

Notitie

Aan

Ministerie van Binnenlandse Zaken

Van

Jorrit Harmsen
Willar Vonk
Sanne van Leeuwen
Pim van Mensch
Siem van Merriënboer
Jessica van Rijn
Ruud Verbeek
Richard Smokers
Norbert Ligterink

Onderwerp

Notitie NO_x-reductiedoel, -pad en beleidspakket bouwsector

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

E-mail

jorrit.harmsen@tno.nl

Doorkiesnummer

+31 88 664 97 7

Projectnummer

060.45685

Samenvattende conclusies en aanbevelingen

Dit memo is in een korte periode opgesteld en geeft een eerste inzicht in de mogelijke opbouw van de bijdrage van de bouwsector aan de stikstofuitstoot, het autonome ontwikkelpad van deze uitstoot tot 2030 en mogelijke reductiemaatregelen om de stikstofuitstoot verder terug te dringen. Het memo is voornamelijk gebaseerd op een verzameling van reeds aanwezige kennis. In de korte periode waarin dit memo is opgesteld, was het maar zeer beperkt mogelijk om aanvullend onderzoek uit te voeren.

De stikstofuitstoot in de bouwsector bedroeg in 2018¹ in totaal 26,7 kton NO_x. Deze wordt veroorzaakt door bouw gerelateerde industriële activiteiten (4,2 kton NO_x in 2017), het gebruik van mobiele werktuigen en landbouwtrekkers in de bouw (9,7 kton NO_x in 2018) en bouwlogistiek (12,9 kton NO_x in 2018).

De getallen die in dit memo worden gepresenteerd wijken af van de getallen die zijn benoemd door de Adviescommissie Remkes (totaal 19,1 kton NO_x in 2018). Dit verschil wordt veroorzaakt doordat in het advies van Remkes nog niet de uitstoot van landbouwtrekkers die in de bouw gebruikt worden zijn opgenomen (naar schatting 3,4 kton NO_x in 2018) en omdat de bouw gerelateerde industriële activiteiten buiten beschouwing zijn gelaten (4,2 kton NO_x in 2017).

Emissies van de bouwsector worden als zodanig niet als aparte categorie opgenomen in de Emissieregistratie van het RIVM en de Klimaat en Energieverkenning (KEV), gepubliceerd door het PBL. Emissies gerelateerd aan de bouwindustrie maken onderdeel uit van het segment industrie. Emissies van mobiele werktuigen² en bouwlogistiek zijn opgenomen in het onderdeel mobiliteit.

¹ 2017 voor bouwmaterialenindustrie en winning delfstoffen

² In Emissieregistratie zijn bouwmachines mobiele werktuigen onderdeel van verkeer en vervoer, verder onderverdeeld in handel & diensten, bouw, industrie, container overslag, etc. In dit geval worden alleen bouwmachines mobiele werktuigen meegenomen die alleen aan de bouwsector gekoppeld zijn (bouwmachines).

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
2/51

De hier gepresenteerde getallen zijn een sectorale **dwarsdoorsnede** van deze cijfers (ofwel het aandeel dat toe te rekenen is aan de bouw) en kijken daarmee af van de gangbare sectorindeling. De getallen mogen bij de gangbare sectoren worden opgeteld. Daarnaast wordt opgemerkt dat de er momenteel weinig kennis beschikbaar is over de toedeling van emissies in de bouwsector naar de verschillende bouwsegmenten (woning- en utiliteitsbouw en GWW).

De stikstofuitstoot in de bouwsector zal naar verwachting autonoom afnemen van 26,7 kton NO_x in 2018 tot 17,7 kton NO_x in 2030. Wanneer de bouwmaterialenindustrie en winning van delfstoffen buiten beschouwing worden gelaten, is er een reductie van 40% in het autonome pad van 22,5 kton NO_x in 2018 naar 13,4 kton NO_x in 2030. Dit komt door verjonging van voertuigenpark van mobiele werktuigen, landbouwtrekkers, het wegvervoer en (in mindere mate door een langere levensduur van de aandrijflijnen) van de binnenvaart. Oudere machines met een lage emissieklasse (en dus een hoge NO_x-uitstoot) verdwijnen hierdoor uit het park. Het basispad is per onderdeel samengevat in onderstaande tabel:

Bron	2018	2020	2025	2030
<i>Bouwmaterialenindustrie en winning delfstoffen</i>	4,2	4,2	4,3	4,3
Mobiele werktuigen en landbouwtrekkers	9,7	8,0	6,2	5,5
Bouwlogistiek	12,9	11,6	9,0	7,9
Totaal	26,7	23,8	19,5	17,7
<i>Totaal ex Bouwmaterialen-industrie</i>	22,5	19,6	15,2	13,4

De onderliggende cijfers van de emissie in 2018 en het autonome basispad zijn gebaseerd op een combinatie van harde gegevens en schattingen, waardoor deze onzekerheden kennen. De cijfers in dit memo moeten daarom niet als exacte waarheid worden geïnterpreteerd om schijnnaauwkeurigheid te voorkomen. Er bestaat met name onzekerheid rondom de data die zijn gebruikt bij de bepaling van de emissies van mobiele werktuigen en landbouwtrekkers. Omdat de machines niet gekentekend zijn, is er veel onzekerheid over het aantal machines in het park. Daarnaast is er veel onbekend over de gemiddelde inzet van deze machines (aantal draaiuren en gebruikt vermogen) en de uitstoot in de praktijk. Ook is er onzekerheid over het gebruik van landbouwtrekkers in de bouw. Dit wordt geschat op ongeveer 50% van de totale inzet van landbouwtrekkers. De totale NO_x uitstoot van landbouwtrekkers in 2018 was 6,8 kton.

Er is hierdoor zowel onzekerheid over de emissies van bouwmachines en landbouwtrekkers in 2018, als de emissies in het autonome basispad. Mocht in de toekomst bijvoorbeeld blijken dat de emissies van oude mobiele machines en landbouwtrekkers hoger waren (door bijvoorbeeld praktijkemissies die hoger zijn dan geschat, of door een misschatting van de omvang van het machinepark of de inzet), dan groeit hierdoor de emissie in 2018 en daarmee de reductieopgave. Echter wordt deze reductieopgave met verjonging van het machinepark, en

daardoor automatische ingroei van schone machines, grotendeels automatisch ingevuld. Mocht echter in de toekomst blijken dat de emissies van deze nieuwe machines (die voldoen aan Stage V eisen) in de praktijk tegenvallen, dan dragen deze minder bij aan de reductie in het autonome basispad en zal het basispad dus een minder sterke afname kennen. Hierdoor zal de reductieopgave ook groeien en zijn mitigerende maatregelen nodig om het beoogde reductiepad te behalen.

Aanvullend op de autonome ontwikkelingen zijn verschillende reductiemaatregelen mogelijk. In besluitvorming van april heeft het kabinet reeds maatregelen afgekondigd in het kader van de structurele aanpak stikstof die ook doorwerken in een reductie voor de bouwsector. Aan deze maatregelen kan voor de bouw naar schatting 1,2 kton NO_x-reductie toegekend worden voor 2030 (0,5 kton NO_x door handhaving op AdBlue manipulatie en 0,7 kton NO_x voor de stimulering van lage emissie binnenvaart door een retrofit regeling).

Verdere reductiemaatregelen bovenop het autonome ontwikkelpad en de reeds afgekondigde maatregelen zijn mogelijk door:

- Reductie van emissies van mobiele werktuigen tijdens het bouwproces. Dit kan onder meer door versnelde ingroei van lage emissie werktuigen (Stage V) of door het overstappen naar nul-emissie werktuigen. Versnelling van de ingroei van werktuigen met lage emissie (Stage V) heeft vooral een effect op korte termijn, maar weinig effect op de reductieopgave voor 2030. In 2030 zal namelijk een groot gedeelte van de oudere werktuigen autonoom zijn vervangen. Overstap naar nul-emissie werktuigen is op korte termijn mogelijk voor klein, en beperkt voor middelgroot, materieel. Voor groter materieel zijn nul-emissie machines nog in ontwikkeling. Naar verwachting kunnen serieproducten vanaf 2026 voldoende beschikbaar komen, mits de pilotfase in Nederland en andere landen positieve resultaten opleveren. Een belangrijkste ontwikkelpunt rondom nul-emissie werktuigen is de ontwikkeling van de laadinfrastructuur op de bouwplaats. Inzet van lage emissie en nul-emissie werktuigen lijkt vooral groot effect te hebben in de GWW sector (goed voor +/- 80% van het energiegebruik van mobiele werktuigen). De omvang van de bouwsector in Nederland en de afname van bouwmachines en landbouwtrekkers is Europees en mondiaal gezien beperkt. Daarmee is de vraag of Nederland de introductie van zero-emissie technologie kan versnellen. Daarentegen kan Nederland een voortrekkersrol spelen bij de introductie van deze technologie voor zware machines, hetgeen Nederland hierin een koploperpositie kan opleveren.
- Reductie van emissies in de bouwlogistiek door:
 - Verbeteren van de organisatie van de bouwlogistiek, waardoor het aantal kilometers afneemt. Dit kan door inzet van bouwhub concepten en het beter toepassen van ketenregie. Deze maatregelen lijken vooral van toepassing in de woning- en utiliteitsbouw.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

3/51

- Versnelde ingroei van lage emissie of overstappen naar nul-emissie voer- en vaartuigen. Voor het wegvervoer is alleen verplichten of stimuleren van nul-emissie voertuigen een goede maatregel, omdat het merendeel van de voertuigen reeds voldoet aan de Euro VI norm en tot 2030 zo goed als alle voertuigen autonoom vervangen zullen zijn door Euro VI voertuigen. Voor binnenvaart kan verdere stimulering van Stage V vaartuigen (bovenop de huidige stikstofmaatregel van het Kabinet) zinvol zijn gezien de lange levensduur van de gebruikte motoren en het beperkte aanbod van nul-emissie tot 2025. Maatregelen voor de binnenvaart zijn moeilijk specifiek in te richten voor de bouwsector, aangezien de schepen vaak voor meerdere markten varen.
- Verbeteringen in het bouwproces, door het gebruik van lichtere materialen (houtbouw of het gebruik van hybride materialen) en prefab constructies. Door gebruik van andere materialen kunnen ook procesemissies in de industrie worden verminderd. Naar verwachting is reductie in het bouwproces vooral mogelijk in de woning- en utiliteitsbouw en minder in de GWW.

Tussen deze maatregelen zien wij belangrijke versterkende effecten. Gebruik van lichtere bouwmaterialen leidt tot een andere vraag naar bouwlogistieke en maakt het gebruik van kleiner bouw materieel mogelijk (die mogelijk makkelijker nul-emissie te maken zijn). Maatregelen zouden hiermee niet afzonderlijk maar integraal meegenomen moeten worden.

Een totaaloverzicht van de potentie van maatregelen voor stikstofreductie in de bouwsector is weergegeven in onderstaande tabel.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

4/51

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
5/51

Maatregel	Reductie-potentie 2025 [kton]	Belegd in stikstof-pakket mobiliteit [kton]	Reductie-potentie 2030 [kton]	Belegd in stikstof-pakket mobiliteit [kton]
Verandering bouwproces	+		++	
Innovatieregeling bouwmachines	0	0	0	0
Stimulering Stage V bouwmachines	0,3		0,2	-
<i>Stimulering nul-emissie bouwmachines (max scenario)</i>	<i>0,1 - 0,2</i>		<i>0,6 - 1,3</i>	-
Handhaving Adblue manipulatie	0,4	0,4	0,5	0,5
Stimulering lage emissie wegverkeer	-		0	-
Stimulering zero emissie wegverkeer	0,2		0,5	-
Stimulering lage emissie binnenvaart (optie 2 retrofit + nieuwbouw)	0,7	0,3	1,4	0,7
Stimulering zero emissie binnenvaart	0,0		0,2	-
Bouwlogistieke maatregelen	0,3		0,7	-
Totaal	2,0 - 2,1	0,7	4,1 - 4,7	1,2

In totaliteit kunnen deze maatregelen potentieel een reductie opleveren van 2,0 tot 2,1 kton NO_x in 2025 en 4,1 tot 4,7 in 2030. Hiervan is 0,7 in 2025 en 1,4 kton in 2030 reeds belegd in het stikstofmaatregelenpakket van het Kabinet van april. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verschillende reductiepaden die mogelijk zijn ten opzichte van het zichtjaar 2018.

	NO _x -uitstoot bouw-sector exclusief bouwmaterialen-industrie en winning delfstoffen	Reductie ten opzichte van uitstoot 2018
Uitstoot 2018	22,5 kton	0%
Uitstoot 2030 (alleen basispad)	13,4 kton	40%
Uitstoot 2030 (basispad + stikstofmaatregelenpakket april)	12,2 kton	46%
Target 2030 (basispad + totaal reductiepotentieel)	8,7 – 9,3 kton	58% - 61%

Bij het volledig benutten van de potentie van de maatregelen in 2030 zou rond de 60% NO_x-reductie ten opzichte van het niveau van 2018 worden behaald. Hoewel deze cijfers onder voorbehoud zijn, door de onzekerheden in de basisgetallen en ook als blijkt dat er additionele besparingen mogelijk zijn, is het niet waarschijnlijk dat de 80% reductie die door de Adviescommissie Remkes is benoemd, behaald kan worden zonder buitenproportionele kosten te maken.

Naast effect op stikstof leveren de maatregelen ook een bijdrage aan het behalen van de doelstellingen uit het Klimaatakkoord en het Schone Lucht Akkoord. De verwachte CO₂-reductie van de hierboven genoemde maatregelen is 0,7 tot 1,1 Mton in 2030 (ter illustratie: dit bedraagt +/- 25% van de doelstelling van het onderdeel verduurzaming in de logistiek). Het CO₂-reductiepotentieel van de verschillende maatregelen is in onderstaande tabel samengevat.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

6/51

Maatregel	CO ₂ - reductie potentieel in kton in 2030
Verandering bouwproces	++
Innovatieregeling bouwmachines	0
Stimulering Stage V bouwmachines	0
Stimulering nul-emissie bouwmachines	210 – 560
Handhaving Adblue manipulatie	0
Stimulering lage emissie wegverkeer	0
Stimulering zero emissie wegverkeer	20
Stimulering lage emissie binnenvaart (optie 2 retrofit + nieuwbouw)	10
Stimulering zero emissie binnenvaart	20
Bouwlogistieke maatregelen	260
Totaal	740 – 1.090

Voor de budgettaire effecten wordt in onderstaande tabel een indicatief overzicht gepresenteerd van de cumulatieve kosten van de verschillende maatregelen voor de periode 2021 – 2025 en 2021 – 2030. De tabel geeft een eerste orde inschatting van de cumulatieve nationale kosten voor de maatregelen voor de periodes 2021 – 2025 en 2021 – 2030. De kosten van de maatregelen zijn voor de periode 2021 – 2030 meer onzeker. Dit hangt vooral af van de technologie ontwikkeling voor de nul-emissie werktuigen en binnenvaartschepen.

De genoemde kosten zijn de nationale kosten, en geven nog geen inzicht in de verdeling van deze kosten tussen verschillende stakeholders, zoals overheden, bedrijfsleven en burgers. De overheid verwacht dat door een verhoging van de aanbestedingseisen (een deel van) de additionele kosten worden doorberekend. Er wordt uitgegaan van post van ongeveer 150 M€ per jaar voor de uitvoerende organisaties van Defensie, BZK en IenW. Dit is niet additioneel ten opzichte van de kosten die worden genoemd in onderstaande tabel, maar betreft een budgetallocatie voor de bijdrage van de overheid voor het (gedeeltelijk) financieren van deze kosten. De kosten zijn in miljoen Euro uitgedrukt.

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
7/51

Maatregel	2021 – 2025		2021 - 2030	
	Cumulatieve kosten Totaal	Waarvan bouw	Cumulatieve kosten Totaal	Waarvan bouw
Verandering bouwproces	NB	NB	NB	NB
Innovatieregeling bouwmachines	25	25	25	25
Stimulering Stage V bouwmachines	8	8	15	15
Stimulering nul-emissie mobiele werktuigen	140	140	400 - 1500	400 - 1500
Handhaving AdBlue manipulatie	10	2	20	4
Stimulering lage emissie wegverkeer	-	-	-	-
Stimulering zero emissie wegverkeer	NB	NB	-20	-5
Stimulering lage emissie binnenvaart (optie 2 retrofit + nieuwbouw)	165	23	330	46
Stimulering zero emissie binnenvaart	120	17	50 - 480	7 - 67
Bouwlogistieke maatregelen	-	-	-	-

Op basis van dit onderzoek bevelen we de volgende acties aan:

- De verschillende type maatregelen (mobiele werktuigen, bouwlogistiek en bouwproces) hebben een sterke interactie en versterken elkaar. Om meer zicht te krijgen in deze keteneffecten is een verdiepingsslag voor de verschillende bouwsegmenten van belang. Er is momenteel weinig kennis beschikbaar over de toedeling van emissies in de bouwsector naar de verschillende bouwsegmenten (woning- en utiliteitsbouw en GWW). Een belangrijke stap hierbij is inzichtelijk maken wat de emissies zijn van de gebruikte materialen, vervoerstromen en mobiele werktuigen en landbouwtrekkers per bouwsegment. Het resultaat is een referentie data set die gebruikt kan worden om de potentiële impact van een integraal pakket van stikstofbepurende maatregelen op het gebied van het bouwproces, duurzaam bouw materieel en slimme bouwlogistiek te verifiëren en verfijnen. Ook kan hiermee de kosteneffectiviteit van de maatregelen beter worden ingeschat. Tot slot ontstaat hiermee ook een goede basis voor monitoring.
- Specifiek voor mobiele werktuigen en landbouwtrekkers zijn er een aantal aanbevelingen:
 - Er is een grote onzekerheid over de huidige samenstelling van de machinevloot, de inzetprofielen, de draaiuren en de emissies en het energieverbruik in de praktijk. Naast de lopende materieleenquête

die nu door IenW wordt uitgevoerd, de inventarisatie die hierboven is benoemd en eerste verkennende metingen aan de emissies van bouwmaschinen, zullen structureel dataverzamelingen en metingen in de praktijk moeten worden uitgevoerd om deze onzekerheden structureel te elimineren. Dit is in lijn met de aanbeveling van de adviescommissie Hordijk om *“het monitoren en in kaart brengen van voertuigemissies ... te bestendigen en ... uit te breiden met programma's gericht op mobiele werktuigen en vaartuigen.”*

- Het verzamelen van deze gegevens neemt de onzekerheden uit het basispad – en daarmee onzekerheden over reeds ingezet beleid – weg, maakt de hardheid van het te voeren beleid beter, maakt de voortgang beter te monitoren en maakt het beter mogelijk om de haalbaarheid en effecten van omschakeling naar nul-emissie goed in te schatten.
- Ook daarom wordt verplichte registratie van alle mobiele werktuigen, met de juiste emissie- en vermogensklasse aanbevolen.
- Verplichte registratie van alle mobiele werktuigen is een lang traject. Omdat dit inzicht wel noodzakelijk is op kortere termijn om daadwerkelijke reductie op de bouwplaatsen te borgen, wordt het registreren van mobiele werktuigen en hun gebruik op projectbasis (middels vergunningverlening of contractverlening) aanbevolen als tussenoplossing totdat de nationale registratie is geregeld. Hiermee gaan administratieve lasten gepaard. Deze wegen niet op tegen dat er met deze tussenoplossing een aantoonbare en monitorbare NO_x-reductie optreedt en dat daar ook toezicht op gehouden kan worden.
- Om een beter inzicht te krijgen op welke nul-emissie en laag-emissie verschoningsopties op de korte en lange termijn mogelijk zijn, is het aan te bevelen om de mogelijkheden per segment machine en per type inzet te verkennen door het ontwikkelen van een roadmap naar 2030.
- Vanwege de autonome ingroei van Stage V machines tot 2030 én vanwege het risico op tegenvallende praktijkemissies van deze Stage V machines (wanneer hier beter zicht op komt op moment dat er meer gemeten gaat worden aan de praktijkemissies), bevelen we aan om de maatregelen voor bouwmaschinen en landbouwtrekkers te focussen op zero-emissie alternatieven en niet op versnellen van de ingroei van Stage V machines. Daarnaast kent de ingroei van Stage V machines het risico van verschuiving naar kleinere machines met een hogere NO_x-uitstoot. De opbouw van de emissie-eisen voor Stage V zorgt er namelijk voor dat kleine machines (met een motorvermogen lager dan 56kW) niet noodzakelijkerwijs worden uitgerust met moderne emissiereductie-technologieën. De NO_x-emissielimieten en dus de werkelijke NO_x-emissies voor deze kleine machines zijn fors hoger, terwijl de simpelere techniek deze machines goedkoper maakt. Daarom is de aanbeveling om stimulerende maatregelen te richten op grote

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

8/51

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

9/51

- brongroepen die gemakkelijker te elektrificeren zijn of waarvoor andere nul-emissie alternatieven beschikbaar zijn. Vooral voor kleinere en gangbare bouwmachines worden op korte termijn elektrische varianten verwacht, of zijn deze reeds beschikbaar.
- Vooral gecompliceerde en dure machines met een lange afschrijftermijn (>15 jaar), zullen in 2030 nog niet geheel autonoom vervangen zijn voor varianten met een Stage V motor. Het aandeel van deze machines in het totale park is door de onzekerheid in de vlootgetallen slecht te schatten. Een dergelijke machine (zoals bijvoorbeeld een heimachine) kan tijdens een bouwproject echter juist een grote bijdrage hebben in de NO_x-uitstoot. Specifiek voor deze machines kan stimulering van her-motorisering (met een Stage V motor) of installatie van een retrofit uitlaatgasnabehandelingssysteem een goede optie zijn. Als dit wordt overwogen, dan is het aan te bevelen deze stimulering op korte termijn uit te voeren. Hierdoor worden al op korte termijn en voor de langst mogelijke resterende levensduur van deze bestaande machines resultaten gehaald. Niet alle retrofit systemen zijn in de praktijk effectief. Dit memo geeft daarom een aantal randvoorwaarden bij mogelijke stimulering van retrofit systemen.
 - Een specifiek aandachtspunt in het innovatiefonds (of DKTI) voor bouwmachines is om hier testen te doen met verschillende vormen van laadinfrastructuur, aangezien dit nog een grote onzekere factor is in de prijsontwikkeling en hiermee de haalbaarheid van een grootschalige overgang naar nul-emissie mobiele werktuigen.
 - Een gedeelte van de maatregelen rondom nul-emissie wegvervoer en verschoning of nul-emissie binnenvaart zijn niet alleen bouwspecifiek en liggen hiermee meer op het bredere beleidsterrein van IenW. Verkend zou kunnen worden welke flankerende maatregelen vanuit de bouw kunnen worden ingezet om de overgang te versnellen (bijvoorbeeld het aanbrenge van kortingen bij inzet van nul-emissie bouwlogistiek).
 - Bij het beschouwen van de kosten van de maatregelen, bevelen we aan om ook de effecten voor deze andere beleidsterreinen (Klimaatakkoord en Schone Lucht Akkoord) mee te wegen. Gezien de vele terreinen waarmee koppelingen te behalen zijn, verdient een integrale aanpak en een integrale beschouwing van de gemoeide kosten de aanbeveling.
 - De besproken maatregelen in deze notitie zijn uitsluitend gericht op de bouwsector. Echter, veel van het besproken materieel (landbouwtrekkers, een deel van de bouwmachines, binnenvaartschepen en vrachtauto's) worden niet uitsluitend in één markt ingezet. Landbouwtrekkers kunnen bijvoorbeeld de ene dag op de akker rijden, en de andere dag voor grondverzet in de bouw worden ingezet. Bij het uitvoeren en verder ontwikkelen van een maatregelpakket is het daarom belangrijk om dit in samenspraak te doen met beleid vanuit het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Hierdoor kan het aantrekkelijker zijn voor ondernemers om de omschakeling te maken naar lage emissie oplossingen en wordt voorkomen dat materieel met hoge emissies wordt verschoven naar andere sectoren.

- Inzet op (Europees) bronbeleid voor normeren van emissies van voertuigen, vaartuigen, bouwmachines en landbouwtrekkers is historisch gezien de meest effectieve maatregelen om deze emissies terug te dringen. Met scherpere eisen worden niet alleen de emissies op het Nederlands grondgebied teruggedrongen, maar ook de bijdrage vanuit omliggende landen aan de emissiedeken boven Nederland. Hoewel het trajecten zijn van de lange adem, is inzet op scherpere eisen een aantoonbare no-regret optie. Het verdient dus aanbeveling om deze inzet voor te zetten en waar mogelijk te verbreden en verscherpen.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

10/51

Inleiding

In het eindrapport “Niet alles kan overal” adviseert Adviescommissie Remkes voor de bouwsector om juridisch vast te leggen dat de emissies van bouwprojecten in (maximaal) 10 jaar tijd terug worden gebracht met 80%.

TNO heeft de Adviescommissie Remkes ondersteund bij het in kaart brengen van de huidige en toekomstige emissies in de bouwsector en bij het opstellen van mogelijke reductiemaatregelen. Daarnaast heeft de Commissie Remkes diverse stakeholders in de bouwsector geconsulteerd. Op basis van deze input heeft de Commissie Remkes haar doelstelling gekwantificeerd.

De laatste jaren, met de verbetering van de NO_x-emissies en wetgeving van wegvoertuigen, worden de dieselmotoren in andere sectoren zichtbaar als een grote en blijvende bron van NO_x-emissies. TNO doet al enige jaren onderzoek naar de details, de aard en de grootte van deze bronnen. Dit beeld is nog niet compleet. Er zijn al wel een aantal tegenvallers aan het licht gekomen, te weten het bijstellen van emissiefactoren voor mobiele werktuigen, die samenhangen met de beperkte effectiviteit van emissiewetgeving en toezicht in deze sectoren. Bovendien, door de beperkte registratie en een kosten-gedreven inzet van dergelijke machines, bijvoorbeeld bij aanbestedingen, onderaannemers, en de internationale markt, is de kans groot dat het reduceren van de NO_x-emissies in deze sector achterblijft bij het potentieel. Beleid voor het reduceren van NO_x-emissies moet daarom ondersteund worden door goede registratie en handhaving, en een aanpak die de individuele bronnen identificeert.

Voor de invulling van het advies van de Commissie Remkes heeft het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties aan TNO gevraagd om inzicht te verschaffen in het effect van mogelijke stikstofreductiemaatregelen, reductiepaden naar 2030 en reductiedoelstellingen voor 2030 in de bouwsector. Daarbij gaat het om een beter beeld van de technische haalbaarheid en de kosten, alsmede om een inschatting van de effectiviteit van een pakket van voorgenomen beleidsinstrumenten.

Hierbij zijn door het Ministerie de volgende deelvragen gesteld:

- Hoe is de verdeling in stikstofuitstoot tussen de woningbouw en utiliteitsbouw (inclusief GWW in nabijheid) aan de ene kant en grond-, weg- en waterbouw aan de andere kant in het basispad?
- Welke maatregelen in de bouwsector zorgen voor reductie in het basispad voor reductie van de NO_x-emissies?
- Welke aanvullende maatregelen in de bouwsector kunnen voor versnelling zorgen ten opzichte van het basispad? Wat zijn de kosten en baten van deze maatregelen en waar slaan ze neer?
- Wat voor reductie pad, doelstelling en toepassing van maatregelen zijn in 2030 naar inschatting technisch maximaal haalbaar en voor de markt uitvoerbaar? Wat zijn hiervan de geschatte extra kosten ten opzichte van het basispad? Indien een reductie van 80% niet in 2030 haalbaar wordt

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

11/51

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

12/51

geacht, in welk jaar dan wel? Wat is randvoorwaardelijk (denk aan maatregelen in andere sectoren, aanbestedingseisen in de markt) dan wel belemmerend (aanbod materieel, capaciteit elektriciteitsnetten etc.)?

- Wat is het effect op de kosten als voor een minder ambitieuze doelstelling wordt gekozen (twee scenario's met een significant lagere reductiedoelstelling dan technisch haalbaar is in 2030)?
- Hoe kan in de vormgeving van het reductiepad de maatschappelijke kosteneffectiviteit worden geborgd (ruimte laten voor innovatie vs. voldoende opschaling waarborgen)?
- Wat is de effectiviteit van de verschillende voorgenomen beleidsinstrumenten op de NO_x - reductie?
- Hoe kunnen de instrumenten elkaar versterken en hoe kan door een samenhangend beleidspakket de kosteneffectiviteit verder worden bevorderd?
- Wat is de verdeling van kosten en baten in verschillende beleidspakketten tussen de bouwsector (baten van doorbouwen, lagere administratieve lasten en efficiencywinst vs. kosten versnelde vervanging materieel en herinrichting bouwproces), andere bedrijfssectoren, aanbestedende diensten zoals RWS, Prorail, gemeenten en provincies en de Rijksoverheid (bij nationale subsidieregeling bouwmaterieel)?

Dit memo is in een korte periode opgesteld en geeft eerste inzicht in de resultaten op hoofdlijnen. Niet alle gestelde vragen konden in deze periode in detail beantwoord worden.

Stikstofemissies bouwsector in 2018

De bijdrage van de bouwsector aan de stikstofuitstoot bestaat uit drie onderdelen:

- Bouwindustrie-gerelateerd: emissies vanuit grondstoffenwinning en de productie van bouwmaterialen;
- Mobiele werktuigen: emissies ten gevolge van gebruik van mobiele werktuigen en landbouwtrekkers, hoofdzakelijk met een dieselmotor, inclusief bouwmaterieel, tijdens het bouwproces; en
- Bouwlogistiek: emissies ten gevolge van transportbewegingen die worden veroorzaakt door de bouw, door vrachtwagens en speciale voertuigen, zoals kraanwagens.

Emissies van de bouwsector zijn zodanig niet als aparte categorie opgenomen in de Emissieregistratie van het RIVM, waarin alle nationale rapportages van schadelijke emissies zijn samengebracht en de Klimaat en Energieverkenning (KEV), met de prognoses, gepubliceerd door het PBL. Emissies gerelateerd aan de bouwindustrie maken onderdeel uit van het segment industrie. Emissies van mobiele werktuigen³ en bouwlogistiek zijn opgenomen in het onderdeel mobiliteit.

³ In Emissieregistratie zijn bouwmachines mobiele werktuigen onderdeel van verkeer en vervoer, verder onderverdeeld in handel & diensten, bouw, industrie, container overslag, etc. In dit geval worden alleen bouwmachines mobiele werktuigen meegenomen die alleen aan de bouwsector gekoppeld zijn (bouwmachines),.

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
13/51

De hier gepresenteerde getallen zijn een sectorale **dwarsdoorsnede** van deze cijfers (oftewel het aandeel dat toe te rekenen is aan de bouw) en wijken daarmee af van de gangbare, dekkende sectorindeling. De getallen mogen niet hierbij niet worden opgeteld. Alle NO_x-emissies, bestaande uit NO en NO₂, worden in dit document worden uitgedrukt in NO₂-equivalenten in de eenheid NO als NO₂ gegeven⁴.

Bouwindustrie-gerelateerde emissies

De bouwindustrie-gerelateerde emissies omvatten emissies bij de winning van grondstoffen (zoals zand en grind) en de productie van bouwmaterialen (bijvoorbeeld cement en kozijnen). Stikstofemissies in de bouwmaterialenindustrie bestaan voor een deel uit verbrandingsemissies en voor een deel uit procesemissies (afkomstig van chemische processen). In 2017 bedroeg de NO_x-uitstoot van deze activiteiten ongeveer 4,2 kton. Dit is exclusief inzet van mobiele werktuigen in verwerking van grondstoffen bij productie bouwmaterialen (hiervoor is geen informatie beschikbaar over inzet binnen de specifieke industrie-onderdelen).

Tabel 1: NO_x-emissies uit bouwindustrie gerelateerde activiteiten.

Bron	kton NO _x -emissies 2017
Bouwmaterialenindustrie (SBI 23)	3,6
Winning delfstoffen en bouwnijverheid (SBI 8, 41 - 43)	0,6

Bron: emissieregistratie.nl

Mobiele werktuigen

Een belangrijk deel van de stikstofemissies in de bouw wordt veroorzaakt door het gebruik van mobiele werktuigen, zoals kranen, graafmachines, laadschoppen, pompen, en dieselaggregaten. In de emissieregistratie worden mobiele werktuigen voor de bouw in een aparte categorie bijgehouden (naast machines gebruikt in de landbouw, industrie, HDO, consumenten en containeroverslag). De totale bijdrage van de mobiele werktuigen en bouw materieel bedroeg 6,3 kton in 2018. Op basis van metingen zijn de laatste jaren de uitstootcijfers van bouw machines naar boven bijgesteld.

Naast het gebruik van bouw machines wordt ook een gedeelte van machines die voor de categorie landbouw zijn gedefinieerd gebruikt voor bouw activiteiten. Het betreft hier het gebruik van landbouw trekkers. Het aandeel van gebruik in de bouw is onzeker, maar wordt geschat op ongeveer 50%⁵. De totale uitstoot van landbouw trekkers in 2018 was vastgesteld op 6,8 kton.

⁴ Let op: om de emissies van NH₃ en NO_x op te tellen moet de eenheid gelijk zijn. Hier rekenen we met NO_x-emissies (gegeven als NO₂). Om deze om te rekenen naar de hoeveelheid reactief stikstof (N) moet met 14/46 vermenigvuldigd worden. De conversiefactor voor NH₃ naar N is 14/17.

⁵ Expert judgement op basis van gegevens branchevereniging. Ongeveer 20% van de landbouw trekkers wordt verkocht aan bouwbedrijven. Van de overige 80% die wordt verkocht aan loonbedrijven/ landbouwbedrijven, wordt een groot gedeelte van de omzet (+/- 70%) niet-

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
14/51

Er bestaat relatief veel onzekerheid rondom de data die is gebruikt bij de bepaling van de emissies van mobiele werktuigen. Omdat de machines niet gekentekend, of geregistreerd zijn, is er veel onzekerheid over het aantal machines in het park. Daarnaast is er veel onbekend over de gemiddelde inzet van deze machines (aantal draaiuren en gebruikt vermogen) en de uitstoot in de praktijk. Gegeven deze onzekerheid en het relatief groeiende belang van de uitstoot van bouwmachines, is het noodzakelijk in de komende jaren onderzoek te doen naar en kennis te verzamelen over de samenstelling van de vloot, de inzetprofielen en uitstoot van machines in de praktijk, en de ruimtelijke toedeling van bouwmachines binnen de luchtkwaliteit- en depositiemodellen. Momenteel wordt gewerkt aan het opzetten van een monitoring om meer zicht te krijgen op de omvang en het gebruik van het park. Daarnaast vinden er verdere oriënterende praktijkmetingen plaats.

Tabel 2: NO_x-emissies van mobiele werktuigen voor de bouwsector.

Bron	kton NO _x -emissies 2018
Mobiele werktuigen bouwsector	6,3
Gebruik landbouwtrekkers	3,4
Totaal mobiele werktuigen	9,7

Bronnen: TNO o.b.v. emissieregistratie.nl en Cumela

Bouwlogistiek

Transportbewegingen die worden gemaakt ten behoeve van de bouw bestaan uit vervoer van personen (bouw personeel) en materiaal. Voor het personenverkeer is niet bekend welk gedeelte van de bewegingen toe te rekenen is aan de bouwsector. Emissies van personenvervoer zijn daarom buiten beschouwing gelaten (deze overlappen ten dele met de goederenvervoer bewegingen met bestelauto's voor de bouw). Naar verwachting zal dit effect beperkt zijn.

Bouw gerelateerde stromen in het goederenvervoer bestaan uit:

- het vervoer van bulkstromen zoals zand en grind. Er zijn daarvoor 56.000 kiepwagens in Nederland (ter vergelijking: er zijn er ongeveer twee keer zoveel trekker-opleggercombinaties die het grootste deel van het wegtransport voor de rekening neemt). Ook een aanzienlijk deel van de binnenvaart wordt ingezet voor dit transport;
- het vervoer van overige bouwmaterialen en producten, zoals beton, cement en gips en van materialen die in de afbouwfase worden gebruikt;
- vervoer van materieel; en
- het vervoer van afvalstromen.

Door BCI (2020) is recent het aandeel van verschillende goederenstromen, die zijn bestemd voor de bouw, in kaart gebracht (zie bijlage). Deze studie concludeert dat 22% van de vervoerde goederenstromen in Nederland (in tonnen) zijn bestemd voor de bouw, waarbij het aandeel van binnenvaart en weg groter is dan het aandeel per spoor. Op basis van het aandeel per goederengroep is op basis van een

landbouw gerelateerd gebruikt. Dit betreft onder meer voor de bouw, onderhoud van waterwegen en natuurbeheer. Binnen deze activiteiten heeft de bouw naar verwachting het grootste aandeel (60% tot 70%). Het totale aandeel van de bouw is hiermee 56% (20% + (80% * 70% * 65%))

gedetailleerde dataset van CBS berekend welk aandeel van de voer- en vaartuigkilometers in de verschillende modaliteiten gerelateerd is aan bouwlogistiek. Voor weg en spoor is dit aandeel redelijk gelijk aan de tonnage. Voor binnenvaart is er sprake van een lager aandeel in de vaartuigkilometers, doordat het vervoer van bulk in relatief grote schepen plaatsvindt.

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
15/51

Tabel 3: Inschatting aandeel bouwlogistiek in het totale Nederlandse goederenvervoer per modaliteit in 2018 (vervoerde tonnen en afgelegde kilometers).

	Binnenvaart	Spoor	Weg
Tonnen	22%	9%	23%
Voertuigkilometers	14%	11%	22%

Bronnen: TNO o.b.v. BCI (2020) en CBS dataset

Op basis van het aandeel bouw gerelateerde voertuigkilometers per modaliteit is een inschatting gemaakt van het aandeel in de stikstofuitstoot op basis van de totale stikstofuitstoot per voertuigcategorie. Dit is samengevat in onderstaande tabel. De getallen zijn een indicatieve inschatting. Er is niet bekend in welke mate de gebruikte voer- en vaartuigen voor de bouw representatief zijn voor de rest van het goederenvervoer (bijvoorbeeld het aandeel vervoer in bestelauto's of het type binnenvaartschepen dat wordt gebruikt). Daarnaast worden in de nationale cijfers van het CBS speciale voertuigen zoals kraanwagens, betonmixers en kiepwagens niet apart geregistreerd. De totale omvang van dit transport, en de geassocieerde emissies is daarom niet goed bekend. Metingen aan een moderne kiepwagen geven wel aan dat de emissies substantieel hoger zijn per kilometer dan voor vergelijkbaar wegtransport. Daarnaast hebben een aantal van deze voertuigen, zoals betonmixers en kraanwagens, een speciale en dure opbouw. Het gevolg is vaak dat dergelijke voertuigen langer aangehouden worden, en de gemiddelde leeftijd hoger is. Dit alles leidt ertoe dat de emissies van het goederenvervoer voor de bouwlogistiek in werkelijkheid wellicht anders zijn dan hieronder weergegeven. De effecten van deze onzekerheden zijn op basis van bestaande kennis echter lastig te kwantificeren, dit zou nader in kaart moeten worden gebracht.

Tabel 4: NO_x-uitstoot goederenvervoer (totaal en voor bouwlogistiek) in 2018 (kton).

	Binnenvaart	Spoor	Weg	Totaal
kton NO _x goederenvervoer totaal	23,8	1,1	42,7	67,7
kton NO _x goederen bouw	3,3	0,1	9,4	12,9

Bronnen: TNO o.b.v. BCI 2020, CBS en PBL 2019

Totaal

In onderstaande tabel staat een samenvatting van de stikstofuitstoot vanuit de verschillende bronnen. Voor zover bekend zijn er geen substantiële emissies van NH₃ gerelateerd aan de bouw⁶.

⁶ Er zijn aanwijzingen dat de emissie van NH₃ door vrachtwagens (Euro 5 en Euro 6, met SCR) hoger zijn dan op dit moment wordt ingeschat. Het is onbekend of dit ook speelt bij

Zoals vermeld in de inleiding betreft dit een sectorale dwarsdoorsnede uit de sectie industrie en mobiliteit. De cijfers die hier worden gepresenteerd zijn dus al in de totalen van industrie en mobiliteit opgenomen.

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
16/51

Tabel 5: NO_x-uitstoot in de bouwsector in 2018.

Bron	kton NO _x in 2018 ¹
<i>In de KEV onder sectie industrie:</i>	
Bouwindustrie-gerelateerd	4,2
<i>In de KEV onder sectie mobiliteit</i>	
Mobiele werktuigen ³	9,7
Bouwlogistiek	12,9
Totaal bouwsector	26,7²

¹ 2017 voor bouwmaterialenindustrie en winning delfstoffen

² Optelsom wijkt af door afronding

³ In Emissieregistratie zijn bouwmachines ondergebracht bij emissies van verkeer en vervoer en zijn landbouwtrekkers niet uitgesplitst naar gebruik in de bouw.

Bronnen: TNO o.b.v. BCI 2020, emissieregistratie, CBS, PBL 2019, Cumela

Basispad naar 2030

Op basis van groeicijfers per bron vanuit de Emissieregistratie en de KEV is in onderstaande tabel de autonome ontwikkeling tot 2030 gepresenteerd. De tabel laat zien dat er een afname verwacht wordt van de stikstofuitstoot. De Adviescommissie Remkes laat in haar advies de uitstoot van de bouwmaterialenindustrie buiten beschouwing, deze wordt door de Commissie tot de industrie toebehoort. In deze paragraaf wordt de ontwikkeling per bron nader toegelicht. De getallen die hieronder worden gepresenteerd wijken af van de getallen die zijn benoemd door de Adviescommissie Remkes (19,1 kton in 2018). Dit verschil wordt veroorzaakt doordat in dit advies nog niet de uitstoot van landbouwtrekkers die in de bouw gebruikt worden zijn opgenomen en omdat de bouw gerelateerde industriële activiteiten buiten beschouwing zijn gelaten.

Tabel 6: Ontwikkeling van de NO_x-uitstoot in de bouwsector tussen 2018 en 2030 in het basispad (kton)

Bron	2018	2020	2025	2030
<i>Bouwmaterialenindustrie en winning delfstoffen</i>	4,2	4,2	4,3	4,3
Mobiele werktuigen en landbouwtrekkers	9,7	8,0	6,2	5,5
Bouwlogistiek	12,9	11,6	9,0	7,9
Totaal	26,7	23,8	19,5	17,7
Totaal ex Bouwmaterialen-industrie	22,5	19,6	15,2	13,4

Bronnen: TNO o.b.v. BCI 2020, emissieregistratie, CBS, PBL 2019, Cumela

bouwmachines (Stage IV en Stage V) en binnenvaartschepen (Stage V). Dit is echter een fractie van de totale emissie van stikstof en in deze notitie buiten beschouwing gelaten.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

17/51

Ontwikkeling bouwmaterialenindustrie

Er is een zeer beperkte autonome stijging van de NO_x-emissie in de bouwmaterialenindustrie. Deze bestaat voor een deel uit verbrandingsemissies en voor een deel uit procesemissies. Voor deze procesemissies wordt in de KEV uitgegaan dat deze in lijn is met de groei van de productie. Vernieuwing van verbrandingsinstallaties leidt tot enige emissiereductie. Beide ontwikkelingen heffen elkaar grotendeels op.

Ontwikkeling mobiele werktuigen

Voor mobiele werktuigen is er een verwachte autonome daling van bijna 50% van de NO_x-emissies tot 2030, als gevolg van de verwachte geleidelijke groei van het aandeel machines dat aan de Stage V emissienormen voldoet en uitfasering van mobiele werktuigen met een oudere motortechnologie (Stage III, Stage IV emissienorm of ouder). Momenteel worden op beperkte schaal praktijkmetingen gedaan aan Stage V werktuigen en de resultaten hiervan zijn nog niet gepubliceerd. De emissies zijn voorlopige inschattingen.

De Stage V emissienormen voor mobiele werktuigen zijn, afhankelijk van het motorvermogen, van kracht sinds begin 2019 resp. begin 2020 en vervangen de Stage IV emissienormen, die sinds 2014 van kracht waren.

De NO_x-emissienormen voor Stage V werktuigen liggen op hetzelfde niveau als die voor Stage IV. Wel gelden de Stage V normen voor alle motoren, terwijl de Stage IV normen alleen golden voor mobiele werktuigen met grotere motoren (vermogens van 56 tot 560 kW). Voor mobiele werktuigen met kleinere motoren (vermogen lager dan 56 kW) golden de facto tot 2019 nog de minder strenge Stage III normen uit 2008.

Ook binnen de emissienormen voor Stage V bestaat er verschil tussen werktuigen met een klein motorvermogen (19 tot 56 kWh) en werktuigen met een groter motorvermogen (56 en 560 kW). De limietwaarden voor NO_x zijn veel hoger voor de kleinere (4,7 g/kWh) dan voor de grotere (0,4 g/kWh), waardoor bij werktuigen met een kleinere motor geen moderne emissiereductie-technologieën hoeven worden toegepast. Dit leidt mogelijk tot verkoop van meer machines met een kleinere motor, welke in het gebruik juist een hogere uitstoot hebben. Voor dieselpompen en aggregaten is een hoge limiet gebruikelijk.

Vrijwel alle nieuwe werktuigen die momenteel worden verkocht voldoen aan de Stage V normen. De komende jaren zal een steeds groter deel van het werktuigenpark bestaan uit Stage V werktuigen, ook zonder additioneel beleid (zie Tabel 7). In het basispad wordt geen ontwikkeling van nul-emissie bouwmachines verondersteld.

Tabel 7: Verdeling mobiele werktuigen in de bouwsector naar Stage in het basispad.

	2020	2025	2030
Pre-Stage IV	57%	15%	4%
Stage IV	31%	13%	2%
Stage V	11%	72%	94%

Bronnen: TNO & CE Delft 2020

Ontwikkeling bouwlogistiek

In de bouwlogistiek is er ook een verwachte autonome daling van de NO_x-emissie van 39%. Deze autonome daling verschilt echter sterk tussen de verschillende modaliteiten:

- In het wegverkeer wordt een reductie van bijna 50% verwacht tot 2030 door geleidelijke uitfasering van dieselveertuigen met hoge NO_x-uitstoot, gangbaar tot 2020, en verdere ingroei van schone voertuigen of Zero-Emission (ZE) voertuigen.
- In de binnenvaart wordt een daling van de NO_x uitstoot verwacht van ongeveer 13% tot 2030 als gevolg van geleidelijke uitfasering van oude(re) motoren met hoge NO_x -uitstoot (emissieclassen pre-CCR en CCRI) en de ingroei van moderne motoren met lage NO_x -uitstoot (emissieklasse Stage V). De levensduur van binnenvaartmotoren is lang (10 tot 30 jaar afhankelijk van het marktsegment), waardoor de vernieuwing en de daarbij behorende emissiedaling relatief langzaam plaats zal vinden.
- Voor spoor wordt een (lichte) autonome groei van de uitstoot verwacht door de toename van het vervoer van bouw gerelateerde goederen. Het aandeel in de stikstofuitstoot blijft echter zeer beperkt.

Tabel 8: Ontwikkeling van de NO_x-uitstoot van bouwlogistiek tussen 2018 en 2030 (kton).

Modaliteit	2018	2020	2025	2030
Binnenvaart	3,3	3,3	3,1	2,9
Spoor	0,1	0,2	0,2	0,2
Weg	9,4	8,1	5,8	4,9
Totaal	12,9	11,6	9,0	7,9

Bronnen: TNO o.b.v. BCI 2020, emissieregistratie, CBS, PBL 2019

Emissiereductiemaatregelen

De volgende emissiereductiemaatregelen voor de bouw zijn mogelijk:

- Verandering bouwproces (prefab, industrieel, flexibel en demontabel bouwen, gebruik van lichtere of alternatieve materialen, circulair ontwerp en bouw).
- Reductiemaatregelen mobiele werktuigen (inzet van Stage V, met uitzondering van kleine machines, en nul-emissie machines, en voorkomen van stationair draaien).

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

18/51

- Maatregelen bouwlogistiek (digitalisering, verhogen beladingsgraad, inzet bouwhubs, verbetering ketenregie en ketensamenwerking door inzet van control tower in de bouw, versneld gebruik schone en zuinige voertuigen).

Een niet uitputtende lijst met opties voor maatregelen voor de bouw, wordt per onderwerp hieronder verder uitgewerkt.

Verandering bouwproces

Een aantal mogelijke opties wordt voorzien in het gebruik van materialen en wijzigingen in het bouwproces om stikstofemissies te reduceren en het bouwproces efficiënter te maken:

- Meer gebruik maken van prefab bouwcomponenten (zowel voor woningbouw, utiliteitsbouw als GWW). Deze elementen kunnen onder geconditioneerde omstandigheden geproduceerd worden wat leidt tot minder procesemissies op de bouwplaats, waardoor kwetsbare gebieden ontzien kunnen worden. Daarnaast kan een circulair en lichtgewicht ontwerp en het gebruik van prefab elementen leiden tot minder transportemissies, omdat er andere type voertuigen gebruikt worden met een grotere capaciteit en/of minder transportbewegingen nodig zijn. Mogelijk kan hergebruik van bouwcomponenten over de levensduur tot verdere reducties van de uitstoot leiden (LCA kan hierbij inzicht bieden). Daarnaast is er door meer prefab elementen te gebruiken minder personeel nodig op de bouwplaats, omdat de productie van prefab elementen in de fabriek plaatsvindt. Dit leidt tot een kortere bouwtijd en minder personeel per tijdseenheid op de bouwplaats, wat beide leidt tot een verlaging van het aantal voertuigkilometers voor personenvervoer. Daarnaast is er minder materieel benodigd, zoals steigers/hekken voor veiligheid.
- Meer gebruik van lichtere materialen, zoals (prefab constructies van) hout of hybride constructies. Gebruik van lichtere materialen heeft vooral impact op de inzet van bouwmachines, door minder grondverzet, minder funderen, minder kraanbewegingen en mogelijkheid voor inzet van kleinere en elektrische kranen. Mogelijk is er ook een effect op de afname van transportemissies door het gebruik van lichtere materialen. Een groot deel van de woningbouw is geschikt voor bouw in hout. Momenteel is dit aandeel 5% van de nieuwbouw. Dit zou kunnen toenemen naar 30% [WE Adviseurs 2016]. Dit levert grote winst op in stikstofreductie in het materiaalbewerkingproces en in logistiek.
- Verminderen van procesemissies in de bouwmaterialenindustrie. Door het optimaliseren/moderniseren van processen in de fabriek, door andere processen/producten mogelijk ook vermindering in de hoeveelheid verbruikte materialen (bijv. 40% minder beton in kanaalplaatvloeren dan een massieve betonvloer; hergebruik van productieafval opnieuw in het proces, kalkzandsteenblokken en bakstenen, etc.).

De impact op NO_x-reductie van deze maatregelen is moeilijk in te schatten. Naar verwachting leidt gebruik van prefab, circulair ontwerp en lichtere materialen tot een significante reductie op de bouwplaats. Deze effecten kunnen echter verschillen

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

19/51

tussen verschillende bouwprojecten. Daarnaast is niet bekend wat de keteneffecten van de maatregelen zijn. De rol in de keten van de groothandels en producenten kan bijvoorbeeld mogelijk veranderen door het prefabriceren van bouwonderdelen. Voor de bouwlogistieke stromen betekent dit dat er mogelijk meer bouwmaterialen aan de groothandels en producenten worden geleverd, zodat halffabricaten kunnen worden vervaardigd, die vervolgens weer naar de bouwplaats kunnen worden getransporteerd. Een belangrijke kennisvraag is om het reductiepotentieel voor aantal typische bouwprojecten (voor woningbouw, utiliteitsbouw en GWW) nader uit te werken.

Omdat deze maatregelen veelal niet specifiek voor NO_x-reductie zijn, maar de NO_x-reductie een afgeleid effect is van een efficiënter productie- en bouwproces, is er reeds veel ervaring met deze maatregelen. De winsten die hier te halen zijn, zijn deels al bereikt, en geven een orde van grootte van het verdere reductiepotentieel.

Reductiemaatregelen mobiele werktuigen

De emissies van mobiele werktuigen op de bouwplaats kunnen omlaag gebracht worden door op verschillende sporen in te zetten. Hierbij is het belangrijk om te realiseren dat de mobiele werktuigen een zeer uitgebreide en diverse categorie zijn (van grote kranen, aggregaten tot aan bladblazers). Bijvoorbeeld, een nul-emissie kleine trilplaat is makkelijker (en daarmee eerder) te realiseren dan een nul-emissie grote graafmachine. Dit geldt zowel vanuit het technische oogpunt als vanuit het financieringsoogpunt. Voor groot materieel zullen de opties voor reducerende maatregelen daarom mogelijk anders zijn dan voor klein(er) materieel. Voor dit grotere materieel zijn in de eerste jaren mogelijk (plug-in) hybride oplossingen haalbaarder.

Voor de reductiemaatregelen is het daarom verstandig om rekening te houden met verschillende segmenten, bijvoorbeeld: handheld materieel, klein materieel, middelgroot materieel en groot materieel. Belangrijke andere verschillen in mobiele machines zijn: ten eerste, stationair versus bewegend, omdat stilstaande werktuigen gemakkelijker te elektrificeren zijn met een stroomkabel. Ten tweede, hydrauliek versus directe motoraandrijving, omdat hydrauliek waarschijnlijk beter een hybride, deels elektrische aandrijving kan krijgen. Ten derde, de continue versus de gedoseerde inzet, omdat voor continue hoge belasting batterijaandrijving waarschijnlijk een minder reëel alternatief is. Om een beter inzicht te krijgen op de korte en lange termijn mogelijkheden is het ontwikkelen van een roadmap naar 2030 aan te bevelen. Oftewel, welke types verschoningsopties zijn per segment mogelijk in 2020, 2025 en 2030.

Innovatieregeling bouwmaschinen

In de, uit het huidige stikstofmaatregelen pakket van het kabinet, voorgestelde innovatieregeling wordt een versnelling aangebracht in de ontwikkeling en toepassing van nul-emissie (m.n. elektrische) werktuigen door middel van innovatieprojecten en pilots middels een aanvullend budget onder de lopende DKTI-regeling. In de innovatieregeling wordt gewerkt aan de ontwikkeling en beproeving van duurzame mobiele werktuigen en aan de mobiele/tijdelijke infrastructuur die nodig is voor de energievoorziening van duurzame mobiele werktuigen op de

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

20/51

bouwplaats. In specifieke gevallen zou hierbij ook gedacht kunnen worden aan het toepassen van filter- en andere uitlaatgasnabehandelingstechnieken op bestaande machines (retrofit). Dit wordt verder uitgewerkt in de volgende sectie. Ook is er aandacht voor het opzetten en beproeven van de benodigde samenwerking tussen partijen om deze nieuwe technieken in de praktijk toe te kunnen passen. Aan innovatiestimulering kan geen direct effect in termen van reductie van NO_x- of andere emissies worden toegekend. Dat heeft enerzijds te maken met het feit dat de uitkomst van de gestimuleerde innovatietrajecten onzeker is. Maar anderzijds zal ook bij succesvolle innovatietrajecten het gerealiseerde duurzame product in de regel niet goedkoper zijn (in aanschaf en/of gebruik) dan het conventionele product dat het moet vervangen, en zal opschaling dus niet vanzelf gaan.

Stimulering of verplichting van de versnelde toepassing van machines met een Stage V motor door vernieuwing of retrofit

De Stage V emissienormen voor mobiele werktuigen zijn, afhankelijk van het motorvermogen, van kracht sinds begin 2019 resp. begin 2020 en vervangen de Stage IV emissienormen, die sinds 2014 van kracht waren. Doordat voor de introductie van Stage V motoren nog een transitieperiode geldt, mogen er t/m 31-12-2021 nog machines verkocht worden die niet voldoen aan de Stage V emissienormen⁷.

Stimulering of verplichting van Stage V bouwmaschinen kan onder meer gerealiseerd worden door in aanbestedingseisen voor GWW-projecten en woning- en utiliteitsbouw de verplichting op te nemen dat mobiele werktuigen worden ingezet die aan de Stage V emissienormen voldoen. De meerkosten daarvoor kunnen bijvoorbeeld worden gecompenseerd middels een exploitatiesubsidie of door het geven van een fictieve korting in het geval van een overheidsaanbesteding. Afhankelijk van de vorm van regelingen voor stimulering of verplichting, kan een extra reductie op het basispad van de NO_x-emissie worden gerealiseerd van circa 0,6 kton in 2022 tot 0,2 kton in 2030 van de NO_x-emissie. De reden dat dit effect lager is in 2030 dan in 2022 komt doordat in 2030 al een groot gedeelte van het park stage V zal zijn. Het effect in 2030 ten opzichte van het basispad is daarom kleiner dan in 2022: de ingroei wordt naar voren gehaald in de tijd.

Het stimuleren van versnelde introductie van Stage V heeft voor het behalen van doelstellingen in 2030 dus een relatief klein effect. Dit komt doordat de vervanging van oude machines binnen deze termijn al grotendeels autonoom (zonder stimulering of aanscherping van aanbestedingseisen) zal hebben plaatsgevonden. Zeker de grote gangbare (standaard) machines met dagelijkse inzet worden redelijk snel vervangen. Tevens kan een grootschalige stimulans van Stage V bouwmaschinen er vervolgens toe leiden dat partijen minder geneigd zijn de stap naar nul-emissie te maken. Dit zou effect kunnen hebben op het behalen van doelstellingen rondom het Klimaatakkoord voor 2030. Het effect op CO₂ wordt verderop in deze notitie behandeld.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

21/51

⁷ COM(2020) 233 final: Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Regulation (EU) 2016/1628 as regards its transitional provisions in order to address the impact of COVID-19 crisis.

Een deel van de machines zal in 2030 nog niet geheel autonoom vervangen zijn voor varianten met een Stage V motor. Het gaat hier vooral om gecompliceerde en dure machines met een lange afschrijftermijn (>15 jaar). Het aandeel van deze machines in het totale park is door de onzekerheid in de vlootgetallen slecht te schatten. Een dergelijke machine (zoals bijvoorbeeld een heimachine) kan tijdens een bouwproject echter juist een grote bijdrage hebben in de NO_x-uitstoot. Specifiek voor deze machines kan stimulering van her-motorisering (met een Stage V motor) of installatie van een retrofit uitlaatgasnabehandelingssysteem een goede optie zijn. Als dit wordt overwogen, dan is het aan te bevelen deze stimulering op korte termijn uit te voeren. Hierdoor worden al korte termijn en voor de langst mogelijke resterende levensduur van deze bestaande machines resultaten gehaald. Niet alle retrofit systemen zijn in de praktijk effectief.

Het is daarom belangrijk om bij stimulering van retrofit systemen een aantal randvoorwaarden op te stellen:

- Bij een oude dieselmotor (Stage IIIb en ouder), zoals bij veel mobiele werktuigen in de beschreven categorie, is een zogenaamde “closed-loop” oplossing noodzakelijk om een hoge reductie van NO_x te realiseren. Dat vraagt onder andere om de plaatsing van twee NO_x-sensoren: voor en achter het geïnstalleerde systeem. Hierdoor kan de regeling van de AdBlue dosering worden geoptimaliseerd, waardoor ook in de praktijk lage emissies worden gerealiseerd.
- Retrofit SCR installaties bestaan al lange tijd, bijvoorbeeld voor stadsbussen. Meer dan tien jaar geleden is er UNECE regelgeving gemaakt om de effectiviteit van retrofit systemen in het laboratorium te certificeren. Bij een stimuleringsregeling zouden alleen retrofit systemen moeten worden toegestaan die volgens deze methodes worden gecertificeerd.
- Een goede retrofit-installatie, met een hierboven beschreven “closed-loop” regeling, bevat sensoren die monitoring en zelf-checks van de reductie in de praktijk mogelijk maken. Bij stimulering, is het de aanbeveling om verplicht te stellen dat deze gegevens via telematica worden gerapporteerd. De administratieve kosten van deze monitoring zullen bij een goed systeem beperkt blijven.
- Monitoring van het brandstofverbruik en AdBlue verbruik geven goede inzichten in de reductie-effectiviteit van NO_x-emissies en bieden mogelijkheden voor monitoring en handhaving.

Handhaving is een belangrijk randvoorwaarde om de potentiële emissiereductie door (ook de autonome) introductie van Stage V daadwerkelijk te realiseren. Gebruikers zouden moeten kunnen aantonen dat de ingezette Stage V werktuigen zijn voorzien van een werkende SCR-katalysator en een roefilter. Dat kan onder andere door bijvoorbeeld de emissies tijdens het gebruik te monitoren. Het kentekenen van bouwmachines, eventueel in combinatie met een periodieke keuring en steekproefcontroles op de bouw zouden dit kunnen faciliteren.

De ingroei van Stage V machines kent het risico van verschuiving naar kleinere machines met een hogere NO_x-uitstoot. De opbouw van de emissie-eisen voor Stage V zorgt er namelijk voor dat kleine machines (met een motorvermogen lager

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

22/51

dan 56kW) niet noodzakelijkerwijs worden uitgerust met moderne emissiereductie-technologieën. De NO_x-emissielimieten en dus de werkelijke NO_x-emissies voor deze kleine machines zijn fors hoger, terwijl de simpelere techniek deze machines goedkoper maakt.

De NO_x-limieten voor motoren met een motorvermogen onder de 19 kW is nog hoger en ook geldt er voor deze machines een mildere limiet voor fijnstof, waardoor er geen roetfilter nodig is. Er is vanuit reductie van emissies van zowel NO_x als fijnstof dus een duidelijk incentive om te focussen op versnelde introductie van zero-emissie alternatieven voor de kleinere machines (met een motorvermogen lager dan 56kW).

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

23/51

Tabel 9: Potentie maatregel verplichting/ stimuleren Stage V mobiele werktuigen (kton).

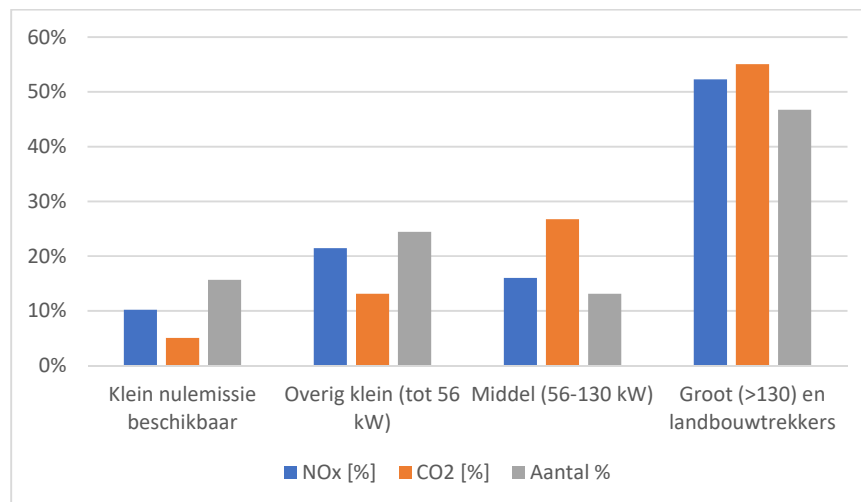
	2021	2022	2025	2030
Verplichting/stimulering Stage V	0,4	0,6	0,3	0,2

Bron: TNO & CE Delft 2020

Stimulering of verplichting van het gebruik van nul-emissie mobiele werktuigen

Stimulering of verplichting van het gebruik van nul-emissie mobiele werktuigen in bouwprojecten leidt tot verlaging van emissie van stikstof door bouwmaschinen.

Voor het in beeld brengen van de mogelijkheden van elektrificatie van bouwmaschinen zijn met name het energieverbruik en het aantal machines per categorie van belang. Machines met een lager energieverbruik (door een klein motorvermogen of een lage belasting) zijn relatief eenvoudiger om te elektrificeren. Onderstaande figuur geeft inzicht in het aandeel machines, de CO₂-uitstoot (equivalent aan het energieverbruik) en NO_x-uitstoot voor een aantal verschillende grootteklassen.



Figuur 1: Mobiele werktuigen in de bouw naar aandeel NO_x, CO₂ en aantal machines in 2018.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

24/51

Momenteel zijn er voor deze kleinere bouwmachines reeds elektrische varianten op de markt. Het gaat hier bijvoorbeeld om klein materieel als trilplaten, bandenzagers, stenenknippers, kleine graafmachines en laadschoppen. Voor grotere machines zijn momenteel nog geen elektrische varianten op de markt. Wel worden enkele pilot machines ontworpen en ontwikkeld.

De verwachte opschaling van zero-emissie bouwmachines is afhankelijk van drie belangrijke onzekerheden, te weten:

1. Ontwikkeling van het verwachte aanbod bij leveranciers;
2. Ontwikkeling van laadinfrastructuur op de bouwplaats; en
3. Snelheid waarin bouwbedrijven hun materieelpark en hun werkprocessen kunnen aanpassen.

De ontwikkeling van het aanbod hangt samen met de Europese/wereldwijde vraagontwikkeling naar nul-emissie machines. Hoe hoger de Europese vraag, hoe aantrekkelijker het voor leveranciers is om over te gaan tot de ontwikkeling van seriematige productie. Tot op heden is nog onduidelijk wat de meest geschikte nul-emissie technologie is voor de verschillende type werktuigen.

Het kan hierbij bijvoorbeeld gaan om:

- batterij-elektrische aandrijving;
- Gebruik van waterstof (of ammonia) in combinatie met brandstofcellen; of
- Hybride toepassingen (batterij pakket voor lage belasting in combinatie met een schone verbrandingsmotor).

Voor de aanbodontwikkeling is voor verschillende type machines binnen een categorie ingeschat wanneer verwacht wordt dat de machines seriematig op de markt komen. Dit is in onderstaande tabel als bandbreedte aangegeven.

Tabel 10: Verwachte ontwikkeling marktrijpheid mobiele werktuigen.

Categorie	Marktrijp beschikbaar
Klein nul-emissie beschikbaar	2020 - 2022
Overig klein (tot 56 kW)	2022 - 2024
Middel (56-130 kW)	2025 - 2026
Groot (>130) en landbouwtrekkers	2025 - 2028

Om nul-emissie werktuigen op de bouwplaats te kunnen opladen/bijtanken is een tijdelijke – en duurzame – voorziening nodig om de energie naar de bouwplaats te brengen. Voor waterstof kan opslag plaats vinden in een lokale tank of door aanlevering via een tanktruck. Voor het laden van elektrische machines kan aanlevering lopen via een tijdelijke elektriciteitskabel naar de bouwplaats of door (bijvoorbeeld) gebruik te maken van tijdelijke opslag in batterij containers. Daarnaast moet in het geval van elektrische machines ook laadpunten of installaties met hoge vermogens op de bouwplaats worden aangelegd. Voor zowel batterij containers als waterstoftanks geldt dat de energiedichtheid veel lager is dan voor

dieselbrandstof. Men moet daarbij denken aan dagelijkse aanvoer van de energie in plaats van wekelijks zoals bij dieselbrandstof. Er is nog weinig kennis en ervaring met deze oplossingsrichtingen wat leidt tot een grote onzekerheid over de prijs waarmee elektriciteit en ook waterstof op de bouwplaats kan worden aangeboden, wat een grote impact heeft op de aantrekkelijkheid van deze optie.

In relatie tot de hierboven benoemde onzekerheden is het nog onduidelijk in welke mate bouwbedrijven (versneld) de omschakeling kunnen maken naar nul-emissie machines in de verschillende categorieën. Belangrijke aspecten hierbij zijn de verandering in de kostprijs en de mate waarin deze kan worden doorberekend, maar ook de impact op het bouwproces, het kan hierbij bijvoorbeeld gaan om veranderingen in de operationele bouwplanning maar ook om betrouwbaarheid van het proces. Hiervoor is bij bouwbedrijven ervaring nodig met het toepassen van nul-emissie werktuigen in de praktijk.

Door stimulering van nul-emissie werktuigen kan een versnelling van de ontwikkeling en toepassing van nul-emissie werktuigen worden gerealiseerd. Dit kan in eerste instantie door het uitvoeren van pilots met nul-emissie mobiele werktuigen en bijbehorende infrastructuur (bijvoorbeeld als onderdeel van de hiervoor benoemde innovatieregeling in de komende jaren). Dit heeft als doel om ervaring op te doen met verschillende type werktuigen van verschillende grootteklassen en verschillende manieren om de infrastructuur in te richten. Fabrikanten krijgen hierdoor meer zicht op de haalbaarheid van verschillende opties en gebruikers krijgen meer ervaring met implementatie van deze machines in de praktijk.

Belangrijk bij de pilots is uit te gaan van:

- verschillende type machines en type grootteklassen;
- verschillende technologieën (bijvoorbeeld waterstof en elektrisch);
- verschillende manieren van aanvoer van laadinfrastructuur; en
- Verschillende type bouwprojecten (GWW, woning- en utiliteitsbouw).

Gegeven het grote aantal factoren zou dit kunnen oplopen tot het uitvoeren van 30 tot 40 pilottesten (waar mogelijk gecombineerd). De pilotfase zal zich naar verwachting, afhankelijk van het type machine en de grootteklasse, uitstrekken over een periode van twee tot vijf jaar. Daarbij zal idealiter het aantal machines langzaam opgeschaald worden van enkele stuks tot tientallen. In totaal zien we een behoefte van enkele honderden machines in de pilotfase. Dit is om twee redenen belangrijk: er moet ervaring worden opgebouwd met de energieaanvoer op de bouwplaats en het werken met elektrische machines. Daarnaast is het nodig om de fabrikanten ervan te overtuigen om de machines in serieproductie te nemen. Uiteraard zullen ook pilots in andere landen hieraan bijdragen.

In een tweede fase kan worden ingezet op opschaling van de toepassing van nul-emissie werktuigen via bijvoorbeeld een verplicht minimum aandeel in de aanbestedingseisen voor bouwprojecten of een fictieve korting in de aanbestedingsprijs. Een andere methode is fiscaal stimuleren via de MIA / VAMIL.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

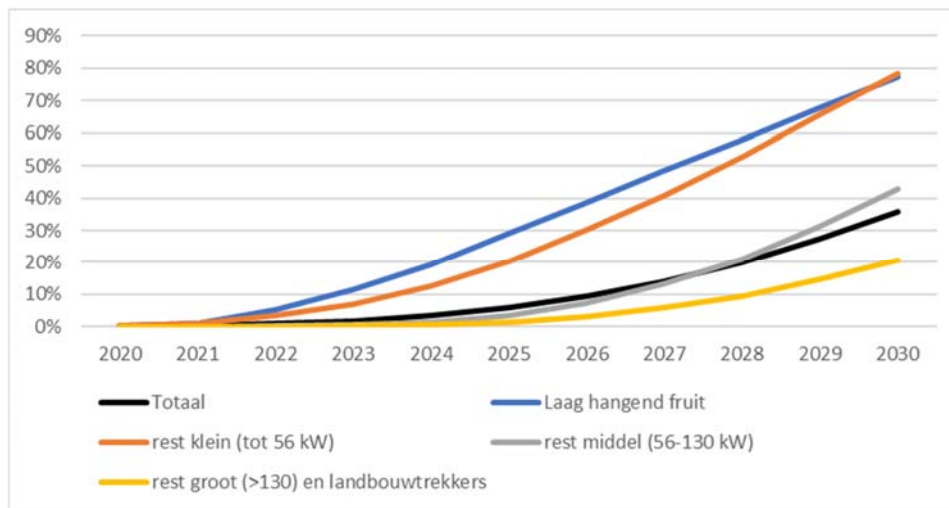
25/51

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
26/51

Gegeven de onzekerheid is ook het reductiepotentieel tot 2030 onzeker. Onderstaande figuur geeft een indicatieve ingroeipaden voor verschillende type machines bij een zeer snelle ingroei van nul-emissie machines. Voor machines waarvan op korte termijn nul-emissie varianten beschikbaar zijn en kleine bouwmachines wordt verwacht dat het grootste gedeelte van het park nul-emissie kan zijn. Voor de middelgrote en met name groot vermogen werktuigen zal een kleiner gedeelte over kunnen gaan. In totaal zou hiermee potentieel ongeveer 35% van het totale energieverbruik van mobiele werktuigen nul-emissie zijn. Bij een iets meer gemiddelde ingroei is dit potentieel 15% zijn.



Figuur 2: Ontwikkeling aandeel nul-emissie mobiele werktuigen in het energieverbruik van het park in een hoog ingroei-scenario

Op basis van deze twee scenario's is het reductiepotentieel en het bijbehorende ingroeipad bepaald. Voor 2030 betreft dit een range van 0,6 tot 1,3 kton. De eerste effecten zullen niet op korte termijn (2021 / 2022) waarneembaar zijn, maar pas daarna.

Tabel 11: Potentie maatregel verplichting/ stimuleren nul-emissie mobiele werktuigen (kton).

	2021	2022	2025	2030
Verplichting/stimulering nul-emissie	0	0	0,1 – 0,2	0,6 – 1,3

Bron: TNO & CE Delft 2020

Aanbestedingseisen i.r.t. stimulering lage en zero emissie bouwmachines

Naar schatting wordt circa 70 tot 80% van de werktuigen in de bouwsector gebruikt in de Grond-, Weg- en Waterbouw (GWW). Ook landbouwtrekkers die worden ingezet in de bouw worden voor een groot (maar onbekend) deel ingezet in de Grond-, Weg- en Waterbouw. Een groot gedeelte (ca 80%) van deze opdrachten zijn afkomstig van de overheid (Rijkswaterstaat, Provincies, Gemeenten). Het gebruik van Stage V of zero-emissie mobiele machines kan dus ook door overheden worden gestimuleerd door deze mee te nemen als fictieve korting op de prijs door

middel van toepassing van Beste Prijs Kwaliteit Verhouding (BPKV) bij overheidsaanbestedingen. Ook kunnen lokale overheden voorwaarden opnemen in het bereikbaarheid-, leefbaarheid-, veiligheid- en communicatieplan (BLVC)-plan. Hierbij moet wel worden gelet op verplaatsingseffecten: bestaande Stage V werktuigen worden voor de GWW-projecten voor de overheid ingezet terwijl oude(re) werktuigen voor andere projecten worden ingezet waarin geen Stage V wordt geëist. Het is daarom belangrijk dat de stimulering door de gehele overheid (Rijkswaterstaat, ProRail, Provincies en gemeenten) en zo veel mogelijk andere opdrachtgevers wordt ingevoerd.

Daarnaast is handhaving van de maatregel lastig omdat er geen kentekenplicht bestaat voor mobiele werktuigen. Het is dus niet eenvoudig om vast te stellen aan welke emissie-eisen een mobiele machine voldoet en of die is uitgerust met een goed werkende SCR-katalysator en roetfilter. Bij de uitvoering van dergelijke regelingen is het aan te bevelen dat ondernemers aantonen (door vastlegging van machinegegevens middels zelfregistratie, die controleerbaar zijn door handhavers) dat de werktuigen zijn voorzien van een werkende SCR-katalysator en een roetfilter (of bijvoorbeeld de emissies tijdens het gebruik monitoren), om te borgen dat daadwerkelijk een emissiereductie wordt behaald met deze maatregel. Ook zullen steekproefsgewijs op bouwplaatsen controles moeten plaatsvinden. Op termijn is het vanuit dit oogpunt aan te bevelen om een "APK" voor bouwmachines in overweging te nemen.

Verminderen stationair draaien

Uit eerste metingen aan Stage IV werktuigen blijkt dat de NO_x-emissies bij lage motorlast relatief hoog zijn. De hoogte van de NO_x-emissies in de praktijk is daarmee sterk afhankelijk van het inzetprofiel van de werktuigen en de mate waarin de motor stationair draait. Bij stationair draaien of lage motorbelasting is het uitlaatgas niet warm genoeg waardoor de SCR-katalysator, die wordt gebruikt om de NO_x-emissie te reduceren, niet (goed) functioneert. Als voorbeeld laat onderstaande figuur de resultaten zien voor een graafmachine. De figuur laat zien dat de NO_x-uitstoot bij stationair draaien (900 tot 1000 RPM) relatief hoog is (blauwe balken) en hierdoor een bijdrage heeft van 50% van de totale NO_x-uitstoot door de machine (oranje lijn).

Datum

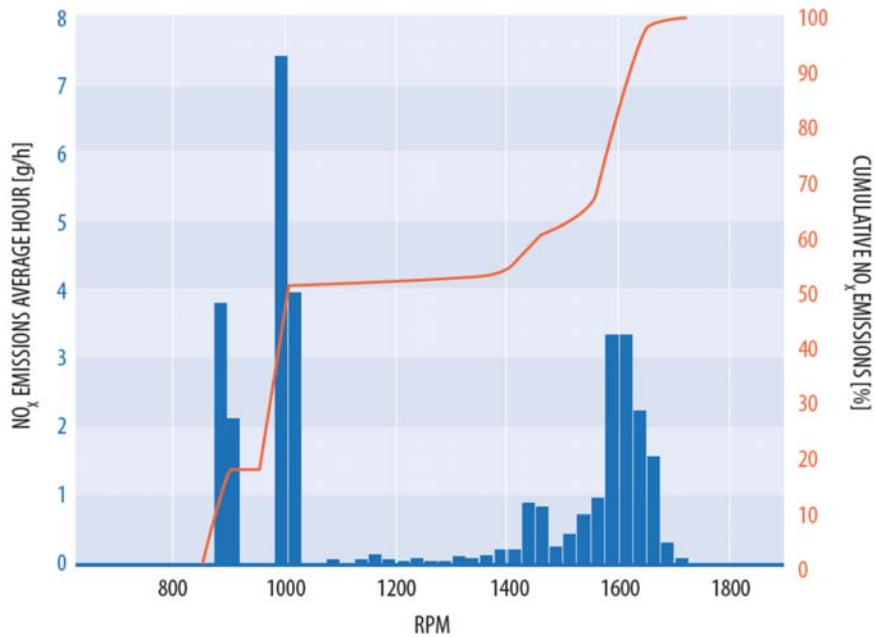
14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

27/51



Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
28/51

Figuur 3: NOx-emissies van een graafmachine afgezet tegen de motorinzet (TNO 2018).

Het verminderen van stationair draaien zal dan ook tot een reductie van de emissies van stikstofoxiden leiden. Dit is voornamelijk te realiseren door gedragsverandering zoals deze wordt gedefinieerd in de Green Deal “Het Nieuwe Draaien”. Machines worden veelal draaiend gehouden doordat de startprocedure wat extra tijd kost en/of er randapparatuur aangesloten is. Deze praktische drempels kunnen technisch opgelost worden door bijvoorbeeld inzet van robuuste start-stop systemen. Huidige stop-start systemen kunnen uitgezet worden, en dat gebeurt ook in de praktijk. Hoeveel de inzet op gedragsverandering, middels initiatieven als “Het Nieuwe Draaien”, daadwerkelijk oplevert, is lastig te kwantificeren.

Voor de meeste moderne machines wordt het aandeel stationair draaien op afstand al automatisch gemonitord via telematica. De opdrachtgever zou inzicht in deze gegevens kunnen vragen. Hierdoor ontstaan wel extra monitoringskosten.

De metingen aan de Stage IV machine geven aan waar besparingspotentieel zit in het reduceren van emissies en laten hiermee zien dat het belangrijk is meer in de praktijk te meten. Hierdoor kunnen eventuele blinden vlekken in kaart worden gebracht.

Reductiemaatregelen bouwlogistiek

Naar verwachting kunnen met gerichte maatregelen substantiële additionele reducties worden gerealiseerd in de periode tot 2030. Er zijn veel verschillende maatregelen die kunnen worden genomen. Dit betreft zowel technische maatregelen aan voer- en vaartuigen als een andere manier van organiseren. Allereerst wordt hier ingegaan op gebruik van nieuwe bouwlogistieke concepten (gebruik van bouw hubs en ketenregie). Daarna worden technische maatregelen voor het wegverkeer (inzet lage en nul-emissie voertuigen en handhaving van AdBlue manipulatie) en voor de binnenvaart (en zet lage en nul-emissie schepen) behandeld.

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

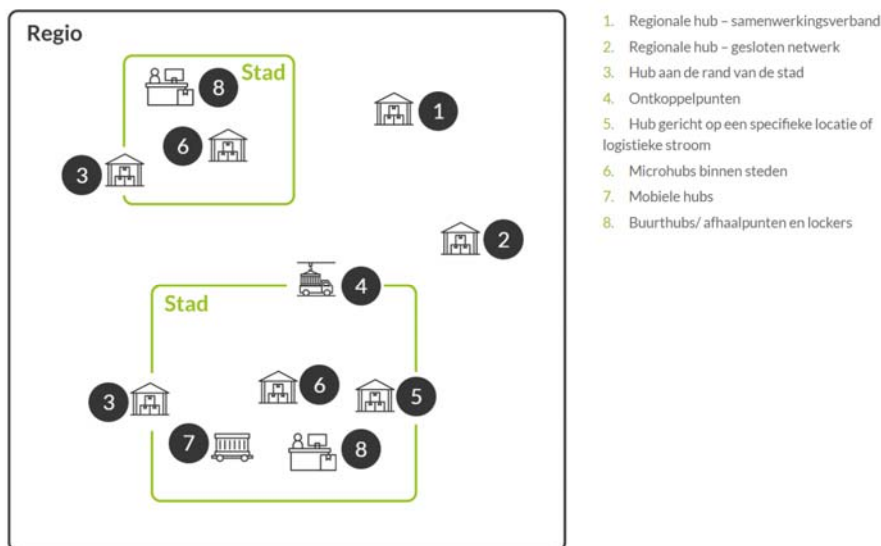
Blad
29/51

Logistieke hubconcepten

Voor het goederenvervoer is het verbeteren van de beladingsgraad van voertuigen een belangrijke maatregel om het aantal voertuigbewegingen te verminderen. Deze aanpak leidt tot verbetering van de bereikbaarheid en verlaging van zowel de NO_x- als ook de CO₂-uitstoot. Voor stadslogistiek kan dit onder meer worden gedaan door inzet van logistieke hubs (ontkoppelpunt) in combinatie met de inzet van zero-emissie voertuigen (zie hierboven).

Bij toepassing van hubconcepten wordt (een deel van) het benodigde bouw materiaal eerst vanuit de leverancier met volle voer- of vaartuigen naar de hub gebracht en vervolgens gebundeld just-in-time (JIT) naar de bouwplaats geleverd. Het gebruik van een hub voorkomt de huidige praktijk van inefficiënt transport, waarbij veel directe ritten vanuit de leverancier naar de bouwplaats met slechts gedeeltelijk gevulde vrachtwagens wordt gedaan. Bundeling betekent daarnaast dat het aantal leveringen per dag sterk afneemt (één volle vrachtwagen vanuit de hub in plaats van twee á drie halfvolle vrachtwagens) waardoor ook het bouw materieel (kranen) efficiënter kan worden ingezet. Verdere efficiëntieverbetering kan worden behaald door het combineren van het transport van de levering van bouwmaterialen met retourstromen van bijvoorbeeld bouwafval.

Er zijn verschillende vormen van hubconcepten / ontkoppelpunten mogelijk (zie ook onderstaand figuur [Cilolab, 2020]). De concepten verschillen in de locatie waar de hub gevestigd is, bijvoorbeeld een regionale hub buiten de stad (1 en 2), aan de rand van de stad (3, 4 en 5) of een centraal uitgiftepunt binnen de stad (6, 7, 8). Daarnaast verschillen de concepten in functie (alleen een ontkoppelpunt of additionele handelingen zoals het organiseren van retourlogistiek) en of het gaat om een (open) samenwerking tussen partijen of een gesloten netwerk.



Figuur 4: Overzicht van verschillende type hubconcepten [Cilolab 2020].

Diverse praktijkstudies tonen aan dat door toepassing van bouw hubs besparingen mogelijk zijn in orde grootte van 70% van de binnenstedelijke ritten en gerelateerde emissies per bouwproject [TKI Bouwlogistiek, 2016; NWO Bouwlogistieke control towers, 2018]. In Amsterdam zijn diverse voorbeelden van het toepassen van hubconcepten in de bouw gerealiseerd in het project Amsterdam Vaart. Hierbij is voor 9 verschillende type bouwprojecten in en rondom de stad gebruik gemaakt van hubs in combinatie met een verschuiving van de voertuigbewegingen naar elektrisch vervoer en vervoer over water. Door het gebruik van deze concepten werd een CO₂-reductie van 37% gerealiseerd en een reductie van het aantal binnenstedelijke ritten met 87% (onder meer doordat een groot gedeelte naar het water verschoof) [Amsterdam Vaart, 2020]. In een verkennende studie voor gemeente Rotterdam is berekend dat voor de bouwopgave in het centrum van Rotterdam voor de periode 2018 – 2030 15% tot 40% besparing in ritten, kilometers en emissies mogelijk is door toepassing van bouw hubs in combinatie met elektrisch vervoer.

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
30/51

Uitgaande van een voorzichtige schatting van het besparingspotentieel op NO_x door een stapsgewijze implementatie van diverse hubconcepten in bouwlogistiek, leidend tot een brede toepassing van hubconcepten in 2030, is onderstaand een eerste orde schatting van het reductiepotentieel voor hub concepten vastgesteld. Toepassing van bouw hubs lijkt vooral zinvol te zijn voor woningbouw, utiliteitsbouw en grootstedelijke projecten en is minder van toepassing te zijn in de GWW (hier wordt vaak al met een zeer hoge beladingsgraad gereden).

Tabel 12: Potentie maatregel bouw hub (kton).

Emissiereductie NO_x (kton/jaar)	2018	2020	2025	2030
Reductiepercentage bouwlogistiek	0%	1%	5%	15%
NO _x -emissie bouwlogistiek weg (kton/jaar)	9,4	8,1	5,8	4,9
Reductiepotentieel bouwlogistiek	0,0	0,08	0,29	0,74

De inzet van hubconcepten leidt aantoonbaar tot aanzienlijke reductie van transportbewegingen, transportkilometers en gerelateerde emissies. Het vergt echter een andere manier van werken die nog niet gemeengoed is binnen bouwbedrijven. Stimulerende maatregelen en/of verplichting door regelgeving is nodig om te komen tot brede implementatie van deze concepten.

Ketenregie en control towers

Naast, of in combinatie met, de toepassing van hubconcepten kan een betere beladingsgraad van bouwlogistiek transport worden gerealiseerd door een verbeterde ketenregie en ketensamenwerking op bouwlogistieke stromen. Daarvoor is inzicht nodig in alle bouwstromen door de gehele bouwlogistieke keten en een integratie van de bouwplanning met de logistieke planning. De traditionele bouwsector moet nog een flinke stap zetten in de ontwikkeling van dergelijke control towers, waarin informatiesystemen van alle ketenschakels aan elkaar worden gekoppeld [NWO Bouwlogistieke control towers, 2018]. De verwachting is dat ontwikkeling en toepassing van control towers specifiek voor de bouwsector zorgt voor een versnelling van een brede toepassing van hubconcepten en ketenregie op

bouwstromen met als resultaat de gewenste efficiëntieslag in bouwlogistiek. Deze efficiëntieslag kan worden gemaakt voor een specifiek bouwproject, maar kan ook breder toegepast worden door het toepassen van een gebiedsgerichte control tower, waarbij beslissingen en aansturing van (bouw)logistiek plaatsvinden vanuit een gebiedsgerichte aanpak.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

31/51

Gerichte handhaving defecte en gemanipuleerde AdBlue systemen

Diverse recente buitenlandse (Vlaanderen, Engeland, Denemarken, Duitsland, Zwitserland, Oostenrijk en Spanje) onderzoeken laten zien dat een deel van de nieuwste vrachtwagens in Europa rondrijdt met een niet werkend SCR-systeem. In veel gevallen wordt het systeem bewust uitgeschakeld om te besparen op de kosten van AdBlue. Als het SCR-systeem wordt uitgeschakeld, ligt de NO_x uitstoot per kilometer tot 10 keer hoger dan wanneer het normaal functioneert. Dit probleem speelt bij Euro V en Euro VI vrachtwagens. De voorzichtige schattingen van de buitenlandse studies, laten zien dat 5 tot 10% van de vrachtwagens rondrijdt met een uitgeschakeld AdBlue systeem. In de basisraming van PBL wordt rekening gehouden met deze AdBlue manipulatie.

Door striktere handhaving van het gebruik van Adblue in het zware wegverkeer (verhogen aantal controles, internationale samenwerking, verbaliseren als economisch delict) kan in Nederland jaarlijks een reductie worden gerealiseerd tot 2,2 kton in 2030 voor alle sectoren. Gegeven het aandeel van wegtransport voor de bouwsector komt dit neer op 0,5 kton reductie in de bouwsector.

Tabel 13: Potentie maatregel AdBlue handhaving (kton).

Emissiereductie NO_x (kton/jaar)	2021	2022	2025	2030
Reductiepotentieel gehele logistieke sector	0,92	1,38	2,00	2,16
Reductiepotentieel bouwsector	0,20	0,30	0,44	0,48

Bron: TNO & CE Delft 2020

Versnelde ingroei van lage emissie voertuigen (Euro 6 / VI) in wegvervoer

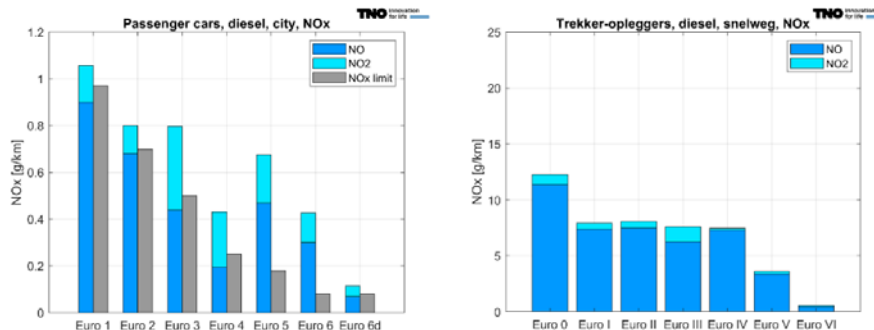
Evenals bij bouwmachines kan een stimuleringsregeling (of verplichting) voor het gebruik van Euro 6 bestel- en Euro VI vrachtauto's een positief effect hebben op de NO_x-uitstoot op korte termijn.

Vanuit Europees beleid vindt een voortdurende aanscherping plaats van emissienormen voor nieuw verkochte voertuigen. Voor verschillende voertuigtypen bestaan aparte normen. De meest recente normen voor voertuigen (Euro 6d voor personen- en bestelauto's en Euro VI) laten een sterke daling zien van de NO_x-emissies in de praktijk (zie Figuur 5). Een belangrijke oorzaak hiervan is de introductie van de zogenaamde Real-Driving Emissions (RDE) test als onderdeel van de typekeuring.

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

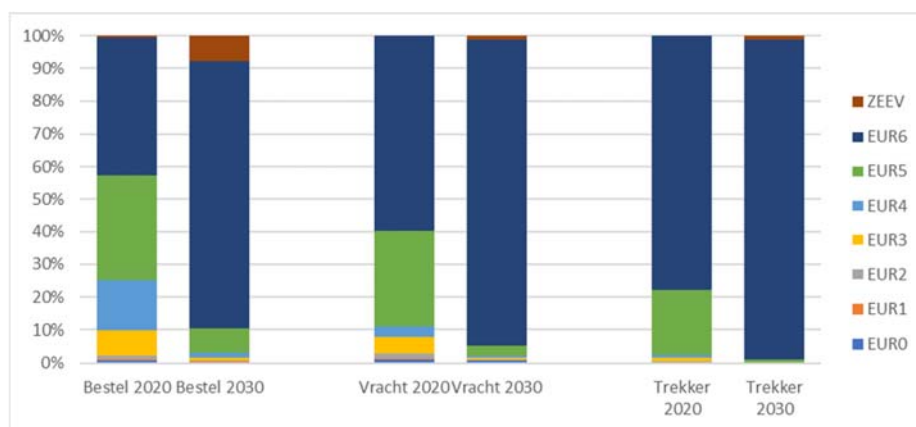
Blad
32/51



Figuur 5: Illustratie van de ontwikkeling van de praktijkemissies van opeenvolgende Euro-classes van wegvoertuigen: Links dieselpersonenauto's (stadsverkeer) en rechts vrachtwagens (snelweg)

Door ingroei van de nieuwe dieselveertuigen in het wegverkeer zal de uitstoot van stikstofoxiden door wegverkeer verder afnemen. Zoals onderstaande figuur laat zien, zal autonoom in de komende 10 jaar een verschuiving plaats vinden naar gebruik van voertuigen die voldoen aan Euro 6 / VI.

In 2020 wordt al een groot gedeelte van het aantal kilometers van het zware wegverkeer (trekker opleggers en de grotere vrachtauto's) al met Euro VI vrachtauto's gereden. Bij de bestelauto's is dit aandeel minder groot (42%). In 2030 wordt echter meer dan 90% van de kilometers gereden met voertuigen die ten minste voldoet aan Euro 6 / VI.



Figuur 6: Kilometers gereden met lichte en zware bedrijfsvoertuigen naar euroklasse in 2020 en 2030 in het basispad (Bron: TNO o.b.v. PBL 2019).

Een stimulering van een versnelde overgang van de bestel- of vrachtautovloot naar Euro 6 / VI kan zorgen voor een versnelde invoering en hiermee tijdelijk een tijdelijke versnelling van de reductie van de NO_x-uitstoot opleveren. Naar verwachting heeft deze maatregel in 2030 echter geen effect bovenop het basispad.

Ingroei van zero-emissie voertuigen

In de autonome ontwikkeling van de KEV wordt slechts een geringe ingroei van zero-emissie bestel- of vrachtauto's voorzien tot 2030. In het Klimaatakkoord is uitgesproken dat in stedelijke gebieden vanaf 2025 (met een ingroei naar 2030) alleen zero-emissie logistiek mogelijk is.

Volgend uit de doelstellingen van het Klimaatakkoord (1,0 Mton CO₂-reductie voor stadslogistiek) komt dit neer op 1,7 kton NO_x-reductie Voor de bouw (27% van het binnenstedelijk goederenvervoer is bouwlogistiek) komt dit neer op 0,4 kton NO_x-reductie.

Voor een deel van de bouwlogistieke stromen, bijvoorbeeld de bouwlogistieke stromen die door bestelwagens of kleine bakwagens wordt uitgevoerd, is de ingroei van zero-emissie voertuigen realistisch. Echter, een aanzienlijk deel van de leveringen wordt met zware en grote voertuigen getransporteerd, waarvoor elektrificatie langer op zich laat wachten. Voor een stevige kostendaling en voldoende aanbod van voertuigen is een vroegtijdig en helder beeld van de marktvraag noodzakelijk. Dit betekent dat de marktvraag voldoende duidelijk moet worden gemaakt voor voertuigproducten om de ontwikkeling van elektrische voertuigen een impuls te geven.

Zeker voor zwaardere voertuigen zijn de actieradius en de beschikbaarheid van zero-emissie alternatieven voorlopig nog een beperkende factor. Er zijn wel zware voertuigen aangekondigd met een actieradius van circa 1000km, maar deze zijn nog niet in grote getalen leverbaar en ook de actieradius in de praktijk is nog niet bekend. Om op korte termijn zero-emissie bouwlogistiek te kunnen realiseren is er een verandering nodig van het logistieke systeem, om de tekortkomingen van de huidige en op korte termijn beschikbare zero-emissie alternatieven voor zware voertuigen te accommoderen. Hierbij wordt onder meer gedacht aan het gebruik van hubconcepten. Dit is hierboven apart behandeld. Op langere termijn (tot 2030) zullen zeker de eerste zero-emissie alternatieven voor zware voertuigen op de markt komen met verschillende technologieën zoals batterij-elektrisch voertuigen, voertuigen met een brandstofcel en voertuigen met een waterstofverbrandingsmotor.

Inzet van lage emissie binnenvaartschepen

Sinds 2020 gelden strenge NO_x-emissienormen voor nieuwe scheepsmotoren, de zogenoemde Stage V normen. Stage V motoren zijn hierdoor in de praktijk aanzienlijk schoner dan eerdere generaties bij een gemiddelde motorbelasting (zie onderstaand figuur).

Datum

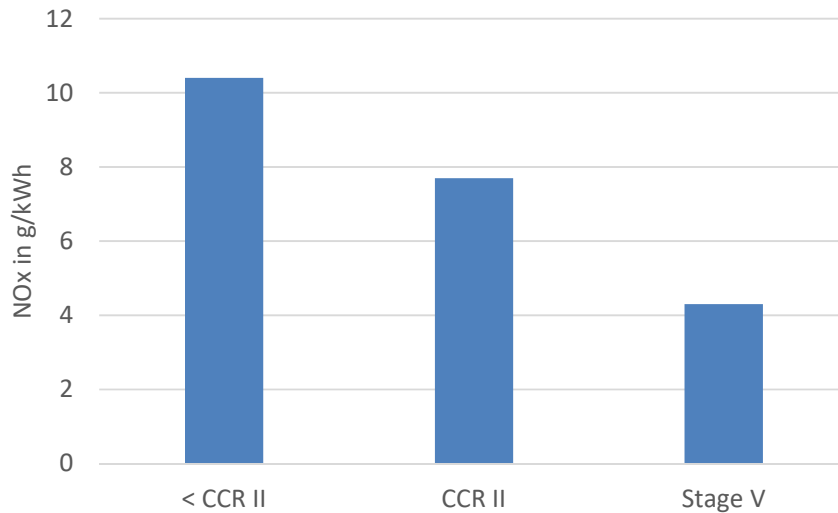
14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

33/51



Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
34/51

Figuur 7: Emissiefactoren voor verschillende emissieclassen voor de binnenvaart bij een motorbelasting van 35%

De verwachte ingroei van de nieuwe Stage V motoren is echter laag. Jaarlijks worden bij ca. 90 schepen motoren vervangen en bij ongeveer 180 schepen worden motoren gereviseerd (ongeveer 6% van de vloot). Naar verwachting bedraagt het aandeel van Stage -V motoren in de vloot in 2030 tussen de 30 en 40 procent [TNO en CE Delft 2020].

De opzet van een subsidiefonds voor investering in inbouw van een SCR-katalysator bij bestaande motoren of her-motorisering (naar motoren vergelijkbaar met emissieklasse Stage V) kan deze ontwikkeling versnellen. De impact van deze maatregel hangt samen met de totale hoeveelheid motoren die worden omgebouwd. In het kader van het stikstofmaatregelen pakket zijn twee varianten doorgerekend: één waarbij elk jaar 90 schepen met oudere motoren worden geretrofit en één waarbij 180 schepen per jaar worden omgebouwd (90 schepen retrofit en 90 schepen waarbij de motor wordt vervangen). Dit leidt tot een NO_x-reductie van respectievelijk 5,0 en 10,0 kton in 2030 voor de hele binnenvaart, waarvan 0,7 of 1,4 kton voor het vervoer van bouw-gerelateerde materialen.

Tabel 14: Potentie maatregel inzet lage emissie binnenvaartschepen (kton).

Emissiereductie NO _x (kton/jaar)	2021	2022	2025	2030
Optie 1 regeling voor retrofit ombouw (90 schepen per jaar)	0,6	1,1	2,5	5
Reductiepotentieel bouwsector bij optie 1	0,1	0,2	0,4	0,7
Optie 2 Regeling voor nieuwe Stage V motoren en voor retrofit (180 schepen per jaar)	1,2	2,2	5,0	10,0
Reductiepotentieel bouwsector bij optie 2	0,2	0,3	0,7	1,4

De kosten van deze maatregel zijn in totaal over een periode van ca. 10 jaar ongeveer EUR 78 miljoen voor 90 schepen per jaar en EUR 156 miljoen bij 180 schepen per jaar. In totaal worden dan 1800 schepen voorzien van Stage V nabehandeling.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

35/51

De maatregel moet nog getoetst worden op staatssteunregelgeving. Daarnaast moeten nog voorwaarden worden geformuleerd waarmee retrofit kan voldoen aan Stage V eisen. In het voorgestelde stikstofmaatregelenpakket is optie 1 (retrofit ombouw van naar verwachting 90 schepen per jaar) opgenomen.

Inzet op versnelling van de ingroei van zero-emissie schepen.

In het Klimaatakkoord is afgesproken dat er in 2030 150 emissieloze binnenvaartschepen varen. Momenteel wordt een breed scala aan opties voor zero-emissie varen ontwikkeld. Als hoofdvarianten wordt onderscheid gemaakt tussen gebruik van batterij-elektrische aandrijving of gebruik van waterstof (of een waterstofdrager) in combinatie met brandstofcellen.

In het kader van maatregelenpakket voor stikstof in mobiliteit is een verkenning gemaakt waarbij uit is gegaan van gebruik van verwisselbare batterijcontainers als aandrijfbron voor binnenvaartschepen. Inzet van 150 schepen zou leiden tot 1,6 kton NO_x-reductie (uitgaande van een gemiddeld schip van 110 m met een CCR11 motor). Op basis van het aandeel bouwlogistiek zou dit neerkomen op 0,2 kton NO_x-reductie. Verwacht wordt echter dat de ingroei in andere segmenten (met name de containermarkt) groter zal zijn, omdat die meer volgens een vast schema varen.

De maatregel is nog in een pilot fase. De kosten per schip worden ingeschat op rond de EUR 3,2 miljoen. Daarnaast zijn significante investeringen in de infrastructuur nodig. Technisch lijkt het haalbaar, maar operationeel is het wel uitdagend, omdat dagelijks energiecontainers gewisseld moeten worden. Dit wordt waarschijnlijk belegd bij containerterminals.

De beide maatregelen voor de binnenvaart overlappen elkaar. Indien beide maatregelen worden getroffen, zal het effect kleiner zijn dan de som van de individuele maatregelen.

Stikstof reductiepotentie

In onderstaande tabel staat een overzicht van potentiële maatregelen voor stikstofreductie in de bouwsector voor 2025 en 2030. Het technisch potentieel van de doorgerekende maatregelen is 2,0 tot 2,1 kton in 2025 en 4,1 tot 4,7 kton in 2030. Voor veranderingen in het bouwproces (zoals gebruik van lichtere en prefab materialen) kon geen kwantitatieve schatting gemaakt worden, omdat er nog te weinig kennis is wat de potentie van deze maatregelen is voor de verschillende bouwsegmenten. Om meer zicht te krijgen hierop is meer kennis noodzakelijk.

Een gedeelte van de maatregelen pakket is al deels ingevuld en belegd in het stikstofmaatregelenpakket van april 2020. Dit betreft de innovatieregeling voor mobiele werktuigen, het verstevigen van handhaving van AdBlue- manipulatie en een regeling voor retrofit van oude binnenvaartschepen (alleen optie 1). Dit komt (voor de bouwsector) uit op 0,7 kton in 2025 en 1,2 kton reductie in 2030.

De benoemde effecten zijn een eerste inschatting op hoofdlijnen op basis van een eerste data-analyse. Hierdoor is nog niet de interactie tussen de effecten benoemd. Tussen de verschillende maatregelen zien wij belangrijke versterkende effecten.

Door veranderingen in het bouwproces (bijvoorbeeld het gebruik van andere materialen en toepassing van prefab elementen van lichtgewicht materiaal) kan mogelijk het bouwlogistieke proces worden geoptimaliseerd aan de nieuwe situatie (bijvoorbeeld door meer just-in time vanuit een hub te werken). Hierdoor kunnen ook (meer) nul-emissie voertuigen worden toegepast op de last-mile. Bovendien kan in het bouwproces gebruik worden gemaakt van kleiner bouw materieel (lichtere kranen), waardoor eerder de overstap kan worden gemaakt naar gebruik van elektrische bouw machines.

Om meer zicht te krijgen in mogelijke keten- en interactie-effecten en de uitkomsten te verifiëren, is een verdiepingsslag voor de effecten van de maatregelen voor de verschillende bouwsegmenten van belang. Hiervoor dient kennis te worden opgebouwd over de huidige uitstoot in de verschillende segmenten (gebruikte materiaal, materieel en het aantal vervoerbewegingen) en over het effect van specifieke maatregelen in de praktijk (bijvoorbeeld door uitvoer van een aantal pilots).

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
36/51

Tabel 15: Potentie maatregelen stikstofreductie in de bouwsector (kton).

Maatregel	Reductie-potentie 2025 [kton]	Belegd in stikstof-pakket mobiliteit [kton]	Reductie-potentie 2030 [kton]	Belegd in stikstof-pakket mobiliteit [kton]
Verandering bouwproces	+		++	
Innovatieregeling bouw machines	0	0	0	0
Stimulering Stage V bouw machines	0,3		0,2	-
<i>Stimulering nul-emissie bouw machines (max scenario)</i>	<i>0,1 - 0,2</i>		<i>0,6 - 1,3</i>	-
Handhaving Adblue manipulatie	0,4	0,4	0,5	0,5
Stimulering lage emissie wegverkeer	-		0	-
Stimulering zero emissie wegverkeer	0,2		0,5	-
Stimulering lage emissie binnenvaart (optie 2 retrofit + nieuwbouw)	0,7	0,3	1,4	0,7
Stimulering zero emissie binnenvaart	0,0		0,2	-
Bouwlogistieke maatregelen	0,3		0,7	-
Totaal	2,0 - 2,1	0,7	4,1 - 4,7	1,2

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
37/51

Op basis van de voorliggende informatie is een berekening gemaakt van het technische reductiepotentieel afgezet tegen de NO_x-uitstoot van de bouwsector in 2018. Ten opzichte van de uitstoot in 2018 wordt in het basispad (beleidsarm) reeds een daling voorspeld naar 13,4 kton in 2030 (reductie van 9,1 ofwel 40%). Wanneer hier het maatregelenpakket van april bij wordt opgeteld, dan daalt de uitstoot tot 12,2 kton NO_x (46% reductie ten opzichte van de uitstoot in 2018).

Additioneel kan, zoals hierboven is samengevat potentieel 4,1 tot 4,7 kton reductie worden gerealiseerd ten opzichte van het basispad (of 2,9 tot 3,5 kton meer ten opzichte van het stikstofmaatregelenpakket). Hiermee zou de NO_x-uitstoot in 2030 verder verlaagd kunnen worden tot 8,7 kton. De potentiële besparing ten opzichte van de uitstoot in 2018 is hiermee rond de 60%. Hoewel deze cijfers onder voorbehoud zijn, en er additionele besparingen mogelijk zijn, is het niet waarschijnlijk dat de 80% reductie die door de Adviescommissie is benoemd behaald kan worden.

Tabel 16: Reductiepotentie stikstof in de bouwsector in relatie tot de uitstoot in 2018.

	NO_x-uitstoot bouwsector exclusief bouwmaterialenindustrie en winning delfstoffen	Reductie ten opzichte van uitstoot 2018
Uitstoot 2018	22,5 kton	0%
Uitstoot 2030 (alleen basispad)	13,4 kton	40%
Uitstoot 2030 (basispad + stikstofmaatregelenpakket april)	12,2 kton	46%
Target 2030 (basispad + totaal reductiepotentieel)	8,7 – 9,3 kton	58% - 61%

Effect op NH₃

Een deel van de reductie in NO_x-uitstoot in het basispad door stimulering van lage emissie materiaal zal mogelijk teniet worden gedaan door een (lichte) toename van **NH₃-emissies** bij zowel lichte als zwaar wegtransport, bouwmachines en binnenvaartschepen. Dit komt doordat de nieuwste dieselveertuigen zijn uitgerust met uitlaatgasnabehandelingssystemen die de NO_x-uitstoot terugdringen op basis van toevoeging van ammoniak in de uitlaat. De stikstofoxiden reageren daarbij in een zogenaamde SCR-de NO_x katalysator met de toegevoegde ammoniak (NH₃) tot onschadelijke stoffen. Afhankelijk van de afstelling en gezondheid van het totale uitlaatgasnabehandelingssysteem, wordt een deel van de ammoniak niet gebruikt tijdens deze reactie en slijpt door de uitlaat naar de atmosfeer. De hoeveelheden zijn zo groot, dat een zogenaamde slijpkatalysator dit niet tegenhoudt.

De toename van NH₃-emissies door NH₃-slip, uitgedrukt in eenheden stikstof, is vele factoren malen lager dan de NO_x-emissies die met deze systemen worden gereduceerd. Maar ook hier, in het geval van een defect, kunnen individuele voertuigen of machines met een SCR installatie zeer hoge ammoniak uitstoot hebben.

Effect op Klimaatakkoord en andere beleidsterreinen

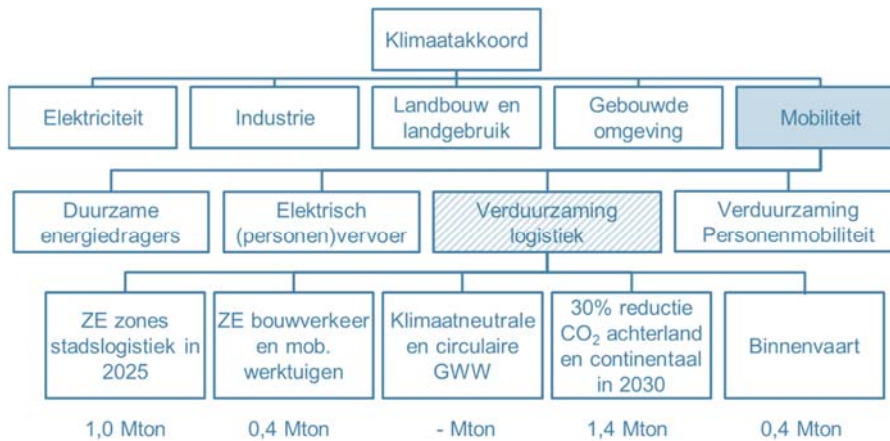
Effect op het klimaatakkoord en CO₂

Veel van de benoemde maatregelen leveren naast een bijdrage aan reductie oplossing van de Stikstofproblematiek ook bijdragen aan het behalen van de doelstellingen van het Klimaatakkoord. In het Klimaatakkoord is voor het onderdeel logistiek een vijftal thema's onderscheiden. Gezamenlijk moeten deze thema's in 2030 een reductie van 3,2 Mton CO₂-uitstoot realiseren ten opzichte van het basispad (zie onderstaand figuur). De maatregelen die zijn benoemd voor de bouwsector grijpen in op alle vijf onderscheiden thema's en kunnen hiermee aan alle thema's een bijdrage leveren.

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
38/51



Figuur 8: Doelstellingen uit het Klimaatakkoord voor verduurzaming van de logistiek⁸

De bijdrage die de reductiemaatregelen kunnen leveren aan de invulling van het klimaatakkoord zijn ingeschat in onderstaande tabel. Hieruit komt naar voren dat er de maatregelen in potentie een substantiële bijdrage leveren aan de CO₂-reductiedoelstelling (0,7 tot 1,1 Mton). In de uitwerking van het maatregelenpakket, en de beoordeling van maatregelen op kosteneffectiviteit, lijkt het derhalve raadzaam het effect op CO₂ expliciet mee te nemen, omdat hiermee meerdere beleidsdoelstellingen kunnen worden meegenomen.

⁸ Voor het onderdeel Klimaatneutrale en Circulaire GWW is geen kwantitatief reductiedoel benoemd, maar in de tekst van het klimaatakkoord is opgenomen dat overheden afspraken zullen maken om in 2030 zoveel mogelijk klimaatneutraal te werken.

Tabel 17: Potentie maatregelen op CO₂-reductie in de bouwsector (kton).

Maatregel	CO ₂ - reductive potentieel in kton in 2030
Verandering bouwproces	++
Innovatieregeling bouwmachines	0
Stimulering Stage V bouwmachines	0
Stimulering nul-emissie bouwmachines	210 – 560
Handhaving Adblue manipulatie	0
Stimulering lage emissie wegverkeer	0
Stimulering zero emissie wegverkeer	20
Stimulering lage emissie binnenvaart (optie 2 retrofit + nieuwbouw)	10
Stimulering zero emissie binnenvaart	20
Bouwlogistieke maatregelen	260
Totaal	740 – 1.090

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
39/51

Effect op het fijnstofemissie en het Schone Lucht Akkoord

De bijdrage van NO_x-emissies van de bouwsector aan de stikstofdepositie in kwetsbare natuurgebieden is maar een klein deel van de totale milieu-impact van deze emissies. De uitgestoten NO_x draagt bij aan de concentratie van NO₂ in de lucht, die leidt tot slechte luchtkwaliteit en daaruit volgende gezondheidsschade voor mensen. Alle bouwprojecten (GWW en woning- en utiliteitsbouw) in Nederland dragen bij aan de achtergrondconcentratie, waar in stedelijk gebied de bijdrage van lokale bronnen bovenop komt. Reductie van de NO_x-emissies van bouwmachines en bouwlogistiek in stedelijk gebied draagt dus ook bij aan verbetering van lokale luchtkwaliteit. Maatregelen in de bouw die worden genomen in het kader van de stikstofproblematiek hebben dus ook een positieve bijdrage aan het realiseren van de ambities van het Schone Lucht Akkoord.

Hetzelfde geldt in principe voor fijnstof, als de uitstoot daarvan ook omlaag gaat door de genomen maatregelen. Voor de meeste maatregelen is er echter maar een beperkt effect op de emissie van fijnstof, omdat de huidige technologie veelal al een lage fijnstof-emissie heeft (m.n. door toepassing van roetfilters op moderne dieselmotoren of gebruik van benzinemotoren). Bij de stimulering van kleinere zero-emissie bouwmachines wordt echter wel een significante reductie van de fijnstofemissie verwacht. Ook bij de stimulering van lage of zero-emissie technologie voor de binnenvaart heeft een verwachte grote bijdrage (circa factor 10 op vaartuigniveau). De effecten op fijnstofemissie kunnen in vervolgonderzoek nader kunnen worden gekwantificeerd.

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
40/51

Budgettaire effecten

In onderstaande tabel wordt een indicatief overzicht gepresenteerd van de cumulatieve kosten van de verschillende maatregelen voor de periode 2021 – 2025 en 2021 - 2030. Voor maatregelen in de verandering van het bouwproces en bouwlogistieke maatregelen kon dit nog niet in kaart worden gebracht. De tabel geeft inzicht in de totale kosten van de maatregel en het aandeel daarvan dat kan worden toegeschreven / gealloceerd aan de bouwsector. Hierbij is uitgegaan van de nationale kosten. Hieronder worden de verschillende onderdelen nader toegelicht.

Tabel 18: Kosteninschatting reductiemaatregelen stikstof in de bouwsector (in miljoen Euro).

Maatregel	2021 – 2025		2021 - 2030	
	Cumulatieve kosten Totaal	Waarvan bouw	Cumulatieve kosten Totaal	Waarvan bouw
Verandering bouwproces	NB	NB	NB	NB
Innovatieregeling bouwmachines	25	25	25	25
Stimulering Stage V bouwmachines	8	8	15	15
Stimulering nul-emissie mobiele werktuigen	140	140	400 - 1500	400 - 1500
Handhaving AdBlue manipulatie	10	2	20	4
Stimulering lage emissie wegverkeer	-	-	-	-
Stimulering zero emissie wegverkeer	NB	NB	-20	-5
Stimulering lage emissie binnenvaart (optie 2 retrofit + nieuwbouw)	165	23	330	46
Stimulering zero emissie binnenvaart	120	17	50 - 480	7 - 67
Bouwlogistieke maatregelen	-	-	-	-

Bovenstaande tabel bevat veelal eerste orde kosten-inschattingen. Met name voor de ingroei van nul-emissie mobiele werktuigen is er een grote onzekerheid (zowel op het gebied van de ingroei als op de kostenontwikkeling van de meerprijs van nul-emissie machines, als de infrastructuurkosten op de bouwplaats). Het uitvoeren van projecten in een pilotfase zal deze grote bandbreedte verminderen.

De genoemde kosten zijn de nationale kosten, en geven nog geen inzicht in de verdeling van deze kosten tussen verschillende stakeholders, zoals overheden en bedrijfsleven. De overheid verwacht dat door een verhoging van de aanbestedingseisen (een deel van) de additionele kosten worden doorberekend. Er wordt uitgegaan van post van ongeveer 150 M€ per jaar voor de uitvoerende organisaties van Defensie, BZK en IenW.

Dit is niet additioneel ten opzichte van de kosten die worden genoemd in Tabel 18, maar betreft een budgetallocatie voor de bijdrage van de overheid voor het (gedeeltelijk) financieren van deze kosten.

Bij het beschouwen van de maatschappelijke baten, moeten ook de effecten voor de andere beleidsterreinen (Klimaatakkoord en Schone Lucht Akkoord) worden meegewogen. Gezien de vele terreinen waar koppelingen te behalen zijn, verdient een integrale aanpak de aanbeveling. In vervolgonderzoek kan het effect op de totale kosten-baten over de verschillende beleidsterreinen beter inzichtelijk gemaakt worden.

Innovatiestimulering nul-emissie werktuigen

De huidige omvang van de DKTI-regeling is ongeveer 35 M€/jaar, waaruit steeds zo'n 10 projecten worden gesubsidieerd. In het maatregelpakket in april is aangekondigd om meerdere innovatieprojecten met mobiele werktuigen op te zetten om ervaring op te doen met verschillende typen materieel en met verschillende typen bouwplaatsen. De verwachte kosten voor de innovatiestimulering voor nul-emissie werktuigen in de periode 2020-2022 is in het huidige maatregelenpakket vastgesteld op 25 M€. Dit bedrag is niet afdoende om de benodigde grootschalige 30 tot 40 pilots te financieren. Dit is ondergebracht bij de stimulering van nul-emissie bouwmachines.

Stimulering van Stage V bouwmachines

Investeringskosten voor Stage V werktuigen liggen enkele duizenden Euro's hoger dan voor eerdere generaties. Door TNO zijn meerkosten van Stage V t.o.v. Stage IV, Stage IIIb en pre-Stage IIIb gehanteerd van respectievelijk € 1000, € 2000 en € 2500. Als afschrijvingsduur wordt 10 jaar gerekend. De meerkosten kunnen mogelijk per bouwmaschine sterk afwijken.

Er zijn ook additionele veranderingen in operationele kosten te verwachten:

- Brandstofkosten: Deze zijn vanwege een hoger motorrendement zo'n 10% lager dan van Stage IIIb en oudere machines (TNO, 2019);
- Additionele kosten voor verbruik van AdBlue (de ureum-wateroplossing die wordt gebruikt in combinatie met de SCR-katalysator voor NO_x-reductie): Er is uitgegaan van een AdBlue verbruik van 0,047 liter per liter diesel (op basis van TNO meetprogramma's + check leverancier) en kosten van 0,30 €/l voor AdBlue;
- Extra onderhoudskosten voor SCR-systemen en roetfilters: Op basis van resultaten van het H2020-project PROMINENT is uitgegaan van €2,34 per 1000 kWh voor Stage V t.o.v. pre-Stage IIIb en de helft daarvan t.o.v. Stage IV en IIIb.

De jaarlijkse besparing op brandstofkosten compenseert een groot deel van de meerkosten voor aanschaf (omgeslagen over een afschrijvingsduur van 10 jaar), AdBlue-verbruik (alleen ten opzichte van Stage III) en extra onderhoud.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

41/51

Stimulering van nul-emissie bouwmachines

De mate waarin elektrificatie van werktuigen in de bouwsector technisch en financieel haalbaar is in de periode tot 2030 is onzeker. In de effectschatting gaan we uit van twee ingroei-scenario's die leiden tot een aandeel nul-emissie van respectievelijk 15% tot 35% van het energieverbruik van het park.

Ook voor de inschatting van de gebruikskosten van de machine en de kostprijs om elektriciteit of waterstof op de bouwlocatie te krijgen zijn verschillende aannames gedaan.

De inschatting voor het verschil in gebruikskosten tussen elektrische en conventionele bouwmachines is gebaseerd op een case study voor elektrische bouwmachines [TNO (2020b)]. Dit verschil is voornamelijk gerelateerd aan de vervanging van diesel door elektriciteit. De range in de verwachte meerprijs van de machines hangt sterk samen met de verwachte levensduur van nul-emissie machines. In de berekening is een range van 7 tot 10 jaar genomen. De meerprijs in afschrijvingskosten is uitgesmeerd over de levensduur en omgerekend naar de meerprijs op het elektrische energieverbruik. Die komt hiermee uit op een range van 0,23 tot 0,33 €/kWh. In de pilotfase wordt verwacht dat meer maatwerk zal moeten worden geleverd en de aanschafprijs van de machines een stuk hoger ligt. In de eerste jaren gaan we uit van een meerprijs van 0,66 €/kWh. Naar de omvang/meerkosten van potentiële pilotprojecten is geen onderzoek gedaan. Deze wordt grofweg geschat in de orde grootte van 1 tot 3 miljoen Euro per pilot, inclusief infrastructuur.

Om elektrische werktuigen op de bouwplaats te kunnen opladen is een tijdelijke – en duurzame – voorziening nodig om de benodigde (bij voorkeur duurzaam opgewekte) elektriciteit (of waterstof) naar de bouwplaats te brengen. De kosten daarvan zijn voor deze toepassing niet bekend. Een inschatting is gemaakt op basis van berekeningen rondom gebruik van batterijcontainers in de binnenvaart (TNO 2018) en een berekening op basis van gebruik van een tijdelijke elektriciteitskabel in combinatie met een hoge belasting laadinstallatie. In beide varianten is een grote range in de verwachte prijs, mede afhankelijk van bouwlocatie en lengte en type aanvoerroute. Voor deze berekening is uitgegaan van een range van 0,28 €/kWh tot 0,45 €/kWh. Hier tegenover staat een besparing van dieselkosten gerelateerd aan het elektrisch verbruik van 0,28 €/kWh. De meerkosten van de elektrische aansluiting zijn hiermee 0,07 tot 0,24 €/kWh. In de pilotfase wordt verwacht dat deze kostprijs hoger zal liggen (0,63. €/kWh excl. verrekening diesel).

In onderstaande tabel worden de uitkomsten van de varianten met hoge en lage kostprijs en snelle en minder snelle groei gepresenteerd. De gevonden range is zeer groot en omvat de meerkosten in afschrijving van de elektrische machines alsmede de hogere energiekosten (incl. aanvoer op bouwlocatie).

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

42/51

Tabel 19: Nationale kosten van ingroei van nul-emissie bouwmachines voor de periode 2021 – 2030 (miljoen Euro)

	Scenario midden	Scenario hoog
Lage kostprijs	400	850
Hoge Kostprijs	700	1500

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
43/51

De kostenontwikkeling van nul-emissie werktuigen zijn hoogst onzeker, zowel door de onbekendheid in de ingroei als de onzekerheid rondom prijsontwikkeling. Om hier meer inzicht in te krijgen zijn (grootschalige) pilots noodzakelijk.

Handhaving AdBlue manipulatie

De handhavingskosten van AdBlue manipulatie wordt geschat op 20 M€ voor de periode 2021-2030. Wanneer deze kosten recht evenredig over het aantal vervoerskilometers worden verdeeld, dan zou bouwlogistiek een aandeel hebben van 4 M€.

Stimulering zero emissie wegverkeer

In de berekening van de kosten van het Klimaatakkoord berekende PBL dat invoering van de ZE-zones leidt tot een totale investering van 180 M€ voor de ingroei van ZE-bestelauto's en 100 M€ voor ZE-vrachtauto's.

Tegenover deze hogere aanschafkosten staan lagere onderhouds- en energiekosten. In 2030 is deze besparing ongeveer gelijk aan de investering, waardoor deze kostenneutraal is (zie onderstaande tabel).

Voor de periode 2020 -2025 zal de investering niet kostenneutraal zijn, omdat in de eerste jaren de aanschafprijs zeker voor grote bestelauto's en vrachtauto's hoog zijn. Voor deze periode is financiële ondersteuning gerechtvaardigd. Uit de cijfers van PBL kunnen niet de nationale kosten voor deze periode worden afgeleid.

Tabel 20: Nationale kosten door verschillende types ZE-zones in 2030 (in miljoen Euro).

	Cumulatieve kosten 2021 – 2030 Totaal	Aandeel bouw
Kapitaalskosten	280	76
Reparatie en onderhoudskosten	-30	-8
Energiekosten	-270	-73
Totale nationale kosten	-20	-5

Stimulering lage emissie binnenvaart

De kosten van retrofit van een binnenvaartschip worden geschat op €170.000 per schip. In de voorgestelde stimuleringsregeling wordt hiervan 50%, ofwel 85 k€, vergoed door de overheid. De aanschafprijs van een nieuwe motor is hoger dan revisie van het schip. Hier staat tegenover dat het brandstofverbruik vermoedelijk iets lager zou zijn, en dat kosten van bijvoorbeeld een grote revisie van de motor bespaard blijven. De meerkosten van vervroegde afschrijving zijn case-specifiek. Voor nu zijn de meerkosten gelijk gesteld aan die van de revisie.

De overheidsbijdrage voor deze schepen zijn is ook vastgezet op 85 k€. Daarnaast zijn er jaarlijkse kosten zoals de kosten van het gebruik van AdBlue en additionele onderhoudskosten aan het nabehandelingssysteem.

De totale (nationale) kosten over de periode 2021 – 2030 bedragen 330 M€. Wanneer wordt aangenomen dat de ingroei bij bouwlogistiek op een gelijke trend gaat als de gehele binnenvaart dan betreft de totale investering voor de bouwsector 46 M€.

Stimulering zero emissie binnenvaart

Zoals eerder beschreven wordt er momenteel een breed scala aan oplossingen uitgewerkt voor invoering van zero-emissie scheepvaart. De meerkosten ten opzichte van (schone) dieselmotoren zijn echter nog onzeker. Bij de variant waarbij gebruik wordt gemaakt van batterijcontainers wordt de meerprijs geschat op 3,2 miljoen euro (kosten van het schip en van de batterijcontainers). Het verschil in operationele kosten is onzeker, en hangt af van de ontwikkeling van de elektriciteitsprijs en de operationele kosten van het laden. Het MEC-consortium geeft aan dat een groot gedeelte van de investeringskosten in de praktijk kan worden terugverdient, onder meer door neveninkomsten uit netwerkbalans. Naar verwachting vallen deze operationele kosten iets lager uit dan bij gebruik van diesel. Bij ingroei van 150 schepen komt de verwachte meerprijs neer op een range van 50 M€ tot 480 M€⁹. Wanneer wordt aangenomen dat de ingroei bij bouwlogistiek op een gelijke trend gaat als de gehele binnenvaart dan betreft de totale investering voor de bouwsector tussen de 7 en 67 M€.

Bouwlogistieke maatregelen

Voor de invoering van bouwlogistieke maatregelen dienen verschillende investeringen te worden gepleegd. Dit betreft onder meer de bouw van hublocaties en de opzet en in gebruik name van IT- systemen. Tegenover deze kosten staan echter ook baten, zoals een besparing van de transportkosten, doordat er met grotere en vollere voer- of vaartuigen geleverd kan worden aan de hub. Dit betekent een betere beladingsgraad op het traject van leverancier naar hub. Uit praktische ervaring met bestaande bouw hubs komt ook naar voren dat er personeelskosten bespaard kunnen worden op de bouwplaats. Vervoer over water levert voor beide partijen voordelen op: doordat de bestel- of leveringsfrequentie omlaag gaat kan het transport in grotere batches worden uitgevoerd.

Leveringen naar de bouwplaats worden beter planbaar. Hierdoor ontstaat er rust op de bouwplaats doordat de uitvoerder en vakspecialisten niet continu met het lossen van voertuigen of het managen daarvan bezig hoeven te zijn. Ook komt hierdoor meer nadruk te liggen op het vooraf plannen in plaats van ad hoc, waardoor bespaard kan worden op faalkosten (niet voorradig hebben van materiaal) en in bouw tijd. Onderstaande figuur geeft een voorbeeld van besparingen (positief) en kosten van een bouw hub in de praktijk voor verschillende onderdelen in de keten.

⁹ De 50 M€ is de verwachte meerkosten die wordt aangegeven door het MEC consortium. Bij 480 M€ zijn de operationele kosten van elektrisch niet goedkoper dan diesel.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

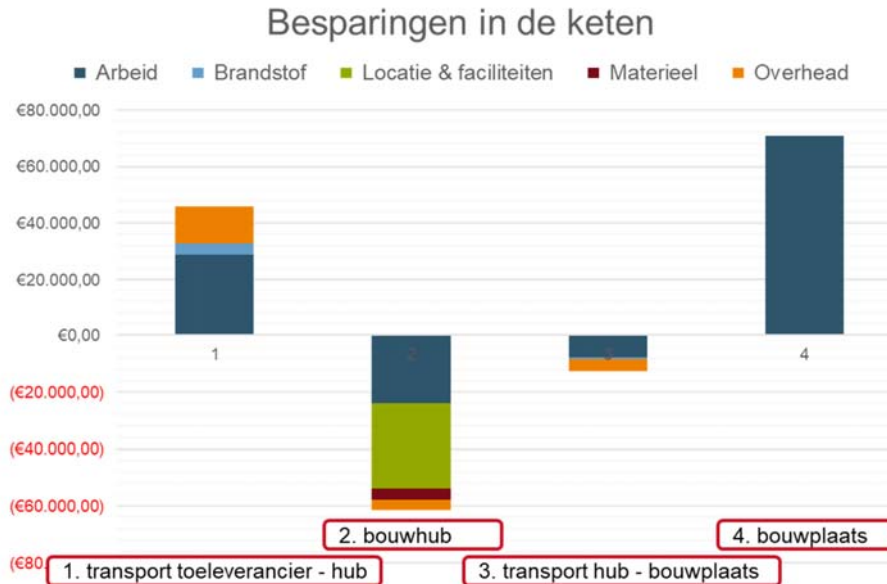
Blad

44/51

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
45/51



Figuur 9: Voorbeeld van kosteneffecten van gebruik van een bouwhub in de keten (positief is besparing, negatief betreft additionele kosten).

De voordelen van gebruik van bouwlogistieke concepten slaan niet op één partij neer en de kosten en baten zijn hierdoor vaak niet evenredig verdeeld. Gebruik van een hub kan ervoor zorgen dat leveranciers besparingen realiseren doordat ze een betere beladingsgraad kunnen realiseren (full truck loads) en minder tijd kwijt zijn per levering (geen langzame kilometers in de stad en een efficiëntere afhandeling op de hub). Vaak kan het voordeel van betere beladen ritten op het traject leverancier – hub niet worden verhaald op de leverancier, omdat dit reeds in de kostprijs van het product is opgenomen. Leveranciers zijn echter nog weinig bekend met de voordelen voor hun keten en geven momenteel geen korting op de inkoopprijs. Dit zou mogelijk wel onderhandelbaar moeten zijn.

Daarnaast kan inkoop van grotere partijen leiden tot een financieringsprobleem voor de bouwonderneming (zij moeten een grotere voorraad in één keer inslaan). Om de voordelen van de bouwhub in de keten te bestendigen zal het financieringsaspect nader bekeken moeten worden.

Monitoring

In het licht van de juridische achtergrond van de stikstofproblematiek is het belangrijk dat het effect van maatregelen vooraf (ex ante) goed berekenbaar en achteraf (ex post) goed aantoonbaar is. Dat laatste vereist monitoring. De voor dat laatste benodigde verzameling van data m.b.t. samenstelling, inzet en emissies van het mobiele werktuigenpark vergroot ook de mogelijkheden om ex ante inschattingen van effecten en kosten te verbeteren.

Om de voortgang van verschillende maatregelen te kunnen monitoren en evalueren is het van belang om goede *Key Performance Indicators* (KPIs) te benoemen.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende soorten KPIs:

- Outputindicator: NO_x-besparing ten opzichte van het basispad in kton NO_x.
- Tussenindicatoren: Directe effecten van de verschillende maatregelen welke leiden tot de NO_x-besparing

Om de impact van deze maatregelen te bepalen dient inzicht te worden gegeven in:

- veranderingen in de **vraag** naar bouwlogistiek of mobiele werktuigen (vraagverandering in de bouw),
- veranderingen in **efficiëntie** van de bouwlogistiek en mobiele werktuigen (energiebehoefte per werk), en
- veranderingen in de **samenstelling en inzet van het mobiele werktuigenpark**, en
- de **NO_x-uitstoot van het gebruikte materieel** (verschoning van het park).

Generiek geldt dat het monitoren van de NO_x-uitstoot van het gebruikte materieel vraagt om nationale meetprogramma's voor emissies van het materieel. De Commissie Hordijk schrijft hierover het volgende in haar eindrapportage:

“Nederland heeft een grote reputatie op het gebied van het monitoren en in kaart brengen van voertuigemissies. Het adviescollege raadt aan deze rol te bestendigen en waar mogelijk uit te breiden met programma's gericht op mobiele werktuigen en vaartuigen.

Gewenste ontwikkelingen zijn, volgens het adviescollege:

- *methoden te ontwikkelen om het aantal reguliere voertuigen, waarvan de emissie in de praktijk gemeten wordt, sterk te verhogen;*
- *methoden te ontwikkelen om manipulatie en veroudering van voertuigen die leiden tot hogere emissies (bijv. afschakeling van AdBlue-dosering bij vrachtwagens of verwijdering van roetfilters) op te sporen;*
- *bepaling van de manier waarop de emissies zich gedragen als functie van weersomstandigheden.”*

Het verdient aanbeveling om bij het beschouwen van de monitoring, deze aanbeveling in acht te nemen.

Hieronder wordt voor alle deelthema's in kaart gebracht wat de verwachte output van de maatregelen is en welke bronnen hierbij het beste in aanmerking kan komen om deze output te monitoren. Uit de analyse komt naar voren dat voor de thema's stadslogistiek en achterlandvervoer veel KPI's kunnen worden gemeten met twee bronnen.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

46/51

Tabel 21: Mogelijke bronnen voor monitoring stikstofmaatregelen bouwsector.

Data	Bron	Periodiciteit	Vervolgacties
Wagenpark gegevens wegvervoer	RDW	Doorlopend	Wagenpark is alleen op nationaal vlootniveau beschikbaar, niet specifiek voor bouw
Data voertuigbewegingen en logistieke kenmerken wegvervoer, binnenvaart, spoor	Basisbestanden goederenvervoer Door CBS, Rijkswaterstaat en ProRail	Periodieke update en analyse bestanden.	Aandeel bouwlogistiek is lastig vast te stellen op segmentniveau
Data over samenstelling, inzetprofielen, draaiuren en emissie van mobiele werktuigen	Alleen modelmatige berekening beschikbaar. Specifieke data ontbreekt.	Afhankelijk van methodiek. Bij voorkeur jaarlijks of eens in de twee jaar.	Borgen van vaststelling en periodieke update van deze cijfers middels nationaal
Aandrijftech-nieken binnenvaart	Niet beschikbaar, maar is in ontwikkeling	Doorlopend	Aansluiten bij Label systeem Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

47/51

Voertuigdata RDW

Een eerste bron betreft de voertuigdata uit het register van de RDW.

Binnen deze bron moeten de volgende indicatoren worden gemeten:

- Aantal bestel- en vrachtwagens per technologie (“klassieke” verbrandingsmotor, PHEV, EV, H₂, LNG) naar de volgende onderdelen:
 - Aantal per gewichtsklasse
 - Aantal per bouwjaar + aandeel totaal

Uit de RDW- data kan alleen een landelijk beeld worden herleid en niet specifiek welk type voertuigen wordt gebruikt voor de bouwsector. RDW registreert alleen gekentekende voertuigen. RDW geeft hiermee geen inzicht in het wagenpark van mobiele werktuigen of binnenvaartschepen.

Data voertuig-bewegingen en logistieke kenmerken wegvervoer, binnenvaart, spoor
Aanvullend op de RDW wordt voorzien om de *basisbestanden goederenvervoer* als bron te gebruiken.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

48/51

In de huidige basisbestanden is op gedetailleerde niveau data opgenomen met daarin:

- Voertuigkenmerken:
 - Type voertuig (bestelauto, vrachtauto, trein, binnenvaart)
 - Omvang en laadvermogen van het voertuig (in klassen)
 - Voor weg: Euro-norm van het voertuig
- Ladingkenmerken
 - Gewicht lading
 - Goederensoort (NST2007 niveau)
 - Verschijningsvorm (bulk, pallets, containers, etc.)
- Voertuigbewegingen:
 - Datum van rit
 - Herkomst en plaats (geaggregeerd naar gemeente)
 - Type rit of zending: volledige zending of deelzending (bijvoorbeeld winkeldistributie of pakketten)

Op basis van deze data kunnen logistieke parameters (aandeel leegrijden, gemiddelde beladingsgraad, afstand van het vervoer) in kaart worden gebracht. Met behulp van eerder onderzoek naar een verdeling van de ladingstromen voor de bouw (zie bijlage) kan het aandeel bouwlogistiek worden geschat. Voor juridische toetsing lijkt deze indeling echter erg grof.

Data mobiele werktuigen

Voor mobiele werktuigen bestaat er veel meer onzekerheid rondom de bijdrage aan NO_x-uitstoot dan voor het wegverkeer. Omdat de machines niet gekentekend zijn, is er veel onzekerheid over het aantal machines in het park en de leeftijd van deze machines. De gegevens worden opgesteld aan de hand van modelberekeningen in de emissieregistratie.

Daarnaast is er slechts op een beperkte schaal gemeten aan Stage IV werktuigen in de praktijk [TNO (2018)] en zijn er nog geen meetdata voor de praktijkemissies van Stage V werktuigen.

Gegeven deze onzekerheid, en het relatief groeiende belang van de uitstoot van mobiele werktuigen, is het noodzakelijk in de komende jaren kennis te verzamelen over de samenstelling van de vloot, de inzetprofielen en uitstoot van machines in de praktijk, en de ruimtelijke toedeling van bouwmachines binnen de luchtkwaliteits- en depositiemodellen. Een belangrijk onderdeel hiervan is het inzetten op verplichte nationale registratie van alle mobiele werktuigen, met de juiste emissie- en vermogensklasse in een systeem zoals het kentekenregister.

Inzet op deze vorm van nationale registratie is een lang traject van jaren. Daarentegen is het registreren van mobiele werktuigen, en hun gebruik op projectbasis een goede mogelijkheid om in deze tussenperiode monitoring en registratie van gegevens op te zetten, met speciale aandacht voor de NO_x uitstoot.

Dit kan onderdeel zijn van de vergunningaanvraag, of onderdeel zijn van de opdrachtverlening (in geval van opdrachten vanuit overheden). Als in de aanvraagfase aangegeven wordt welke bouwmachines en hoeveel NO_x er uitgestoten wordt, kan men er op deze manier ook controle op houden in de uitvoering. Met het grote aantal onderaannemers dat op een normaal project actief is, vraagt dat een goede boekhouding, vergelijkbaar met de boekhouding voor veiligheid.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

49/51

Deze boekhouding bestaat minimaal uit de volgende elementen:

- a. De centrale registratie van elke machine, met vermogens- en emissieklasse, en de aanwezige emissiecontrole technologie. Daarbij wordt er een identificatienummer gekoppeld aan het motornummer van de fabrikant.
- b. De loggegevens van elke machine op het moment dat deze in een project wordt ingezet. De gegevens bevatten de dagen dat de machine wordt ingezet, de draaiuren en de verbruikte brandstof (en mogelijk AdBlue verbruik) in deze periodes.
- c. Een bouwprojectregistratie op locatie met de aankomst en vertrekdata van elke mobiele machine.

Deze boekhouding mag de planning in de vergunning of opdrachtverlening niet overschrijden. Er moet rekening houden met uitloop en extra activiteiten, en daarbij mogelijk schonere machines of alternatieve aanpakken gekozen worden om overschrijdingen in de uitvoering te voorkomen. De bouwprojectregistratie kan ook gebruikt worden voor toezicht op de bouwplaats, bijvoorbeeld middels SCB/steekproeven. Alle niet-registreerde machines ter plekke leveren een sanctie op. Machines met roetfilter of SCR kunnen gecontroleerd worden op het functioneren, om te handhaven op manipulatie van het emissiecontrole systeem.

Deze opzet vraagt om ingrijpende administratieve verplichtingen in de uitvoering van een project, die ook meerkosten met zich meebrengt. Echter wordt hiermee voorkomen dat er totaal geen reductie wordt gerealiseerd, als er ook geen controle kan worden uitgevoerd op het materieel dat daadwerkelijk op de bouw werkzaam is. Gezien de uitspraken van RvS en Remkes lijkt een verbetering van het systeem noodzakelijk. Algemene regelingen kunnen niet zonder specifiek toezicht, omdat bouwmachines een breed palet aan toepassingen en een groot bereik in NO_x uitstoot hebben, met diffuse verantwoordelijkheden via onderaannemers en leasemaatschappijen. Dat vraagt om een aanpak bij de bron.

Het hele raamwerk van verschillende beoordelingen en toezicht, bijvoorbeeld AERIUS-vergunning of een MER-beoordeling, verdient versterking met een nieuw systeem, met bijvoorbeeld landelijke registraties van bouwmachines. Een tijdelijke registratie breed opnemen in projectbeoordelingen, zorgt er niet alleen voor dat er een beweging in de juiste richting wordt gemaakt, maar het zal ook de noodzakelijke kennis en ervaring leveren om de nieuwe aanpak houdbaar en handhaafbaar te maken in de bestaande kaders. De vergunning en/of opdrachtverlening zonder concrete handvesten hoe de lage NO_x uitstoot gerealiseerd worden in de praktijk,

en hoe daar toezicht op wordt gehouden, is een papieren werkelijkheid die vaak in de dagelijkse praktijk uit het oog raakt. Het zijn niet alleen de enkele schone machines, maar ook de oude machines, bijvoorbeeld pompen of dieselaggregaten, die samen de totale milieu-impact van een project bepalen. Het complete beeld tijdens de uitvoering moet transparant en controleerbaar blijven. Draaiuren en brandstofverbruik zijn daarbij harde parameters, die samen met de vermogens- en emissieklasse van de motoren een redelijk inzicht geven in de gerealiseerde NO_x uitstoot.

Een registratie van de mobiele bronnen zal een beoordelingssysteem vereenvoudigen. Net zoals voor voertuigen is het kenteken niet alleen relevant voor de APK en de motorrijtuigenbelasting, maar ook bijvoorbeeld voor lokale ontheffingen en betaald parkeren. Dat een dergelijk systeem voor registratie van mobiele werktuigen niet snel verplicht gesteld kan worden, is geen beperking als vrijwillige deelname voordelen oplevert zoals lagere administratieve lasten. Wellicht kunnen fabrikanten van werktuigen, die al veel moderne machines monitoren, hierin helpen. Het is niet zozeer zaak een systeem volledig vast te leggen, maar vooral de minimale vereisten voor bronbeleid. De markt kan hierin dan een goede rol spelen.

Aandrijftechnieken binnenvaart

Voor binnenvaart is zijn uit de basisbestanden de vaartuigbewegingen en logistieke kenmerken te halen, maar ontbreekt informatie over motorgegevens.

In het kader van de Green Deal Zeevaart, binnenvaart en havens wordt een vergroeningslabelsysteem opgezet. Dit labelsysteem wordt opgezet langs twee lijnen: CO₂ (differentiatie zero-emissie, biobrandstoffen, LNG, gasolie) en luchtkwaliteit (zero-emissie, uitstoot volgens wegvervoer niveau EURO 6, Stage V, Euro II, etc.). Doelstelling is om dit label via wetgeving uit te rollen over de gehele binnenvaart. Dit labelsysteem kan gebruikt worden om de status van de vloot in een database in kaart te brengen. Dit is echter nog niet bij een partij belegd. Tevens is hiermee geen koppeling gemaakt specifiek met bouwlogistiek specifiek.

Aansluiting bij monitoring Klimaatakkoord

Vanuit bestaande databestanden kan op basis van een modelmatige benadering inzicht worden gegeven in het verwachte effect van maatregelen. Voor de juridische houdbaarheid is het raadzaam om deze data bottom- up te verifiëren. Hierbij kan worden samengewerkt bij monitoringactiviteiten die worden geïnitieerd in het kader van het Klimaatakkoord. Ook vanuit het Klimaatakkoord is er behoefte om zicht te houden op de voortgang van de milieuprestatie van de logistiek in relatie tot de afspraken voor de logistiek (inclusief bouwmachines) voor 2030. Vanuit TLN, evofenedex en Topsector Logistiek wordt in samenspraak met het Ministerie van infrastructuur en Milieu ingezet op het monitoren van de CO₂- prestatie op bedrijfs- en sectorniveau. Bij bespreking van de afspraken voor de bouw lijkt het raadzaam hier stikstof in mee te nemen.

Datum

14 augustus 2020

Onze referentie

2020-STL-NOT-100333930

Blad

50/51

BIJLAGE: Aandeel bouwlogistiek (tonnen) per vervoerssegment

Datum
14 augustus 2020

Onze referentie
2020-STL-NOT-100333930

Blad
51/51

NST code	Beschrijving	Aandeel bouw in %
01.5	Producten van de bosbouw	32
03.5	Steen, zand, grind, klei, turf en andere delfstoffen, n.e.g.	83
06.1	Hout- en kurkwaren (m.u.v. meubelen)	10
07.4	Geraffineerde vaste of wasvormige aardolieproducten	15
09.1	Glas en glaswerk, keramische producten	8
09.2	Cement, kalk en gips	78
09.3	Overige bouwmaterialen en -producten	81
10.1	IJzer en staal in primaire vormen; ferrolegeringen; ijzer en staal (behalve buizen)	13
10.2	Non-ferrometalen en producten daarvan	75
10.3	Buizen, pijpen, holle profielen en fittings daarvoor, van metaal	31
10.4	Metalen constructieproducten	51
10.5	Ketels, ijzerwaren, wapens en andere producten van metaal	55
11.1	Machines en werktuigen voor de landbouw en de bosbouw	19
11.5	Elektronische onderdelen en zend- en transmissietoestellen	45
11.6	Ontvangtoestellen voor televisie en radio-omroep; audio- en videoapparatuur	16
11.7	Medische apparatuur en instrumenten, precisie- en optische instrumenten; uurwerken	13
11.8	Overige machines, gereedschapswerktuigen en onderdelen	41
12.2	Andere transportmiddelen	32
14.1	Huishoudelijk afval en gemeentelijk afval	33
16.1	Containers en wissellaadbakken in bedrijf, leeg	38
18	Gegroepeerde goederen	22
19.1	Niet-identificeerbare goederen in containers of wissellaadbakken	26