwkeuriger kan worden aangegeven. Met die emissies kunnen de effecten op gezondheid en natuur landelijk, op regionaal en op stedelijk niveau beter worden bepaald. In het kader van het nationale Schone Lucht Akkoord dat in 2019 aan de Tweede Kamer zal worden aangeboden zijn daarvoor geschikte modellen ontwikkeld.

Daarnaast leveren onze maatregelen ook gezondheidswinst in het buitenland. Hier is geen DALY-inschatting voor gemaakt. Andersom dragen maatregelen in het buitenland ook bij aan gezondheidseffecten in Nederland (fijnstof, NO₂). Het verdient daarom aanbeveling om de maatregelen ook in internationaal verband af te stemmen en te beoordelen.

Om bij het realiseren van de energietransitie de kansen voor gezondheid, veiligheid en natuur te benutten en negatieve effecten te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken, is een tijdige en systematische beoordeling hiervan nodig. Dan kunnen deze aspecten aan de voorkant van het planproces worden meegenomen en met de stakeholders worden afgestemd.

Dit rapport geeft een eerste aanzet om kansen voor gezondheid, veiligheid en natuur in beeld te brengen. Verdere ontwikkeling van een systematiek om kennislacunes in beeld te brengen en aan te vullen is nodig. Het is echter maatschappelijk niet wenselijk en noodzakelijk om de toepassing van nieuwe technieken zondermeer uit te stellen. De energietransitie is nodig om verdere opwarming van de aarde en de gevolgen daarvan zoveel mogelijk te voorkomen.

Aangezien de energietransitie een proces van enkele decennia is, is er ook ruimte om te leren van praktijkervaringen en deze kennis toe te passen bij het verbeteren van de toepassing van nieuwe technieken. Dit kan bijvoorbeeld ook via innovatie- en experimenteerregelingen. Goede monitoring en evaluatie is hierbij cruciaal om de vinger aan de pols te houden en om bij elke volgende fase van de energietransitie goed geïnformeerde keuzes te kunnen maken. In het kader van de Regionale Energie Strategieën verdient het aanbeveling om te zorgen dat dergelijke informatie regulier beschikbaar komt, zodat zowel centraal als decentraal het mogelijk is om tot gefundeerde besluitvorming te komen.

1 Inleiding

Met de ondertekening van het Klimaatakkoord van Parijs in 2015 heeft Nederland het voornemen vastgelegd om van fossiele brandstoffen over te stappen op duurzame energiebronnen zoals zonne- en windenergie. Deze energietransitie is nodig om de opwarming van de aarde onder de 1,5 à 2 graden Celsius te houden. Dat is nodig om de gevolgen van de klimaatverandering te beperken. Die gevolgen kunnen zijn: overstromingen door stijgende zeespiegel en extreem weer, onvoldoende zoet water en drinkwater door extreme droogte, slechte oogsten door verdroging met honger en ondervoeding als gevolg.

De energietransitie zal de Nederlandse maatschappij in al haar facetten raken. Primair doel van de energietransitie is een sterke reductie van de emissie van kooldioxide (CO₂) en andere broeikasgassen. Het (ontwerp-) Klimaatakkoord van december 2018 geeft globaal de manier aan waarop in 2030 49% CO₂-reductie kan worden bereikt ten opzichte van 1990. Uiteindelijk is het streven om in 2050 een CO₂-reductie van 95% te bereiken. Dat zal een grote maatschappelijke inspanning vragen. De maatregelen die nodig zijn hebben ook andere effecten die zowel positief als negatief kunnen uitpakken. Daarmee hebben de keuzes in het Klimaatakkoord ook impact op gezondheid, veiligheid en natuur. De focus zal liggen op het halen van het broeikasgasreductiedoel en betaalbaarheid daarvan, maar het is belangrijk de kansen op andere terreinen te benutten en negatieve effecten te beperken. Er zijn ook andere maatschappelijke opgaven die kunnen meeliften op het klimaatbeleid én mogelijk een deel van de kosten kunnen terugverdienen. Gezondheidswinst (schone lucht, minder geluid, meer groen, meer bewegen) kan leiden tot meer welzijn, lagere zorgkosten en hogere arbeidsproductiviteit. De afspraken in het Klimaatakkoord over een andere landbouw kunnen leiden tot minder stikstofdepositie en een hogere biodiversiteit. Afbouwen van de fossiele brandstoffen voorkomt negatieve effecten en veiligheidsrisico's van de mijnbouw.

In veel sectoren gaat reductie van CO₂ gepaard met reductie van andere emissies zoals van stikstofoxiden, zwaveloxiden en fijnstof. De uitfasering van fossiele energiebronnen vermindert de risico's in de productieketen tijdens winning, raffinage, tankopslag en transport tot aan de eindgebruiker. In een woning zonder gasaansluiting zullen minder mensen overlijden aan koolmonoxidevergiftiging. Indirect kan de uitfasering van fossiele brandstoffen daarmee tot veiligheidswinst leiden. Maar de energietransitie kan ook negatieve effecten hebben op een gezonde en veilige leefomgeving. Net als iedere vorm van technologie brengt ook de opwekking van duurzame energie veiligheids- en gezondheidsrisico's met zich. Inzet van biobrandstoffen kan tot extra emissies leiden. Grootschalige inzet van batterijen kunnen bij incidenten tot risico's voor de omgeving leiden.

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) wil de gevolgen van het Klimaatakkoord en de energietransitie verkennen. Daarvoor heeft het twee verkennende onderzoeken over de hele breedte van de energietransitie geïnitieerd.

Allereerst is het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) gevraagd een verkenning uit te voeren naar de gevolgen van het verdwijnen van de huidige fossiele CO₂-bronnen voor veiligheid, gezondheid en natuur. Het gaat daarbij om het verdwijnen van bestaande systemen en technieken waardoor emissies, deposities en risico's in de woonomgeving of industriële ketens wegvallen. Parallel aan die opdracht heeft het ministerie van EZK het Analistennetwerk Nationale Veiligheid gevraagd de risico's als gevolg van de nieuwe energietechnologie in te schatten. Die analyse gaat over de gevolgen van de toepassing van biomassa, CO₂-opslag, geothermie, elektrificatie, wind- en zonne-energie en waterstof. De resultaten van dat project worden in een apart rapport van het Analistennetwerk Nationale Veiligheid gepubliceerd.

Om bij het realiseren van de energietransitie de kansen voor gezondheid, veiligheid en natuur te benutten en negatieve effecten te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken, is een tijdige en systematische beoordeling hiervan nodig. Dan kunnen deze aspecten aan de voorkant van het planproces worden meegenomen en met de stakeholders worden afgestemd.

Dit rapport geeft een eerste aanzet om kansen voor gezondheid, veiligheid en natuur in beeld te brengen. Daarnaast zijn de resultaten van belang voor het invullen van de regionale energiestrategie (RES). Rijksoverheid, gemeenten, provincies, waterschappen en andere stakeholders werken binnen de 30 energieregio's in Nederland op dit moment aan het opstellen van een RES.

De conclusies van dit rapport kunnen tevens een rol spelen bij de gedachtevorming voor de Nationale Omgevingsvisie (NOVI) en de decentrale omgevingsvisies.

2 Afbakening en leeswijzer

Dit rapport brengt in beeld welke effecten op veiligheid, gezondheid en natuur kunnen optreden als fossiele bronnen verdwijnen door de maatregelen in het Klimaatakkoord. De manier waarop de effecten worden beoordeeld sluit aan bij de vijf klimaattafels voor de verschillende sectoren:

1. gebouwde omgeving;
2. mobiliteit;
3. landbouw en landgebruik;
4. industrie;
5. elektriciteit.

De voorstellen uit deze klimaattafels zijn in het Klimaatberaad (het overleg van de voorzitters van de klimaattafels) samengevoegd tot het 'Ontwerp van het Klimaatakkoord'. Dat is op 21 december 2018 in Den Haag gepresenteerd [1].

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) heeft de maatregelen in het (ontwerp-)Klimaatakkoord doorgerekend om te beoordelen of de beoogde CO₂-reducties bereikt kunnen worden [2]. Dat doet het voorliggende rapport niet. De CO₂-reducties in het Klimaatakkoord en de maatregelen die daarvoor nodig zijn, vormen uitgangspunt voor een analyse van de mogelijke winst op het gebied van veiligheid, gezondheid en natuur in 2030 en 2050. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat de maatregelen die nodig zijn om de broeikasgassen in 2030 met 49% te reduceren en in 2050 met 95% (ten opzichte van 1990) werkelijk worden gerealiseerd.

Semi-kwantitatieve uitspraken in dit rapport gaan uit van de reductieopgaven die de vijf klimaattafels zich in het 'Voorstel voor hoofdlijnen van het Klimaatakkoord' (VHKA) hebben gesteld. Het PBL heeft een uitgebreide analyse van dit VHKA uitgevoerd [3].

De analyse in dit rapport gaat over een heel specifiek onderdeel van de energietransitie: wat zijn de gevolgen van het verdwijnen van de huidige fossiele CO₂-bronnen voor veiligheid, gezondheid en natuur? Dit rapport beoordeelt niet de neveneffecten of risico's van de nieuwe systemen die de huidige CO₂-bronnen gaan vervangen en waarvoor maatregelen zijn uitgewerkt in het Klimaatakkoord. Het gaat dan om warmtesystemen (inclusief geothermie), elektriciteitssystemen (windmolens en zonneparken), grondstoffsysteem, mobiliteitssysteem, landbouw en natuur.

Wat betreft veiligheid richt de analyse zich op winst in ketenveiligheid, arbo-veiligheid en veiligheidswinst voor de eindgebruiker. Voor de gezondheid richt de analyse zich vooral op luchtkwaliteit (buitenshuis, binnenshuis en arbo-gerelateerd) en geluid. Voor natuur richt de analyse zich op de effecten op depositie van stikstof in natuurgebieden.

Ook brengt het rapport niet in rekening welke negatieve effecten van klimaatverandering worden voorkomen door de energietransitie en door maatregelen op het gebied van klimaatadaptatie.

Er wordt in dit rapport ingegaan op effecten voor veiligheid, gezondheid, en natuur die optreden door het verdwijnen van de *huidige* fossiele CO₂-bronnen. Beoordeling van de effecten van de *vervangende* systemen en technieken op de aspecten gezondheidsschade, ecologische schade, economische schade en maatschappelijke impact gebeurt door het Analistennetwerk Nationale Veiligheid, op een manier die past bij het interdepartementale programma Bewust Omgaan met Veiligheid (BOV [4]). Daarbij wordt aan de hand van scenario's beoordeeld hoe nieuwe risico's zich verhouden tot bestaande risico's voor de nationale veiligheid.

Om bij het realiseren van de energietransitie de kansen voor gezondheid, veiligheid en natuur te benutten en negatieve effecten te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken, is een tijdige en systematische beoordeling hiervan nodig. Dan kunnen deze aspecten aan de voorkant van het planproces worden meegenomen en met de stakeholders worden afgestemd.

Dit rapport geeft een eerste aanzet om kansen voor gezondheid, veiligheid en natuur in beeld te brengen. Verdere ontwikkeling van een systematiek om kennislacunes in beeld te brengen en aan te vullen is nodig.

Leeswijzer

Na de inleiding (hoofdstuk 1) en deze afbakening (hoofdstuk 2) gaat het rapport per thema in op de winst die de maatregelen in het Klimaatakkoord kunnen bieden. De volgende thema's komen aan bod: veiligheid, gezondheid en natuur. Voor veiligheid en gezondheid wordt eerst een algemene inleiding gegeven. Waar gaat het thema over en hoe wordt de winst van de klimaatmaatregelen beoordeeld. Dan wordt per klimaattafel geëvalueerd welke aanpak in het Klimaatakkoord wordt voorgesteld en welke winst die aanpak binnen het thema kan opleveren. In hoofdstuk 3 gebeurt dat voor veiligheid, in hoofdstuk 4 voor gezondheid. Hoofdstuk 5 bevat een meer globale beoordeling van de maatregelen in het Klimaatakkoord voor natuur. In hoofdstuk 6 wordt de totale winst van alle sectoren bij elkaar op een thema aangegeven. Hoofdstuk 7, tot slot, bevat enkele conclusies en aanbevelingen.

3 Effecten Klimaatakkoord op veiligheid

3.1 Wat is veiligheid?

Veiligheid is een fundamentele bouwsteen van onze samenleving. Het is een begrip waar iedereen schijnbaar moeiteloos mee uit de voeten kan, maar juist daardoor is het begrip verre van eenduidig of helder gedefinieerd. Wat al die verschillende aspecten en invalshoeken wel gemeen hebben is dat het bij veiligheid vooral gaat over de afwezigheid van 'gevaar en risico'. Werken aan veiligheid of verbeteren van veiligheid gaat dan ook om het wegnemen van de oorzaken en bronnen van onveiligheid en het treffen van risicoreducerende maatregelen. Wegnemen van bronnen en oorzaken kan door technologie en/of gedrag.

3.2 Hoe wordt veiligheid in relatie tot klimaatbeleid beschouwd?

De veiligheidseffecten worden geduid door een inschatting te maken van hoeveel slachtoffers er in Nederland jaarlijks vallen ten gevolge van ongevallen door winning, opslag, transport en gebruik van fossiele brandstoffen. Daarnaast wordt geschat wat de kans is op een groot ongeval met tien of meer slachtoffers in de omgeving hierdoor. Specifiek kijken we naar arbeidsongevallen, ongevallen in en om het huis en de kans op een groot incident.

In deze verkenning richten we ons daarbij alleen op dodelijke slachtoffers en niet op gewonden. Om aantallen gewonden structureel en consequent in te kunnen schatten is een meer gedetailleerde analyse nodig, die niet past binnen het beschikbare tijdsbestek van het huidige onderzoek.

Deze verkenning beoordeelt allereerst slachtoffers van ongevallen in de keten van winning, opslag, transport en gebruik van fossiele brandstoffen (paragraaf 3.3).

In hoofdstuk 5 worden per klimaattafel de slachtoffers door het eindgebruik van fossiele brandstoffen beoordeeld. Daarbij betreft het vooral burgerslachtoffers.

De resultaten van de analyse van de ketenveiligheid en de veiligheid tijdens eindgebruik worden samengevat in paragraaf 7.1.

3.2.1 *Aantal slachtoffers jaarlijks ten gevolge van ongevallen Arbeidsongevallen*

Jaarlijks vallen in Nederland gemiddeld ongeveer 60 dodelijke slachtoffers ten gevolge van arbeidsongevallen. Een arbeidsongeval is een ongeval door of tijdens het uitoefenen van betaald werk. De arbeidsveiligheidsrisico's die samenhangen met de keten van fossiele brandstoffen zijn:

- Alle 'gewone' arbeidsomstandighedenrisico's zoals struikelen, vallen en contact met machines.
- Arbeidsrisico's die volgen uit het ongecontroleerd vrijkomen van fossiele brandstoffen met gevaar voor brand, explosie of blootstelling aan giftige of schadelijke stoffen.

Sinds eind jaren negentig verzamelt het RIVM gegevens over ernstige arbeidsongevallen in Nederland in de Storybuilder database [5]. Storybuilder bevat inmiddels gegevens over meer dan 30.000 ernstige arbeidsongevallen. Deze arbeidsongevallen:

- zijn in Nederland gebeurd in de periode vanaf 1998 tot en met 2014;
- hadden ernstige gevolgen en zijn gemeld bij de Inspectie SZW;
- zijn onderzocht door de Inspectie SZW;
- en zijn geanalyseerd door het RIVM.

De database is niet volledig omdat:

- de Inspectie SZW alleen ongevallen onderzoekt waarbij een werknemer-werkgever relatie bestaat en bevat daarom nauwelijks ongevallen met zzp'ers;
- de Inspectie SZW ongevallen op de openbare weg, waarbij werknemers zich voor een werkgever verplaatsen, niet onderzoekt. Deze ongevallen komen daarom niet of nauwelijks voor in de database.
- niet alle meldingsplichtige ongevallen worden gemeld bij de Inspectie SZW, zodat er zeker verschil zal bestaan met andere databases zoals van CBS;
- de ongevallen worden geregistreerd onder de standaard bedrijfsindeling (SBI)-code van de werkgever en dat hoeft niet overeen te komen met de sector waarin het ongeval gebeurt. Ongevallen bij bouw of onderhoud door aannemersbedrijven kan geregistreerd worden onder een andere code.

De database wordt daarom voornamelijk gebruikt om achtergronden van ongevallen te onderzoeken en niet om aantallen gewonden en doden te rapporteren. De database kan wel inzicht geven in de ordegrootte van aantallen door onderlinge vergelijking van gegevens.

In de database worden alle soorten ernstige arbeidsongevallen meegenomen, waaronder veel voorkomende ongevallen bij het werken met machines, door vallende objecten of de val van een ladder of trapje. Binnen deze database met alle arbeidsomstandighedenongevallen zijn ook de ongevallen opgenomen met gevaarlijke stoffen.

Op basis van de gegevens in de database wordt een ordegrootte schatting van een gemiddeld aantal dodelijke slachtoffers afgeleid.

Het aantal dodelijke slachtoffers voor ongevallen in alle sectoren is weergegeven in Tabel 1. De ordegrootte wordt geschat op 100 per jaar.

Tabel 1 Geregistreerde en ordegrootte schatting van dodelijke slachtoffers bij arbeidsongevallen in alle sectoren

Alle sectoren	Dodelijke slachtoffers bij arbeidsongevallen
Totaal geregistreerd	gemiddeld 68 / jaar
Ordegrootte schatting	100 / jaar
Percentage dodelijke slachtoffers door ongevallen met gevaarlijke stoffen	6%

Bij de uitwerking in paragraaf 3.3 wordt gebruik gemaakt van de geregistreerde ongevallen van specifieke sectoren die relevant zijn voor arbeidsongevallen in de keten van fossiele brandstoffen.

Overige ongevallen

Naast de ongevallen die samenhangen met de keten fossiele brandstoffen, zijn er ook ongevallen in het eindgebruik van de fossiele brandstoffen. In hoofdstuk 5 wordt voor elk van de vijf klimaat Tafels deze categorie ongevallen beoordeeld. Op basis van de beschikbare literatuur is een inschatting gemaakt van het aantal slachtoffers ten gevolge van het gebruik van fossiele brandstoffen buiten het werk in de keten van winning, verwerking, opslag, transport en distributie van fossiele brandstoffen.

Het betreft de volgende typen ongevallen:

- Gebouwde omgeving: koolmonoxidevergiftiging en branden.
- Industrie: arbeidsongevallen in de chemische industrie, waar gewerkt wordt met fossiele brandstoffen voor energie en als grondstof zoals in de kunstmestproductie.
- Mobiliteit: verkeersongevallen.
- Elektriciteit: arbeidsongevallen in de elektriciteitsproductie
- Landbouw: geen.

3.2.2 *Kans op een groot ongeval met slachtoffers in de omgeving*

In recente historie hebben zich in Nederland geen grote ongevallen in de fossiele brandstofketen met slachtoffers in de omgeving voorgedaan. Voor het karakteriseren van het risico van een groot ongeval met slachtoffers in de omgeving van een activiteit met gevaarlijke stoffen wordt in Nederland gebruik gemaakt van twee maten, namelijk het Plaatsgebonden Risico en het Groepsrisico. Bedrijven met grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen, de zogenoemde Brzo-bedrijven, moeten risicoberekeningen uitvoeren en deze twee maten rapporteren in een veiligheidsrapport.

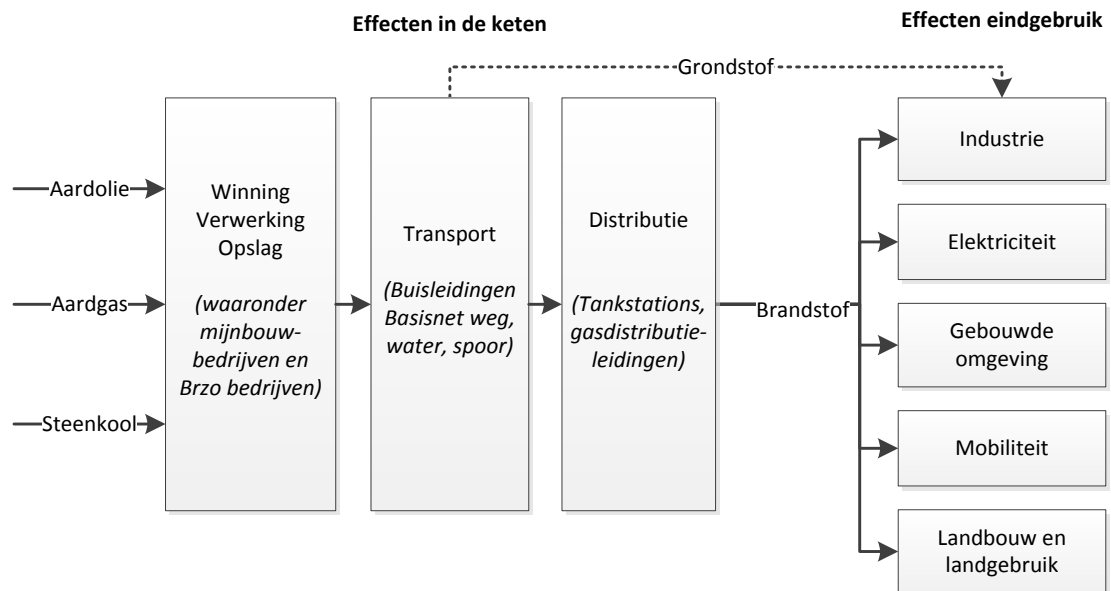
Het Plaatsgebonden Risico is een maat voor de kans dat, wanneer je continu aanwezig bent op één locatie, je dodelijk slachtoffer wordt van een ongeval met gevaarlijke stoffen. Het Plaatsgebonden Risico wordt gebruikt als instrument in de ruimtelijke ordening: er mogen geen kwetsbare bestemmingen zoals woningen aanwezig zijn op locaties waar het Plaatsgebonden Risico groter is dan één op de miljoen per jaar. Het Plaatsgebonden Risico is daarmee geen maat voor de kans op een groot ongeval of het aantal slachtoffers.

Het Groepsrisico geeft de kans op een groot ongeval met meer dan tien slachtoffers in de omgeving. Het groepsrisico is daarmee direct een maat voor de kans op een groot ongeval. Op basis van de beschikbare risicoberekeningen voor activiteiten met fossiele brandstoffen is geschat hoe groot de kans in Nederland is op een groot ongeval met meer dan tien slachtoffers in de omgeving.

3.3 **Effecten in de keten**

In deze paragraaf worden veiligheidseffecten in de keten van winning, verwerking, opslag, transport en distributie van fossiele brandstoffen beoordeeld. Een deel van de ongevallen betreft 'gewone' arbeidsomstandighedenrisico's, die niet specifiek gekoppeld zijn aan het gebruik van fossiele brandstoffen, zoals het vallen van een hoogte. Wanneer de fossiele brandstofketen vervalt, waardoor werknemers niet

meer werken in deze branche, kunnen ze mogelijk vergelijkbaar werk gaan doen in andere branches met vergelijkbare 'gewone' arbeidsomstandighedenrisico's. Deze vervanging van risico's wordt hier niet beschouwd.



Figuur 1 Overzicht van de keten voor winning van fossiele brandstoffen

3.3.1

Winning, verwerking en opslag

De winning, verwerking en opslag van fossiele brandstoffen is onder te verdelen naar het type fossiele grondstof, namelijk steenkool, aardolie en aardgas.

Steenkool

In Nederland wordt sinds de sluiting van kolenmijnen in Limburg geen steenkool meer gewonnen en deze keten beperkt zich daarmee tot aanvoer per zeeschip en overslag en opslag bij de kolengestookte elektriciteitscentrales in Nederland.

De veiligheidsrisico's van de aanvoer, overslag en opslag van steenkool worden geschat als verwaarloosbaar en zijn daarom in dit rapport niet verder beschouwd.

Aardolie

De petroleumindustrie en tankopslagbedrijven in Nederland dragen zorg voor de opslag van ruwe olie, de raffinage in raffinaderijen en de opslag van aardolieproducten. Vrijwel alle ruwe aardolie wordt buiten Nederland gewonnen en geïmporteerd. Ruwweg 80% van de koolwaterstoffen in een vat ruwe olie wordt als brandstoffen verbruikt in transport, industrie en energieopwekking. De rest wordt gebruikt als grondstof voor de petrochemische industrie [6].

Aardgas

De winning van aardgas is voor meer dan de helft op Groningen gericht. Het overige gas wordt gewonnen uit een aantal kleinere velden. In december 2018 waren er in Nederland 265 mijnbouwwerken. In veel gevallen gaat het om de winning van aardgas of daaraan gerelateerde

activiteiten zoals het scheiden van gassen en vloeistoffen, het verwijderen van water, vaste deeltjes en andere ongewenste componenten, en het reguleren van de druk [7]. Op een vijftal locaties wordt aardgas tijdelijk ondergronds opgeslagen als buffervoorraad om pieken in gebruik op te kunnen vangen [8].

Arbeidsongevallen

In Tabel 2 zijn de dodelijke ongevallen bij winning, verwerking en opslag van fossiele brandstoffen weergegeven en een schatting voor de orde grootte van deze ongevallen.

Tabel 2 Geregistreerde en orde grootte schatting van dodelijke slachtoffers bij arbeidsongevallen in sectoren winning, verwerking en opslag van fossiele brandstoffen

Winning, verwerking en opslag van fossiele brandstoffen	Dodelijke slachtoffers bij arbeidsongevallen
totaal geregistreerd • SBI 06 Winning van aardolie en aardgas • SBI 0910 Dienstverlening voor de winning van aardolie- en aardgas • SBI 192 Aardolieverwerking • SBI 52101 Opslag in tanks	0,4 / jaar
Ordegrootte schatting	1 / jaar
Percentage dodelijke slachtoffers door ongevallen met gevaarlijke stoffen	22 %

Uit de ongevalgegevens valt op te maken dat er orde grootte 1 dodelijk arbeidsslachtoffer per jaar valt bij de winning, verwerking en opslag van fossiele brandstoffen. In de meeste gevallen hebben die ongevallen geen verband met gevaarlijke stoffen.

Kans op een groot ongeval met slachtoffers in de omgeving

Er zijn in Nederland geen grote ongevallen geweest in de keten van winning, verwerking en opslag van fossiele brandstoffen. De kans op een groot ongeval in de keten van winning, verwerking en opslag van fossiele brandstoffen is daarom gebaseerd op risicoberekeningen. Deze zijn gerapporteerd in veiligheidsrapporten. Op basis van een steekproef van de beschikbare veiligheidsrapporten van bedrijven in deze keten is geschat dat de kans op een groot ongeval in de orde grootte is van eens per 1000 tot eens per 10.000 jaar.

3.3.2

Transport

In Nederland worden dagelijks fossiele brandstoffen vervoerd over water, spoor, weg of per buisleiding. Met name via pijpleidingen en binnenvaart wordt een aanzienlijk deel daarvan ook grensoverschrijdend vervoerd [9]. Om gevaarlijke stoffen te vervoeren over water, spoor of weg moeten vervoerders zich houden aan Europese regelgeving die eisen stelt aan bijvoorbeeld het voertuig en de kennis en opleiding van betrokken personen. Aanvullend is in Nederland het Basisnet ontwikkeld om evenwicht te creëren tussen het vervoer van gevaarlijke stoffen, ruimtelijke ontwikkelingen en veiligheid voor de omgeving. In Nederland ligt ongeveer 22.000 kilometer buisleidingen. Ruim twee derde daarvan betreft hogedruk-aardgastransportleidingen en de rest

zijn buisleidingen voor langeafstandstransport van aardolie, aardolie-producten zoals benzine en kerosine en andere chemische producten en industriële gassen. De grootste kans op een beschadiging aan een buisleiding met potentieel ernstige gevolgen door brand of explosie ontstaat door graafwerkzaamheden.



Figuur 2 Aardgasleidingen (> 50 mm en 16 bar), buisleidingen voor brandbare vloeistoffen (> 100 mm) en alle overige buisleidingen met overschrijding van de wettelijke norm voor plaatsgebonden risico op 5 m afstand [7]

Arbeidsongevallen

Tabel 3 geeft een overzicht van het aantal dodelijke slachtoffers bij transport van fossiele brandstoffen en een schatting voor de orde grootte van deze ongevallen.

Tabel 3 Geregistreeerde en ordegrootte schatting van dodelijke slachtoffers bij arbeidsongevallen in sectoren transport van fossiele brandstoffen

Transport van fossiele brandstoffen	Dodelijke slachtoffers bij arbeidsongevallen
totaal geregistreerd • SBI 3512 Beheer en exploitatie van transportnetten voor elektriciteit, aardgas en warm water • SBI 492 Goederenvervoer per spoor • SBI 4941 Goederenvervoer over de weg (geen verhuizingen)* • SBI 4950 Transport via pijpleidingen • SBI 50402 Binnenvaart (tankvaart)	0,5 / jaar
Ordegrootte schatting	1 / jaar
Percentage dodelijke slachtoffers door ongevallen met gevaarlijke stoffen	33%

* SBI 4941 Goederenvervoer over de weg omvat meer dan alleen vervoer van gevaarlijke stoffen. De ongevalsgegevens die niet-gevaarlijke stoffen gerelateerd zijn, zijn hier daarom gecorrigeerd voor het aandeel vervoer van gevaarlijke stoffen van 2% van het totaal goederenvervoer over de weg [10].

Uit de ongevallengegevens valt op te maken dat er ordegrootte 1 dodelijk arbeidsslachtoffer per jaar valt bij het transport van fossiele brandstoffen. In de meeste gevallen zijn die ongevallen veroorzaakt vanwege andere arbeidsomstandighedenrisico's dan gevaarlijke stoffen. Er zijn geen dodelijke arbeidsongevallen geregistreerd bij het goederenvervoer per spoor en het transport via buisleidingen. Incidenten met buisleidingen zijn ook beschreven in rapportages van de VELIN. In de periode 1999-2017 vielen in Nederland geen doden of zwaargewonden bij buisleidingincidenten [11].

Kans op een groot ongeval

Voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over weg, water en spoor is het Basisnet ontwikkeld. Het Basisnet is een landelijk aangewezen netwerk voor het vervoer van gevaarlijke stoffen en heeft betrekking op de Rijksinfrastructuur. Bij de ontwikkeling en vaststelling van het Basisnet is ook het groepsrisico in kaart gebracht [12, 13]. Daarnaast is in 2005 voor het Compendium van de Leefomgeving de kans op een groot ongeval in kaart gebracht voor verschillende activiteiten waaronder wegtransport gevaarlijke stoffen [14]. Eén keer in de 400 jaar is er een ramp met tien of meer doden. De kans op een ramp met circa tien personen is het grootste voor regionale luchthavens of wegtransport.

Op basis van bovenstaande bronnen schat RIVM dat de kans op een groot ongeval bij het transport van fossiele brandstoffen in de ordegrootte van eens per 100 tot eens per 1000 jaar is.

3.3.3

Distributie

Aardgasdistributie

De regionale netbeheerders beheren in totaal circa 34.000 km distributieleidingen, dat deel uitmaakt van het middendruk (1-8 bar) aardgasdistributienet. Door dit net wordt het gas geleverd aan grootverbruikers. Via tienduizenden district- en overslagstations wordt het gas uiteindelijk met een druk lager dan 100 mbar naar de woningen,

de zogenoemde kleinverbruikers, getransporteerd. De totale omvang van het lagedruk distributienet is circa 88.000 km. Het aantal aansluitingen van de kleinverbruikers is circa 7,1 miljoen [15].

Tankstations

Het afleveren van brandstoffen aan motorvoertuigen gebeurt bij de tankstations. De risico's voor de omgeving van benzine en dieseltankstations zijn zodanig beperkt dat deze niet bijdragen aan de kans op een groot ongeval met slachtoffers in de omgeving. Deze wordt voornamelijk bepaald door de LPG (Liquefied Petroleum Gas)-tankstations. In Nederland zijn ongeveer 1600 tankstations waar LPG wordt aangeboden. LPG is brandbaar en explosief. Als lekkage ontstaat in een leiding of opslagvat ontstaat een gaswolk LPG. Deze is zwaarder dan lucht, waardoor het boven de grond blijft hangen of lager gelegen ruimtes zoals kelders of het riool kan binnendringen. Bij ontbranding ontstaat een vuurwolk en is er kans op ontploffing.



Figuur 3 LPG-tankstations in Nederland [7]

Arbeidsongevallen

In Tabel 4 worden de dodelijke slachtoffers door ongevallen bij de distributie van fossiele brandstoffen en een schatting van de ordegrrootte weergegeven.

Tabel 4 Geregistreerde en ordegrrootte schatting van dodelijke slachtoffers bij arbeidsongevallen in sectoren distributie van fossiele brandstoffen

Distributie van fossiele brandstoffen	Dodelijke slachtoffers bij arbeidsongevallen
totaal geregistreerd • SBI 473 Benzinestations (inclusief LPG) • SBI 46712 Groothandel in vloeibare en gasvormige brandstoffen (aardolie, diesel, benzine, LPG, butagas, brandspiritus) • SBI 3513 Beheer en exploitatie van distributienetten voor elektriciteit, aardgas en warm water	0,2 / jaar
Ordegrrootte schatting	0,1 / jaar
Percentage dodelijke slachtoffers door ongevallen met gevaarlijke stoffen	0%

Uit de ongevalsgegevens valt op te maken dat er ordegrrootte 0,1 dodelijk arbeidsslachtoffer per jaar valt bij de distributie van fossiele brandstoffen. Volgens de huidige registratie zijn alle ongevallen vanwege andere arbeidsomstandighedenrisico's veroorzaakt dan gevaarlijke stoffen. Er zijn alleen dodelijke arbeidsongevallen geregistreerd bij de tankstations en niet bij de groothandel in brandstoffen, of de exploitatie van distributienetten.

Kans op een groot ongeval

De kans op een groot ongeval met meer dan tien doden wordt vooral bepaald door de LPG-tankstations. In 2005 is voor het Compendium van de Leefomgeving de kans op een groot ongeval in kaart gebracht voor verschillende activiteiten waaronder LPG-tankstations [14].

Daaruit volgt dat de kans op een groot ongeval in de ordegrrootte van eens per 1000 jaar is.

3.4 Samenvattend

In dit hoofdstuk is een inschatting gegeven van de dodelijke slachtoffers als gevolg van de huidige ketens van winning, verwerking, opslag, transport en distributie van fossiele brandstoffen. Dit is ook voor de kans op een groot ongeval gedaan. In hoofdstuk 7 zijn de resultaten samengevat weergegeven.

4 Effecten Klimaatakkoord op gezondheid

4.1 Wat is gezondheid?

Bij gezondheid gaat het niet alleen om afwezigheid van lichamelijke of psychische ziekte, maar ook om welzijn en het vermogen om te functioneren en te participeren, kortom de kwaliteit van leven. Gezondheid en ziekte worden bepaald door erfelijke aanleg, leefstijl en omgevingsinvloeden (Figuur 4). De maatregelen van het Klimaatakkoord kunnen op diverse manieren invloed hebben op de gezondheid van mensen. Beoogde veranderingen in de leefomgeving en beïnvloeding van de leefstijl van mensen leiden via een complex samenspel tot gezondheidseffecten.



Figuur 4 Gezondheid als dynamisch samenspel tussen erfelijke factoren, leefstijl en omgevingsfactoren [16]

De invloed van de leefomgeving op de gezondheid kan zowel negatief (gezondheidsverlies, verergering klachten, vervroegde sterfte) als positief uitpakken (gezondheidsbevordering door meer bewegen of groen). De inrichting van de fysieke omgeving kan de leefstijl en het sociale welbevinden beïnvloeden. Voor deze studie wordt hoofdzakelijk naar de invloed van de fysieke (en niet de sociale) omgeving op gezondheid gekeken.

4.2 Hoe wordt gezondheid gemeten en wat is de situatie nu?

Voor het inschatten van de huidige invloed van milieufactoren op de gezondheid is aangesloten bij de gegevens en beoordelingsmethodiek van de Volksgezondheid Toekomst Verkenning 2018 (VTV). De VTV drukt de ziektelast ('Burden of Disease, BD') voor een bepaalde populatie uit in 'Disability-Adjusted Life Year (DALY)'. De DALY kwantificeert gezondheidsverlies en bestaat uit twee componenten: de jaren verloren door vroegtijdige sterfte ('Years Life Lost, YLL') en de jaren geleefd met een bepaalde ziekte ('Years Lost due to Disability, YLD').

Voor meer details zie Bijlage 1, de VTV van 2018 [17] of het achtergrondrapport bij de VTV [18].

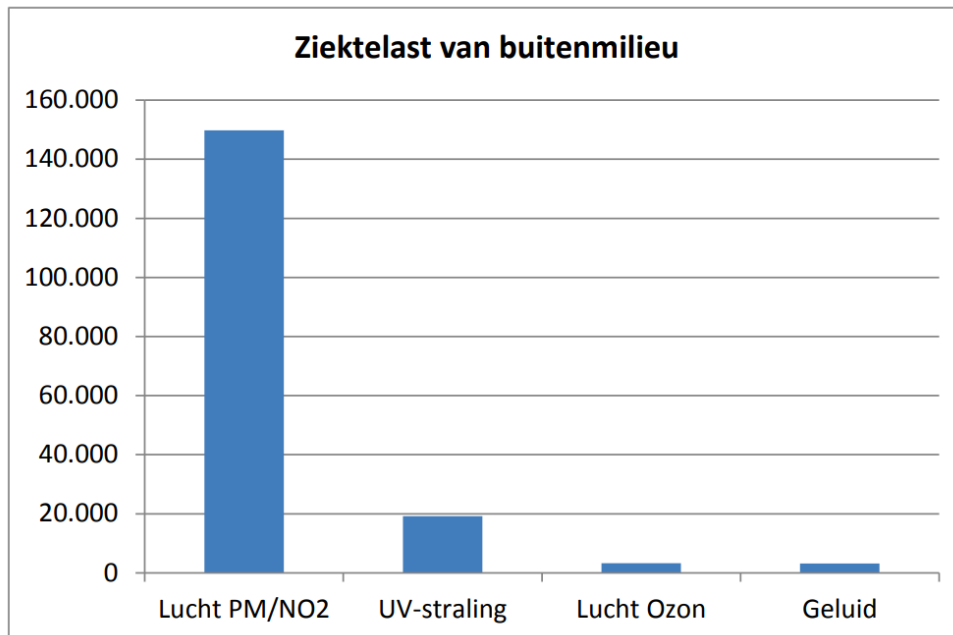
De VTV beschrijft de huidige ziektelast voor buitenmilieu en binnenmilieu. Circa 4% van de Nederlandse ziektelast (200.000 DALY's) is toe te schrijven aan milieufactoren in de leefomgeving. Daarvan komen er 175.000 voor rekening van blootstelling buitenshuis en 23.000 voor rekening van blootstelling binnenshuis. Een aantal effecten van milieufactoren zoals IQ-verlies door blootstelling aan lood (9500 DALY's) of slaapverstoring door geluid (25.000 DALY's) zijn in de cijfers van de VTV niet meegenomen. Ook bezorgdheid, hinder en welzijn vielen buiten de VTV-benadering. De VTV heeft namelijk een medische insteek waarin niet-klinische effecten niet meetellen. Het betrekken van deze milieufactoren kan de ziektelast verhogen van 4% naar circa 5% van het totaal [6]. IQ-verlies door blootstelling aan lood en slaapverstoring door geluid worden in de analyse in dit rapport wel meegenomen.

In de volgende paragrafen wordt voor luchtverontreiniging (4.2.1), geluid (4.2.2) en de overige milieufactoren in het buitenmilieu (4.2.3) beschreven hoe de ziektelast veroorzaakt wordt. Op basis hiervan kan vervolgens worden bepaald of het verdwijnen van bronnen van CO₂ door de energietransitie en het Klimaatakkoord invloed heeft op de door deze milieufactoren veroorzaakte ziektelast. In paragraaf 4.2.5 wordt dit gedaan voor het binnenmilieu. In paragraaf 4.2.6 wordt dit gedaan voor de werkgerelateerde blootstelling aan stoffen.

4.2.1

Buitenmilieu - luchtverontreiniging

Luchtverontreiniging heeft met 150.000 DALY's veruit de grootste invloed op de volksgezondheid.



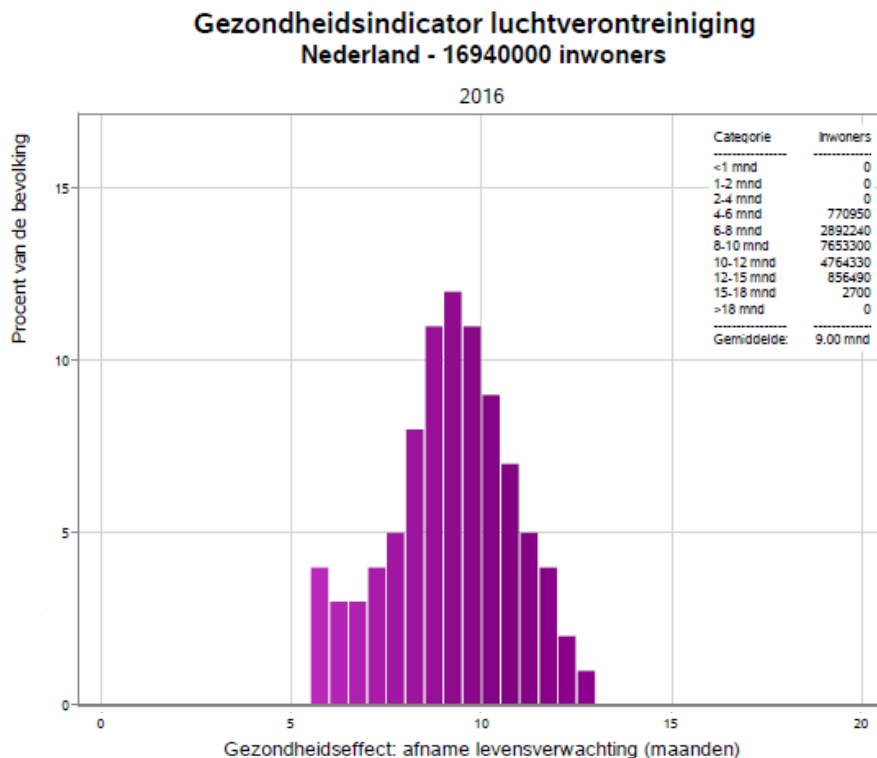
Figuur 5 Ziektelast door factoren in het buitenmilieu voor de Nederlandse populatie, uitgedrukt in DALY's [18]

De DALY voor luchtverontreiniging wordt grotendeels bepaald door vroegtijdige sterfte als gevolg van blootstelling aan fijnstof en stikstofdioxide. Gezondheidseffecten van luchtverontreiniging zijn het

ontstaan en verergeren van hart- en vaataandoeningen en aandoeningen van de ademhalingsorganen (inclusief longkanker) [19].

Om de ziektelast te verminderen, wordt er gewerkt aan een nationaal Schone Lucht Akkoord dat voor de zomer van 2019 door de Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat aan de Tweede Kamer zal worden aangeboden [20]. In het kader van het Schone Lucht Akkoord (SLA) heeft het RIVM een andere gezondheidsindicator ontwikkeld om gezondheidseffecten van NO₂ en fijnstof te kunnen schatten (zie Bijlage 1). Deze indicator bepaalt de (gemiddelde) winst in levensverwachting (maanden) door vermindering van blootstelling aan luchtverontreiniging (fijnstof en stikstofdioxide).

Voor Nederland is eerder berekend dat door blootstelling aan fijnstof en stikstofoxiden Nederlanders gemiddeld ongeveer dertien maanden korter leven [21]. Bij die bepaling is rekening gehouden met een achtergrondconcentratie van natuurlijke oorsprong door bijvoorbeeld zeezout. Die concentratie is dus niet direct te beïnvloeden door verkeersmaatregelen. Er is daarom gerekend met een achtergrondwaarde van 5 microgram voor zowel fijnstof als stikstofoxiden. Ook het Schone Lucht Akkoord gaat uit van deze achtergrondconcentratie. Een verschil met de 13-maanden-schatting is dat de VTV nu een model gebruikt waarin beide componenten (fijnstof als stikstofoxiden) voor elkaar gecorrigeerd zijn [18], terwijl eerder de bijdrage voor beide componenten apart was berekend. Volgens berekeningen voor het SLA voor 2016 leeft de gemiddelde Nederlander negen maanden korter door luchtverontreiniging (Figuur 6) Die afname in levensverwachting is niet voor elke Nederlander hetzelfde. De kleinste afname in levensverwachting is 4-6 maanden voor een groep van 770.950 Nederlanders die in een relatief schone omgeving woont. De grootste afname in levensverwachting is 15-18 maanden voor een groep van 2700 Nederlanders. In Bijlage 1 wordt Figuur 6 nader toegelicht.



Figuur 6 Effect van luchtverontreiniging op de levensverwachting in de Nederlandse populatie, ontleend aan berekeningen in het kader van het Schone Lucht Akkoord [22]

Naast fijnstof (PM_{10}) en stikstofdioxide (NO_2) geeft de VTV ook een bijdrage van 3200 DALY's voor ozon (O_3). Stikstofoxiden en vluchtige organische stoffen kunnen onder invloed van zonlicht in ozon worden omgezet, vaak op warme windstille dagen. Sommige maatregelen aan de klimaattafels (reductie van NO_x) kunnen indirect effect hebben op de vorming van ozon. Dit effect op ozon vorming is niet in de analyse meegenomen.

Bronnen van luchtverontreiniging

Om te kunnen schatten welk deel van de ziektelast veroorzaakt door luchtverontreiniging door het Klimaatakkoord kan worden beïnvloed, wordt in beeld gebracht welke bijdrage Nederlandse emissies hebben aan de concentraties PM_{10} en NO_2 . Tabel 20 en Tabel 21 (in Bijlage 2) geven een beeld van de samenstelling van de concentraties in Nederland.

De NO_2 -concentratie in Nederland is voor ruim de helft afkomstig van de sector Mobiliteit (wegverkeer, scheepvaart, overig verkeer). De andere Nederlandse bronnen dragen ongeveer 14% bij aan de concentraties in Nederland. Verder zijn buitenlandse bronnen verantwoordelijk voor ruim een derde van de NO_2 -concentratie in Nederland.

De PM_{10} -concentratie is voor ruim een kwart afkomstig van Nederlandse emissies. En ruim een derde is afkomstig van buitenlandse bronnen. De rest, circa 35% is afkomstig van 'natuurlijke' bronnen.

Ruim een derde van de concentraties PM_{10} en NO_2 worden veroorzaakt door buitenlandse emissies. Het Klimaatakkoord bevat nationale

maatregelen en heeft dus geen invloed op dat deel van de emissies. Voor de buitenlandse emissies geldt wel het volgende. Ook in het buitenland worden klimaatmaatregelen getroffen die de emissies van PM₁₀ en NO₂ verlagen. Door afname van de buitenlandse bijdrage zal ook de concentratie van PM₁₀ en NO₂ in Nederland afnemen.

Op het totaal aan emissies kunnen de maatregelen in het Klimaatakkoord in theorie maximaal 65% van de NO₂-emissie en 27% van de PM₁₀-emissies beïnvloeden. Schattingen voor 2030 geven aan dat de NO₂-emissie en de PM₁₀-emissie met 13% afnemen, ten opzichte van 2016 (zie Bijlage 6).

Daarnaast zijn er duidelijke regionale verschillen in concentraties en de relatieve bijdrage daaraan. Het valt buiten de scope van dit rapport om de regionale invloed van het Klimaatakkoord in te schatten. Voor het Schone Lucht Akkoord en de verdere uitwerking van het Klimaatakkoord, is nader onderzoek zinvol.

4.2.2 *Buitenmilieu - geluid*

Blootstelling aan geluid kan tot uiteenlopende effecten op de gezondheid leiden. Wegverkeer leidt tot de grootste geluidsblootstelling. De WHO beveelt, gemiddeld over een etmaal, een geluidsniveau van maximaal 53 dB aan voor wegverkeer. Voor de nacht wordt een geluidsniveau van maximaal 45 dB aanbevolen. In Nederland worden ruim 6 miljoen mensen overdag aan meer dan de aanbevolen hoeveelheid wegverkeersgeluid blootgesteld. In de nacht gaat het om ruim 4,7 miljoen mensen met blootstelling boven 45 dB. Het gaat in beide gevallen voornamelijk om mensen die blootgesteld worden aan geluid afkomstig van gemeentelijke wegen. Geluidsblootstelling kan leiden tot hinder, slaapverstoring en tot hartziekten en beroertes. Deze paragraaf bevat een beknopt overzicht van de effecten van geluid. Bijlage 3 bevat uitgebreidere informatie, onder andere ook over blootstelling aan geluid van vliegverkeer en railverkeer.

Ziekte last

Blootstelling aan geluid draagt bij aan de ziekte last. De Volksgezondheid Toekomst Verkenning (VTV) berekent dat voor ischemische hartziekten (vernauwingen of verstoppingen van de kransslagaders) ongeveer 0,9% van de ziekte last kan worden toegeschreven aan blootstelling aan omgevingsgeluid. Voor de ziekte last door beroertes is dat ongeveer 0,4%. In totaal gaat het om 3200 DALY's (Figuur 13).

Omgevingsgeluid kan ook leiden tot slaapverstoring. Slaapverstoring wordt niet meegeteld in de schatting van de ziekte last in de VTV. De VTV vermeldt wel dat ernstige slaapverstoring tot ongeveer 25.000 DALY's kan leiden [17].

Daarmee is omgevingsgeluid met ruim 28.000 DALY's, na luchtverontreiniging, vanuit gezondheidsoogpunt de belangrijkste milieufactor.

Geluidshinder

Eén van de meest onderzochte effecten in relatie tot de blootstelling aan geluid is hinder. Uit vragenlijstonderzoeken blijkt dat wegverkeer de

belangrijkste bron voor hinder vormt. Daarna volgen burenlawaai en vliegtuiglawaai.

De meeste geluidshinder komt voor rond wegen binnen de bebouwde kom waar een snelheidslimiet geldt van 50 km/u of minder. Van de voertuigen zijn het de brommers en scooters die voor de meeste hinder zorgen. Voor meer informatie over de effecten van geluid op de gezondheid, zie Bijlage 3.

Omdat hinder (nog) geen ziekte is vermeldt de VTV er, vanwege de medische invalshoek, niets over. In dit rapport wordt hinder alleen kwalitatief meegenomen.

4.2.3 *Buitenmilieu - overige factoren*

Naast luchtverontreiniging en geluid is ook naar andere omgevingsfactoren gekeken die van invloed zijn op de gezondheid. Het gaat daarbij om: lood, UV-straling, inrichting leefomgeving, geurhinder, trillingen en laagfrequent geluid. Deze milieufactoren worden in dit rapport niet nader bekeken omdat de bijdrage aan de ziektelast klein is, of omdat de gezondheidsimpact onduidelijk is, of omdat het Klimaatakkoord deze factoren niet beïnvloedt, of omdat de aard en omvang van het effect van de maatregelen in het Klimaatakkoord moeilijk is in te schatten.

Tabel 5 geeft een beknopte verantwoording van deze keuze. Een uitgebreide toelichting is te vinden in Bijlage 4.

4.2.4 *Buitenmilieu - concluderend*

In Tabel 5 zijn de resultaten voor ziektelast, hinder en andere factoren nog eens beknopt samengevat. In de laatste kolom is weergegeven in hoeverre het Klimaatakkoord de milieufactor kan beïnvloeden.

Tabel 5 Samenvattende resultaten voor ziektelast en hinder in het buitenmilieu

Milieufactor	Ziektelast VTV	Bronnen / oorzaken	Invloed Klimaatakkoord?
Luchtkwaliteit	150.000 DALY	1. Fijnstof en stikstofoxiden 2. Ozon	1. Ja, elke tafel bevat maatregelen die invloed hebben op emissies 2. Voor ozon indirect via emissies stikstof-oxiden
Geluid	1. 28.000 DALY 2. Hinder	1. Wegverkeer en in beperkte mate rail- en vliegverkeer 2. Meeste hinder door wegverkeer, burenlawaai en vliegverkeer. Lokaal hinder door railverkeer (goederentreinen)	1. en 2. Tafel Mobiliteit
Inrichting leefomgeving heeft invloed op ziektelast overgewicht en weinig bewegen	Overgewicht (180.000) en weinig bewegen (115.000 DALY's)	Inrichting van de leefomgeving die niet uitnodigt tot gezond gedrag en deelname aan de samenleving.	Tafel Gebouwde omgeving; Tafel Mobiliteit
Geur	Hinder	1. Buren (verbrandingsprocessen binnen en buiten) 2. Agrarische bedrijven (mest) 3. Wegverkeer	1. Tafel Gebouwde Omgeving 2. Tafel Landbouw en landgebruik 3. Tafel Mobiliteit
Chemische stoffen (lood, benzeen, dioxine, etc.)	9.500 DALY (lood) <i>overige stoffen niet bekend</i>	Lood: met name voeding en drinkwater, daarnaast huisstof, bodem en (zeer) geringe blootstelling via lucht	Nee, niet op de belangrijkste blootstellingsroutes
UV-straling	19.000 DALY	Zon, met een klein aandeel zonnebank	Nee
Laagfrequent geluid	Hinder en in mindere mate slaapverstoring	Meestal mechanisch gegenereerd geluid	Per tafel kunnen bronnen verdwijnen of bijkomen, maar invloed op totaal niet in te schatten
Trillingen	Hinder en slaapverstoring	Goederentreinen	Tafel Mobiliteit, invloed op totaal niet in te schatten

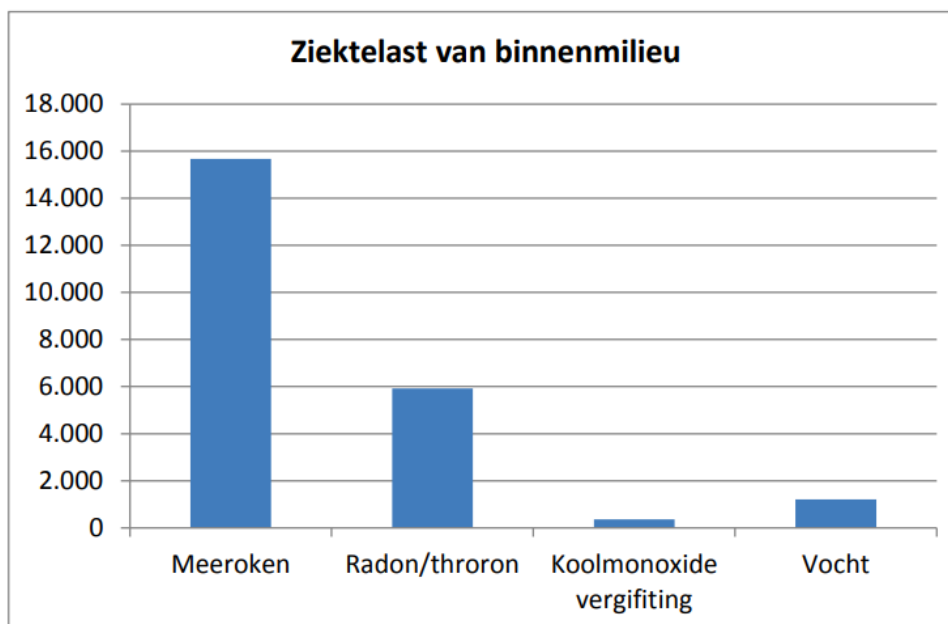
Concluderend

Luchtverontreiniging en geluid veroorzaken beide een substantieel deel van de ziektelast in Nederland. Voor deze twee onderwerpen wordt een nadere beoordeling van de mogelijke winst door het Klimaatakkoord gemaakt. Voor de andere milieufactoren is de invloed van het Klimaatakkoord niet te bepalen, niet aanwezig en/of klein ten opzichte van geluid en luchtverontreiniging.

4.2.5

Binnenmilieu

In Figuur 7 zijn de gegevens uit de VTV 2018 voor de ziektelast ten gevolge van factoren in het binnenmilieu weergegeven. De ziektelast wordt gedomineerd door meeroken. De bijdrage van radon en thoron uit de bodem en bouwmaterialen komt op de tweede plaats. Tot slot dragen ook vocht in huis (1200 DALY's) en koolmonoxidevergiftiging (350 DALY's) bij aan de ziektelast. De blootstelling aan fijnstof in het binnenmilieu (allesbrander, kaarsen, koken) is in de VTV niet meegenomen omdat er geen betrouwbare gegevens beschikbaar zijn. Meer details over de bijdrage van factoren in het binnenmilieu staan in Bijlage 5.



Figuur 7 Ziektelast door factoren in het binnenmilieu voor de Nederlandse populatie, uitgedrukt in DALY's [18]

Voor koolmonoxidevergiftiging bedraagt de ziektelast naar schatting 350 DALY's. Deze bijdrage wordt vooral bepaald door vroegtijdige sterfte en niet door ziekenhuisopnamen. In het binnenmilieu is koolmonoxidevergiftiging de enige factor die direct door de maatregelen in het Klimaatakkoord wordt beïnvloed. Uiteindelijk neemt door de energietransitie het aantal gasloze woningen toe, waardoor het aardgas-gerelateerde aandeel in de ziektelast als gevolg van koolmonoxidevergiftiging afneemt en op termijn verdwijnt. Koolmonoxidevergiftiging wordt nader geanalyseerd in paragraaf 5.2.1.

De overige aspecten: meeroken, radon/thoron, vocht en fijnstof kunnen indirect worden beïnvloed door het 'gasloos' maken van woningen. Dat

vraagt om ingrijpende maatregelen op het gebied van isolatie en installaties. Goede ventilatie, een goede bouwtechnische staat van de woning en adequaat bewonersgedrag kunnen de ziektelast als gevolg van het binnenklimaat verlagen. Dit is voor de klimaattafel 'Gebouwde omgeving' belangrijk om rekening mee te houden bij het treffen van maatregelen om van het aardgas af te gaan. Op dit moment biedt het Klimaatakkoord onvoldoende aanknopingspunten om een kwantitatieve schatting te kunnen maken.

Aandachtspunt voor de vervangende technieken voor verwarming, zoals geothermie en ondiepe bodemenergie, is dat deze in de buurt van de winningslocatie en binnenshuis mogelijk tot een toename van de blootstelling aan radon kunnen leiden.

In Tabel 6 zijn de resultaten nog eens beknopt samengevat.

Tabel 6 Samenvattende resultaten voor ziektelast en hinder in het binnenmilieu

Milieufactor	Ziektelast 2018	Relevante oorzaken	Invloed Klimaatakkoord?
Meeroken	15.800	Roken (van anderen) in huis	Niet direct/tafel Gebouwde omgeving
Radon/thoron	5900 DALY	Bodem en bouw-materialen (beton)	Niet direct/tafel Gebouwde omgeving
Vocht	1.200 DALY	Vocht (koken, wassen, douchen) in combinatie met gebrekkige woonomstandigheden en/of bewonersgedrag	Niet direct/tafel Gebouwde omgeving
Koolmonoxide	350 DALY	Aardgas gestookte installaties	Tafel Gebouwde omgeving
Fijnstof	<i>Geen inschatting</i>	Open haarden, kaarsen, koken	Niet direct/tafel Gebouwde omgeving

4.2.6 *Werkgerelateerde blootstelling aan stoffen*

Naast de ziektelast door milieufactoren in de leefomgeving is in de VTV ook de werkgerelateerde ziektelast opgenomen. Deze wordt onderverdeeld in fysieke belasting, omgevingsfactoren (onder andere stoffen) en psychosociaal belastende factoren. Bijna 90.000 DALY's komen voor rekening van blootstelling aan stoffen in de werkomgeving. Dit is 1,8% van de Nederlandse ziektelast.

TNO schat dat er op dit moment dertien stoffen of stofgroepen zijn die een groot risico voor beroepsziekten door stoffen leveren vanwege het grote aantal werknemers dat is blootgesteld aan deze stoffen [23]. Van deze dertien stoffen is dieselrook als enige rechtstreeks te verbinden aan de energietransitie, met naar schatting 867.000 blootgestelde werknemers. Ten behoeve van dit rapport is berekend dat longkanker als gevolg van dieselrookblootstelling op de werkplek leidt tot ongeveer 2900 DALY's. Daarnaast draagt dieselrook bij aan de ziektelast voor astma, COPD en hart- en vaatziekten, maar hiervoor zijn geen DALY-

berekeningen beschikbaar. Het is daarom niet mogelijk om de totale gezondheidswinst door het verdwijnen van bronnen van dieselrook te bepalen. Wel is duidelijk dat het verdwijnen van dieselrook in de werkomgeving tot substantiële gezondheidswinst kan leiden voor de beroepsziekten longkanker, astma, COPD en hart- en vaatziekten [24]. Het gaat dan in ieder geval bij elkaar om meer dan 2900 DALY's. Op de totale werkgerelateerde ziektelast van ongeveer 225.000 DALY's [25] betekent het een reductie van één tot enkele procenten.

5 Gezondheids- en veiligheidswinst per klimaattafel

5.1 Inleiding

Het Klimaatakkoord bevat een breed scala aan maatregelen om in 2030 en 2050 de beoogde CO₂-reducties te realiseren. In dit hoofdstuk wordt, voor zover mogelijk, per klimaattafel beoordeeld wat het effect van de voorgestelde maatregelen is op de in hoofdstuk 3 en 4 beschreven aspecten: veiligheid, geluid en luchtkwaliteit.

In hoofdstuk 7 wordt voor elk van die aspecten een kwantitatieve inschatting gegeven voor de invloed op de ziektelast door alle vijf klimaattafels samen.

5.2 Gebouwde omgeving

De opgave in de gebouwde omgeving is groot. Er wordt een transformatie van ruim zeven miljoen huizen en één miljoen gebouwen naar goed geïsoleerde gebouwen nagestreefd. Deze moeten met duurzame warmte worden verwarmd en gebruikmaken van duurzaam opgewekte elektriciteit. Voor 2030 moeten er ongeveer 1,5 miljoen bestaande woningen verduurzaamd zijn en moet de CO₂-emissie in de bestaande utiliteitsbouw met 1 Mton extra worden teruggebracht. Deze klimaattafel wil dat langs vier sporen bereiken.

1. Minder warmtevraag per gebouw;
2. Warmtevraag aanvullen met andere warmtebron;
3. Gasaansluiting verwijderen;
4. Gasbron vergroenen (biogas, waterstof).

Voor elk van deze vier sporen wordt de invloed op blootstelling aan geluid en luchtverontreiniging beschreven. Voor veiligheid wordt de invloed op koolmonoxidevergiftiging, brand of explosie door gaslekage en brand door koken op gas beschreven.

5.2.1 Veiligheid

Focus in deze rapportage is het veiligheidseffect van het afbouwen van het gebruik van aardgas in de gebouwde omgeving. Potentiële bijkomende gevaren van bijvoorbeeld biogas, waterstof of brandgevaarlijke isolatiematerialen is niet beschouwd.

De afname van aardgasgebruik en het verwijderen van aardgasaansluitingen in woningen en gebouwen heeft impact op de gehele keten van aardgaswinning, opslag en transport tot het eindgebruik. De gevolgen in de keten zijn beschreven in paragraaf 0.

Met het gebruik van aardgas in woningen en gebouwen is er een risico op vergiftiging door koolmonoxide, brand en/of explosie. Om deze risico's te beheersen is er een uitgebreid stelsel van wettelijke voorschriften, normen, richtlijnen, instructies en opleidingen. Desondanks doen zich in de gebouwde omgeving ongevallen met aardgas voor. In 2015 publiceerde de Onderzoeksraad voor Veiligheid een rapport over het gevaar van koolmonoxidevergiftiging. Tot dan toe werd aangenomen dat jaarlijks vijf à tien dodelijke slachtoffers vallen door blootstelling aan een

verhoogde concentratie koolmonoxide en enkele honderden gewonden. Naar inschatting van de Onderzoeksraad is de omvang van het probleem met koolmonoxide drie tot vijf keer zo groot [26]. Dit vertalen we naar ordegrrootte van tien tot vijftig dodelijke slachtoffers per jaar. De in hoofdstuk 4 genoemde 350 DALY's voor koolmonoxidevergiftiging stijgt daarmee naar 1000-1750 DALY's.

De vergiftiging kan ontstaan bij defecten van een aardgas gestookte installatie zoals een geiser, cv- of combiketel, maar ook door andere installaties waar onvolledige verbanding plaatsvindt zoals een kachel of open haard. Daarnaast worden brand, binnenshuis barbecueën en slechte ventilatie als oorzaken benoemd [27].

Het aantal slachtoffers als gevolg van niet-opzettelijke brand en/of explosie door gaslekkage is veel lager dan het aantal koolmonoxidevergiftigingen. In de periode 2009-2013, bijvoorbeeld, vielen volgens KIWA geen dodelijke slachtoffers [28].

Koken is één van de hoofdoorzaken van brand in de woning [29]. In 2017 is 15% van de woningbranden met dodelijke slachtoffers ontstaan door 'onvoorzichtigheid bij koken' [30]. Het ontstaat voornamelijk in de pan of op het fornuis, maar ook de oven, magnetron en frituur zijn objecten waar vaak brand ontstaat [31]. Het is onbekend welk aandeel van de branden het gevolg is van koken op gas, maar in zijn algemeen kan gesteld worden dat het risico op brand groter is bij een gasgestookt fornuis omdat er sprake is van open vuur.

Alles overziende, schat het RIVM in dat het aantal dodelijke slachtoffers door het gebruik van aardgas in de gebouwde omgeving voornamelijk bepaald wordt door koolmonoxidevergiftiging en in de ordegrrootte van tien tot vijftig dodelijke slachtoffers per jaar ligt. Als in 2030 een kwart van de woningen is verduurzaamd, zou de ziektelast hierdoor met 250 tot 400 DALY's kunnen dalen. Voor 2050 zou de daling in ziektelast mogelijk 1000 tot 1750 DALY's kunnen bedragen.

5.2.2

Geluid

Verlagen warmtevraag

Verminderen van de warmtevraag wordt vooral bereikt door isolatie van de gebouwschil. Isolatie heeft op zich geen invloed op de geluidsbelasting in de woning, al is enige reductie van geluid van buiten mogelijk. In veel gevallen zal een ander ventilatiesysteem nodig zijn wat invloed kan hebben op geluid in de woning.

Warmtevraag aanvullen met andere warmtebron

Deze optie gaat meestal uit van een hybride warmtepomp. De warmtepomp wordt gecombineerd met een gasgestookte cv-ketel. Aandachtspunt voor de verdere uitwerking van het Klimaatakkoord is de mogelijke verhoging van de geluidsbelasting in (en om) huis door de warmtepomp.

Gasaansluiting verwijderen

Verwijderen van de gasaansluiting en bijbehorende installatie kan tot een kleine geluidsreductie leiden. De warmtebron wordt vervangen door een bron in of om het gebouw, of een warmtebron op afstand. Aandachtspunt

voor de verdere uitwerking is de mogelijke geluidsbelasting door nieuwe installaties in (en om) de woning.

Gasbron vergroenen

Een ander type gas (biogas, waterstof) in gelijksoortige installaties zal de geluidsbelasting niet beïnvloeden.

De resultaten voor de effecten van de maatregelen in de gebouwde omgeving zijn samengevat in Tabel 7.

Tabel 7 Samenvatting van de effecten van verschillende groepen klimaatmaatregelen op de geluidsbelasting

Maatregel Klimaatakkoord	Effect geluidsbelasting
verlagen warmtevraag per gebouw	geen of nauwelijks effect
warmtevraag aanvullen uit andere bron	geen effect
gasaansluiting verwijderen	geen of nauwelijks effect
gasbron vergroenen	geen effect

Concluderend zullen de klimaatmaatregelen om binnen de gebouwde omgeving van aardgas af te gaan niet tot substantiële verandering van de geluidsbelasting leiden. Aandachtspunt vormt de hinder die omwonenden van het geluid van nieuwe installaties kunnen ondervinden.

5.2.3

Luchtkwaliteit

De emissies van NO_x, SO₂ en PM₁₀ door de gebouwde omgeving voor 2016 zijn weergegeven in Tabel 25 in Bijlage 6. Aardgasverbranding leidt tot emissies van NO_x. De geregistreerde PM₁₀-emissies in de Gebouwde Omgeving worden vooral veroorzaakt door woningbranden. De bijdrage van houtkachels voor sfeer of bijverwarming wordt niet geregistreerd, maar deze dragen substantieel bij aan de PM₁₀ in de buitenlucht (2 kton). Houtkachels en openhaarden leveren daardoor ook een substantiële bijdrage aan de ziektelast.

Hieronder wordt voor de vier sporen waarlangs het Klimaatakkoord de fossiele brandstoffen in de gebouwde omgeving wil terugdringen een kwalitatieve inschatting van de invloed op gezondheid gegeven.

Verlagen warmtevraag

Door de vraag te verminderen, wordt er minder aardgas verbruikt en zullen de emissies van stikstofoxiden evenredig afnemen. Verminderen van de warmtevraag wordt vooral bereikt door isolatie van de gebouwschil. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is de kwaliteit van het binnenmilieu. Als er voldoende aandacht is voor ventilatie en de bouwtechnische staat van de woning kan de ziektelast als gevolg van radon, vocht en meeroken lager uitvallen. Aandachtspunt voor de vervangende technieken voor verwarming, zoals geothermie en ondiepe bodemenergie, is dat deze in de buurt van de winningslocatie en binnenshuis mogelijk tot een toename van de blootstelling aan radon kunnen leiden.

Warmtevraag aanvullen

Deze optie gaat meestal uit van een hybride warmtepomp. De warmtepomp wordt gecombineerd met een gasgestookte cv-ketel. Wordt

er minder aardgas verbruikt, dan zullen de emissies van stikstofoxiden evenredig afnemen.

Gasaansluiting verwijderen

Hierdoor verdwijnt in principe de aardgasverbranding, tenzij er op afstand aardgasgestookte stadswarmte geproduceerd wordt. Daarnaast kan het koken niet meer op gas, waardoor mogelijk minder woningbranden optreden (zie hoofdstuk 3). Hierdoor kan de emissie van PM₁₀ enigszins afnemen.

Gasbron vergroenen

Bij biogas is het effect op dit moment onduidelijk en worden de emissies van stikstofoxiden gelijk gehouden. Bij waterstof verdwijnen de emissies van stikstofoxiden.

Tabel 8 Samenvatting van het effecten van verschillende groepen klimaatmaatregelen op de kwaliteit van het binnenmilieu

Maatregel Klimaatakkoord	Effect luchtkwaliteit
verlagen warmtevraag per gebouw	Enige NO _x -reductie
warmtevraag aanvullen uit andere bron	Enige NO _x -reductie
gasaansluiting verwijderen	NO _x -reductie groot, mogelijk enige PM ₁₀ -reductie
gasbron vergroenen	onduidelijk (biogas) of groot effect NO _x (waterstof)

Aandachtspunten

Van de klimaatmaatregelen binnen de klimaattafel 'Gebouwde omgeving' wordt geen substantiële verandering van het binnenmilieu verwacht (zie paragraaf 4.2.5). Aandachtspunt vormt de mogelijke toepassing van houtstook in de gebouwde omgeving. Dit leidt in de huidige situatie tot geurhinder en tot gezondheidseffecten vanwege luchtverontreiniging. Een ander aandachtspunt is de verduurzaming van woningen (isolatie). Goed uitgevoerd kan deze verduurzaming in combinatie met ventilatie de kwaliteit van het binnenmilieu verbeteren.

5.3 Mobiliteit

De mobiliteitstafel streeft naar meer inzet van duurzame energie voor alle transportmodaliteiten op de weg, het water en in de lucht. In 2050 moet de inzet van fossiele brandstoffen tot nul gereduceerd zijn. Gedragsverandering in personenmobiliteit moet leiden tot minder autokilometers, meer deelauto's, meer fietsen en openbaar vervoer (OV). Concreet komen de voorstellen aan deze klimaattafel neer op vier categorieën maatregelen:

1. zuiniger rijden (minder emissie per kilometer);
2. minder kilometers rijden;
3. fossiele brandstof (deels) vervangen door biobrandstof;
4. de brandstofmotor uitfasen en vervangen door een nul-emissie variant (elektrisch of waterstof).

Voor elk van deze vier sporen wordt de invloed op blootstelling aan veiligheid, geluid en luchtverontreiniging beschreven.

5.3.1 *Veiligheid*

Stimuleringsmaatregelen zoals elektrisch rijden, Zero-emissie OV, Inkoopbeleid, Omgevingswet en (EU-)Normen hebben afname van het gebruik van fossiele brandstoffen tot doel en heeft daarmee impact op de gehele keten van fossiele brandstoffen winning, verwerking, opslag en transport. De gevolgen hiervan voor veiligheid zijn beschreven in paragraaf 3.3.

Het RIVM beschikt niet over informatie waarmee aangetoond kan worden dat de uitfasering van het gebruik van fossiele brandstoffen voor mobiliteit leidt tot minder ongevallen. Het minder kilometers rijden kan leiden tot minder verkeersslachtoffers, maar een kwantificering ontbreekt nog. Voor een verlaging van de snelheid van 100 naar 80 kilometer/uur is wel aangetoond dat het aantal verkeersslachtoffers –in theorie- daalt [32]. Anderzijds gebeuren misschien meer ongelukken door de toenemende snelheid van elektrische fietsen (en meer ouderen die daarmee de weg op gaan).

5.3.2 *Geluid*

Voor mobiliteit zijn de belangrijkste bronnen van ziektelast door geluid het wegverkeer, vliegverkeer en railverkeer (Bijlage 3).

Vliegverkeer is geen onderdeel van het Klimaatakkoord en wordt in dit rapport niet geanalyseerd. Voor railverkeer gaat het in dit rapport om het wegnemen van diesel als brandstof. Omdat voor railverkeer de geluidsbelasting niet of nauwelijks verband houdt met de motor wordt hier geen verlaging van de geluidsbelasting door de klimaatmaatregelen verwacht. Voor wegverkeer kunnen klimaatmaatregelen wel tot verlaging van de geluidsbelasting leiden.

Wegverkeer

Bij voertuigen zijn de motor, uitlaat en banden belangrijke geluidsbronnen. Bij lagere snelheden zijn de motor en uitlaat de belangrijkste geluidsbronnen. Bij snelheden boven 30 km/uur wordt het rolgeluid van de banden dominant [33].

De geluidsemissie is dus afhankelijk van het type voertuig, de banden, de snelheid van de voertuigen en de ruwheid en structuur van het wegdek. Hieronder wordt kwalitatief geschat welk effect op geluidsbelasting de vier sporen van de klimaattafel mobiliteit hebben.

Zuiniger rijden (minder emissie per kilometer)

Snelheidsbeperkingen van 100 naar 80 km/uur kunnen de geluidsbelasting met 2 dB reduceren. Zuiniger rijden door ander rijgedrag heeft geen effect op de geluidsbelasting. Eventueel is er marginale winst door anders optrekken, afremmen en schakelen. Alleen als zuiniger rijden ook langzamer rijden betekent, kan dat een bijdrage aan verlaging van de geluidsbelasting leveren.

Minder kilometers rijden

Minder kilometers rijden levert meteen een lagere geluidsbelasting. Hoewel grote reducties van de verkeersintensiteit niet reëel zijn kan er lokaal belangrijke winst worden gerealiseerd. Het Klimaatakkoord streeft in 2030 naar een reductie met 8 miljard zakelijke autobestuurders-

kilometers. In totaal worden er in Nederland circa 100 miljard autobestuurderskilometers per jaar gereden.

Fossiele brandstof (deels) vervangen door biobrandstof

De inzet van biobrandstoffen heeft geen effect op de geluidsbelasting.

De brandstofmotor vervangen door een nul-emissie variant (elektrisch of waterstof)

Voor 2030 voorziet het Klimaatakkoord in 25% elektrificatie. Voor 2050 wordt van een volledig elektrisch wagenpark uitgegaan. Een volledig elektrisch wagenpark zorgt dat het motorgeluid en uitlaatgeluid vrijwel volledig verdwijnen. Een elektromotor is aanzienlijk stiller dan een brandstofmotor. Dit zorgt vooral bij snelheden tot 20 kilometer per uur voor grote effecten. Aanvullend zal door elektrificatie ook de geluidshinder door brommers en scooters voor een groot deel vervallen. Voor geluidsbelasting en CO₂-reductie is dat minder relevant [33], voor hinder is dat wel belangrijk. Ook de geluidshinder door bouwactiviteiten kan verminderen door elektrificatie van mobiele werktuigen.

Tabel 9 vat de effecten van verschillende groepen klimaatmaatregelen op de geluidsbelasting samen.

Tabel 9 Samenvatting van het effecten van verschillende groepen klimaatmaatregelen op de geluidsbelasting

Maatregel Klimaatakkoord	Effect geluidsbelasting
zuiniger rijden (minder emissie per km)	geluidsreductie bij langzamer rijden
minder kilometers rijden	geluidsreductie
biobrandstof	geen effect
nul-emissie variant (elektrificatie)	geluidsreductie

Kwantificering gezondheidseffect

De werkelijke daling van de geluidsbelasting door maatregelen in het Klimaatakkoord is moeilijk te voorzien. Als ruwe schatting wordt, op basis van een reductie met 8 miljard autokilometers en 25% elektrificatie, voor 2030 een geluidsreductie met 1 dB in binnenstedelijk gebied gehanteerd. In 2050 wordt uitgegaan van een volledig geëlektrificeerd wagenpark. In die situatie bedraagt de geluidsreductie in binnenstedelijk gebied 3-4 decibel [33].

Een eerste schatting voor de gezondheidswinst in 2030 van een geluidsreductie met 1 dB in binnenstedelijk gebied is ontleend aan [34]. In dat onderzoek komt, voor de binnenstedelijke situatie in Utrecht, een reductie van de korte autoritten met 20% ongeveer overeen met een geluidsreductie van 1 dB. In 2050 leidt een geluidsreductie met 3-4 dB in binnenstedelijk gebied tot een reductie in het aantal gehinderden met ongeveer een derde (33% in het aantal gehinderden en 36% in het aantal ernstig gehinderden) [33].

Als het lukt om met de klimaatmaatregelen de geluidsbelasting in heel Nederland generiek met 3-4 dB omlaag te brengen, kan circa een derde van de hinder en slaapverstoring door wegverkeer voorkomen worden. Aangezien wegverkeer het grootste deel van de 25.000 DALY's door slaapverstoring veroorzaakt, kan dit tot een reductie in de ordegrrootte

5000-7000 DALY's leiden. En de reductie van hinder (los van slaapverstoring) is dan nog niet meegeteld.

Aandachtspunten

Het Klimaatakkoord gaat uit van vermindering en verandering van mobiliteit. De verwachte toenemende bevolkingsdichtheid, voortgaande verstedelijking en groei van het verkeer kan de winst (gedeeltelijk) teniet doen. En uitbreiding van het vliegverkeer op verschillende locaties in Nederland en een toename van het goederentreinverkeer 's nachts, kunnen zorgen voor meer geluidshinder, ondanks dat auto's, vliegtuigen en treinen steeds stiller worden.

5.3.3 *Luchtkwaliteit*

In Tabel 20 en Tabel 21 in Bijlage 2 zijn de emissies voor de categorie mobiliteit opgenomen. Het laat zien dat van alle klimaattafels deze categorie verreweg de meeste stikstofoxiden en ook het meeste fijnstof uitstoot.

Van de voorgenomen maatregelen aan de klimaattafel mobiliteit leiden zuiniger rijden (o.a. door Europese normen), minder kilometers rijden en vooral het uitfasen van de brandstofmotor direct tot vermindering van de emissie van NO_x en PM₁₀. Deze maatregelen leveren daarmee een substantiële verbetering van de luchtkwaliteit. Naast de uitlaatgerelateerde emissies zijn er ook fijnstof slijtage-emissies van de banden, remmen en het wegdek. Deze emissies worden mogelijk beïnvloed door zuiniger rijden en minder kilometers rijden.

Voor de inzet van biobrandstof is het effect sterk afhankelijk van de eigenschappen van de biobrandstof en de manier waarop en waar die geproduceerd wordt. Daarover is op dit moment geen gedetailleerde informatie bekend.

Naast wegverkeer vallen ook de mobiele werktuigen onder de categorie mobiliteit. Dit zijn voornamelijk mobiele werktuigen in de bouw en landbouwvoertuigen. Tabel 10 vat de resultaten samen.

Tabel 10 Samenvatting van het effecten van verschillende groepen klimaatmaatregelen op de luchtverontreiniging

Maatregel Klimaatakkoord	Effect luchtkwaliteit
zuiniger rijden (minder emissie per km)	verbetering
minder kilometers rijden	verbetering
biobrandstof	onduidelijk
nul-emissie variant	substantiële verbetering

Schatten effect klimaatingrepen

Het Klimaatakkoord richt zich voor 2030 vrijwel alleen op wegverkeer. Daarom worden de emissies door mobiele werktuigen, scheepvaart, etc. voor 2030 hetzelfde verondersteld als in 2016; zie Tabel 25 in Bijlage 6. Voor de uitlaatgerelateerde emissies wordt ervan uitgegaan dat deze evenredig gereduceerd worden met de CO₂-emissiereductie, met 22-28%. Daarbij wordt geen biobrandstof meegenomen.

Voor 2050 is geschat dat voor wegverkeer en mobiele werktuigen er sprake is van een volledig elektrisch wagenpark, waardoor uitlaatgerelateerde emissies verdwijnen. Zeescheepvaart wordt niet

beïnvloed door het Klimaatakkoord, dus die emissies zijn voor dit rapport gelijk gehouden met 2016. Daarnaast zijn de slijtage-emissies van wegverkeer gelijk gesteld aan 2016.

5.4 Landbouw en landgebruik

Bij Landbouw en landgebruik wordt gestreefd naar balans tussen de uitstoot van broeikasgassen aan de ene kant en vastlegging van broeikasgassen aan de andere kant. In de veehouderij zullen er restemissies blijven (methaan, lachgas). Maar de landbouwsector gaat ook koolstof vastleggen in bodems, bossen en materialen, biomassa produceren en hernieuwbare energie opwekken.

De in het Klimaatakkoord voorgestelde maatregelen zijn zeer divers. Enkele hoofdcategorieën zijn:

1. Transitie glastuinbouw
Door toepassing van geothermie, betere benutting van restwarmte en inzet van duurzame elektriciteit streeft de glastuinbouw naar klimaatneutraliteit in 2040.
2. Duurzame landbouwvoertuigen
Overgang van fossiele bronnen naar elektriciteit of biobrandstoffen.
3. Minder gebruik kunstmest
Kunstmest wordt geproduceerd met aardgas. Terugdringen van het gebruik van kunstmest levert daardoor CO₂-emissiereductie. De CO₂-emissie bedroeg in 2016 3.537 kton. Naast CO₂ komen er bij de kunstmestproductie ook ureum, nitraat ammoniak en NO₂ vrij.
4. Reductie dieraantallen
In de varkenshouderij worden reducties van dieraantallen voorgesteld. Zo'n reductie leidt tot reductie van emissies van fijnstof, ammoniak, geur en micro-organismen. Minder mest kan bijdragen aan een betere bescherming van het oppervlaktewater.
5. Verschuiven en beperken van de eiwitconsumptie
Door gedragsverandering bij consumenten, zoals meer consumptie van groenten en fruit, een groter aandeel consumptie van eiwitten op plantaardige basis en minder voedselverspilling wordt de consumptie van dierlijke eiwitten gereduceerd.
6. Stimuleren mestvergisting
Reductie van de inzet van fossiele bronnen door een grotere rol voor mestvergisting voor warmte- en elektriciteitsproductie.
7. Vernatten van veenweidegebieden
Voorkomen van verdroging van veenweidegebieden (peilbeheer) voorkomt CO₂-emissie en bodemdaling.
8. Omkeren van de ontbossing; dit leidt tot meer koolstofvastlegging.

Deze rapportage focust op de gevolgen van de afbouw van fossiele bronnen voor veiligheid, gezondheid en natuur. Vanuit dat perspectief zijn vooral de volgende drie onderdelen van belang:

- transitie glastuinbouw;
- duurzame landbouwvoertuigen;
- minder gebruik kunstmest.

Kunstmest wordt gemaakt met behulp van aardgas. Deze productie valt onder de klimaattafel industrie en veroorzaakt van die categorie ongeveer 3% van de stikstofoxidenemissies en ongeveer 9% van de fijnstofemissies (PM₁₀).

De duurzame landbouwvoertuigen worden meegenomen bij de klimaattafel 'Mobiliteit'. Binnen de categorie mobiele werktuigen veroorzaken landbouwvoertuigen ongeveer 40% van de emissies fijnstof en stikstofoxiden.

In de glastuinbouw wordt een mix ingezet van warmtekrachtkoppeling (WKK), ketelverwarming, inkoop van warmte en elektriciteit en duurzame energiebronnen. Door de energietransitie zal deze mix verschuiven. WKK en ketelverwarming zullen minder een rol gaan spelen. Warmtenetten, geothermie en duurzame elektriciteit zullen deze rol in toenemende mate overnemen. De sector streeft er naar in 2040 klimaatneutraal te zijn.

5.4.1 *Veiligheid*

Het RIVM beschikt niet over informatie om een conclusie te kunnen trekken over de invloed van het uitfaseren van het gebruik van fossiele brandstoffen op het aantal ongevallen bij landbouw en landgebruik.

5.4.2 *Geluid (glastuinbouw)*

Het is niet mogelijk een inschatting te maken van de geluidsbelasting door fossiele installaties in de glastuinbouw. Het effect op de geluidsbelasting door maatregelen in de glastuinbouw hangt af van het concrete maatregelenpakket en dat is op dit moment niet duidelijk. Als een WKK-installatie wordt vervangen door inkoop van warmte en van duurzame elektriciteit die elders zijn opgewekt, zal de geluidsbelasting bij de glastuinbouw afnemen. Wordt de WKK-installatie vervangen door een geothermie-installatie voor de warmte en een windmolen op het bedrijf voor de opwekking van elektriciteit, dan kan de geluidsbelasting toenemen. Bovendien kunnen de maatregelenpakketten regionaal en per bedrijf sterk verschillen. Een generieke uitspraak is niet goed mogelijk.

Tabel 11 Samenvatting van het effecten van verschillende groepen klimaatmaatregelen op de geluidsbelasting

Maatregel Klimaatakkoord	Effect geluidsbelasting
Verduurzamen warmte- en energiebronnen	onduidelijk

5.4.3 *Luchtkwaliteit (glastuinbouw)*

Uit Tabel 25 in Bijlage 6 volgt een geschatte reductie van NO₂-emissie door de maatregelen in het Klimaatakkoord voor de glastuinbouw van 2,6 kton in 2030. In 2050 is NO₂-emissie uit de glastuinbouw volledig weggefallen (Tabel 26 in Bijlage 6). De emissies van SO₂ en PM₁₀ door de glastuinbouw waren in 2016 al vrijwel afwezig. De maatregelen in het Klimaatakkoord hebben daarom geen effect op deze emissies. Op een totale NO₂-emissie in 2016 van 341,4 kton betekent de emissiereductie door de maatregelen glastuinbouw met 2,6 kton een beperkte verbetering van de luchtkwaliteit.

*Tabel 12 Samenvatting van het effecten van verschillende groepen
klimaatmaatregelen op de luchtkwaliteit*

Maatregel Klimaatakkoord	Effect luchtkwaliteit
verschuiven brandstofmix	beperkte verbetering

5.5 Industrie

De klimaattafel 'Industrie' streeft in 2050 naar een circulaire industrie met een uitstoot van broeikasgassen die vrijwel nul is. Om dat te bereiken worden twee sporen uitgezet:

- Vraag naar warmte, elektriciteit en andere energiedragers (waterstof) verlagen en duurzaam opwekken.
- Verduurzamen van de grondstoffenstromen.

Deze rapportage gaat over de gezondheids- en veiligheidswinst van het terugdringen van fossiele brandstoffen. We richten ons daarom op de duurzame opwekking en elektrificatie van de energievoorziening. Het verduurzamen van de grondstoffenkringloop blijft buiten beschouwing. Ook nieuwe technieken die tot CO₂-reductie moeten leiden zoals elektrolyse van water door wind en zon (groene waterstof), verbetering van de procesefficiency en opslag van CO₂ (Carbon Capture & Storage, CCS) blijven buiten beschouwing.

5.5.1 Veiligheid

Arbeidsongevallen

De industrie is één van de hoofdsectoren waar in absolute en relatieve zin veel ernstige arbeidsongevallen plaatsvinden [35]. Arbeidsongevallen die plaatsvinden bij de industriebedrijven in de keten van winning, verwerking en opslag daarvan zijn al apart beschouwd in paragraaf 3.3.1. De overige industriebedrijven gebruiken wel fossiele brandstoffen. Geschat wordt dat het aandeel arbeidsongevallen als een direct gevolg van het gebruik van fossiele brandstoffen verwaarloosbaar klein is.

Kans op een groot ongeval

De kans op een groot ongeval in de industrie als gevolg van fossiele brandstoffen concentreert zich bij bedrijven die werkzaam zijn in de keten van winning, verwerking en opslag daarvan. Dit keteneffect is al apart beschouwd in paragraaf 3.3.1. Grote energieverbruikers in de industrie maken gebruik van een continue aanvoer van fossiele brandstoffen en houden over het algemeen weinig of geen voorraden aan. De kans op een groot ongeval bij bedrijven die werken met gevaarlijke stoffen wordt bepaald door gevaarlijke stoffen die als grondstof of (tussen)product aanwezig zijn, niet door het gebruik van de fossiele brandstoffen. De kans op een groot ongeval als gevolg van het gebruik van fossiele brandstoffen is dan ook verwaarloosbaar, waardoor de energietransitie in de industrie niet bijdraagt aan een verlaging van de kans op een groot ongeval in Nederland. .

5.5.2 Geluid

Het effect van het afbouwen van fossiele bronnen in de industrie op de geluidsbelasting kan – op nationaal niveau – moeilijk worden ingeschat. Soms, bijvoorbeeld door het buiten gebruik stellen van een WKK-installatie of elektriciteitscentrale, kan de geluidsbelasting lokaal afnemen. Omdat op dit moment geen zicht is op het precieze maatregelenpakket

kan de impact van het afbouwen van de fossiele bronnen binnen de industrie niet worden aangegeven.

Geluid is daarnaast een aandachtspunt voor de vervangende installaties voor warmte- en elektriciteitsproductie, zoals een geothermie-installatie of een windmolen.

Tabel 13 Samenvatting van het effecten van verschillende groepen klimaatmaatregelen op de geluidsbelasting

Maatregel Klimaatakkoord	Effect geluidsbelasting
afbouwen fossiele bronnen	onduidelijk

5.5.3

Luchtkwaliteit

De maatregelen in het Klimaatakkoord die gericht zijn op het afbouwen van de fossiele brandstoffen in de industrie leiden, naast reductie van CO₂ in 2030 tot minder emissie van NO_x, SO₂ en PM₁₀ (zie Tabel 25 in Bijlage 6). Het gaat ten opzichte van 2016 om reducties van 5,6 kton NO_x, 3,7 kton SO₂ en circa 1 kton PM₁₀. Op de totale emissie stikstofoxiden in 2016 gaat het om een relatief kleine reductie, voor SO₂ en PM₁₀ zijn de reducties substantiëler. Omdat er op dit moment weinig zicht is op verdere reducties van NO_x, SO₂ en PM₁₀ voor de periode 2030-2050, kunnen er over een eventuele verbetering van de luchtkwaliteit in die periode geen conclusies worden getrokken.

Tabel 14 Samenvatting van het effecten van verschillende groepen klimaatmaatregelen op de luchtkwaliteit

Maatregel Klimaatakkoord	Effect luchtkwaliteit
afbouwen fossiele bronnen	verbetering

5.6

Elektriciteit

Het Klimaatakkoord streeft voor 2050 naar een CO₂-vrij elektriciteitssysteem. Bestaande fossiele bronnen van elektriciteit worden vervangen door hernieuwbare bronnen wind en zon. De behoefte aan duurzame elektriciteit wordt daarnaast vergroot vanwege de elektrificatie in andere sectoren: mobiliteit, landbouw, gebouwde omgeving en industrie.

De belangrijkste maatregelen zijn:

1. Afbouwen fossiele bronnen (eerst kolen daarna gas);
2. Groene elektriciteitsproductie door zon en wind;
3. Inzet biomassa voor elektriciteitsproductie.

5.6.1

Veiligheid

Deze rapportage gaat over de gezondheids- en veiligheidswinst van het terugdringen van fossiele brandstoffen. De potentiële bijkomende gevaren van duurzame energietechnologie worden hier niet beschouwd. Tabel 15 geeft een overzicht van het aantal geregistreerde ongevallen bij de elektriciteitsproductie en een schatting van de orde grootte.

Tabel 15 Geregistreeerde en ordegrootte schatting van dodelijke slachtoffers bij arbeidsongevallen in sector elektriciteitsproductie

Elektriciteitsproductie	Dodelijke slachtoffers bij arbeidsongevallen
totaal geregistreerd • SBI 35111 Productie van elektriciteit door thermische, kern- en warmtekrachtcentrales • Ongeval Amercentrale september 2003*	0,4 / jaar
Ordegrootte schatting	1 / jaar
Percentage dodelijke slachtoffers door ongevallen met gevaarlijke stoffen	0%

* Dodelijke slachtoffers bij het ongeval in de Amercentrale [36] zijn toegevoegd, omdat deze geregistreerd waren onder een andere SBI-code voor aannemingsbedrijven.

Uit de ongevalsgegevens volgt dat er ordegrootte 1 dodelijk arbeidsslachtoffer per jaar valt bij de productie van elektriciteit en activiteiten die daarmee samenhangen zoals bouw en onderhoud. Volgens de huidige registratie zijn alle ongevallen vanwege andere arbeidsomstandighedenrisico's veroorzaakt dan gevaarlijke stoffen.

De afname van aardgasgebruik voor grootschalige elektriciteitsproductie heeft effect op de gehele keten van winning, verwerking, opslag en transport. Dit keteneffect is al beschouwd in paragraaf 3.3.

5.6.2

Geluid

Afbouwen fossiele bronnen

Elektriciteitscentrales zijn een bron van geluid. Uitfaseren zal de geluidsbelasting op enkele locaties in Nederland verlagen. Deze locaties bevinden zich meestal buiten bewoond gebied. Op nationale schaal zal er dus niet of nauwelijks sprake zijn van reductie van de geluidsbelasting.

Verschuiving naar productie door zonne-energie heeft weinig invloed op de geluidsbelasting. Windmolenparken op land leveren wel extra geluidsbelasting, die op land tot hinder kan leiden. Dit is een aandachtspunt voor de verdere uitwerking van de duurzame elektriciteitsproductie.

Als elektriciteitscentrales met biomassa worden gestookt zal dat geen of nauwelijks invloed hebben op de geluidsbelasting.

Tabel 16 Samenvatting van het effecten van verschillende groepen klimaatmaatregelen op de geluidsbelasting

Maatregel Klimaatakkoord	Effect geluidsbelasting
afbouwen fossiele bronnen	geen of nauwelijks effect (nationaal)

Concluderend zal de geluidsbelasting door het verdwijnen van fossiele bronnen alleen op enkele locaties kunnen leiden tot een afname van geluidsbelasting. Aandachtspunt vormen de windturbines op land, die tot extra hinder en mogelijk tot slaapverstoring kunnen leiden [37].

5.6.3

*Luchtkwaliteit**Afbouwen fossiele bronnen*

In scenario 2050 gaan we uit van 100% schone productie, zoals zon en wind. De emissies van CO₂, NO_x, SO₂ en PM₁₀ door de elektriciteitssector zijn dan tot nul gereduceerd. In 2030 zijn SO₂ en NO_x sterk gereduceerd door het uitfasen van kolencentrales, de PM₁₀-emissies van kolencentrales zijn nu al laag en de rest verdwijnt met de uitfasering. In 2030 realiseert het klimaatbeleid een extra NO_x-reductie van 11 kton (75% ten opzichte van 2016). Er rest in 2030 nog een NO_x-emissie van 3 kton. In 2050 zijn alle drie de emissies tot nul gereduceerd.

Aandachtspunt is in hoeverre dit vervangen wordt door niet-duurzame energiecentrales in het buitenland, met bijbehorende emissies die ook in Nederland terecht kunnen komen.

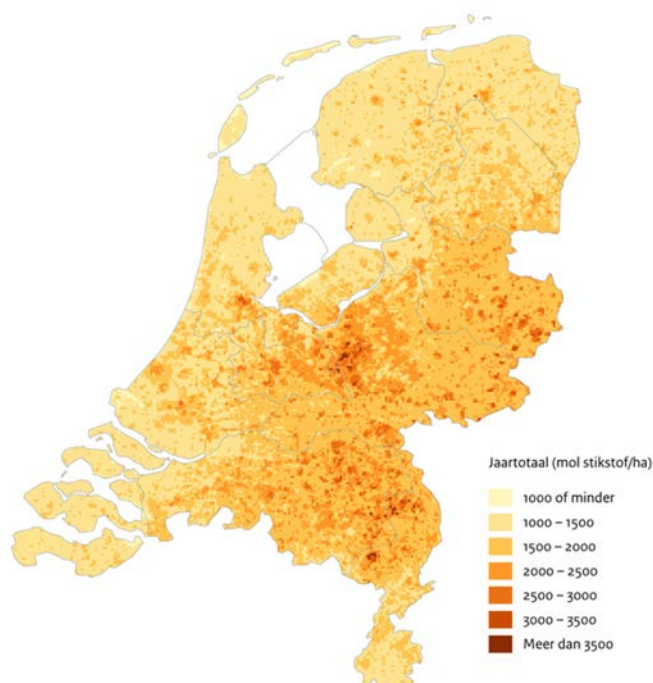
Bij inzet van biomassa blijven de emissies grotendeels hetzelfde, al kan de samenstelling enigszins wijzigen. Inzet van biomassa in plaats van fossiele grondstoffen heeft daarom geen of nauwelijks effect op de luchtkwaliteit.

Tabel 17 Samenvatting van het effecten van verschillende groepen klimaatmaatregelen op de luchtkwaliteit

Maatregel Klimaatakkoord	Effect luchtkwaliteit
afbouwen fossiele bronnen	substantiële verbetering

6 Effecten Klimaatakkoord op natuur

Stikstof is een voedingsstof voor planten, maar te veel stikstof kan schade veroorzaken aan de natuur door een verlies aan biodiversiteit. De emissies van uiteenlopende bronnen hebben invloed op de hoeveelheid stikstofdepositie. Het gaat vooral om emissies van ammoniak en stikstofoxiden. In Nederland is op de meeste locaties de bijdrage van ammoniak aan de stikstofdepositie circa twee keer zo groot als die van stikstofoxiden. In Figuur 8 is de stikstofdepositie weergegeven.



Figuur 8 Stikstofdepositie in Nederland in 2016 [38]

Stikstofoxiden worden voornamelijk geëmitteerd door verkeer en industrie, als bijproduct van verbrandingsprocessen. Ammoniak komt voornamelijk vrij bij landbouwactiviteiten door verdamping uit mest [39]. In Nederland is 60% van de stikstofdepositie afkomstig van binnenlandse bronnen. De Nederlandse agrarische sector levert hier met ruim 40% de grootste bijdrage.

Het Nederlandse beleid richt zich al decennia op het terugdringen van verzuring en stikstofemissie. Recent wordt hier in het kader van het Schone Lucht Akkoord nog extra op ingezet. De verwachting is daarom dat de emissies van NO_x , ook zonder het Klimaatakkoord, als gevolg van vastgesteld en voorgenomen beleid verder zullen dalen. Aan dit lopende en voorgenomen beleid kan het Klimaatakkoord een beperkte toevoeging leveren.

Het Klimaatakkoord richt zich vooral op stikstofoxide. Ammoniak komt slechts zijdelings aan bod (reductie varkenshouderij, emissiearme stalsystemen, mestopslag en verwerking) bij de klimaat Tafel 'Landbouw

en landgebruik'. Emissies uit het buitenland worden in het Klimaatakkoord niet meegenomen. Dit betekent dat de mogelijke bijdrage van de maatregelen in het Klimaatakkoord aan het terugdringen van de stikstofdepositie in Nederland beperkt is. Omdat slechts 60% door Nederland zelf beïnvloedbaar is en daarvan ongeveer een derde voor rekening komt van de stikstofoxiden, gaat het om ongeveer 20% maximaal. Lokaal, in gebieden met een hoge stikstofdepositie, kan een grotere reductie optreden.

Elk type natuur (habitat) kent een Kritische Depositiewaarde (KDW) voor stikstof. Bij stikstofbelasting boven de KDW bestaat het risico dat de kwaliteit (biodiversiteit) van een habitat significant wordt aangetast door stikstofdepositie. Is voor een habitat de stikstofdepositie hoger dan de KDW, dan is er sprake van overbelasting door stikstof.

De inschatting in Bijlage 6 (Tabel 25) komt voor 2030 tot een daling van 12% (van 341 kton naar ruim 300 kton) van de uitstoot van stikstofoxiden ten opzichte van 2016. Omdat stikstofoxiden verantwoordelijk zijn voor 20% van de depositie zou dat een reductie van ruim 2% ($0,2 \times 0,12$) kunnen opleveren, als we aannemen dat het stikstofoxideafhankelijke deel van de depositie evenredig is met de emissie van stikstofoxiden. Voor 2050 is een daling van de uitstoot van stikstofoxiden met 50% geschat, wat leidt tot een reductie van de stikstofdepositie met 10% ($0,2 \times 0,5$).

Ten gevolge van de emissiedalingen in Nederland en in het buitenland zal de depositie van stikstof naar verwachting verder dalen [40].

Aandachtspunt

De effecten van het Klimaatakkoord op natuur en biodiversiteit kunnen ook negatief uitpakken. Windmolens op zee of op land hebben impact op het ecosysteem. Zonneparken beïnvloeden vegetatie en bodemleven [41]. Deze aspecten verdienen nader onderzoek, zoals voor windmolenparken op zee al is ingezet [42].

Concluderend

In 2030 kunnen de maatregelen in het Klimaatakkoord leiden tot een reductie in de stikstofdepositie met ruim 2%. Voor 2050 is een daling van de uitstoot van stikstofoxiden met 10% mogelijk. Dat zal betekenen dat het natuurareaal waarvoor de stikstofbelasting onder de kritische waarde ligt toeneemt, met gunstige gevolgen voor de biodiversiteit.

De bijdrage van de maatregelen in het Klimaatakkoord aan de verlaging van de stikstofdepositie is relevant maar ook beperkt. Dat komt omdat er al omvangrijk beleid gericht op emissie van NO_x in uitvoering is, omdat een belangrijk deel van de depositie uit het buitenland wordt geïmporteerd en omdat onduidelijk is welk effect de klimaatmaatregelen in de landbouwsector op de emissie van ammoniak zullen hebben.

7 Overzicht van de effecten van het Klimaatakkoord

7.1 Veiligheid

De ordegrootte van de veiligheidseffecten in de keten (hoofdstuk 3) en het eindgebruik van fossiele brandstoffen (hoofdstuk 5) zijn samengevat in Tabel 18. Deze tabel geeft een indicatie van de veiligheidswinst die behaald zou kunnen worden bij de volledige uitfasering van de keten van productie, transport, distributie en het eindgebruik van fossiele brandstoffen in 2050. Voor een realistisch beeld moet meer in detail beoordeeld worden of daadwerkelijk de gehele keten verdwijnt en welke nieuwe veiligheidsrisico's met de introductie van nieuwe energiesystemen daarvoor in de plaats kunnen komen. Daarnaast zal gedurende de energietransitie het oude en nieuwe systeem naast elkaar bestaan. Daardoor is het niet mogelijk om een inschatting van het effect voor de keten voor 2030 te maken.

Tabel 18 Ordegrootte van de huidige veiligheidseffecten in de keten en het eindgebruik van fossiele brandstoffen die in 2050 potentieel zijn verdwenen

Ketenonderdeel / eindgebruik	Dodelijke slachtoffers per jaar (ordegrootte)	Kans op tien slachtoffers of meer in de omgeving
Totaal effecten in de keten van fossiele brandstoffen	1 *	1:100-1:1000
• Winning, verwerking en opslag	• 1	• 1:1000-1:10.000
• Transport	• 1	• 1:100-1:1000
• Distributie	• 1	• 1:1000
Totaal effecten eindgebruik van fossiele brandstoffen	10-50	verwaarloosbaar
• Industrie	• verwaarloosbaar	• verwaarloosbaar
• Elektriciteit	• verwaarloosbaar	• verwaarloosbaar
• Gebouwde omgeving	• 10-50	• verwaarloosbaar
• Mobiliteit	• onbekend	• verwaarloosbaar
• Landbouw en landgebruik	• verwaarloosbaar	• verwaarloosbaar

* vanwege de schatting in ordegrootte leveren drie categorieën van ordegrootte 1 samen weer een ordegrootte 1 op (en geen 3)

Als in 2050 alle woningen gasloos zijn, worden 10-50 dodelijke slachtoffers per jaar voorkomen. Dit komt overeen met 1000-1750 DALY's. Wanneer in 2030 een kwart van de woningen verduurzaamd is, kan dit mogelijk leiden tot een winst van 250-400 DALY's. Daarnaast verdwijnen risicobronnen, waardoor de kans op een ramp met tien of meer doden afneemt. Vooral het vervallen van het transport van brandstoffen levert op dat laatste punt verbetering op.

7.2 Gezondheid

7.2.1 Geluid

Het wegverkeer zal stiller worden door het wegvallen van de brandstofmotor en door de maatregelen gericht op reductie van het aantal gereden kilometers.

In 2030 kan dat in het binnenstedelijk gebied een geluidsreductie met ongeveer 1 dB opleveren. In 2050 kan de geluidsreductie 3-4 dB bedragen, waardoor de slaapverstoring als gevolg van binnenstedelijk verkeer met ongeveer een derde kan afnemen. Dit levert een reductie in ziektelast van 5000-7000 DALY's op. De overige effecten van de maatregelen in het Klimaatakkoord op geluid zijn moeilijk te voorspellen. Dat komt vooral omdat geluidsreductie (of toename) afhangt van de precieze invulling van de maatregelen. Overall is de inschatting dat het Klimaatakkoord geen of nauwelijks effect op de geluidsbelasting, anders dan van wegverkeer, zal hebben. Een aandachtspunt vormt het vervangen van fossiele energie bronnen door windturbines waardoor een toename van omgevingsgeluid en hinder kan ontstaan.

7.2.2 *Luchtkwaliteit*

Om de gezondheidswinst van de reductie van NO_x, SO₂ en PM₁₀ te kunnen kwantificeren is een doorrekening nodig met het model dat gebruikt wordt voor de gezondheidsindicator bij het Schone Lucht Akkoord (SLA). Op deze wijze kan de extra emissiereductie voor de vijf klimaattafels tegelijk worden doorgerekend en gekwantificeerd. Zo'n doorrekening valt buiten het kader van deze rapportage. Bovendien zijn de reducties van NO_x, SO₂ en PM₁₀ nog op een zeer ruwe manier geschat.

Voor NO_x levert het Klimaatakkoord in 2030 een reductie op van circa 45 kton, 13% van de uitstoot in 2016. Voor SO₂ is de reductie 9 kton, 30% van de uitstoot in 2016. Voor PM₁₀ bedraagt de reductie 3 kton, 13% van de uitstoot in 2016.

In het kader van het SLA is berekend wat de gezondheidswinst is van enkele generieke verbeteringen in luchtkwaliteit. In 2016 overlijdt de gemiddelde Nederlander 9,0 maanden eerder door luchtverontreiniging. Bij volledige uitvoering van vastgesteld beleid in Nederland en het buitenland tot 2030 daalt de vroegtijdige sterfte naar 5,7 maanden. Dit komt overeen met een reductie van de ziektelast van ongeveer 40%. Dit zou een daling betekenen van 150.000 naar 95.000 DALY's door bestaand beleid. Voor de impact van aanvullende maatregelenpakketten en het Klimaatakkoord zijn diverse proefberekeningen gemaakt buiten het kader van dit rapport [22]. Op basis van die berekeningen is de schatting dat het Klimaatakkoord in 2030 tot een verdere daling van de 2-3% kan leiden, dit is 3000 tot 4500 DALY's [43].

Dat is een relevante verbetering van de gezondheid. Tegelijk wordt hiermee zichtbaar dat nationale klimaatmaatregelen een veel beperktere verbetering opleveren dan het reeds vastgestelde nationale en internationale luchtkwaliteitsbeleid tot 2030. Wanneer vergelijkbare maatregelen ook in ons omringende landen worden uitgevoerd, zal er een substantiëlere gezondheidswinst behaald kunnen worden. Daarnaast is geen rekening gehouden met emissiereducties in de zeescheepvaart. Internationale afspraken voor emissiereductie van de zeescheepvaart kunnen bijdragen aan verdere gezondheidswinst.

Voor de periode 2030-2050 wordt een verdere daling ingeschat voor NO_x en PM_{10} door de klimaatmaatregelen. NO_x daalt met 50% ten opzichte van 2016 en PM_{10} met 25%. Dit zou betekenen dat er mogelijk een verdubbeling van de gezondheidswinst optreedt door klimaatmaatregelen in de periode 2030-2050. Dit is echter een zeer onzekere inschatting, omdat precieze uitwerkingen van de maatregelen voor NO_x en PM_{10} ontbreken. Daarnaast zijn er modelberekeningen nodig om het effect van de veranderende samenstelling van lucht in kaart te brengen. Ook is er geen rekening gehouden met specifiek beleid tussen 2030 en 2050 gericht op verdere reductie van NO_x , PM_{10} en ammoniak.

Binnenshuis kunnen gezondheidseffecten van meeroken, radon/thoron, vocht en fijnstof indirect worden beïnvloed door het 'gasloos' maken van woningen. Als daarbij oog is voor goede isolatie, goede ventilatie, een goede bouwtechnische staat van de woning en adequaat bewonersgedrag, dan kan de ziektelast als gevolg van het binnenklimaat afnemen. Op dit moment kan hiervoor geen kwantitatieve schatting gemaakt worden. Aandachtspunt voor de vervangende technieken voor verwarming, zoals geothermie en ondiepe bodemenergie, is dat deze in de buurt van de winningslocatie en binnenshuis mogelijk tot een toename van de blootstelling aan radon kunnen leiden.

7.2.3 *Werkgerelateerde blootstelling aan stoffen*

Dieselrookblootstelling op de werkplek leidt tot ongeveer 2900 DALY's door longkanker. Daarnaast draagt dieselrook bij aan de ziektelast voor astma, COPD en hart- en vaatziekten, maar hiervoor zijn geen DALY-berekeningen beschikbaar. De gezondheidswinst door het verdwijnen van bronnen van dieselrook is daarom niet in zijn totaliteit te kwantificeren. Wel is duidelijk dat het verdwijnen van dieselrook in de werkomgeving tot substantiële gezondheidswinst van enkele duizenden DALY's kan leiden.

7.2.4 *Samenvatting effect op ziektelast*

De ordegrootte van het effect van de maatregelen in het Klimaatakkoord op de ziektelast is samengevat in Tabel 19. Dit levert een winst op van ordegrootte 0,5% van de totale ziektelast in Nederland.

Tabel 19 Ordegrootte van de vermindering van de ziektelast door maatregelen in het Klimaatakkoord tot 2050

Milieufactor	Reductie ziektelast (DALY's)
geluid	5.000-7.000
luchtkwaliteit	6.000-9.000
werkgerelateerde blootstelling aan stoffen	3.000
koolmonoxidevergiftiging	1000-1750

Er zijn voor een paar milieufactoren ook ordegrootte inschattingen gemaakt voor 2030 voor luchtkwaliteit (3.000 – 4.500) en koolmonoxidevergiftiging (250-400).

7.3 Natuur

In 2030 kunnen de maatregelen in het Klimaatakkoord leiden tot een reductie in de stikstofdepositie met ruim 2%. Voor 2050 is een daling van de stikstofdepositie met 10% mogelijk.

Dat zal betekenen dat het natuurareaal waarvoor de stikstofbelasting onder de kritische waarde ligt toeneemt, met gunstige gevolgen voor de biodiversiteit.

De bijdrage van de maatregelen in het Klimaatakkoord aan de verlaging van de stikstofdepositie is beperkt. Dat komt omdat een belangrijk deel van die depositie uit het buitenland wordt geïmporteerd en omdat onduidelijk is welk effect de maatregelen in de landbouwsector op de emissie van ammoniak zullen hebben.

7.4 Beschouwende opmerkingen

Het afbouwen van de huidige fossiele energie bronnen door de maatregelen in het Klimaatakkoord kan winst opleveren voor veiligheid, gezondheid en natuur. De omvang van deze winst is relevant, maar beperkt omdat de CO₂-reductie zich niet één-op-één vertaalt in minder luchtverontreiniging of in veiligere leef- en werkomstandigheden. Het gaat hierbij om een eerste verkenning die een ruwe schatting op nationaal niveau oplevert en waarbij niet is gekeken naar de vervangende energiesystemen en technieken en de effecten daarvan.

Ook kunnen op dit moment niet alle effecten die gezondheidswinst op leveren, zoals minder woningbranden of reductie van hinder, worden gekwantificeerd. Deze bijdrage ontbreekt in de schatting van de gezondheidswinst

Naast de gezondheidswinst in Nederland leveren deze maatregelen ook gezondheidswinst in het buitenland. Hier is geen DALY-inschatting voor gemaakt. Andersom dragen maatregelen in het buitenland ook bij aan gezondheidseffecten in Nederland (fijnstof, NO₂). Het verdient daarom aanbeveling om de maatregelen ook in internationaal verband af te stemmen en te beoordelen.

Om bij het realiseren van de energietransitie de kansen voor gezondheid, veiligheid en natuur te benutten en negatieve effecten te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken, is een tijdige en systematische beoordeling hiervan nodig. Dan kunnen deze aspecten aan de voorkant van het planproces worden meegenomen en met de stakeholders worden afgestemd. Bovendien kunnen andere maatschappelijke opgaven die meeliften op het klimaatbeleid mogelijk ook een deel van de kosten en investeringen terugverdienen. Dit rapport geeft een eerste aanzet om kansen voor gezondheid, veiligheid en natuur in beeld te brengen. Verdere ontwikkeling van een systematiek om kennislacunes in beeld te brengen en aan te vullen is nodig. Het is echter maatschappelijk niet wenselijk en noodzakelijk om de toepassing van nieuwe technieken zondermeer uit te stellen. De energietransitie is nodig om verdere opwarming van de aarde en de gevolgen daarvan zoveel mogelijk te voorkomen.

Aangezien de energietransitie een proces van enkele decennia is, is er ook ruimte om te leren van praktijkervaringen en deze kennis toe te passen bij het verbeteren van de toepassing van nieuwe technieken. Dit kan bijvoorbeeld ook via innovatie- en experimenteerregelingen. Goede monitoring en evaluatie is hierbij cruciaal om de vinger aan de pols te houden en om bij elke volgende fase van de energietransitie goed geïnformeerde keuzes te maken. In het kader van de Regionale Energie Strategieën verdient het aanbeveling om te zorgen dat dergelijke informatie regulier beschikbaar komt, zodat zowel centraal als decentraal het mogelijk is om tot gefundeerde besluitvorming te komen.

Bijlage 1 Kwantificeren gezondheidsschade

Er zijn verschillende manieren om de ziektelast ('Burden of Disease, BD') veroorzaakt door milieufactoren te kwantificeren. In dit rapport gebruiken we de 'Years Life Lost', de 'Disability-Adjusted Life Year' en de manier waarop de gezondheidswinst in het kader van het Schone Lucht Akkoord wordt berekend en weergegeven.

Sterfte

Allereerst kan men het aantal sterfgevallen in een bepaald jaar door een bepaalde milieufactor in beeld brengen, waarbij de leeftijd waarop de persoon overlijdt er niet toe doet.

Years Life Lost

Een andere manier om de ziektelast in rekening te brengen is door levensduurverkorting ('Years Life Lost, YLL'). De YLL houden niet alleen rekening met sterfte, maar ook met de leeftijd op het moment van overlijden. Voor iedereen die in een bepaald jaar overlijdt aan een bepaalde aandoening wordt de resterende levensverwachting op het moment van overlijden bepaald. Door deze 'verloren levensjaren' voor de gehele populatie op te tellen wordt de YLL voor die aandoening (in dat jaar) bepaald.

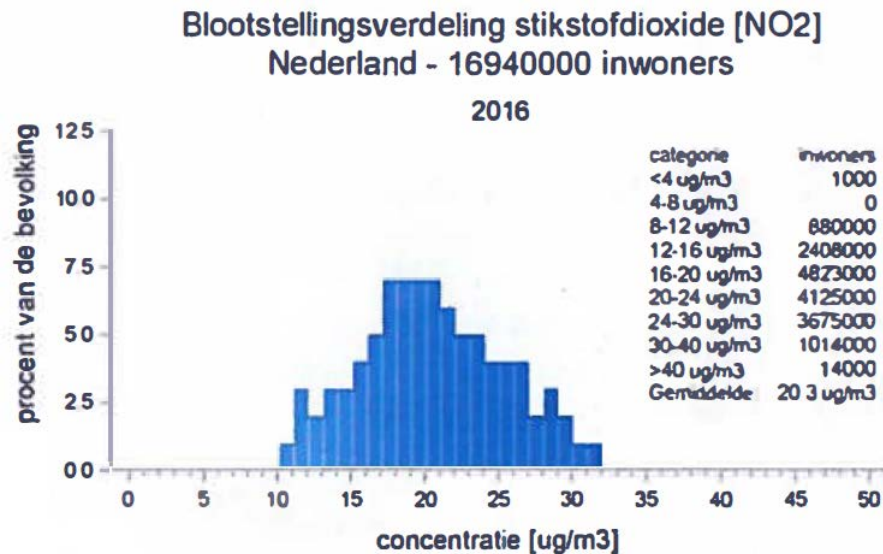
Disability-Adjusted Life Year

Een veel gebruikte maat voor de ziektelast is de 'Disability-Adjusted Life Year (DALY)'. De DALY kwantificeert gezondheidsverlies en bestaat uit twee componenten: de Years Life Lost en de 'Years Lost due to Disability (YLD)'. Deze YLD houdt er rekening mee dat mensen met een bepaalde aandoening verder leven of ervan genezen. Voor een aandoening wordt de periode met ziekte gecorrigeerd met een 'disability weight', een factor tussen 0 (volledig gezond) en 1 (overleden). Ook hier worden de YLD ten gevolge van een bepaalde aandoening voor de gehele populatie opgeteld. De DALY voor de gehele populatie in een bepaald jaar is de som van YLL en YLD.

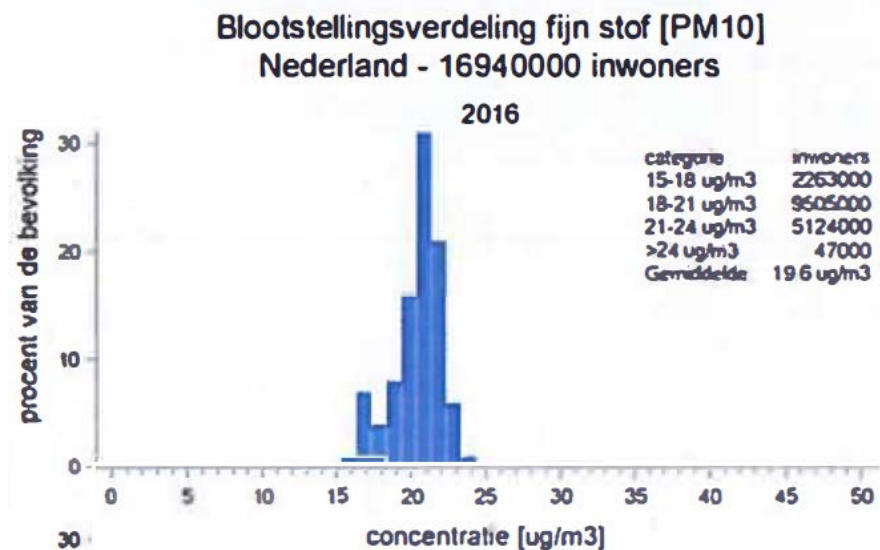
Een voorbeeld: iemand die op 35-jarige leeftijd overlijdt, met een levensverwachting van 80 jaar, draagt een YLL van 45 jaar aan de DALY bij. Iemand die op zijn vijftigste, met een levensverwachting van 75 jaar, de ziekte van Crohn krijgt (disability weight 0,213), daar niet van geneest en op zijn vijfenzeventigste overlijdt, draagt via de YLD 5,8 ($25 \times 0,231$) jaren bij aan de DALY.

Schone Lucht Akkoord

In het kader van het Schone Lucht Akkoord (SLA) wordt door het RIVM een aan de YLL verwante gezondheidsindicator gebruikt om gezondheidseffecten van NO₂ en fijnstof te kunnen schatten [22]. Deze gezondheidsindicator geeft aan hoeveel maanden een Nederlander, afhankelijk van zijn woonlocatie, korter leeft. De verdeling van de blootstelling van de Nederlandse bevolking aan NO₂ en fijnstof is weergegeven in Figuur 9 en Figuur 10.

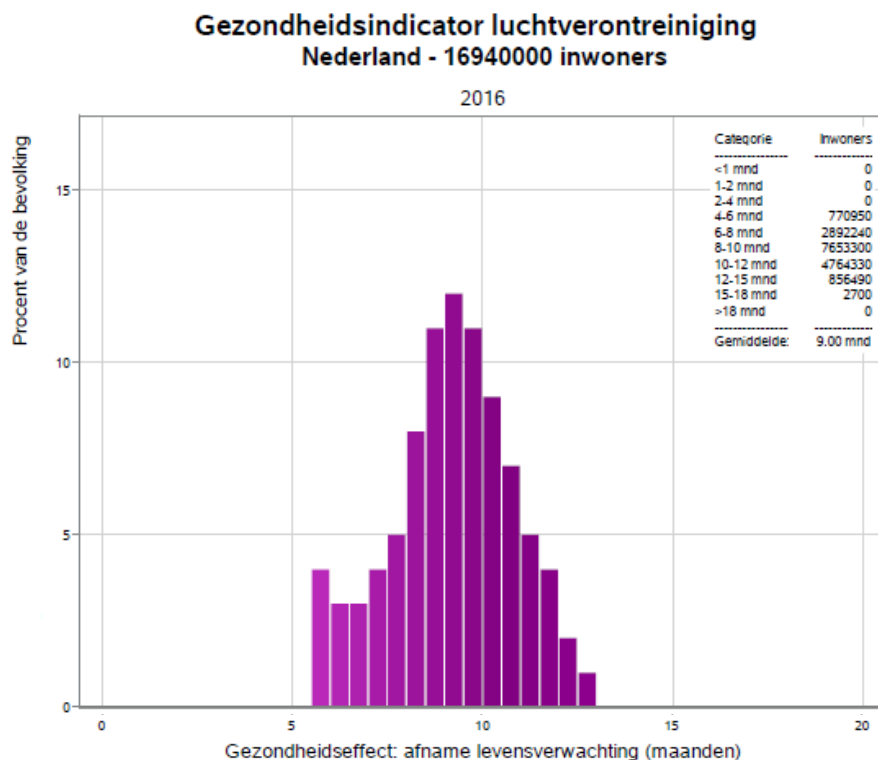


Figuur 9 Blootstelling van de Nederlandse bevolking aan stikstofoxide (NO₂) in 2016 [22]



Figuur 10 Blootstelling van de Nederlandse bevolking aan fijnstof (PM₁₀) in 2016 [22]

Voor zover bekend is er geen ondergrens waaronder geen gezondheidseffecten optreden. Een klein deel van de luchtverontreinigende stoffen is van natuurlijke oorsprong en zal altijd blijven. Daarom wordt er in SLA en in de VTV bij de berekeningen uitgegaan van een drempelconcentratie 5 µg/m³. Voor PM₁₀ en NO_x is een gecombineerde berekening van de ziektelast gemaakt, waarbij gecorrigeerd is voor de onderlinge interactie. Ook de levensduurverkortening voor de Nederlandse situatie is bepaald. Een voorbeeld voor de referentiesituatie in 2016 wordt gegeven in Figuur 11.



Figuur 11 Referentiesituatie (2016) voor de effecten van luchtverontreiniging op de gezondheid zoals die in het kader van het Schone Lucht Akkoord wordt gebruikt [22]

Figuur 11 geeft aan met hoeveel maanden de levensverwachting in 2016 afneemt vanwege de luchtverontreiniging. Die afname is afhankelijk van de woonomgeving en is niet voor elke Nederlander hetzelfde. Voor 2016 is de kleinste berekende afname in levensverwachting 4-6 maanden voor een groep van 770.950 Nederlanders die in een relatief schone omgeving woont. De grootste berekende afname in levensverwachting is 15-18 maanden voor een groep van 2700 mensen. Gemiddeld komt de situatie in 2016 neer op een afname van de levensverwachting met 9,0 maanden. Dat betekent dat een Nederlander gemiddeld negen maanden korter leeft, vergeleken met de situatie waarin de buitenlucht volledig schoon is.

Achtergrondconcentraties

Voor de berekening van de blootstelling aan luchtverontreiniging is in de VTV gebruik gemaakt van de kaarten met grootschalige concentraties in Nederland (GCN-kaarten, [44]).

Bijlage 2 Herkomst NO₂ en PM₁₀ in Nederland

Deze bijlage laat zien van welke bronnen de concentraties van NO₂ en PM₁₀ in lucht in Nederland afkomstig zijn. Deze gegevens zijn bedoeld om de potentiële winst van de maatregelen in het Klimaatakkoord te kunnen schatten.

In Tabel 20 wordt een overzicht gegeven voor de concentratie van NO₂.

Tabel 20 Overzicht van de opbouw van de NO₂-concentraties (µg/m³) in 2017 met bijdragen van de verschillende Nederlandse sectoren en het buitenland. De opbouw is zowel voor Nederland als voor enkele steden en landsdelen weergegeven [45]

	Neder- -land	Amster- dam/ Haarlem	Den Haag/ Leiden	Utrecht	Rotter- dam/ Dordrecht	Eind- hoven	Heerlen /Kerk- rade	Noord- Neder- land	Midden- Neder- land	Zuid- Neder- land
Industrie	0,4	0,7	0,6	0,5	0,9	0,6	0,7	0,3	0,5	0,5
Raffinaderijen	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
Energiesector	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
Afvalverwerking	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
Wegverkeer	3,8	7,2	6,5	9,5	7,0	7,1	3,5	2,4	4,7	3,7
Overig verkeer	2,2	4,3	3,4	4,3	5,3	2,4	1,1	1,6	2,6	1,9
Landbouw	0,6	0,5	1,4	0,6	0,6	0,7	0,2	0,5	0,6	0,7
Huishoudens	0,4	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7	0,5	0,3	0,5	0,4
HDO ² /Bouw	0,3	0,9	1,0	0,9	0,8	0,6	0,3	0,2	0,4	0,3
Internationale scheepvaart	1,6	2,7	3,9	1,7	4,1	1,2	0,6	1,4	1,7	1,7
Buitenland	5,2	3,5	4,1	3,9	4,8	8,3	9,5	4,0	4,6	8,1
Totaal	14,8	20,9	22,0	22,4	24,8	21,7	16,4	10,9	15,9	17,6

*HDO, Handel, Diensten en Overheid

Mobiliteit in de vorm van wegverkeer, overig verkeer en internationale scheepvaart levert de grootste bijdrage aan de NO₂-concentratie (51%). Daarna komt de bijdrage uit het buitenland (35%). Alle overige bronnen zijn samen goed voor 14% van de NO₂-concentratie.

Omdat het Klimaatakkoord veel maatregelen bevat op het gebied van mobiliteit, ligt hier een grote potentie om de NO₂-concentratie terug te dringen.

Tabel 21 geeft een overzicht voor de concentratie van PM₁₀.

Tabel 21 Overzicht van de opbouw van de PM₁₀-concentraties (µg/m³) in 2017 met bijdragen van de verschillende Nederlandse sectoren en het buitenland [45]. De opbouw is zowel voor Nederland als voor enkele steden en landsdelen weergegeven.

	Neder- -land	Amster- dam/ Haarlem	Den Haag/ Leiden	Utrecht	Rotter- dam/ Dordrecht	Eind- hoven	Heerlen /Kerk- rade	Noord- Neder- land	Midden- Neder- land	Zuid- Neder- land
Industrie	0,4	0,9	0,5	0,6	0,7	0,7	0,4	0,3	0,5	0,4
Raffinaderijen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Energiesector	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1
Afvalverwerking	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Wegverkeer	0,9	1,5	1,3	2,0	1,3	1,2	0,6	0,6	1,2	0,8
Overig verkeer	0,5	0,8	0,8	1,0	0,9	0,6	0,3	0,4	0,7	0,5
Landbouw	1,0	0,8	0,7	1,2	0,7	1,4	0,4	0,9	1,2	1,2
Huishoudens	0,5	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,6	0,4
HDO/Bouw	0,2	0,6	0,5	0,3	0,9	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
Internationale scheepvaart	0,7	0,9	1,1	0,9	1,0	0,7	0,4	0,7	0,8	0,7
Buitenland	6,1	4,8	5,3	5,8	5,8	8,2	9,3	5,2	6,0	7,8
NH ₃ uit de zee	0,1	0,3	0,4	0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1
Zeezout	2,2	3,1	3,3	2,2	2,7	1,4	1,1	2,3	2,3	1,8
Bodemstof en overig	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Totaal	16,5	18,4	18,5	18,8	18,8	18,9	16,9	14,7	17,3	17,6

*HDO, Handel, Diensten en Overheid

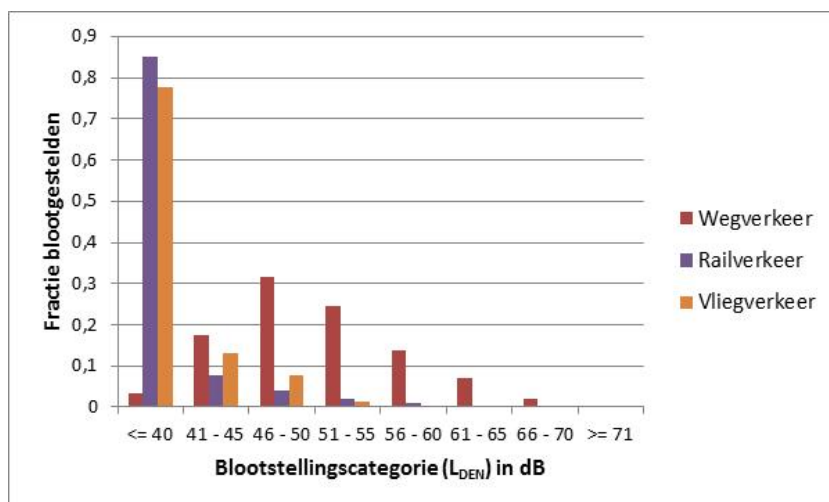
Voor PM₁₀ is de bijdrage uit het buitenland met 37% de grootste. Daarna volgt de bijdrage aan de PM₁₀ door 'natuurlijke' bronnen (zeezout, ammoniak en bodemstof), 35%. De Nederlandse sectoren samen dragen 27% bij aan de PM₁₀-emissie, waarvan ook hier de mobiliteit (wegverkeer, overig verkeer en internationale scheepvaart) met 13% de grootste bijdrage levert. Ook voor PM₁₀ zullen vooral de maatregelen in het Klimaatakkoord gericht op mobiliteit effect sorteren, maar de potentie is aanzienlijk lager dan voor NO₂.

Bijlage 3 Geluid en gezondheid

Inleiding

Blootstelling aan geluid kan tot uiteenlopende effecten op de gezondheid leiden. In oktober 2018 heeft de WHO haar gezondheidskundige richtlijnen voor omgevingsgeluid gepubliceerd [46]. Als onderdeel van deze richtlijnen heeft de WHO voor een aantal bronnen van omgevingsgeluid ook gezondheidskundige advieswaardes afgeleid. De WHO beveelt aan de blootstelling aan omgevingsgeluid, gemiddeld over een etmaal (L_{den} , Level day, evening, night), beneden 53 dB te houden. L_{den} is het (gewogen) jaargemiddelde geluidniveau in een etmaal. Voor de nacht wordt een geluidsniveau van 45 dB (L_{night}) voor omgevingsgeluid aanbevolen. L_{night} is het jaargemiddelde geluidniveau in de nachtperiode, van 23.00 uur tot 07.00 uur.

De verdeling van de geluidsblootstellingen van de Nederlandse bevolking, gemiddeld over een etmaal is weergegeven in Figuur 12.

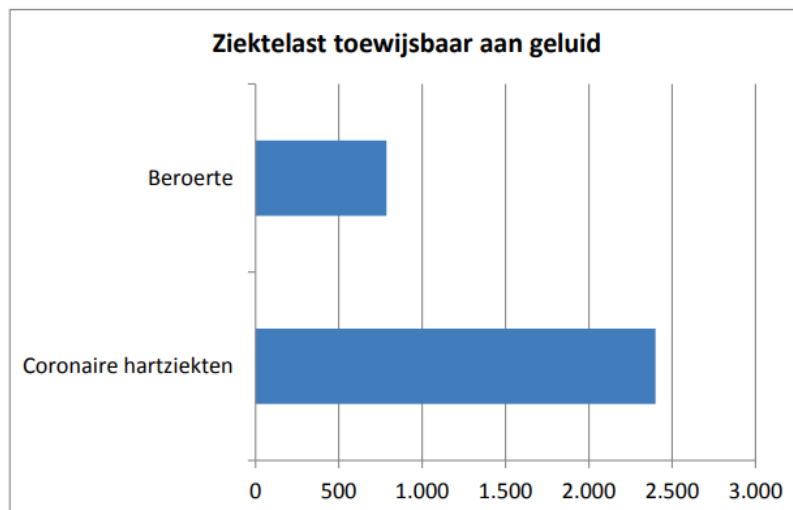


Figuur 12 Verdeling van de geluidsblootstellingen over de Nederlandse bevolking in 2016

De verdeling van geluidsblootstellingen in Figuur 12 is ook gebruikt bij de berekening van de ziektelast in de VTV van 2018. Het RIVM heeft de geluidsbelasting van rail- en wegverkeer in Nederland over de periode 2011-2016 in kaart gebracht. Het geluid van vliegverkeer is voor 2015 in kaart gebracht door het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR).

Blootstelling aan geluid kan tot stressgerelateerde klachten leiden zoals: hinder, slaapverstoring, ontwaakreacties en hypertensie maar ook tot cardiovasculaire klachten, metabole ziekten en gehoorverlies. Niet al deze effecten zijn bewezen. De bewijskracht is het hoogst voor hinder, slaapverstoring en ischemische hartziekten [47]. De Volksgezondheid Toekomst Verkenning (VTV) berekent dat voor ischemische hartziekten (vernauwingen of verstoppingen van de kransslagaders) geluidblootstelling ongeveer 2400 DALY's bijdraagt (0,9% van de totale ziektelast). Van de ziektelast door beroertes is dat

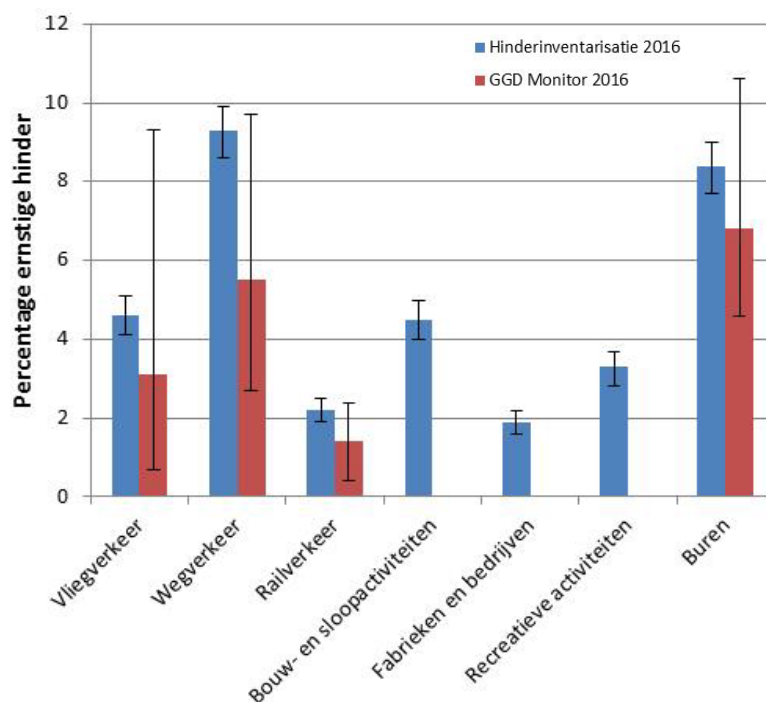
ongeveer 800 DALY's (0,4% van de totale ziektelast). Figuur 13 vat de VTV-berekeningen samen.



Figuur 13 Ziektelast door omgevingsgeluid (in DALY's) voor coronaire hartziekten en beroertes [18]

Hinder in Nederland

Geluidshinder in Nederland is onderzocht in een aantal landelijke vragenlijstonderzoeken. Inwoners van Nederland hebben in hun woonomgeving vooral hinder van geluid dat wordt veroorzaakt door wegverkeer, burenlawaai en vliegverkeer (Figuur 14).



Figuur 14 Belangrijkste veroorzakers van geluidshinder in Nederland [48].
Bronnen: Hinderinventarisatie 2016 [60]; GGD Monitor 2016 [49]

Wegverkeer

Bij wegverkeer zorgt het verkeer op wegen met een maximumsnelheid van 30 km/u en 50 km/u voor de meeste hinder (Tabel 22).

Tabel 22 Geluidshinder wegverkeer, relatie tussen de maximumsnelheid en het percentage gehinderden en ernstig gehinderden

Verkeer van een weg met een snelheidsbeperking tot	Hinder						Ernstige hinder					
	87	93	98	03	08	2016	87	93	98	03	08	2016
30 km/u				9	8	11,1				3	3	4,1
						10,4-11,8						3,6-4,6
50 km/u	22	17	22	19	10	13,6	10	7	8	8	5	5,6
						12,9-14,3						5,1-6,1
80 km/u		3	2	4	3	5,5		1	1	2	1	2,5
						5,0-6,0						2,1-2,8
120-130 km/u	7	2	2	4	4	4,7	4	1	1	2	2	2,4
						5,7-9,4						2,0-2,7

Als hinder van wegverkeer wordt opgesplitst naar type voertuig, vormen bromfietsen de grootste bron van geluidshinder (Tabel 23).

Tabel 23 Geluidshinder wegverkeer, relatie tussen type voertuig en het percentage gehinderden en ernstig gehinderden

	Hinder							Ernstige hinder						
	77	87	93	98	03	08	2016	77	87	93	98	03	08	2016
Personenauto's en taxi's	14	19	18	16	18	12	18,2	7	8	9	9	6	4	7,2
							17,3-19,0							6,6-7,7
Bestelauto's	11	17	13	9	13	9	15,7	5	7	6	3	4	3	6,3
							14,9-16,5							5,8-6,8
Vrachtauto's	22	28	20	20	22	13	18,2	15	14	11	9	10	6	8,6
							17,3-19,0							8,0-9,2
Bussen	9	12	9	7	9	5	9,3	5	5	5	3	3	2	4,0
							8,6-9,9							3,6-4,5
Bromfietsen (helm verplicht)	29	36	24	30	37	17	22,8	16	18	13	15	19	6	10,3
							21,8-23,7							9,6-11,0
(Cross)motoren/ motorfietsen	17	30	19	19	23	11	19,5	9	14	10	9	11	5	10,3
							18,6-20,4							9,6-11,0
Militaire voertuigen	18	3	2	2	1	1	1,6	11	2	1	1	1	1	0,8
							1,3-1,9							0,6-1,0

De omvang van de hinder door brommers is in de afgelopen decennia wel afgenomen van tussen de 15% en 20% ernstige hinder aan het begin van deze eeuw tot 10% in 2016 (Tabel 23).

In Nederland worden ruim 6 miljoen mensen aan meer dan de WHO-advieswaarde van 53 dB (L_{den}) wegverkeersgeluid blootgesteld. Het gaat dan vooral om gemeentelijke wegen. In de nacht gaat het om ruim 4,7 miljoen mensen met een blootstelling boven 45 dB.

Railverkeer

Voor geluid van railverkeer beveelt de WHO een advieswaarde aan van 54 dB voor L_{den} en van 44 dB voor L_{night} .

In Nederland worden 320.000 personen blootgesteld aan geluidsniveaus van railverkeer boven de WHO-advieswaarde van 54 dB (L_{den}). Voor nachtelijk geluid van railverkeer ligt dat getal hoger: bijna 470.000 personen worden blootgesteld aan geluidsniveaus boven de WHO-advieswaarde van 44 dB (L_{night}).

Luchtvaart

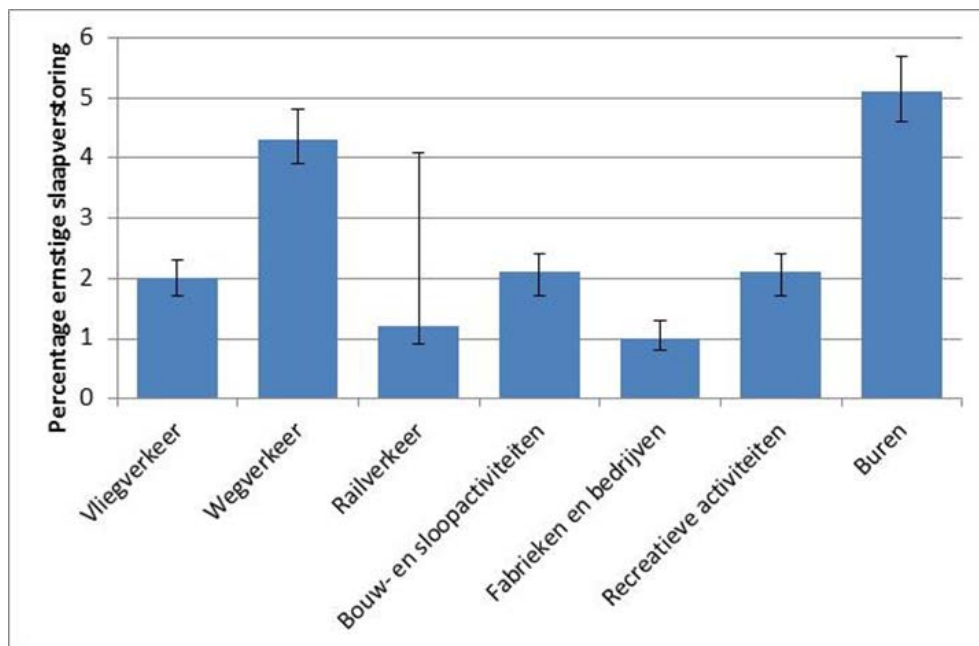
Voor luchtvaartgeluid beveelt de WHO een advieswaarde aan van 45 dB voor L_{den} en van 40 dB voor L_{night} . In Nederland worden ongeveer 2,1 miljoen mensen blootgesteld aan luchtvaartgeluid boven de advieswaarde van 45 dB (L_{den}) en 220.000 mensen > 40 dB (L_{night}).

Burengeluid

Burenlawaai wordt vooral veroorzaakt door 'contactgeluiden'. Het gaat om lopen op harde vloeren, traplopen, slaan met deuren etc. Daarnaast is ook geluid dat burens buiten maken een belangrijke factor.

Slaapverstoring

Als onderdeel van de landelijke Hinderinventarisatie is ook slaapverstoring gemeten (Figuur 15). Ruim 5% van de Nederlanders is het jaar voor de enquêtedatum ernstig in hun slaap gestoord door geluid van de burens. Wegverkeer komt met ruim 4% op de tweede plaats. Dit is iets hoger dan het percentage Nederlanders dat ernstige slaapverstoring ondervindt door geluid van wegverkeer (ruim 4%).



Figuur 15 Ernstige slaapverstoring door geluid in Nederland in 2016 gemeten met behulp van de Hinderinventarisatie [60]

In een eerdere versie van de Volksgezondheidstoekomstverkenning [50] was, op basis van beperkte informatie over de geluidsbelasting in Nederland, een schatting gemaakt van de ziektelast ten gevolge van

slaapverstoring. In de VTV 2018 is slaapverstoring niet in de lijst van aandoeningen opgenomen en is er geen nieuwe schatting van de bijdrage aan de ziektelast gemaakt. De VTV 2018 geeft aan dat, volgens de huidige schattingen, ernstige slaapverstoring tot een bijdrage aan de ziektelast van ongeveer 25.000 DALY's leidt [17].

Toekomstige ontwikkelingen

Ondanks het feit dat treinen, auto's en vliegtuigen steeds stiller worden, is de verwachting dat de uitbreiding van het vliegverkeer en de toename van het goederentreinverkeer, vooral in de nacht zullen zorgen voor meer geluidshinder. Deze geluidshinder kan ook veroorzaakt worden door laagfrequent geluid als gevolg van (vracht)verkeer op snelwegen. Andere geluidsbronnen die naar verwachting meer hinder gaan veroorzaken zijn: mechanische ventilatiesystemen, warmtepompen, koelingssystemen en windturbines. Onder invloed van klimaatverandering kan ook de geluidshinder van burens buiten, tijdens warmere en langere zomers toenemen.

Bijlage 4 Overige gezondheidseffecten buitenmilieu

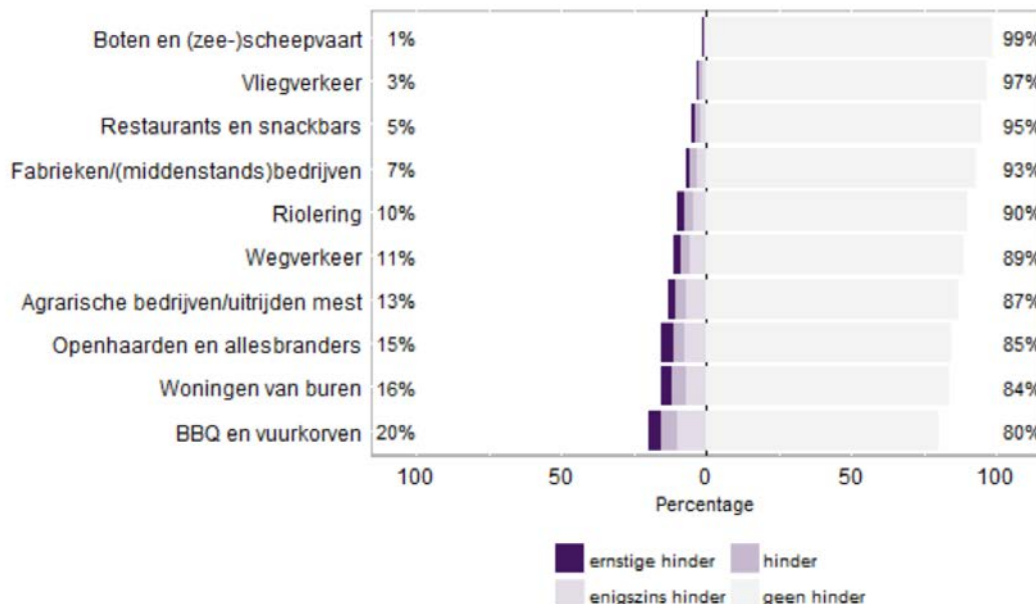
Het hoofrapport beperkt zich met betrekking tot het buitenmilieu tot de emissie van NO_x en PM₁₀ en tot geluid. In deze bijlage passeren een aantal andere milieufactoren de revue en wordt verantwoord waarom deze niet in de analyse in het hoofdrapport zijn meegenomen. Een aantal van deze factoren is ook niet in de VTV meegenomen omdat ze aandoeningen veroorzaken die geen International Classification of Diseases-code hebben of omdat ze alleen subklinische effecten veroorzaken zoals het IQ-verlies door blootstelling aan lood of de effecten van hormoonverstorende stoffen.

Het gaat om de volgende stoffen en/of fysische agentia:

- *Lood;*
De mens wordt blootgesteld aan lood vanuit voeding, drinkwater, lucht, huisstof en de bodem [51]. Bij jonge kinderen kan blootstelling aan lood van invloed zijn op de ontwikkeling van het IQ. Bij volwassenen kan lood het hartvaatstelsel en de bloeddruk beïnvloeden. De VTV schat de ziektelast door IQ-verlies op ongeveer 5700 DALY's en die door hoge bloeddruk op circa 3800 DALY's. De belangrijkste blootstellingsroute is via voeding. Lokaal, bij oude loden drinkwaterleidingen, kan drinkwater een belangrijke bijdrage leveren. Ook loodinnname via bodem en huisstof kan een rol spelen. Op basis van de gemeten luchtconcentraties (5,7 ng Pb/m³ in 2013 [52]) wordt de blootstelling via lucht als gering tot zeer gering aangemerkt [53]. In 2016 bedroeg de emissie van lood naar lucht door de industrie 6683 kg en die door verkeer en vervoer 2058 kg [54]. Omdat de bijdrage van lood aan de ziektelast beperkt is en de maatregelen in het Klimaatakkoord niet direct van invloed zijn op de belangrijkste blootstellingroutes voor lood (voeding), wordt de ziektelast als gevolg van loodblootstelling in dit rapport niet verder geëvalueerd.
- *UV-straling;*
Blootstelling aan UV-straling is de belangrijkste oorzaak van huidkanker. De laatste decennia neemt het aantal gevallen van huidkanker sterk toe. UV-blootstelling leidt ook tot andere gezondheidseffecten, zoals (zon)verbranding, huidveroudering en staar. Omdat de maatregelen in het Klimaatakkoord niet direct van invloed zijn op de UV-blootstelling wordt dit aspect niet verder geëvalueerd. In dit rapport kunnen de gevolgen van de maatregelen in het Klimaatakkoord daarom niet worden ingeschat.
- *Inrichting leefomgeving;*
Door de leefomgeving goed in te richten kan de gezondheid bevorderd worden [55]. Het gaat dan bijvoorbeeld om natuur en water in de buurt, fiets- en wandelmogelijkheden, het uiterlijk en de plaatsing van gebouwen en ontmoetingsplekken in de buurt. Een aantrekkelijke en goed ingerichte leefomgeving stimuleert sociale contacten en maakt bewegen gemakkelijk en veilig. Dat draagt bij aan de preventie van overgewicht en daaraan gerelateerde ziekten zoals diabetes, depressie en hart- en vaatziekten. Overgewicht in de VTV verantwoordelijk voor 2,3%

van de ziektelast in Nederland. Groen en water in de leefomgeving helpen om de effecten van klimaatverandering, zoals wateroverlast en hittestress, te verminderen [56, 57]. Daarnaast voelen bewoners van een groene woonomgeving zich gezonder en bezoeken ze minder vaak de huisarts [58]. Ook zijn er aanwijzingen dat kinderen meer bewegen in een groene omgeving. Uit Europees onderzoek blijkt dat wonen aan groen gerelateerd is aan minder vroegtijdige sterfte, minder hart- en vaatziekten, minder mentale gezondheidsproblemen, een lagere bloeddruk bij onder andere zwangere vrouwen, minder overgewicht, toename in geboortegewicht, en een verbetering van cognitief functioneren bij kinderen [59]. Vooral mensen met een lagere sociaaleconomische status, kinderen en ouderen hebben profijt van meer groen in de woonomgeving. Omdat de effecten van de inrichting van de leefomgeving moeilijk te kwantificeren zijn en omdat de invloed van de maatregelen in het Klimaatakkoord moeilijk is in te schatten, worden deze effecten niet nader geanalyseerd. In dit rapport kunnen de gevolgen van de maatregelen in het Klimaatakkoord daarom niet worden ingeschat.

- *Geurhinder;*
Verschillende geuren kunnen in de leefomgeving voor overlast zorgen. Figuur 16 laat de belangrijkste geurbronnen zien. Fabrieken en bedrijven vormen niet meer de belangrijkste bronnen van geurhinder. Bbq's, de woning van de burens en de allesbranders zorgen nu voor de meeste geuroverlast.



Figuur 16 Geurhinder in de woonomgeving

Bron: Beleving Woonomgeving in Nederland; Inventarisatie Verstoringen 2016 [60]

De maatregelen aan de klimaat Tafel 'Landbouw en landgebruik' (beperking veehouderij, minder kunstmest, andere mestverwerking) kunnen de hinder van agrarische bedrijven terugdringen, maar de mate waarin is onbekend. Bij volledige elektrificatie van het wagenpark zal de geurhinder door het

wegverkeer verdwijnen. Sommige geuren, zoals houtrook, gaan samen met verhoogde concentraties van luchtverontreinigende stoffen. Geurhinder door allesbranders is een aandachtspunt bij de tafel 'Gebouwde omgeving'. Door meer allesbranders kan geurhinder toenemen, terwijl strengere eisen aan openhaarden de hinder kunnen reduceren.

Omdat de effecten van het Klimaatakkoord op de geurhinder moeilijk te voorspellen zijn, wordt dit aspect niet in de analyse meegenomen. In dit rapport kunnen de gevolgen van de maatregelen in het Klimaatakkoord daarom niet worden geschat.

- **Trillingen;**
Railverkeer, vooral goederentreinen, kunnen leiden tot trillinghinder en slaapverstoring. Er worden geen directe effecten van trillingen gevonden op de ervaren gezondheid en medicijngebruik. Uit geluidsonderzoek weten we dat hinder en slaapverstoring (op chronische basis) samenhangen met ernstigere gezondheidseffecten zoals hart- en vaatziekten en een toename van medicijngebruik. Voor trillingen is niet bekend wat de langetermijneffecten zijn, maar deze zijn mogelijk vergelijkbaar met die van geluid. Meer onderzoek is nodig om dit vast te stellen. In dit rapport kunnen de gevolgen van de maatregelen in het Klimaatakkoord daarom niet worden geschat.
- ***Laagfrequent geluid;***
Laagfrequent geluid (LFG) is geluid met een frequentie onder de 100 Hz. LFG kan op grote afstand hoorbaar zijn als een bromtoon. Bronnen van LFG zijn: airconditioners, ventilatoren, pompen van zware industrie en (zwaar) weg- en vliegverkeer, maar ook natuurlijke bronnen (golven, wind) kunnen LFG voortbrengen. Circa 8% van de ondervraagden geeft aan hinder van LFG te ondervinden [60]. Gezondheidseffecten van laagfrequent geluid zijn hinder en in mindere mate slaapverstoring. Over andere gezondheidseffecten bestaat geen overeenstemming. Wel is het waarschijnlijk dat chronische hinder door LFG via stressreacties tot effecten op het hart- en vaatstelsel kan leiden.
Het Klimaatakkoord zal ertoe leiden dat sommige bronnen van laagfrequent geluid zullen verdwijnen, zoals stationair draaiende motoren. Tegelijk kunnen er ook nieuwe bronnen voor in de plaats komen, zoals windturbines, geothermie-installaties, warmtepompen, etc. De balans tussen toe- en afname van laagfrequente geluidsbronnen op dit moment onduidelijk. Daarom wordt laagfrequent geluid in dit rapport niet verder geanalyseerd. In dit rapport kunnen de gevolgen van de maatregelen in het Klimaatakkoord daarop niet worden geschat.

Bijlage 5 Binnenmilieu

Radon / thoron

Mensen worden, vooral binnenshuis, voortdurend aan radon en thoron blootgesteld. Dat is niet te vermijden. Door een natuurlijk proces – het zogeheten radioactief verval – veranderen radon en thoron in radioactieve stoffen die zich aan zwevende stofdeeltjes hechten. Na inademen blijven de radioactieve stoffen achter in de longen en geven daar straling af. Die straling verhoogt de kans op het ontstaan van longkanker. Dit geldt vooral voor rokers, omdat het gezondheidsrisico van radon en thoron voor rokers gemiddeld 25 keer zo groot is als voor niet-rokers [61]. In totaal krijgen meer dan 12.000 mensen per jaar longkanker in Nederland. Het RIVM schat in dat bij ongeveer 400 mensen per jaar radon en thoron hiervan de oorzaak is [62]. Ongeveer 3,5% van de totale ziektelast van longkanker is toe te schrijven aan radon- en thoronblootstelling in het binnenmilieu. In 2013-2014 heeft het RIVM in opdracht van de ANVS onderzoek uitgevoerd naar radon en thoron in Nederlandse woningen. De resultaten van het onderzoek bevestigen eerder onderzoek, namelijk dat de gemiddelde radonconcentratie in Nederlandse woningen ongeveer een derde bedraagt van de gemiddelde radonconcentratie in de wereld. De gemiddelde radonconcentratie in recent gebouwde woningen (na 2000) is ruim 20% lager dan het landelijke gemiddelde. De gemiddelde concentratie radon bedraagt 16 becquerel per kubieke meter (Bq/m³). In vergelijking met andere landen in Europa is dat laag. Dit heeft te maken met verschillen in bodemtype. In Nederland ligt voor ongeveer 24.000 woningen de jaargemiddelde radonconcentratie boven 100 Bq/m³ [63].

Vocht

Vochtproblemen ontstaan in een woning wanneer vochtige lucht door onvoldoende ventilatie blijft hangen. Dit vocht kan afkomstig zijn van bijvoorbeeld koken, douchen of (af)wassen. Verhoogde blootstelling aan vocht en schimmels in woningen kan optreden bij gebrekkige woonomstandigheden door bouwtechnische gebreken of achterstallig onderhoud en door bewonersgedrag zoals onvoldoende (mogelijkheid tot) ventileren en stoken of een te hoge bezettingsgraad van de woning. Door verbeteringen in de bouw is een afname in vochtproblemen te zien. Dit wordt ook bevestigd in het recente WoON-onderzoek 2018 [64].

Maatregelen Klimaatakkoord

Isolatie, een ander verwarmingssysteem en ventilatie zijn in het Klimaatakkoord onderdeel van de aanpak voor CO₂-reductie in de gebouwde omgevingen. Als deze maatregelen op een adequate manier worden uitgevoerd, met voldoende oog voor een goede ventilatie in combinatie met het gedrag van de bewoner, liggen hier zowel voor de radonproblematiek als voor de vochtproblematiek goede mogelijkheden om de ziektelast te verminderen. Aandachtspunt voor de vervangende technieken voor verwarming, zoals geothermie en ondiepe bodemenergie, is dat deze in de buurt van de winningslocatie en binnenshuis mogelijk tot een toename van de blootstelling aan radon kunnen leiden.

Bijlage 6 Reductie luchtverontreiniging door klimaatmaatregelen

Het Klimaatakkoord stuurt op reductie van de CO₂-emissie en kent daarbij twee ijkpunten: 2030 en 2050.

2030

Voor 2030 wordt een reductie van broeikasgassen met 49% nagestreefd, ten opzicht van 1990. Ten behoeve van de klimaattafels heeft het ministerie van EZK de reductie van 49% in 2030 vertaald in emissieplafonds voor de betrokken sectoren [65]. Die plafonds zijn opgenomen in Tabel 24. Uit de emissies in 2016 en de emissieplafonds in 2030 volgt de reductieopgave.

Tabel 24 Emissies per klimaattafel in 1990 en 2016 in Mton CO₂-equivalenten, voorgestelde emissieplafonds in 2030 en de daaruit voortvloeiende reductieopgave

Klimaattafel	Emissie in Mton CO ₂ -eq				Reductieopgave in Mton CO ₂ -eq		Reductieopgave in %	
	1990	2016	NEV 2030	Doel 2030	t.o.v 1990	t.o.v NEV 2030	t.o.v 1990	t.o.v 2016
Elektriciteits-productie	39,6	52,2	32,6	12,4	27,2	20,2	69%	76%
Industrie	87,0	56,7	50	35,7	51,3	14,3	59%	37%
Gebouwde omgeving	29,9	24,9	18,7	15,3	14,6	3,4	49%	38%
Mobiliteit	32,3	34,8	32,4	25,1	7,1	7,3	22%	28%
Landbouw & landgebruik	32,7	27,0	24,2	20,7	12,0	3,5	37%	23%
				109,3*	112,2	48,7	51%	
TOTAAL	221,5	195,5	158,0	113,0	108,5	45,0	49%	42%

* De sectoropgaven samen leveren iets meer reductie dan de 113 Mton die voor 2030 is vastgesteld.

Een deel van de reductieopgave voor 2030 wordt bereikt door ingezet beleid. Het PBL gaat uit van een referentiescenario uit de Nationale Energieverkenning (NEV 2030, [66]) dat gebaseerd is op vastgesteld en voorgenomen beleid. De extra reductie die het Klimaatakkoord in 2030 moet leveren ten opzichte van dit NEV 2030-scenario is eveneens in Tabel 24 weergegeven. Om in 2030 de voorgenomen CO₂-emissie tot 113 Mton te reduceren zal het Klimaatakkoord een extra reductie van 45 Mton ten opzichte van NEV 2030 moeten opleveren.

Om de gezondheidswinst door verbetering van de luchtkwaliteit in te kunnen schatten moeten de CO₂-emissiereducties worden vertaald in reducties van NO_x, SO₂ en fijnstof (PM₁₀). Het zijn namelijk vooral deze stoffen die bepalend zijn voor de gezondheidseffecten. Om een nauwkeurige vertaalslag te maken zouden alle CO₂-reducerende maatregelen moeten worden doorgerekend op hun effect op NO_x, SO₂ en PM₁₀. Die doorrekening valt buiten het kader van dit rapport. In plaats daarvan is een eerste, ruwe schatting gemaakt van de

emissiereductie van NO_x , SO_2 en PM_{10} als wordt aangenomen dat de CO_2 -doelen uit het Klimaatakkoord gehaald worden.

Het PBL heeft in maart 2019 (eerste versie 13 maart 2019, herzien op 28 maart) een doorrekening gepresenteerd van de maatregelen in het Klimaatakkoord die inmiddels geconcretiseerd zijn [2]. De analyse van het PBL laat zien dat de maatregelen in het Klimaatakkoord nog onvoldoende zijn om de doelen te halen. Het PBL geeft nu per tafel een bandbreedte aan van de effecten van de maatregelen op de CO_2 -emissie. In Tabel 25 is op basis van de bandbreedtes in de PBL doorrekening een schatting gemaakt van de restemissies van NO_x , SO_2 en PM_{10} . De manier waarop de vertaalslag van CO_2 -emissie naar NO_x , SO_2 en PM_{10} is gemaakt levert niet meer dan een ruwe schatting. De geschatte restemissies in Tabel 25 moeten in dat licht worden gezien en kennen geen grote nauwkeurigheid. Wel maakt deze schatting duidelijk dat het effect van klimaatbeleid op de emissies van NO_x , SO_2 en PM_{10} relatief gering is.

Tabel 25 Emissies van NO_x , SO_2 en PM_{10} per klimaattefel in kton in 2016 en de globaal geschatte restemissie in 2030

Emissie in kton				Geschatte restemissie in kton		
	2016			2030		
<i>Sector</i>	<i>NO_x</i>	<i>SO_2</i>	<i>PM_{10}</i>	<i>NO_x</i>	<i>SO_2</i>	<i>PM_{10}</i>
Elektriciteitsproductie	14,5	5,8	0,2	3-4	0	0
Industrie	29,6	19,7	7,0	24-25	16-18	6-7
Gebouwde omgeving	12,2	0	0,3	8-9	0	0,3
Mobiliteit	241,4	6,6	10,2	221-225	6,5-6,6	9-10
<i>waarvan wegverkeer uitlaatgerelateerd</i>	<i>74,2</i>	<i>0,2</i>	<i>2,0</i>	<i>54-58</i>	<i>0</i>	<i>1-2</i>
<i>waarvan zeescheepvaart</i>	<i>111</i>	<i>6,1</i>	<i>3,3</i>	<i>111</i>	<i>6,1</i>	<i>3,3</i>
<i>waarvan mobiele werkt.</i>	<i>19,3</i>	<i>0,02</i>	<i>1,2</i>	<i>19,3</i>	<i>0,02</i>	<i>1,2</i>
Landbouw & landgebruik	43,7	0,2	6,4	41-42	0	6-6,4
<i>waarvan glastuinbouw</i>	<i>10,6</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>8-9</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>waarvan landbouw-huisdieren en kunstmest</i>	<i>23,8</i>	<i>0</i>	<i>5,7</i>	<i>23,8</i>	<i>0</i>	<i>5,7</i>
TOTAAL	341,4	32,3	24,1	297-306	23-25	21-22

Elektriciteitsproductie

Bestaand beleid faseert kolengestookte elektriciteitscentrales uit, waardoor de emissie van SO_2 en PM_{10} verdwijnen. Deze zijn al relatief laag omdat rookgasreiniging wordt toegepast bij centrale elektriciteitsproductie. Voor de emissies van NO_x is aangenomen dat die evenredig is met de CO_2 -emissies die ten opzichte van 2016 met 72-76% gereduceerd wordt.

Industrie

De helft van de CO_2 -emissiereductie wordt bereikt met CO_2 -afvang en -opslag (CCS). Voor CCS wordt ervan uitgegaan dat die geen invloed heeft op de emissies van NO_x , SO_2 en PM_{10} . Voor de andere helft van de CO_2 -emissiereductie wordt ervan uitgegaan dat deze evenredig is met

de emissies van NO_x, SO₂ en PM₁₀. De emissie van PM₁₀ wordt voor een groot deel veroorzaakt door op- en overslag van bulkgoederen.

Gebouwde omgeving

Voor de gebouwde omgeving wordt ervan uitgegaan dat de emissie van NO_x evenredig afneemt met die van CO₂, dus met 15-37%. Emissies van PM₁₀ waren in 2016 al laag en worden voor de ruwe schatting in 2030 gelijk gehouden. Eventuele extra emissies door extra houtstook worden niet meegenomen.

Mobiliteit

Het Klimaatakkoord richt zich vrijwel alleen op wegverkeer. Daarom worden de emissies door mobiele werktuigen, scheepvaart, etc. niet beïnvloed. Deze emissies zijn daarom voor 2030 hetzelfde verondersteld als in 2016. Voor de uitlaatgerelateerde emissies wordt ervan uitgegaan dat deze evenredig gereduceerd worden met de CO₂-emissie met 22-28%. Het aandeel van biobrandstoffen is als nihil verondersteld.

Landbouw & landgebruik

Bij niet-glasiuinbouw liften NO_x en SO₂ niet mee met de CO₂-emissiereductie. Deze emissies zijn daarom op het niveau van 2016 gehouden. De invloed van de maatregelen in het Klimaatakkoord op de PM₁₀-emissies valt niet globaal in te schatten. Ook de emissie van PM₁₀ is daarom gelijk gehouden.

Voor de glasiuinbouw wordt ervan uitgegaan dat die hetzelfde reductiepercentage heeft als de gehele sector (13-23%).

Concluderend

De ruwe schatting van het effect op de andere emissies laat zien dat bij het volledig halen van de doelen van het Klimaatakkoord de emissie van NO_x met circa 45 kton afneemt, 13% van de uitstoot in 2016. Voor SO₂ is de reductie 9 kton, 30% van de uitstoot in 2016. Voor PM₁₀ bedraagt de reductie 3 kton, 13% van de uitstoot in 2016.

2050

Het Klimaatakkoord van Parijs vraagt ook na 2030 verdergaande emissiereductie om in de tweede helft van deze eeuw een wereldwijde balans tussen emissie en vastlegging van broeikasgassen te bereiken. De plannen die nu worden ingezet en ontwikkeld moeten daarom voldoende basis bieden voor na 2030 waarbij naast wijzigingen ook nieuwe energiestructuren gerealiseerd moeten worden. Het Klimaatakkoord kan gezien de lange termijn en de vele onzekerheden geen blauwdruk van de situatie in 2050 zijn, maar moet wel richting geven aan de aanpak op de korte termijn en ontwikkelingen na 2050 niet in de weg staan.

Voor 2050 wordt van een reductie van broeikasgassen met 95% uitgegaan, ten opzichte van 1990. In Tabel 26 is deze CO₂-emissiereductie vertaald in emissiereducties voor NO_x, CO₂ en PM₁₀.

Tabel 26 Emissies van NO_x, SO₂ en PM₁₀ per klimaattafel in kton in 2016 en de globaal geschatte restemissie in 2050.

Emissie in kton				Geschatte restemissie in kton		
	2016			2050		
Sector	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	NO _x	SO ₂	PM ₁₀
Elektriciteitsproductie	14,5	5,8	0,2	0	0	0
Industrie	29,6	19,7	7,0	24	16	6
Gebouwde omgeving	12,2	0,2	0,3	0	0	0,3
Mobiliteit	241,4	6,6	10,2	111	6	6
<i>waarvan wegverkeer uitlaatgerelateerd</i>	<i>74,2</i>	<i>0,2</i>	<i>2,0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Landbouw & landgebruik	43,7	0,0	6,4	33	0	6
<i>waarvan glastuinbouw</i>	<i>10,6</i>	<i>0,2</i>	<i>0,0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
TOTAAL	341,4	32,3	24,1	168	22	18,3

Elektriciteitsproductie

Voor de elektriciteitsproductie wordt ervan uitgegaan dat die in 2050 geheel fossielvrij is.

Industrie

Op dit moment kan niet worden geschat hoe de industriële processen zich over de periode 2030-2050 zullen ontwikkelen. Daarom is niet in te schatten in hoeverre met de daling in CO₂ emissies ook de overige emissies dalen. Om die reden zijn – als worst-case schatting – de emissiecijfers voor 2030 aangehouden.

Gebouwde omgeving

Voor de gebouwde omgeving wordt ervan uitgegaan dat er in 2050 geen inzet van fossiele brandstoffen voor ruimteverwarming of koken is.

Mobiliteit

Voor wegverkeer en mobiel werktuigen wordt van een volledig elektrisch wagenpark uitgegaan, waardoor de uitlaatgerelateerde emissies verdwijnen. De ontwikkelingen bij de zeescheepvaart zijn niet in te schatten, ook omdat die buiten het Klimaatakkoord vallen. Om die reden zijn – als worst-case schatting – de emissiecijfers voor 2030 aangehouden. Het aandeel van biobrandstoffen is als nihil verondersteld.

Landbouw & landgebruik

Bij niet-glastuinbouw zijn de ontwikkelingen in de landbouw in de periode 2030-2050 niet in te schatten. Daarom is niet in te schatten in hoeverre met de daling in CO₂ emissies ook de overige emissies dalen. Om die reden zijn – als worst-case schatting – de emissiecijfers voor 2030 aangehouden.

Voor de glastuinbouw wordt ervan uitgegaan dat er in 2050 geen inzet van fossiele brandstoffen meer is.

Concluderend

De emissies van NO_x, SO₂ en PM₁₀ zijn in 2050 aanzienlijk moeilijker in te schatten dan in 2030. In veel gevallen is daarom van een worst case

inschatting uitgegaan. Onder deze randvoorwaarde levert het Klimaatakkoord in 2050 voor NO_x een reductie op van circa 170 kton, 50% van de uitstoot in 2016. Voor SO₂ is de reductie 10 kton, 31% van de uitstoot in 2016. Voor PM₁₀ bedraagt de reductie 7 kton, 28% van de uitstoot in 2016.

8 Referenties

- 1 Ontwerp van het Klimaatakkoord, Uitgave: Sociaal-Economische Raad, Bezuidenhoutseweg 60, Den Haag, 21 december 2018
- 2 Planbureau voor de Leefomgeving, Effecten ontwerp Klimaatakkoord, M. Hekkenberg et al., Herziene versie 28 maart 2019, PBL-publicatienummer: 3619, Den Haag, 2019
- 3 Analyse van het voorstel voor hoofdlijnen van het klimaatakkoord. Planbureau voor de Leefomgeving, Michiel Hekkenberg et al. BL-publicatienummer: 3380 © PBL Den Haag, 2018
- 4 Bewust omgaan met veiligheid; op weg naar een veilige en gezonde leefomgeving. <https://magazines.rijksoverheid.nl/ienw/veiligheid-en-risicos/2017/01/index>)
- 5 RIVM database - Storybuilder; Leren van arbeidsongevallen <https://www.rivm.nl/veilig-werken/leren-van-arbeidsongevallen-met-storybuilder>
- 6 Informatie afkomstig van de website van de Vereniging Nederlandse Petroleum Industrie, <https://vnpi.nl/>, geraadpleegd op 9 april 2019
- 7 Risicoregister gevaarlijke stoffen: <https://www.risicokaart.nl/>
- 8 Website Staatstoezicht op de Mijnen, <https://www.sodm.nl/onderwerpen/ondergrondse-opslag>, geraadpleegd op 9 april 2019
- 9 Vervoer gevaarlijke stoffen in cijfers, Mathijs Jacobs in Gevaarlijk lading, Nummer 2, april 2016, Sdu Den Haag
- 10 Vervoer gevaarlijke stoffen gelijk gebleven in 2017. Webartikel: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/36/vervoer-gevaarlijke-stoffen-gelijk-gebleven-in-2017>, Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag
- 11 Registratie en analyse van buisleidingincidenten 2017, Projectgroep Incidentenreductie, Vereniging van Leidingeigenaren in Nederland – VELIN, Tilburg, september 2018, http://www.velin.nl/images/Incidentenrapportage_2017.pdf
- 12 Rapporten werkgroep Basisnet weg, <https://relevant.nl/display/DOC/Basisnet+weg%2C+Eindrapportage>
- 13 Rapporten werkgroep Basisnet spoor, <https://relevant.nl/display/DOC/Eindrapport+Basisnet+spoor>
- 14 CBS, PBL, RIVM, WUR (2007). Groepsrisico: de kans op een ramp in Nederland per activiteit, 2005 (indicator 0303, versie 04, 11 september 2007). <https://www.clo.nl/indicatoren/nl030304-groepsrisico-de-kans-op-een-ramp-in-nederland-per-bedrijfstad>. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- 15 Website Staatstoezicht op de Mijnen, <https://www.sodm.nl/onderwerpen/veilig-gastransport>, geraadpleegd 9 april 2019
- 16 Dahlgren G., Whitehead M. 1991. Policies and Strategies to Promote Social Equity in Health. Stockholm, Sweden: Institute for Futures Studies.

- 17 Volksgezondheid Toekomst Verkenning, RIVM, Bilthoven, 2018,
<https://www.vtv2018.nl/>
- 18 Integratiematen voor de Volksgezondheid Toekomst Verkenning (VTV) 2018, RIVM, Bilthoven, 2018,
<https://www.vtv2018.nl/sites/default/files/2018-07/20180711%20Achtergrondrapport%20Integratiematen%20VTV-2018%20beveiligd.pdf>
- 19 Gezondheidsraad. Gezondheidswinst door schonere lucht. Den Haag: Gezondheidsraad, 2018; publicatienr. 2018/01
- 20 Brief van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat S. van Veldhoven-van der Meer aan de Tweede Kamer, d.d. 19 december 2018, Kamerstuk 30 175, nr. 325,
<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-30175-325.html>
- 21 Luchtkwaliteit en gezondheidswinst, Rob Maas, Paul Fischer, Joost Wesseling, Danny Houthuijs en Flemming Cassee, RIVM, Bilthoven, 2015 https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/RIVM%20nota%20Luchtkwaliteit%20en%20gezondheidswinst_RE V20170317.pdf
- 22 RIVM tussenrapportage Schone Lucht Akkoord, Miriam Gerlofs-Nijland, 207 /2018 DMG/BG/MG, Versie 0.1, RIVM, Bilthoven, 7 december 2018
- 23 Preventie beroepsziekten door stoffen – TNO vooronderzoek SZW programma 'Beter aan de slag met stoffen', TNO, Leiden, 2018
- 24 Diesel Engine Exhaust. Health Council of the Netherlands, The Hague, 2019; publication no. 2019/02.
- 25 Volksgezondheid en zorg info:
<https://www.volksgezondheidenzorg.info/onderwerp/beroepsziekten/cijfers-context/ziektelast#node-ziektelast-van-beroepsziekten>
geraadpleegd op 24 april 2018
- 26 Veiligheid NL, 'dossier koolmonoxide',
www.veiligheid.nl/organisatie/actueel/nieuws/dossier-koolmonoxide,
13 december 2018
- 27 Koolmonoxide, een echte sluipmoordenaar Website Brandweer Nederland, <https://www.brandweer.nl/brandveiligheid/koolmonoxide>,
geraadpleegd 9 april 2019
- 28 Kiwa Technology, 'Registratie van gasinstallatieongevallen achter de meter - jaaroverzicht 2017', in opdracht van Netbeheer Nederland, 1 juni 2018
- 29 10 jaar fatale woningbranden onderzocht, dr. M. Bakker, dr. ing. M. Kobes, L. Wolfs BBA,
<https://www.ifv.nl/kennisplein/Documents/20180911-BA-10-jaar-fatale-woningbranden-onderzocht.pdf>, Instituut Fysieke Veiligheid, Arnhem, september 2018]
- 30 Woningbranden eisen 28 doden in 2017, website Instituut Fysieke Veiligheid, Arnhem, december 2018,
<https://www.ifv.nl/nieuws/Paginas/Woningbranden-eisen-28-doden-in-2017.aspx>
- 31 Een brandveilig thuis, daar zorg jij toch ook voor!, Website Brandweer Nederland,
<https://www.brandweer.nl/brandveiligheid/thuis-brandveilig>
- 32 Quantitative health impact assessment of transport policies: two simulations related to speed limit reduction and traffic re-allocation in

- the Netherlands Schram-Bijkerk D, van Kempen E, Knol AB, et al Occupational and Environmental Medicine 2009;66:691-698.
- 33 Effect of electric cars on traffic noise and safety, E.N.G. Verheijen, J. Jabben. RIVM Report 680300009/2010, RIVM, Bilthoven, 2010
 - 34 Exchanging car trips by cycling in the Netherlands; A first estimation of the health benefits E.E.M.M. van Kempen, W. Swart, G.C.W. Wendel-Vos, P.E. Steinberger, A.B. Knol, H.L. Stipdonk, M.C.B. Reurings, RIVM Report 630053001/2010, RIVM, Bilthoven, 2010
 - 35 Staat van arbeidsveiligheid; Iedereen een veilige én gezonde werkplek, Insectie SZW 2018,
<https://www.inspectieszw.nl/publicaties/rapporten/2018/04/17/staat-van-arbeidsveiligheid-2018>
 - 36 Amercentrale Geertruidenberg: 10 jaar na de ramp, Omroep Brabant, 26 september 2013,
<https://www.omroepbrabant.nl/nieuws/165031/Amercentrale-Geertruidenberg-10-jaar-na-de-ramp>
 - 37 Health Effects Related to Wind Turbine Sound, Including Low-Frequency Sound and Infrasound, Irene van Kamp en Frits van den Berg, Acoustics Australia, DOI 10.1007/s40857-017-0115-6, Springer verlag, published online, oktober 2017
 - 38 CBS, PBL, RIVM, WUR (2017). Vermestende depositie, 1990-2016 (indicator 0189, versie 16, 9 november 2017). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
 - 39 PAS Monitoringsrapportage Stikstof: Stand van zaken 2016, A. Sterkenburg, A. van Alphen, RIVM Rapport 2017-0121, RIVM, Bilthoven, 2017
 - 40 Ontwikkelingen in de stikstofdepositie, R.J. Wichink Kruit, W.A.J. van Pul, RIVM Brieffrapport 2018-0117, RIVM, Bilthoven, 2018
 - 41 Zonnepanelen en Natuur; Hoe zonnepanelen kunnen samengaan met natuur; een eerste praktische handreiking, Brochure van Nationaal Consortium Zon in Landschap & Landbouw, in opdracht van Rijkswaterstaat, corporate innovatie programma,
<https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/innovatie-en-duurzame-leefomgeving/innovatie/index.aspx>
 - 42 Wind op Zee Ecologisch Programma (Wozep) is een vijfjarig onderzoeksprogramma (gestart in 2016) om de kennisleemtes rond de ecologische effecten van windenergie op zee nader te onderzoeken.
<https://www.noordzeeloket.nl/functiesgebruik/windenergie/ecologie/wind-zee-ecologisch/>
 - 43 Schatting op basis van aanvullende berekeningen in het kader van het Schone Lucht Akkoord, persoonlijke mededeling Miriam Gerlofs, 10 april 2019
 - 44 Grootschalige Concentratiekaarten Nederland (GCN) opgesteld door het RIVM in het kader van natuur- en milieubeleid. De kaarten zijn gebaseerd op een combinatie van modelberekeningen en metingen <https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten/concentratiekaarten>
 - 45 Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland, G.J.M. Velders et al. RIVM Brieffrapport 2018-0104, RIVM, Bilthoven, 2018

- 46 World Health Organization, Environmental Noise Guidelines for the European Region, WHO Regional Office for Europe, 2018
<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2018/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>
- 47 Special Issue 'WHO Noise and Health Evidence Reviews',
https://www.mdpi.com/journal/ijerph/special_issues/WHO_reviews
- 48 Website Volksgezondheidzorg.info,
<https://www.volksgezondheidzorg.info/onderwerp/fysieke-omgeving/regionaal-internationaal/regionaal-zelf-gerapporteerd>
- 49 Website Volksgezondheidzorg.info, Gezondheidsmonitor Volwassenen en Ouderen, GGD'en, CBS en RIVM,
<https://bronnen.zorggegevens.nl/Bron?naam=Gezondheidsmonitor-Volwassenen-en-Ouderen%2C-GGD%E2%80%99en%2C-CBS-en-RIVM>
- 50 Volksgezondheid Toekomst Verkenning-2014, RIVM, Bilthoven, 2014,
<https://www.zorgkennis.net/kennisbank/2500/Volksgezondheid-Toekomst-Verkenning-2014-VTV-2014>
- 51 Diffuse loodverontreiniging in de bodem; Advies voor een gemeenschappelijk beleidskader, P.F. Otte, M.I. Bakker, J.P.A. Lijzen, C.W. Versluijs, M.J. Zeilmaker, RIVM Rapport 2015-0204, RIVM, Bilthoven, 2015
- 52 CBS, PBL, RIVM, WUR (2014). Zwaremetalenconcentraties, 1990-2013 (indicator 0486, versie 12, 9 oktober 2014). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen
- 53 Lood in drinkwater, GGD-informatieblad medische milieukunde A. Dusseldorp, J.F.M. Versteegh, M. Drijver, P.J.C.M. Janssen, RIVM Brieffrapport 609400003/2012, RIVM, Bilthoven, 2012
- 54 Emissies naar lucht in 2016 in de Emissieregistratie (<http://www.emissieregistratie.nl>) voor: chemische industrie, overige industrie en verkeer en vervoer, website geraadpleegd op 21 februari 2019
- 55 Gezonde leefomgeving, gezonde mensen, B.A.M. Staatsen, Th. van Alphen, D.A. Houweling, J. van der Ree, H. Kruize, RIVM Brieffrapport 2016-0172 RIVM, Bilthoven, 2017
- 56 Bodem als draagvlak voor een klimaatbestendige en gezonde stad J.W. Claessens, D. Schram-Bijkerk, E.M. Dirven-van Breemen, D.A. Houweling, H. van Wijnen, RIVM Rapport 607050011/2012, RIVM, Bilthoven, 2012
- 57 Effecten van klimaat op gezondheid: Actualisatie voor de Nationale Adaptatiestrategie (2016), S. Wuijts, A.C. Vros, F.M. Schets, M.A.H. Braks, RIVM Rapport 2014-0044, RIVM, Bilthoven, 2014
- 58 Vitamin G: Green environments - Healthy environments, J. Maas, Proefschrift, Universiteit Utrecht, februari 2009, ISBN 978-90-6905-936-9, ©2008 NIVEL, Utrecht
- 59 How to Create Healthy Environments in Cities, H. Khreis, E. van Nunen, N. Mueller, R. Zandieh, M.J. Nieuwenhuijsen, 2017, Epidemiology, 28(1), 60-621.
<https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000550>

- 60 Beleving Woonomgeving in Nederland Inventarisatie Verstoringen 2016, R. van Poll0, O. Breugelmans, D. Houthuijs, I. van Kamp. RIVM-Rapport 2018-0084, RIVM, Bilthoven, 2018, DOI 10.21945/RIVM-2018-0084
- 61 Website Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming, Onderwerp 'Radon en Thoron', <https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/radon-en-thoron>, geraadpleegd op 8 april 2019
- 62 Website RIVM, Onderwerp 'Radon en Thoron', <https://www.rivm.nl/radon-en-thoron/effect-van-radon-en-thoron-op-gezondheid>, geraadpleegd op 8 april 2019
- 63 Radon en thoron in Nederlandse woningen vanaf 1930, Resultaten RIVM-meetcampagne 2013-2014. R.C.G.M. Smetsers, R.O. Blaauboer, F. Dekkers, M. van der Schaaf, H. Slaper, RIVM Rapport 2015-0087, RIVM, Bilthoven, 2015
- 64 Ruimte voor wonen: de resultaten van het WoON2018 (interactief), [https://www.woononderzoek.nl/document/Ruimte-voor-wonen--de-resultaten-van-het-WoON2018-\(interactief\)-/174](https://www.woononderzoek.nl/document/Ruimte-voor-wonen--de-resultaten-van-het-WoON2018-(interactief)-/174)
- 65 kamerbrief over de notitie kosten energie- en klimaattransitie in 2030 - update 2018, d.d. 26 april 2018 (Ministerie van EZK 2018b)
- 66 Nationale Energieverkenning 2017, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), www.ecn.nl/energieverkenning, Amsterdam/Petten 2017, © Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag