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

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

TNO-rapport

TNO 2022 R10353

Effectiviteit subsidieregelingen Stage V motorvervanging en retrofit

Datum	28 februari 2022
Auteur(s)	R.W. Fransen, R.P Verbeek, N.E. Ligterink, J.M. de Ruiter
Exemplaarnummer	2022-STL-RAP-100343791
Aantal pagina's	30 (incl. bijlagen)
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Projectnaam	IenW kosteneffectiviteit Stage V IVM RET
Projectnummer	060.50895

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

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

© 2022 TNO

Samenvatting

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft TNO gevraagd om onderzoek te doen naar verschillende opties van een uitbreiding van de subsidieregeling voor retrofit SCR katalysatoren voor de binnenvaart.

De volgende opties zijn onderzocht:
- Uitbreiding van SCR retrofit naar SCR+DPF retrofit;
- Stage V motorvervanging met het huidige plafond van 200 k€ per aanvraag; en
- Stage V motorvervanging met een ophoging van het plafond naar 400 k€ per aanvraag. Daardoor wordt de regeling ook attractief voor grote schepen.

De primaire focus van het project lag op NO_x-reductie en de kosteneffectiviteit van de subsidieregeling zelf.

De volgende drie parameters bepalen de kosteneffectiviteit van de subsidie op de NO_x-reductiemaatregel:
- De NO_x-reductie per jaar per schip, welke afhankelijk is van het type schip en de inzet (aantal uren per jaar, belastingpatroon en aandeel in Nederland);
- Het aantal jaar waarmee de vervanging naar Stage V (of Euro VI) motoren of retrofit met SCR-katalysator vervroegd wordt ten opzichte van autonome vervanging, of het uit de vaart gaan van het schip.
- De kosten van de motorvervanging of het nabehandelingssysteem per schip.

De kosteneffectiviteit en het NO_x-effect is uitgedrukt in het totaal effect wat er bereikt wordt door de regeling over meerdere jaren. Het effect is uitgedrukt in een bandbreedte aangezien er onzekerheid is over welke binnenvaartschepen, met welk jaarlijks inzetprofiel, gebruik gaan maken van de regeling. In het bijzonder, de oudere schepen die in aanmerking komen kunnen een afwijkende inzit hebben dan een moderner schip. In onderstaande tabel zijn de 3 opties en de huidige regelingen voor SCR en motorvervanging vergeleken.

Tabel 1: Vergelijking van opties voor NOx verlaging middels nabehandeling en motorvervanging.
[1] inschatting

Scenario	*Huidige regeling - SCR-katalysator*	*SCR-katalysator met uitbreiding DPF*	*Huidige regeling – motorvervanging*	*Uitbreiding regeling motorvervanging tot 26 M€*	*Uitbreiding regeling motorvervanging + verhoging plafond per aanvraag*
Subsidie type	***SCR-katalysator***	***SCR + DPF***	**Stage V, Euro VI motorvervanging**	**Stage V, Euro VI motorvervanging**	**Stage V, Euro VI motorvervanging**
Subsidietotaal	3,0 mln € [1]	9,0 mln € [1]	13,7 mln €	26,0 mln €	26,0 mln €
Plafond per aanvraag	€ 200.000	€ 200.000	€ 200.000	€ 200.000	€ 400.000
Aantal schepen	55	90	105	204	125
Type schepen	M1-M12, werkschepen, duwschepen	M1-M12, werkschepen, duwschepen	M1-M6, *werkschepen*	M1-M6, *werkschepen*	M1-M8, werk-schepen, kleine duwschepen
NO_x-reductie per jaar in Nederland (ton)	200 tot 400	300 tot 500	200 tot 400	400 tot 800	600 tot 1000
% van totale NL binnenvaart NO_x per jaar in 2025	1,4%	1,5%	1,4%	2,5%	3,7%
Totale NO_x-reductie-effect subsidieregeling (ton)	400 tot 1.600	600 tot 2.000	700 tot 1.500	1.400 tot 3.000	1.600 tot 3.200
Kosteneffectiviteit subsidieregeling kgNO_x/€	*0,10 tot 0,35*	*0,06 tot 0,20*	0,05 tot 0,10	0,05 tot 0,10	0,08 tot 0,12

Ten aanzien van deze resultaten wordt het volgende geconcludeerd voor SCR-subsidieregeling:

- De optie van toevoegen van DPF aan de huidige SCR-regeling laat het logische gevolg zien dat de kosteneffectiviteit op NO_x-reductie daalt als er ook subsidiegeld aan PM-reductie in de vorm van een DPF wordt besteed. Het is waarschijnlijk dat er meer schepen gebruik gaan maken van de regeling, in het bijzonder als er milieuzones op basis van een milieulabel worden ingevoerd. De totale NO_x reductie neemt waarschijnlijk toe, maar hier is geen harde onderbouwing voor.

Ten aanzien van deze resultaten wordt het volgende geconcludeerd voor subsidieregeling voor Stage V motorvervanging:

- De optie voor het uitbreiden van de subsidiebudget van de regeling motorvervanging van 13,7 mln € naar 26 mln € leidt tot bijna een verdubbeling in het aantal mogelijke aanvragen, gezien de intekening op de huidige regeling. en daarmee ook een verdubbeling in het NO_x-reductie-effect van 200 tot 400 ton NO_x tot 400 tot 800 ton NO_x per jaar. De verwachting is dat er voldoende schepen zijn die gebruik willen maken van deze regeling, gezien de snelheid van inschrijvingen op de huidige regeling.
- De optie voor het verhogen van het subsidieplafond van 200 k€ naar 400k€, per aanvraag, maakt de subsidieregeling een stuk aantrekkelijker voor grotere schepen. Klasse M7 en M8 schepen hebben dan ook de mogelijkheid op 40% subsidie van de totale investering. Deze grotere schepen hebben een relatief hogere jaarlijkse NO_x-uitstoot waardoor de maximale kosteneffectiviteit van de regeling toeneemt van maximaal 0,10 kgNO_x/€ in de huidige regeling tot 0,12 kgNO/€ bij verhoging van het plafond.

De onzekerheden van bovenstaande conclusies zijn relatief groot om meerdere redenen:

- Er was geen inzage in de subsidieaanvragen voor retro SCR nabehandeling (ten aanzien van scheepstypen en leeftijd van motoren).
- Het niet beschikbaar hebben van data van daadwerkelijk NO_x uitstoot in praktijk van alle opties. Er zijn wel monitoring resultaten van oudere SCR retrofitsystemen, waarvan de resultaten niet heel goed zijn.
- Er is onzekerheid over de mate waarin het lagere emissieniveau vervroegd wordt in relatie tot de autonome ontwikkeling.

Stage V (of Euro VI) motorvervanging heeft aanzienlijke additionele voordelen op het gebied van CO_2 en fijnstof (PM) reductie.

- Door de combinatie van efficiëntere motoren en (eventueel) ‘right sizing’, leidt motorvervanging naar verwachting tot een gemiddelde daling van het verbruik en de CO_2 emissie van 15%. Voor optie 5 uit de tabel, zal dit leiden tot een jaarlijkse CO_2 reductie van circa 12 kton (jaar 2025).
- De PM emissie zal naar verwachting gemiddeld 85% lager zijn dan de bestaande vloot. Dit leidt tot een PM reductie van ca. 28 ton per jaar.

Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan om beter inzicht te krijgen in de toekomstige ontwikkeling van de emissies van de binnenvaart vloot en het goed kunnen monitoren van het effect van beleidsinstrumenten:

- Het uitvoeren van NO_x-metingen in de praktijk aan meerdere schepen voorzien van retrofit SCR en nieuwe Stage V motoren. Het is niet bekend hoe sinds 2021 geïnstalleerde SCR systemen in de praktijk functioneren.
- De inschatting van de NO_x-uitstoot van binnenvaartschepen in dit onderzoek is gebaseerd op beperkte databronnen. Beter inzicht in de binnenvaartvloot, met name de motortypen, motorleeftijd en belastingspatronen zal de onzekerheid verminderen.
- Verdere AIS data analyse om beter inzicht te krijgen in het vaarpatroon en het aandeel daarin op het Nederlands grondgebied.
- Het aanscherpen van de NO_x-eisen van de regelingstekst voor retrofit. Aanbevolen wordt om die gelijkwaardig te maken aan de officiële NRMM Stage V eisen. Dan is het ook op gelijnd met de score voor het binnenvaart emissielabel en de subsidieregeling voor schoon en emissieloos bouwen.

Inhoudsopgave

Samenvatting **2**

1 Inleiding **6**

2 Methodiek **7**
2.1 Marktbehoefte en marktomvang 7
2.2 Kosteneffectiviteit 7

3 Doelgroepen voor de regeling **9**
3.1 Feedback uit de markt 9
3.2 Verwachting marktinteresse per Stage V optie 10
3.3 Inzet van binnenvaartschepen 11

4 Emissiereductie **13**
4.1 Vervroeging introductie Stage V door subsidieregeling 13
4.2 NO_x-reductie per maatregel 14

5 Investeringskosten en kostenefficiëntie **21**
5.1 Investeringskosten per maatregel 21
5.2 Kosteneffectiviteit 22
5.3 Emissiereductie van CO_2 en fijnstof 25

6 Conclusies en aanbevelingen **27**
6.1 Conclusies 27
6.2 Aanbevelingen 28

7 Referenties **29**

8 Ondertekening **30**

1 Inleiding

Op 30 januari 2021 is de Subsidieregeling Verduurzaming Binnenvaartschepen open gegaan. De overheid overweegt om deze bestaande subsidieregeling voor retrofit SCR-katalysatoren en Stage V motorvervanging uit te breiden. Alle details van deze regeling zijn te vinden op de website van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)[1].

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft TNO en EICB gevraagd de kosteneffectiviteit voor NO_x-reductie en marktomvang van de Subsidieregeling Verduurzaming Binnenvaartschepen in kaart te brengen. In deze studie is met de beperkte gegevens die er beschikbaar waren een inschatting gemaakt van de NO_x-reductie door en de kosteneffectiviteit van de subsidieregelingen.

Factoren om rekening mee te houden:

- Bij complete motorvervanging is de eigenaar reeds wettelijk verplicht om Stage V IWP motoren te monteren. Door de hogere aanschaf- en onderhoudskosten van deze motoren ten opzichte van eerdere motorseries, zou de scheepseigenaar de vervanging uit kunnen stellen bijvoorbeeld door een extra motorrevisie te laten uitvoeren.
- De subsidie kan alleen toegepast worden voor conventionele motoren (CCR2 en ouder) die voor het einde van levensduur vervangen worden. De vraag is of zo'n criterium in de praktijk valt toe te passen.
- Vervanging door Stage V NRE en Euro VI motoren kan wel altijd gesubsidieerd worden, omdat het strenger is qua emissie-eisen dan de geldende norm voor nieuwe motoren van binnenvaartschepen.

Vragen die in deze rapportage behandeld worden.

- Wat is de doelgroep en grootte van de markt voor motorvervanging en wat is de invloed van verschillende varianten van een subsidieregeling daarop?
- Wat is de kosteneffectiviteit van de subsidieregeling motorvervanging, vanuit de optiek van de subsidieverstrekker?
    - Wat betekent het voor de NO_x-reductie bij het uitbreiden van het subsidiebudget?
    - Wat betekent het voor de NO_x-reductie en de kosteneffectiviteit bij het uitbreiden van het subsidieplafond per aanvraag?
- Wat betekent de uitbreiding de subsidieregeling van alleen vergoeden van SCR retrofit met ook het vergoeden van de combinatie SCR en DPF (roetfilter) retrofit.
    - In hoeverre neemt de aantrekkelijkheid van de regeling toe, doordat de emissies van het schip dan meer vergelijkbaar wordt met de officiële Stage V en daarnaast gunstiger scoort op het emissielabel?
    - Wat betekent dit voor de NO_x-reductie en de kosteneffectiviteit voor de huidige regeling en de uitgebreide regeling waarin ook de DPF wordt vergoed?

[1] https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/srvb

2 Methodiek

2.1 Marktbehoefte en marktomvang

De marktbehoefte voor de verschillende opties van Stage V motorvervanging en retrofit nabehandeling is onderzocht door contact met en consultatie van de motor- en nabehandelingsleveranciers en scheepseigenaren. De feedback uit de markt is opgenomen in paragraaf 3.1. In paragraaf 3.2 zijn de verschillende technische motorvervangingsopties beschreven en gewogen aan de marktinteresse. In paragraaf 3.3 is met data-analyse op goederenvervoerdata de inzet van de huidige goederenvloot weergeven. Dit geeft een beeld van de inzet per scheepstype en de verhouding inzet in Nederland en daarbuiten.

2.2 Kosteneffectiviteit

De kosteneffectiviteit voor NO_x-reductie ten opzichte van het subsidiebedrag wordt bepaald door het totaal van de gereduceerde NO_x-uitstoot door de subsidieregeling te delen door het subsidiebedrag. De totale NO_x-reductie van de subsidieregeling wordt berekend door de jaarlijkse NO_x-reductie van de maatregel te vermenigvuldigen met het aantal jaar dat de maatregel vervroegd wordt uitgevoerd door het beschikbaar stellen van de subsidieregeling.

Belangrijke onderdelen hierin zijn:

- NO_x-reductie per jaar: NO_x-reductie van de Stage V optie in verhouding tot de bestaande motor in het schip.
- Aantal jaar dat de emissiereductieoptie vervroegd wordt,zie paragraaf 4.1 voor de toepassing.
- Subsidiekosten.

2.2.1 Vervroeging motorvervanging

Er spelen veel aspecten een rol, in een beslissing om een motor te vervangen, als alternatief voor een revisie of de sloop van het schip. Samen leiden deze tot een typische leeftijd van de motor. Een kleinere groep oude en zeer oude motoren zullen de gemiddelde leeftijd sterk beïnvloeden, daarom is de mediane leeftijd (de leeftijd dat de helft van de motoren vervangen is) genomen als basis voor de normale levensduur van de motor. De subsidieregeling voor motorvervanging heeft als doel NO_x-reductie te behalen door motorvervanging te versnellen ten opzichte van autonome motorvervanging. Deze versnelling zetten we af in aantal jaren vervroeging ten opzicht van de mediane vervangingsleeftijd.

Sommige schepen zullen een motorvervanging hebben die nauwelijks vooruitloopt op de geplande, of noodzakelijke, motorvervanging, of het uit de vaart nemen van het schip, waardoor de NO_x-reductie beperkt is. Andere schepen hebben een substantiële vervroeging, en daarmee een grote NO_x-reductie. Dit is zeker het geval voor de gesubsidieerde motorvervanging als een alternatief voor een motorrevisie. Deze volle bandbreedte van schepen, en effectiviteit, wordt meegenomen door een homogene leeftijdsverdeling (over CCR0, CCR1, CCR2) te gebruiken in de schepen met motorvervanging.

Aangezien de huidige regeling geen onderscheid maakt tussen leeftijden, inzet en emissieklassen is deze aanname een conservatieve, met een grote bandbreedte in emissiereducties, die tot een gemiddelde effect leidt. Een vaste motorleeftijd in de huidige berekeningen, leidt ertoe dat de CCR0 schepen de laagste kosteneffectiviteit heeft, en de CCR2 de hoogste, maar deze getallen kunnen niet als maatgevend voor de groep alleen beschouwd worden, omdat schepen, deels afhankelijk van de inzet, een bandbreedte in leeftijd hebben, van meer dan vijf jaar, zodat NO_x-emissiereductie voor individuele schepen snel de helft of het dubbele kan zijn, van het in dit rapport gepresenteerde gebruikte gemiddelde.

2.2.2 Maatgevende schepen voor NO_x-emissie

De berekeningen zijn uitgevoerd aan de hand van een aantal maatgevende schepen volgens de classificatie van motorvrachtschepen, aangevuld met twee typen duwschepen en een representatief werkschip: een kraanschip.

Voor deze maatgevende schepen spelen parameters als motorbelastingprofiel, operationele uren en brandstofverbruik een belangrijke rol. Deze gegevens zijn zo goed mogelijk ingevuld op basis van gegevens uit beschikbare bronnen, de gegevens en bronnen worden in hoofdstuk 3 en 4 verder toegelicht. Voor elk type is een bandbreedte inschatting gemaakt door een bandbreedte te hanteren van motorvermogen, draaiuren en brandstofverbruik. Dit leidt tot een bandbreedte op het ingeschatte NO_x-effect wat de subsidieregeling kan hebben.

De emissiereductie is berekend aan de hand van in het verleden uitgevoerde emissiemetingen of op een andere manier door TNO verzamelde emissiegegevens (paragraaf 4.3). Het aantal jaar dat de investeringsbeslissing in een nieuwe motor of emissiereductieoptie vervroegd wordt, wordt besproken in paragraaf 4.2.
De investeringskosten en aannames rondom het subsidiebedrag zijn opgenomen in paragraaf 5.1. Dit is vervolgens belangrijke input voor de bepaling van de kosteneffectiviteit in paragraaf 5.2.

3 Doelgroepen voor de regeling

In december 2021 heeft een stakeholdersconsultatie over deze regeling plaatsgevonden. Hieruit is beperkte informatie opgehaald over de status van de huidige vloot en de markt-interesse voor retrofit en Stage V motorvervanging. Deze informatie is aangevuld met informatie vanuit motorleveranciers en beschikbare gegevens uit eerdere onderzoeken als Prominent (2015), NO_x-effect van modal shift (TNO, 2021), DeCaMod (TNO, 2020) en Binnenvaart kostentool (RWS, 2017).

3.1 Feedback uit de markt

3.1.1 Status huidige vloot

Inzicht in de huidige vloot is erg beperkt. Er is geen goede en up-to-date informatie beschikbaar over de aantallen schepen in combinatie met de kenmerken van de motoren in de huidige binnenvaartvloot die in Nederland opereert.

Er is wel bekend, dat er een groep motoren is die in theorie al lang vervangen had moeten worden, omdat de levensduur boven 100.000 uur of boven 25 jaar oud ligt. Vooral een groep kleine ondernemers, die met kleine schepen in de spot-markt opereren, hechten blijkbaar aan hun motoren en laten ze eerder reviseren dan compleet vervangen. Een reder die met grote schepen in regelmatige (intensieve) dienst vaart, kiest wel eerder voor compleet nieuwe motoren. Het lijkt erop dat ondernemers die kleine schepen opereren (zeker in de spot-bulk markt) niet de financiële ruimte hebben om te investeren in een nieuwe Stage V motor. Terwijl bij het vervangen van de motor het installeren van een Stage V tegenwoordig verplicht is. Door deze verplichting is motorvervanging een stuk duurder geworden en daarmee is het reviseren van de huidige motoren een meer aantrekkelijke alternatief geworden.

3.1.2 Markt voor nabehandeling op bestaande motor.

Uit gesprekken met leveranciers van nabehandelingssystemen blijkt dat er meer offertes worden opgevraagd voor SCR-katalysator en DPF nabehandeling, dan voor alleen SCR nabehandeling. De combinatie van SCR + DPF is nodig om de motor compatibel te maken met een CCR II of beter emissieniveau. Dit is belangrijk voor een goede score voor het nieuwe binnenvaart emissielabel systeem, en eventuele milieuzones in de havens. Daarnaast is de DPF ook vaak nodig om oudere motoren dan CCRII, minimaal op CCRII niveau te brengen (voor NO_x en PM), als voorwaarde voor toelating in de Rotterdamse haven vanaf 2025[2].

De SCR nabehandeling op bestaande motoren is niet even goed als dat van een compleet nieuwe Stage V motor. Bij Stage V worden motoren en nabehandeling op elkaar ontworpen en afgesteld, en moeten deze systemen voldoen aan additionele duurzaamheideisen. Problemen met onderhoud versterken dat beeld. Uit gesprekken met schippers blijkt dat de systemen regelmatig problemen vertonen en hierdoor meer onderhoud vergen dan oorspronkelijk geraamd.
Het is ook de vraag of Stage V via nabehandeling in het buitenland geaccepteerd wordt als gelijkwaardig aan een af-fabriek Stage V.

[2] Het is nog niet zeker of deze eis daadwerkelijk ingevoerd wordt.

Een emissielabelsysteem zou daarvoor kunnen zorgen, maar dan moet het wel op Europese schaal ingevoerd worden. In de huidige situatie is dit met name een risico voor de verkoopwaarde van het schip (het kan niet als een stage V naar het buitenland worden verkocht). Uit gesprekken met schippers blijkt dat de systemen regelmatig problemen vertonen en meer onderhoud vergen dan verwacht.
De vraag is wat de impact hiervan is op de NO_x-reducerende werking op de lange termijn.

Schippers hebben ook gevraagd om een nu aangeschaft retrofit nabehandelingssysteem, later te kunnen gebruiken voor een nieuwe Stage V motor (aangeschaft zonder nabehandeling). Dat is echter niet mogelijk. Het is daarom belangrijk dat de bestaande motor in hele goede staat is, of gereviseerd wordt, bij het monteren van een nabehandelingssysteem, zodat het nabehandelingssysteem een flink aantal jaren gebruikt kan worden. Een retrofit is mogelijk toch een tijdelijke overbruggingsoplossing, of een oplossing in combinatie met de inbouw van een nieuwere motor.

3.1.3 Markt voor complete Stage V motoren

De onzekerheid bij de leveranciers en binnenvaartondernemers is nog groot, vooral ook omdat er nu nog nauwelijks motoren leverbaar zijn. Van een grote CCRII verkooppiek voor de verplichting van Stage V is niet direct sprake. De verplichte introductiedatum van grotere Stage V motoren voor de binnenvaart, kan met richtlijn EC/2020/1040 en EC/2021/1068 met 18 maanden uitgesteld worden. Daarnaast is het vooral het veel grotere verschil van een factor 3 tot 4 tussen de revisiekosten en nieuwe aanschaf Stage V, dat aanschaf van Stage V belemmerd. Vooral voor kleinere ondernemingen kan een nieuwe Stage V een te grote kostenpost of investeringsrisico zijn. Een subsidieregeling zal daar wel verschil maken. Er is een groep schipper-eigenaren opleeftijd (boven de 60). Zij hebben twee opties: niets meer investeren en het schip in enkele jaren van de hand doen, of juist een nieuwe Stage V motor monteren zodat de verkoopwaarde straks hoger is. Bij niet investeren is de verkoopwaarde vaak niet veel hoger dan de sloopwaarde.

Als een schipper toch naar Stage V wil dan heeft hij in de praktijk twee opties:

- Stage V retrofit + motorrevisie (immers de kosten van retrofit zijn dermate hoog dat de motor dan nog minimaal 5 tot 10 jaar mee moet gaan); of
- Complete Stage V motorvervanging.

De kosten van motorrevisie + retrofit nabehandeling zijn slechts circa 1/3 lager dan een compleet nieuwe Stage V motorvervanging. Daardoor is het goed voor te stellen dat complete Stage V motorvervanging in de praktijk de voorkeur geniet. De motorvervanging kan een gedeeltelijke of gehele motorrevisie uitsparen.

3.2 Verwachting marktinteresse per Stage V optie

Met de huidige regelingen, voor SCR retrofit en Stage V motorvervanging, is de motorvervanging veel populairder, en ruim overtekend, terwijl het plafond voor de retrofitregeling nog niet is bereikt.

In de onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de toepassingsmogelijkheden van de verschillende typen Stage V motoren en van retrofit nabehandelingssystemen.

Tabel 2: Typische schepen welke gebruik kunnen maken van de subsidieregeling

	Vermogen	**Scheepsprofielen die in aanmerking komen**
Stage V IWP – IWA	> 300 kW	Binnenvaartschepen M3 – M12 Grote Werkschepen Duw- en sleepboten
Stage V NRE en Euro VI	56 – 560 kW	Kleine werkschepen Binnenvaartschepen M0 – M5 Diesel-elektrische schepen (M0 – M8, werkschepen, duw- en sleepboten)
SCR+DPF retrofit	Alle	*Alle schepen met ruimte in casco voor nabehandelingssystemen.*
SCR retrofit	Alle	*Alle schepen met ruimte in casco voor nabehandelingssystemen.*

3.3 Inzet van binnenvaartschepen

De hoeveelheid NO_x-uitstoot per schip is afhankelijk van het motortype, het motorvermogen en het gebruik van de motor(en). In deze sectie beschrijven we de verschillende scheepsprofielen en de kenmerken per scheepsprofiel. Informatie over de motortype en motorleeftijden in de huidige vloot is niet voldoende beschikbaar. Informatie over gebruik van de verschillende schepen en motortypen qua motordraaiuren en brandstofverbruik is beperkt beschikbaar.

In Figuur 1 wordt weergegeven hoeveel welk type binnenvaartschip wordt ingezet voor het vervoeren van goederen. Dit geeft een beeld van welk formaat schepen een groot aandeel hebben in het gebruik en daarmee in de emissies. In dit overzicht wordt de inzet van overige schepen die ook onder subsidieregeling vallen, zoals bijvoorbeeld werkschepen niet weergeven.

De indeling is op basis van de classificatie van motorvrachtschepen M0 tot en met M12. Naast individuele schepen worden ook goederen vervoerd in combinaties met duwbakken. Koppelverbanden zijn binnenvaartschepen gecombineerd met een of meerdere duwbakken. Duwbakkencombinaties zijn combinatie van een of meerdere duwbakken die worden geduwd door een duwboot.

In Europees project Prominent is onderzocht wat de gemiddelde motorvermogens en aantallen motoren per maatgevend schip zijn. Deze staan weergeven in Tabel 3.



Figuur 1: Inzet binnenvaartschepen, inschatting aantal gevaren kilometers binnen en buiten Nederland en vervoerd ladinggewicht per scheepstype. Bron: DeCaMod, CBS basisbestanden goederenvervoer 2014.

Tabel 3: Motorvermogen karakteristiek Rijn vloot: (Bron D1.1 PROMINENT)

Vessel type **Motor vessels (reference dimensions)**	**Power (in kW) per main propulsion engine installed**	**Average total engine power installed (in kW)**
M1 (38.5*5.05m) Spits	189	192
M2 (50*6.6m) Kempenaar	267	287
M3 (55*7.2m)	375	400
M4 (67*8.2m)	428	451
M5 (80*8.2m)	552	568
M6 (85*9.5m)	675	733
M7 (105*9.5m)	826	886
M8 (110*11.4m)	1,196	1,281
M9 (135*11.4m)	1,214	2,287
M10 (110*13.5m)	1,485	1,770
M11 (135*14.2m)	1,414	2,553
M12 (135*17.0m)	1,418	2,955
Coupled convoys		
Class Va + Europa II barge(s)	1,178	2,237
Pushed convoys *		
Push boats 500-2000 kW (total engine power)	542	847
Push boats ≥2000 kW (total engine power)	1,288	3,458

* A pusher with one Europa II barge has in general a propulsion power around 500 kW. The pusher with two Europa II barges has a range of about 1000-2000 kW. A total propulsion power above 2000 kW is more common for pushers with four Europa II barges or more.

4 Emissiereductie

De kosteneffectiviteit van de subsidieregeling wordt gedefinieerd als de hoeveelheid bespaarde NO_x per euro subsidie. Daarvoor wordt in dit hoofdstuk de hoeveelheid bespaarde NO_x berekend. Vervolgens in het volgende hoofdstuk, hoofdstuk 5, wordt de kosteneffectiviteit per subsidieregeling ingeschat.

Het NO_x-effect van de subsidieregeling laat zich berekenen aan de hand van de NO_x-reductie per jaar per motor, maal het aantal jaar dat de oude motor eerder vervangen wordt door een Stage V motor (of voorzien wordt van nabehandeling). Daarom wordt eerst het vervroegingseffect van de regeling bepaald. Daaropvolgend wordt een NO_x-effect voor de verschillende scheepstypen met een bandbreedte van inzet en gebruik. Dit is nodig omdat er voor binnenvaarschepen verschillende inzetprofielen bestaan en deze erg bepalend zijn voor de NO_x-uitstoot.

4.1 Vervroeging introductie Stage V door subsidieregeling

Gebruikmakend van de huidige lijst van subsidieregeling aanvragen kan een inschatting gemaakt worden van de relatieve vervroeging van Stage V. De leeftijd waarbij het aantal motoren met de helft is afgenomen beschouwen we als de gemiddelde vervangingsleeftijd, zoals beschreven in paragraaf 2.2.1. Om de gemiddelde vervangingsleeftijd te bepalen is gekeken naar de hele vloot. Als basis is hiervoor de cijfers van de Emissieregistratie en het emissie prognosemodel POTAMIS (TNO, 2014) gebruikt, namelijk 15,4 jaar. Hiermee ook de nationale emissietotalen worden bepaald. Dat maakt het resultaat vergelijkbaar. Een groot deel van de motoren waarvoor een aanvraag gedaan is, is deze leeftijd al gepasseerd (Figuur 2).In deze figuur zien we een grote groep motoren die vervangen worden, waarvan de leeftijd veel hoger is dan de mediane leeftijd (tot bijna 50 jaar ouder). Daarom wordt wel aanbevolen om meer onderzoek te doen naar de gemiddelde motorleeftijd[3].

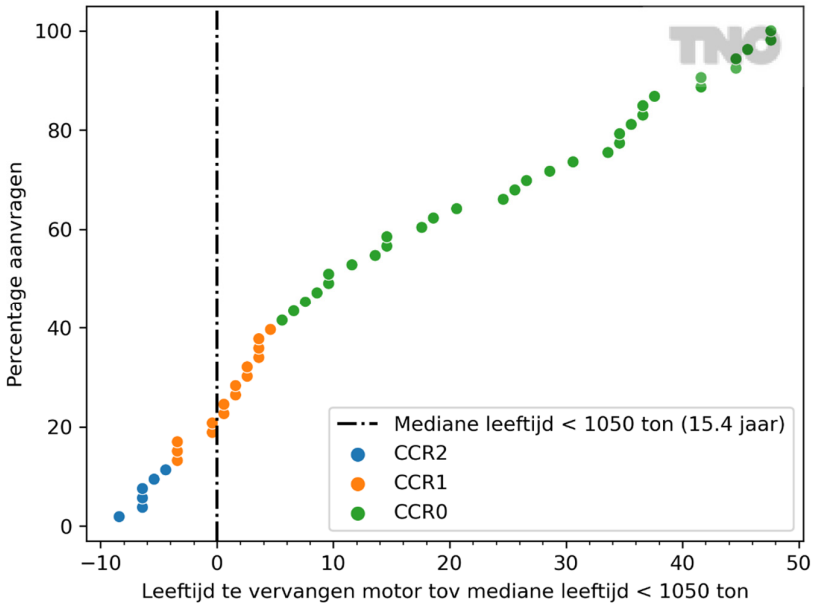
De vervroeging van de motorvervanging lijkt, op basis van de aanvragen, en de mediane leeftijd van 15,4 jaar, tussen 0 en 3 jaar te liggen (CCR1), en voor een aantal CCR2 schepen 4 tot 6 jaar.

Voor CCR0-motoren geldt dat de mediane leeftijd al gepasseerd is en dan zou er effectief 0 jaar vervroeging optreden. Bij toepassing van de subsidieregeling op een CCR0-motor zou de motor daadwerkelijk eerder vervangen kunnen worden dan autonoom en daarmee zou het NOx-effect groter kunnen zijn dan nu berekend met effectieve vervroegingsjaren. Een analyse over hoeveel groter dit effect kan zijn vergt inzicht dat er nu niet is in de naar verwachting kleine groep CCR0-schepen. Voor nu gaan we uit van 0 tot 1 jaar vervroeging voor CCR0-schepen.

[3] Bij onderzoek naar de leeftijdsopbouw van het non-road mobiele machines park is vorig jaar vastgesteld dat er veel meer oudere machines zijn, dan waarvan tot nu toe uitgegaan werd in emissieregistratie (TNO, 2021b).

Voor de berekening op basis van gemiddelde schepen is uitgegaan van de volgende vervroegingsjaren:

- CCR0: 0 tot 1 jaar vervroeging;
- CCR1: 0 tot 3 jaar vervroeging;
- CCR2: 4 tot 6 jaar vervroeging.



Figuur 2: Leeftijd van motoren in de aanvragen subsidieregeling motorvervanging, ten opzichte van de mediane leeftijd van 15.4 jaar van een motor in de laadvermogensklasse tot en met 1050 ton (zoals gebruikt in het POTAMIS model in TNO rapport TNO 2021 R10401).

4.2 NO_x-reductie per maatregel

In deze paragraaf staat de berekening en de resultaten van de NO_x-reductie per maatregel voor de verschillende scheepstypen. Voor elke maatregel is de NO_x-uitstoot per jaar voor- en na de maatregel berekend om daarmee de NO_x-reductie per jaar in te schatten. De resultaten bevatten een bandbreedte voor de heterogeniteit in de binnenvaartvloot. Zo heeft niet elk schip een vergelijkbare motorinrichting en inzetprofiel, waardoor de jaarlijkse NO_x-uitstoot per scheepstype erg kan variëren.

De maatregelen waar de NO_x-reductie per jaar is berekend:

1. Huidige situatie zonder subsidieregeling.
2. Motorvervanging Stage V:
    a. Stage V IWT bij > 560 kW
    b. Stage V NRE of Euro VI bij < 560 kW.
3. Retrofit met SCR-katalysator.
    a. De NO_x-uitstoot verandert niet bij additioneel plaatsen van een DPF.

4.2.1 NO_x- en PM-emissiereductie Stage V motoren.

De motoren in de binnenvaart kennen typegoedkeuring CCR1 sinds 2004, CCR2 sinds 2007 en Stage V sinds 2020. Motoren voor 2004 categoriseren we als CCR0. In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de formele emissielimieten en wettelijke eisen. En daarnaast blijkt de robuustheid van emissiewetgeving vooral samen te hangen met controle van praktijkemissies. Deze eisen zijn daarom opgenomen in de tabel.

Tabel 4: NO_x emissie-eisen van verschillende type Stage V motoren.

Motorklasse	**Vermogensrange**	**NO_x limietwaarde (g/kWh)**	**Real-world emissie waarborging**
Stage V IWP / IWA	19 – 75 kW	4,70	In Service Monitoring On-Board Diagnose
Stage V IWP / IWA	75 - 130	5,40	
Stage V IWP / IWA	130 - 300 kW	2,10	
Stage V IWP / IWA	> 300 kW	1,80	
Stage V NRE	56 – 560 kW	0,40	
Euro VI	200 – 400 kW	0,40	In Service Conformity On-Board Diagnose
Retrofit SCR nabehandeling	Alle vermogens	0,40 - 1,80	-

De wettelijke emissielimieten in de tabel zijn niet geheel maatgevend voor de emissies in de praktijk. In het bijzonder is het varen bij lage motorlast, geassocieerd met manoeuvreren in de haven, een substantieel hogere NO_x emissie. In het onderzoek worden deze effecten meegenomen.

4.2.2 Uitgangspunten voor emissieberekening

De emissiereductie wordt bepaald door het verschil in NO_x uitstoot van de oude en de nieuwe motor. Op basis van emissiemetingen aan een beperkt aantal binnenvaartschepen, aangevuld met emissiemetingen uit non-road mobile machinery (NRMM) zijn in de studie NO_x-effecten van modal shift (TNO, 2021) de NO_x-emissiefactoren (Tabel 5) vastgesteld. De NO_x emissie is daarbij een optelsom van een deel proportioneel met het dieselbrandstof verbruik plus een deel dat proportioneel is met het geïnstalleerd motorvermogen, volgens de volgende formule:

$$kgNO_x = motordraaiuren * motorvermogen * kgNO_x / uur.kW + liters_diesel * kgNO_x / liter \quad (1)$$

De emissiefactoren zijn ingedeeld volgens de typegoedkeuringen die gelden voor binnenvaartmotoren. Voor de typegoedkeuringen CCR1 vanaf 2003, CCR2 vanaf 2007 en Stage V vanaf 2020[4]. De motoren ouder dan de classificatie CCR1 vallen in de categorie CCR0.

De emissies van motoren met SCR nabehandeling zijn niet automatisch laag. Dit is enerzijds gebaseerd op de milde eisen in de regelingstekst.

[4] Meestal ligt de daadwerkelijke levering aan de markt een tot enkele jaren later, omdat op voorraad motoren uitgeleverd mogen worden.

Anderzijds, functioneren SCR installaties beperkt bij lage motorlast, onder de 20% van het maximaal vermogen. In de regelingstekst wordt een NO_x-reductie-eis gesteld van minimaal 60% of minimaal 60% ten opzichte van CCRII (beiden worden genoemd). Op basis van metingen aan een aantal schepen in PROMINENT is een gemiddelde NO_x-reductie voor SCR vastgesteld van 40% tot 50% (PROMINENT D5.7 , 2017). Ook latere informatie beschikbaar gesteld voor het modal shift project (TNO, 2021) resulteerde in een relatief bescheiden NO_x-reductie. Het verdient aanbeveling om te overwegen de regelingstekst op dit gebied aan te scherpen, in lijn met de NRMM Stage V eisen.

Tabel 5: Emissiefactoren voor de verschillende type binnenvaartmotoren, op basis van formule (1).

Motortype	**gNO_x / liter brandstof**	**gNO_x / uur per kW max motorvermogen**
CCR0	48	-
CCR1	42	-
CCR2	30	-
CCR0 + nabehandeling	20	1.46
CCR1 + nabehandeling	-	1.83
CCR2 + nabehandeling	5	0.5
Stage V - IWP/IWA	5	0.5
Stage V- NRE en Euro VI	0	0.3

Voor het bereken van de jaarlijkse NO_x-uitstoot van de verschillende scheepstypen is een bandbreedte van het motorvermogen, de jaarlijkse aantal motordraaiuren en het jaarlijkse brandstofverbruik per schip vastgesteld. Deze zijn weergeven in Tabel 6 en Tabel 7. De motorvermogens zijn gebaseerd op het gemiddelden per type bekend uit Prominent D1.1.

De motordraaiuren zijn een inschatting op basis van de studies Prominent (Prominent D1.1, 2015), NO_x-effect modal shift (TNO, 2021), Inventarisatie milieuprestaties bestaande binnenvaartvloot West-Europa (EIBC, 2015).
De getallen in verschillende studies lopen uiteen en hebben beperkte onderbouwing. De motordraaiuren zijn daarom deels gevalideerd met AIS-data van binnenvaartschepen, maar ook die databron geeft geen compleet inzicht.

Tabel 6: Bandbreedte motorvermogen per scheepsprofiel en aanname aantal motoren per profiel op basis van Prominent D1.1. gemiddelden, zie tabel 2.

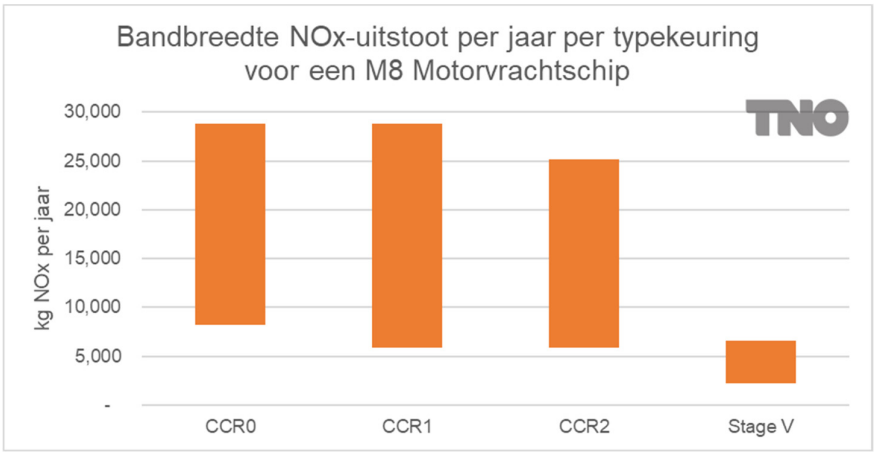
Scheepsprofiel	Aantal motoren	Motorvermogen [kW] per motor		Gemiddelde uit Prominent D1.1.
		Laag	Hoog	
M1	1	150	250	*189*
M2	1	250	300	*267*
M3	1	300	450	*375*
M4	1	350	500	*428*
M5	1	475	625	*552*
M6	1	600	750	*675*
M7	1	750	900	*826*
M8	1	1000	1600	*1196*
M9	2	1000	1500	*1214*
M10	1	1000	1600	*1485*
M11	2	1000	1500	*1414*
M12	2	1000	1500	*1418*
Duwschip - klein	1	500	1000	*542*
Duwschip - groot	2	1000	1500	*1288*
Kraanschip	1	500	1500	

Tabel 7: Bandbreedte motordraaiuren en brandstofverbruik per jaar per scheepsprofiel.*Schepen M9, M10 en M11 hebben vaak 2 voortstuwingsmotoren (zie Tabel 3). Met eenzelfde gemiddelde motorbelasting leidt dat tot een hoog brandstofverbruik.

Scheepsprofiel	Motordraaiuren per jaar		Brandstofverbruik per jaar [liter]	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
M1	2000	3500	22.500	75.000
M2	2000	3500	37.500	90.000
M3	2000	3500	45.000	135.000
M4	2000	3500	52.500	150.000
M5	2000	3500	71.250	187.500
M6	2600	4500	117.000	281.250
M7	2600	4500	146.250	337.500
M8	2600	4500	195.000	600.000
M9*	2600	4000	390.000	1.012.500
M10	2600	5000	195.000	660.000
M11*	2600	4000	390.000	1.012.500
M12*	2600	4000	390.000	1.012.500
Duwschip - klein	1000	4000	75.000	750.000
Duwschip - groot	1000	4000	300.000	1.125.000
Kraanschip	1500	2500	56.250	281.250

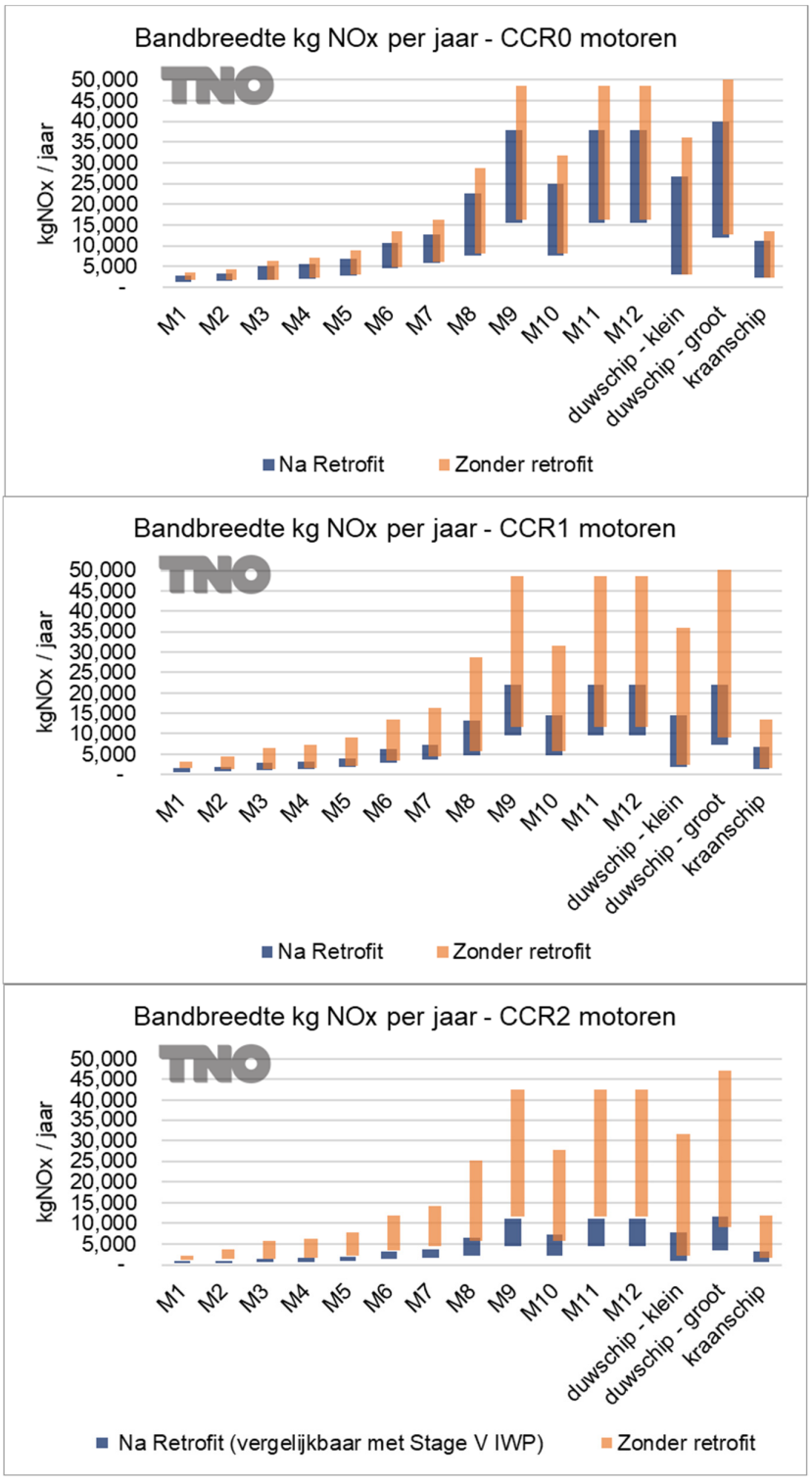
4.2.3 Resultaten emissieberekening

Door de gegevens per scheepstype in te vullen in de formule komt voor alle scheepsklassen een bandbreedte in beeld van de NO_x-uitstoot per schip per jaar. In Figuur 3 is de bandbreedte weergegeven van de jaarlijkse NO_x-uitstoot van een M8-schip voor de verschillende typegoedkeuringen.



Figuur 3: Bandbreedte kg NO_x-uitstoot per jaar voor M8 schip voor de verschillende typekeuringen.

In Figuur 4 is voor de verschillende CCR typegoedkeuringen het effect voor en na retrofit met een SCR-katalysator in beeld gebracht. Van de praktijkuitstoot van schepen met retrofit zijn beperkte gegevens beschikbaar. Verondersteld is dat een CCR2 motor met nabehandeling dezelfde NO_x-uitstootwaarden kan behalen als een nieuwe Stage V motor. Verder onderzoek is nodig om deze veronderstelling te bevestigen.



Figuur 4: Bandbreedte jaarlijkse NOx-uitstoot per scheepstype per motortype met en zonder retrofit SCR-katalysator.

De totale NO_x-uitstoot per jaar vindt niet alleen plaats op het Nederlands grondgebied. Dezelfde schepen varen over het algemeen ook in Duitsland, België, en Zwitserland. Dat reduceert tot een zekere de kosteneffectiviteit van de NO_x-emissies in Nederland. Ongeveer 70% van de vervoersprestatie in Nederland is van Nederlandse schepen. Vergelijkbaar zal een deel van de vervoersprestatie van Nederlandse schepen buiten Nederland zijn, en daarmee de kosteneffectiviteit van emissiereductie in Nederland verminderen.

Vervolgens is er nog de vraag waar de depositie van de uitgestoten NO_x plaatsvindt. Of eigenlijk, waar de depositie af neemt door de reductie van de NO_x-uitstoot en hoeveel de depositie dan afneemt.

Dit is complexe berekening die afhangt van veel variabelen als:

- Waar varen de schepen die gebruik maken van de regeling?
- Waar neemt de reductie van de NO_x-uitstoot af?
- Hoe werkt deze uitstootreductie door in de depositie?

Als we ervan uitgaan de dat de depositie lineair afneemt met de uitstoot dan zou je voor 1 schip per etmaal het volgende effect hebben. In dit voorbeeld vaart het schip over de Waal langs het natura-2000 gebied de Rijntakken. De uitgangssituatie met een CCR1 motor is berekent met AERIUS en de scenario's Stage V en CCR1 met retrofit zijn een lineaire extrapolatie.

Tabel 8: Inschatting effect van maatregelen op de stikstofdepositie in natuurgebied Rijntakken bij passage van 1 schip per etmaal. Disclaimer dit is een beperkte inschatting door extrapolatie van de resultaten uit 1 AERIUS berekening.

Stikstofdepositie natura-2000 gebied Rijntakken	**CCR1 zonder nabehandeling [mol / ha.jaar]**	**Stage V [mol / ha.jaar]**	**CCR1 met nabehandeling [mol / ha.jaar]**
1 reis van een M8 schip per etmaal – heen en weer.	0.67 (max) 0.17 (gem)	*0.33 (max)* *0.08 (gem)*	*0.45 (max)* *0.11 (gem)*

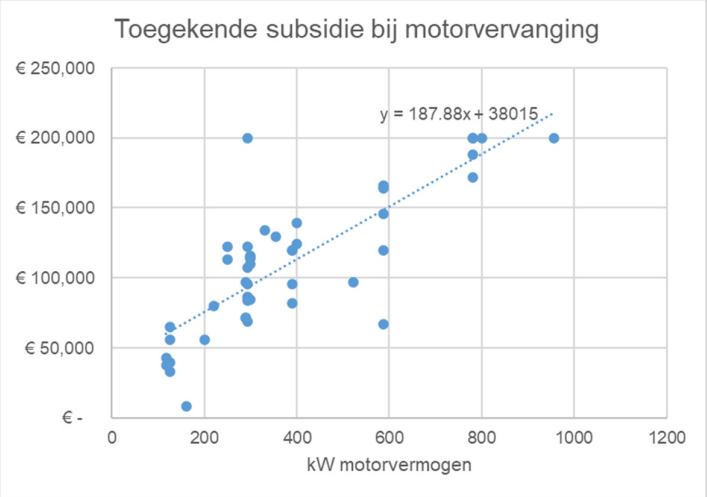
5 Investeringskosten en kostenefficiëntie

5.1 Investeringskosten per maatregel

5.1.1 *Investeringskosten Stage V*

Uit de reeds aangevraagde en toegekende subsidies voor motorvervanging is een aandeel vaste kosten en variabele kosten per kW motorvermogen afgeleid. De subsidie heeft een plafond van 40%, 50% of 60% van de totale investering. Het percentage is afhankelijk van de grote van de onderneming die de subsidie aanvraagt.

De verhouding van de verschillende ondernemingen in de aanvragen is onbekend. Scheepseigenaren kunnen in alle drie categorieën 40%, 50% of 60% vallen. Daarom is voor nu uitgegaan van een gemiddelde subsidie van 50% van de totale investering.



Figuur 5: Toegekende subsidie als functie van het motorvermogen.

Tabel 9: Kosten aanschaf en inbouw van een nieuwe Stage V motor.

	P < 560 KW Stage V NRE	**P > 560 kW Stage V IWP / IWA**
Vaste investeringskosten	€76.000	€76.000
Variabele investeringskosten per kW motorvermogen	€ 400	€ 475

5.1.2 *Investeringskosten SCR-katalysator en DPF.*

Op moment van opstellen van deze rapportage is er nog geen inzicht in de gedane aanvragen voor de SCR-subsidieregeling. Daardoor is recent inzicht in de subsidiekosten beperkt. Om inzicht te geven van de eventuele kosteneffectiviteit van deze regeling is er vanuit gegaan dat er 3 miljoen € uit de huidige regeling is gebruikt en dat dit mogelijkerwijs kan groeien naar 9 miljoen € als deze regeling wordt uitgebreid moet ook het vergoeden van een DPF.

Dit is een schatting gebaseerd op feedback van de leveranciers, zie paragraaf 3.1.2. Er wordt verwezen naar een voornemen van de Rotterdamse haven om in 2025 de meest vervuilende schepen te weren als een reden om van deze subsidie gebruik te maken.

Voor de kostenberekening zijn uit Prominent deliverable D2.2 (Prominent, 2015) de volgende investeringskosten voor alleen SCR-retrofit of SCR- en DPF-retrofit overgenomen.

Tabel 10: Kosten aanschaf en inbouw SCR-katalysator en DPF retrofit.

	SCR-katalysator	**SCR-katalysator en DPF**
Vaste investeringskosten	€ 45.000	€ 70.000
Variabele investeringskosten per kW motorvermogen	€ 52,5	€ 102,5

5.2 Kosteneffectiviteit

Met de totale investeringskosten per maatregel en het percentage subsidie kunnen de subsidiekosten per scheepstype worden berekend. In de basis wordt er 40% van de totale investering vergoed, maar voor middelgrote ondernemers wordt 10% extra vergoed en voor kleine ondernemers 20% extra. Eigenaren van de schepen kunnen in alle drie de categorieën vallen. De verhouding van type ondernemingen die aanspraak maken op de huidige regeling is niet bekend. Daarom gaan we voor de kosteneffectiviteitsberekening uit van een gemiddeld vergoedingspercentage van 50%.

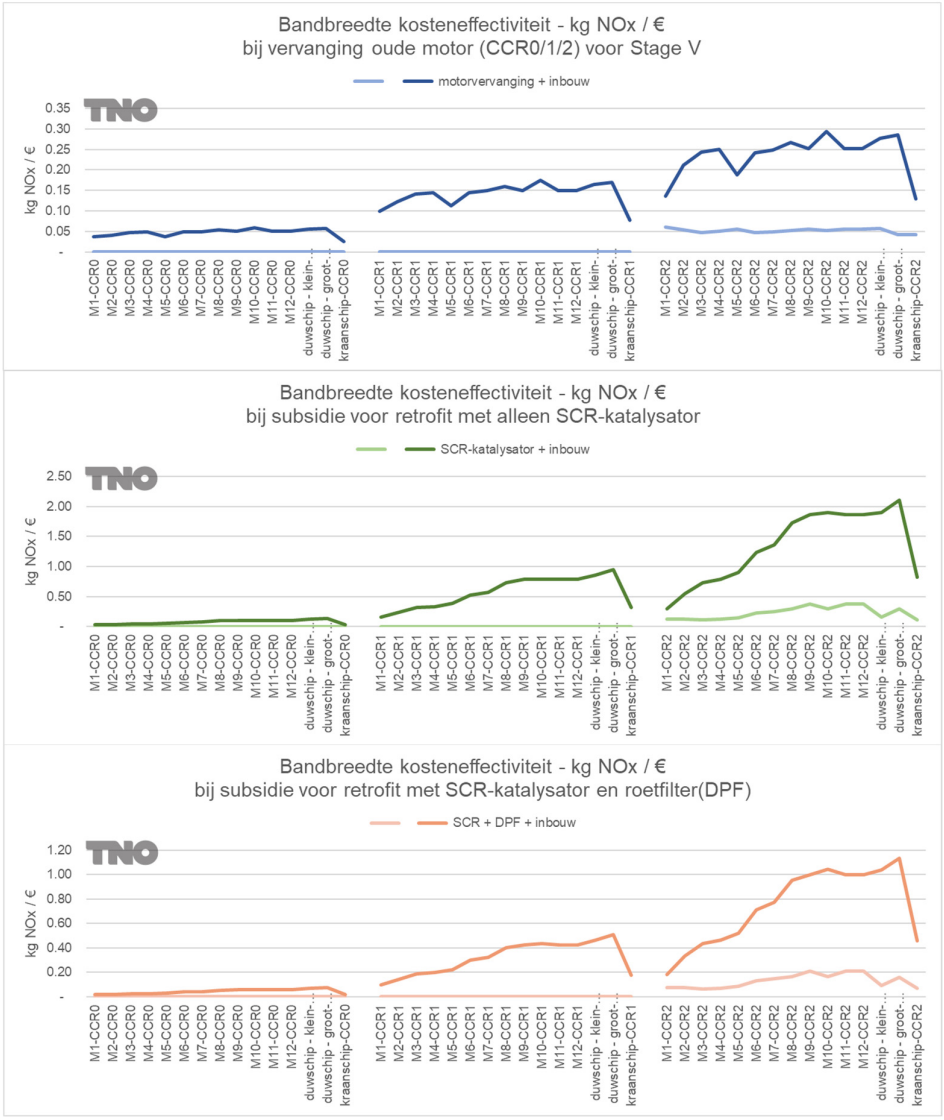
De totalen gerealiseerde NO_x-reductie per schip per regeling is berekend door de jaarlijkse NO_x-reductie te vermenigvuldigen met het gemiddelde aantal jaar vervroeging van de vervanging van de motor. Door vervolgens de NO_x-reductie te delen door het besteedde subsidiebedrag wordt de effectiviteit van de subsidie uitgedrukt in gewicht bespaarde NO_x-uitstoot per euro subsidie. Voor de gemiddelde kosteneffectiviteit over de hele vloot is uitgegaan van een homogene verdeling van maatgevende schepen en motorclassificatie, die aanspraak maken op het subsidiebedrag. Deze aanname maakt dit een onzeker gemiddelde zoals toegelicht in paragraaf 2.2.1.

Voor de retrofit situatie is het totale NO_x-effect lastiger in te schatten.
Het is onbekend hoe lang de motor met retrofit mee gaat, oftewel hoe lang het NO_x-reductie effect van de nabehandeling behaald wordt. Daarbij is het ook mogelijk dat een eventuele motorvervanging naar Stage V wordt uitgesteld door het plaatsen van de nabehandeling. In de berekening van kosteneffectiviteit gaan we daarom uit van dat de nabehandeling effect heeft over de periode dat de huidige motor nog niet vervangen zou worden. Dit komt neer op dezelfde vervroegingsjaren als beschreven in sectie 4.1.

In Figuur 6 zijn de bovengrens en de ondergrens van de bandbreedte van de kosteneffectiviteit van de retrofitsituatie weergegeven. De bandbreedte in NO_x-reductie is afhankelijk van de bandbreedte aan vermogen, jaarlijkse motordraaiuren per type en het aantal vervroegingsjaren.

Aangezien de ondergrens van het aantal vervroegingsjaren 0 jaar is voor CCR1 en CCR0 is de ondergrens van de NO_x-reductie gelijk aan 0. Aangezien CCR2 met nabehandeling dezelfde uitstootwaarden als Stage V kent, komt de derde grafiek in de figuur overeen met de situatie van Stage V motorvervanging.

Te zien is dat de subsidie vooral effectief is bij schepen met een relatief nieuwe motor (CCR2). Dit is omdat vervanging van deze motoren meer jaren vervroegd wordt. De bandbreedte van de effectiviteit is erg groot. Dit wordt vooral bepaald door de hoeveelheid te reduceren NO_x-uitstoot. Een schip dat veel wordt ingezet en veel uren maakt heeft een hoge jaarlijkse NO_x-uitstoot. Het reduceren van de NO_x-uitstoot van die schepen heeft daardoor veel meer effect.



Figuur 6: Boven- en ondergrens van bandbreedte kosteneffectiviteit per optie per scheepstype en huidige typekeuring voortstuwingsmotor.

5.2.1 Kosteneffectiviteit retrofit

Per subsidieregeling is een inschatting gemaakt van het aantal schepen wat gebruik gaat maken van de totale regeling. Er zijn geen gegevens aangeleverd over de huidige subsidieregeling voor de SCR-katalysator. Ondanks dat deze meermaals zijn opgevraagd. De vraag blijft dus in hoeverre de schepen die van deze subsidie gebruik gemaakt hebben afwijken van de gemiddelde schepen met gemiddelde inzet, waar nu van uit is gegaan.

De verwachting is dat het uitbreiding van de regeling met ook het vergoeden van de DPF tot een sterke toename van interesse zal leiden, zie paragraaf 5.1.2..

In Tabel 11 staat de kosteneffectiviteit van de subsidieregeling en uitbreiding van de regeling. Voor de NO_x-effectiviteit is er van uitgegaan dat er een gelijk aantal CCR0-, CCR1- en CCR2-schepen aanspraak maken op de regeling. Disclaimer bij deze kosteneffectiviteitberekening is de grove aanname dat gemiddeld 2/3 van de NO_x-uitstoot van de schepen die subsidie aanvragen in Nederland plaatsvindt. De kosteneffectiviteit is uitgedrukt in reductie van NO_x-uitstoot in Nederland. Er wordt vanuit gegaan dat voor alleen SCR retrofit ongeveer 3 miljoen subsidie besteed wordt, en dat dat groeit naar ca 9 miljoen bij uitbreiding naar SCR + DPF.

Tabel 11: Kosteneffectiviteit subsidieregeling alleen SCR-katalysator en uitbreiding regeling met DPF.

Scenario	*Huidige regeling - SCR-katalysator*	*Regeling SCR-katalysator met uitbreiding DPF.*
Subsidie type	***SCR-katalysator***	***SCR + DPF***
Subsidietotaal	*€ 3.000.000*	*€ 9.000.000*
Plafond per aanvraag	*€ 200.000*	*€ 200.000*
Schatting aantal mogelijke schepen/aanvragen	*55*	*90*
Type schepen	*M1-M12, werkschepen, duwschepen*	*M1-M12, werkschepen, duwschepen*
Aanname: 2/3 van NO_x-uitstoot van de schepen vind plaats in NL		
Reductie effect in ton NO_x per jaar in Nederland	200 tot 400	300 tot 500
% van jaarlijkse Nederlandse binnenvaart NO_x-uitstoot	1,4%	1,5%
Effect totale ton NO_x door vervroegde vervanging	400 tot 1600	600 tot 2000
Kosteneffectiviteit kgNO_x/€	*0,10 tot 0,35*	*0,06 tot 0,20*

5.2.2 Kosteneffectiviteit motorvervanging naar Stage V

Op basis van de investeringskosten voor Stage V motorvervanging en de inschatting van het reductie effect in NO_x-uitstoot per scheepstype is de kosteneffectiviteit voor de huidige regeling en voor de uitbreidingen op regelingen berekend. In Tabel 12 staat de kosteneffectiviteit van de subsidieregeling en van de uitbreidingen op de regeling. Voor de NO_x-effectiviteit is er van uitgegaan dat er een gelijk aantal CCR0-, CCR1- en CCR2-schepen aanspraak maken op de regeling. Disclaimer bij kosteneffectiviteit is de grove aanname dat gemiddeld 2/3 van de NO_x-uitstoot van de schepen in Nederland plaatsvindt.

De kosteneffectiviteit is uitgedrukt in reductie van NO_x-uitstoot in Nederland. Deze inschatting is deels gebaseerd op de verwachte 21,7 kton NO_x uitstoot in 2025 van binnenvaart.[5]

Tabel 12: Kosteneffectiviteit subsidieregeling motorvervanging en uitbreiding regeling met meer budget en verhogen van het plafond per aanvraag.

Scenario	*Huidige regeling – motorvervanging*	*Uitbreiding regeling motorvervanging tot 26 M€*	*Uitbreiding regeling motorvervanging + verhoging plafond per aanvraag*
Subsidie type	**Stage V motorvervanging**	**Stage V motorvervanging**	**Stage V motorvervanging**
Subsidietotaal	€ 13.700.000	€ 26.000.000	€ 26.000.000
Plafond per aanvraag	€ 200.000	€ 200.000	€ 400.000
Schatting aantal mogelijke schepen/aanvragen	105	204	125
Type schepen	M1-M6 Kleine werkschepen	M1-M6 Kleine werkschepen	M1-M8, werkschepen, kleine duwschepen
Aanname: 2/3 van NO_x-uitstoot van de schepen vind plaats in NL			
Reductie effect in ton NO_x per jaar in Nederland	200 tot 400	400 tot 800	600 tot 1000
% van jaarlijkse Nederlandse binnenvaart NO_x-uitstoot	1,4%	2,5%	3,7%
Effect totale ton NO_x door vervroegde vervanging	700 tot 1500	1400 tot 3000	1600 tot 3200
Kosteneffectiviteit kgNO_x/€	0,05 tot 0,10	0,05 tot 0,10	0,08 tot 0,12

Er zou overwogen kunnen worden om de subsidie voor Stage V motorvervanging per schip gemiddeld wat te verlagen, om op die manier het verschil in kosteneffectiviteit tussen retrofit nabehandeling en motorvervanging dichter bij elkaar te brengen. Er kan bijvoorbeeld gedacht worden aan een plafond per kW motorvermogen.

5.3 Emissiereductie van CO_2 en fijnstof

Nieuwe Stage V en Euro VI motoren zijn zuiniger dan oudere motoren. Dat is naast een deel autonome ontwikkeling gericht op het verminderen van interne motorwrijving mogelijk door de zeer goede NO_x reductie van het SCR nabehandelingssysteem. Daardoor kan de motor geoptimaliseerd worden voor laag brandstofverbruik. De resulterende hogere NO_x, wordt vervolgens gereduceerd met de nabehandeling. Daardoor is een nieuwe Stage V of Euro VI motor gemiddeld ca 10% zuiniger. Zie (PROMINENT D2.8/2.9, 2018). Door ‘right sizing’, het toepassen van wat kleinere motoren of het vervangen van 1 grote motor door 2 kleinere motoren, en andere verbeteringen in de aandrijflijn, kan vervolgens naar verwachting nog een ca 5% verbruik gereduceerd worden.

[5] Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen; Rapportage bij de Klimaat- en Energieverkenning, PBL rapport 4211, 2020

Gegeven de motorvervanging, typisch met een NO_x-reductie van ongeveer 70%, is de fractie van de scheepsinzet in Nederland die aanspraak maakt: 2% bij de huidige regeling tot 5% bij de uitgebreide regeling. Dat kan vertaald worden naar verwachte reductie van CO_2 en fijnstof, omdat motorvervanging voor beide ook tot uitstoot reductie leiden. Door de verbetering van de motorefficiëntie en de toepassing van het juiste motorvermogen, of motorvermogens, voor de vermogensvraag, is de verwachting dat de CO_2 emissies bij motorvervanging gemiddeld 15% lager zijn. Voor fijnstof, en de nieuwe eisen is de verwachting dat de emissies bij motorvervanging gemiddeld 85% lager zijn. Dat geeft dus, bij de meest uitgebreide regeling, aangaande 5% van de scheepsinzet, een 0,75% reductie van CO_2 en 4,3% reductie van fijnstof. Voor 2025 komt dat neer op een reductie van 12 kton CO_2 en 28 ton fijnstof[6]. Bij regelingen die een lager aandeel van de scheepsinzet betreffen, dan het geval bij uitbreiding van de regeling motorvervanging naar 26 miljoen en verhoging plafond per aanvraag, zullen de reducties van CO_2 en fijnstof proportioneel lager zijn.

[6] Klimaat- en Energieverkenning 2021, PBL rapport 4681, 2021.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Ten aanzien van de huidige markt voor Stage V motorvervanging en nabehandeling wordt geconcludeerd dat de onzekerheid groot is, mede omdat de achtergrond situatie van schepen en eigenaren zeer heterogeen is. Daardoor is er geen eenduidig beeld. Een gebrek aan gegevens over de huidige schepen en geen inzicht in de aanvragen voor de SCR-katalysator-regeling geeft een grote bandbreedte van onzekerheid aan de gepresenteerde cijfers. Wel kan het volgende geconcludeerd worden:

Marktomvang

- De markt voor motorrevisie is groot, omdat de kosten van een nieuwe motor drie- tot viermaal hoger is dan van een revisie. Een subsidieregeling zal daar wel een verschil maken.
    - Kleine ondernemers hebben vaak niet de financiële ruimte voor de investering in een nieuwe Stage V motor. Een kleine ondernemer zal eerder voor nabehandeling kiezen dan een grote ondernemer.
- De markt voor complete Stage V motorvervanging lijkt groter dan voor SCR+DPF nabehandeling.

Subsidieregeling motorvervanging

- Uitbreiding van het subsidieplafond van 200 k€ naar 400 k€ voor motorvervanging per aanvraag, maakt het voor grotere schepen aantrekkelijker om aanspraak te maken op de subsidieregeling. Subsidie voor grotere schepen draagt bij aan een meer kosteneffectieve NO_x-reductie, door de veel hogere jaarlijkse NO_x-uitstoot per schip.
- Uitbreiding van het totale subsidiebudget voor motorvervanging biedt voor meer ondernemers de kans om aanspraak te maken op deze subsidieregeling. De huidige subsidieregeling voor Stage V is snel volledig benut.
- Het aantal jaar dat de oude motor eerder vervangen wordt door een Stage V motor door deze regeling is een belangrijke parameter voor de effectiviteit van de regeling.
- De theoretische kosteneffectiviteit voor complete motorvervanging is lager dan van retrofit nabehandeling, maar de zekerheid dat dit in de praktijk gerealiseerd wordt is groter. Ook is er minder risico op NH_3 emissies, die relevant is voor stikstofdepositie.

Uitbreiding van subsidieregeling SCR-katalysator met DPF

- Uitbreiding van de regeling naar SCR+DPF, resulteert in een verlaging van circa 40% in de kosteneffectiviteit, uitgedrukt in reductie kg NO_x per euro subsidie. De effectiviteit blijft nog steeds wel een factor 2 hoger dan de kosteneffectiviteit voor motorvervanging.
- Een onzekerheid bij deze berekening is de mate waarin de uiteindelijke motorvervanging naar Stage V wordt vervroegd.
- Een tweede onzekerheid, is de werking van retrofit nabehandelingssystemen in de praktijk. In theorie kunnen Stage V limietwaarden benaderd worden, maar in praktijk is dit nog niet aangetoond. De retrofit systemen kennen geen wettelijk waarborging van de emissies in de praktijk zoals een verplichte On-Board Diagnose en In-Service Monitoring van af-fabriek Stage V motoren.

De vraag is wat de impact is op de NO_x-reducerende werking op de lange termijn. Daarnaast zijn de eisen vanuit de subsidieregeling relatief mild (60% reductie).

6.2 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan om beter inzicht te krijgen in de toekomstige ontwikkeling van de emissies van de binnenvaart vloot en het goed kunnen monitoren van het effect van beleidsinstrumenten:

- Het uitvoeren van NO_x-metingen in de praktijk aan meerdere schepen voorzien van retrofit SCR en nieuwe Stage V motoren. Het is niet bekend hoe sinds 2021 geïnstalleerde SCR systemen in de praktijk functioneren.
- De inschatting van de NO_x-uitstoot van binnenvaartschepen in dit onderzoek is gebaseerd op beperkte databronnen. Beter inzicht in de binnenvaartvloot, met name de motortypen, motorleeftijd en belastingspatronen zal de onzekerheid verminderen.
- Verdere AIS data analyse om beter inzicht te krijgen in het vaarpatroon en het aandeel daarin op het Nederlands grondgebied.
- Het aanscherpen van de NO_x-eisen van de regelingstekst voor retrofit. Aanbevolen wordt om die gelijkwaardig te maken aan de officiële NRMM Stage V eisen. Dan is het ook op gelijnd met de score voor het binnenvaart emissielabel en de subsidieregeling voor schoon en emissieloos bouwen.

7 Referenties

1. EICB, 2015, Inventarisatie milieuprestaties bestaande binnenvaartvloot West-Europa.
2. PBL, 2020, Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen; Rapportage bij de Klimaat- en Energieverkenning, PBL rapport 4211, 2020
3. PBL, 2021, Klimaat- en Energieverkenning 2021, PBL rapport 4681, 2021.
4. PROMINENT D1.1, 2016. Kelderman B. et.al., D1.1 List of operational profiles and fleet families: Identification of the fleet, typical fleet families & operational profiles on European inland waterways. PROMINENT deliverable D1.1. EC H2020 grand agreement 633929. https://www.prominent-iwt.eu/wp1-state-of-play/
5. PROMINENT D2.2, 2015. D2.2 Ex-ante cost/benefit analysis of business cases for standard after-treatment configurations: Analysis of the costs and benefits of the application of after-treatment. Multronic, SPB, STC-Nestra, TNO. PROMINENT WP2 report, grand agreement 633929, November 2015.
6. PROMINENT D2.8/D2.9, 2018. Standardized model and cost/benefit assessment for right-size engines and hybrid configurations. TNO, EICB, STC. PROMINENT WP2 report, grand agreement 633929, March 14, 2018
7. PROMINENT D5.7, 2017. Van Mensch, Pim, et.al.: Technical evaluation of the monitoring results Monitoring results on Rhine, Danube and other vessels. TNO, Multronic, SGS, NAVRON, PRO. PROMINENT WP5 report, Deliverable 5.7. grand agreement 633929, June, 2017
8. RWS, 2017, Binnenvaarttool 2017.
9. TNO, 2014, Hulskotte, J., Gebruikershandleiding POTAMIS, Prognosis Of Transport Air emissions Model of Inland Shipping – 27 augustus 2014. TNO 2021 R10401
10. TNO, 2020: Decamod: toolbox voor rekenen aan CO2-reductie in transport en logistiek, TNO 2020 R11938
11. TNO, 2021, NO_x-effecten modal shift, TNO 2021 P11675v2
12. TNO, 2021b: Eindrapport data onderzoek mobiele machines in Nederland. TNO rapport 2021 R11086

8 Ondertekening

Den Haag, 28 februari 2022 TNO

Arjan Eijk
Projectleider

Ruben Fransen
Auteur