

**Mobility & Built Environment**

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

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 00 00

**TNO-rapport****TNO 2023 R10864v2****Inschatting meerkosten programma  
Schoon en Emissieloos Bouwen voor mobiele  
werktuigen, bouwtransport en kustlijn­zorg en  
vaargeulonderhoud inclusief periode na 2030**

Datum	19 oktober 2023
Auteur(s)	Ruben Fransen, Annette Rondaij, Pim van Mensch, Siem van Merriënboer, Jorrit Harmsen
Exemplaar­nummer	2023-STL-RAP-100349347v2
Aantal pagina's	49 (incl. bijlagen)
Opdracht­gever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Projectnaam	SEB verlenging 2022
Projectnummer	060.53824

Alle rechten voorbehouden.

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

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2023 TNO

## Samenvatting

Als onderdeel van het programma Schoon en Emissieloos Bouwen is een routekaart opgesteld die beschrijft hoe doelstellingen op het gebied van stikstof, klimaat en schone lucht kunnen worden gehaald door de bouwsector. De routekaart geeft de kaders voor de inzet van schoon en emissieloos bouwmaterieel bij bouw-, sloop- en onderhoudsprojecten tot en met 2030. Daarin worden drie verschillende niveaus onderscheiden: het minimumniveau, het basisniveau ('peloton') en het ambitieuze niveau ('koplopers'). Deze niveaus beschrijven voor verschillende typen bouwmaterieel aan welke emissie-eisen moet worden voldaan in de periode tot 2030. De verschillende type bouwmaterieel zijn: mobiele werktuigen, spoor specialistisch materieel, voertuigen voor bouwtransport en schepen voor kustlijnverzorging en vaargeulonderhoud en voor de aanleg van net op zee. TNO is door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat gevraagd om voor de transitie naar schoon en emissieloos bouwen een kosteninschatting te maken van de routekaart SEB.

Dit rapport beschrijft de uitkomsten van de kosteninschatting en de methodiek en aannames die gedaan zijn om tot deze inschatting te kunnen komen. Het betreft een kosteninschatting van de aanschaf van schoon en zero-emissie (ZE) materieel om te voldoen aan de emissie-eisen in de routekaart ten opzichte van de kosten die autonoom zouden plaatsvinden zonder de routekaart (dus de ontwikkeling van de vloot van machines, voertuigen en vaartuigen indien geen aanvullende emissie-eisen worden gesteld). Deze additionele kosten worden in dit rapport aangeduid als 'meerkosten'. De meerkosten van de routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) voor mobiele werktuigen, voertuigen voor bouwtransport en schepen voor kustlijnverzorging en vaargeulonderhoud en voor aanleg van net op zee zijn weergegeven in de onderstaande tabel (Tabel 1). De minimale emissie-eisen uit de routekaart SEB vereisen schoner materieel dan volgens de verwachting zonder deze routekaart gaat ingroeien.

De berekende meerkosten geven inzicht in de kostentoeename voor het vervroegd introduceren van nieuw materieel tot 2030. Het aantal jaren vervroeging ten opzichte van autonoom en het kostenverschil met de huidige vloot zijn hier bepalend. Het autonome scenario waar deze vervroeging, en daarmee de meerkosten, tegen afgezet zijn is voor mobiele werktuigen en bouwtransport de prognose met vastgesteld en voorgenomen beleid uit de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2021 (PBL, 2021). Dat betekent dat in deze meerkosten geen rekening is gehouden met Nederlands en Europees beleid, aanvullend op de KEV 2021, en andere ontwikkelingen die tot verschoning van materieel leiden. Daarmee zijn de geschatte meerkosten, naar alle waarschijnlijkheid, een overschatting.

In de kostenberekening wordt onderscheid gemaakt naar twee typen kosten. Ten eerste in de meerkosten voor investeringen in schoner bouwmaterieel, waarnaar in dit rapport wordt gerefereerd als '*meerkosten investering*'. Dit betreft het kapitaal dat nodig is om het materieel voor de betreffende perioden te laten ingroeien.

Als tweede wordt het verschil in kosten voor afschrijving en gebruik van schoner materieel en vereiste duurzame brandstoffen gegeven<sup>1</sup>, waarnaar in dit rapport wordt gerefereerd als 'meerkosten afschrijving'. Met deze jaarlijkse kosten zijn de totale cumulatieve kosten over de periode 2023 tot en met 2030 berekend. Na 2030 zijn er ook nog meerkosten, dit betreft het deel wat dan nog afgeschreven dient te worden. Een belangrijke factor in deze jaarlijkse kosten is over hoeveel jaar de volledige machine gemiddeld wordt afgeschreven.

Naast het versneld ingroeien van nieuw materieel zijn er bij de vaartuigen in kustlijninzorg en vaargeulonderhoud en aanleg van net op zee ook eisen opgesteld voor het percentage duurzame brandstoffen. Het kostenverschil door het inzetten van duurzame brandstoffen ten opzichte van huidige brandstoffen is meegenomen in de meerkosten voor gebruik en afschrijving. Bij het bouwtransport (voertuigen) is het verschil in kosten voor bezit en gebruik van elektrische voertuigen vergeleken met conventionele verbrandingsmotoren meegenomen.

Tabel 1: Inschatting meerkosten investering en meerkosten voor afschrijving en gebruik voor de routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen.

Niveau routekaart		Meerkosten investering tot en met 2030	Meerkosten afschrijving en gebruik <sup>1</sup> tot en met 2030	
		<i>Investeringskosten</i>	<i>Afschrijving- en gebruikskosten</i>	
		<i>miljoen €</i>	<i>miljoen €</i>	
Mobiele werktuigen	Minimum (excl. overgangsregeling)	3.400 – 3.900	10 jaar afschrijving 2.100 – 2.500	8 jaar afschrijving 2.900 – 3.100
	Minimum en Basis	3.500 – 4.000	2.500 – 2.700	3.100 – 3.400
	Minimum, Basis en Ambitieuze <sup>2</sup>	4.100 – 4.600	2.500 – 2.800	3.300 – 3.500
Spoor specialistisch materieel	Ambitieuze	<i>Onbekend</i>		
Bouwtransport	Basis	314	8 jaar afschrijving -9	6 jaar afschrijving 106
	Ambitieuze	248 - 321	3	114
	Basis en ambitieuze	562 - 636	-6	220
Schepen kustlijninzorg en vaargeulonderhoud	Basis	71,8	15 jaar afschrijving 83	
	Ambitieuze	-	38,4	
	Basis en ambitieuze	71,8	121,4	
Schepen op zee (net op zee)	Basis	12,6	15 jaar afschrijving	
			30,1	

<sup>1</sup> Voor mobiele werktuigen wordt hierin alleen het verschil in kosten voor afschrijving meegenomen. Het verschil in kosten van het gebruik van schoner materieel en vereiste duurzame brandstoffen is niet berekend wegens te weinig inzicht in kosten voor laden en laadinfrastructuur op bouwlocaties.

<sup>2</sup> De getallen in de tabel geven een scenario weer waarbij een kwart van de publieke opdrachtgevers het ambitieuze niveau volgt, exclusief overgangsregeling.

# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting .....</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>5</b>
1.1	Leeswijzer .....	5
1.2	Aanpak .....	6
<b>2</b>	<b>Mobiele werktuigen .....</b>	<b>9</b>
2.1	Aanvullende aanpak mobiele werktuigen .....	9
2.2	Ingroei van nieuw materieel .....	10
2.3	Kostenberekening – uitgangspunten .....	13
2.4	Kostenberekening – uitkomsten .....	16
2.5	Conclusies mobiele werktuigen .....	24
<b>3</b>	<b>Spoor specialistisch materieel .....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>Bouwtransport .....</b>	<b>28</b>
4.1	Autonome scenario KEV 2021 .....	28
4.4	Investeringskosten .....	32
4.5	Jaarlijkse kosten .....	34
4.6	Kosten per SEB transitiepad .....	36
4.7	Meerkosten bouwtransport na 2030 .....	37
4.8	Conclusies meerkosten bouwtransport .....	38
<b>5</b>	<b>Vaartuigen kustlijnzorg en vaargeulonderhoud .....</b>	<b>40</b>
5.1	Transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud basisniveau .....	40
5.2	Additionele vervanging of retrofit van schepen .....	40
5.3	Uitgangspunten kostenberekening .....	42
5.4	Kosten kustlijnzorg en vaargeulonderhoud .....	42
5.5	Conclusies varend materieel kustlijnzorg en vaargeulonderhoud .....	44
<b>6</b>	<b>Vaartuigen net op zee .....</b>	<b>45</b>
6.1	Transitiepad energie .....	45
6.2	Additionele vervanging of retrofit van schepen .....	45
6.3	Uitgangspunten kostenberekening .....	46
6.4	Kosten vaartuigen net op zee .....	47
6.5	Conclusies varend materieel net op zee .....	47
<b>7</b>	<b>Bibliografie .....</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>Ondertekening .....</b>	<b>49</b>

# 1 Inleiding

Om de bouwsector te ondersteunen in het behalen van doelstellingen op het gebied van natuur, klimaat en gezondheid is het programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) opgezet. De routekaart SEB, die als onderdeel van het programma SEB wordt opgesteld, geeft invulling aan hoe emissies van mobiele werk-, voer- en vaartuigen in de bouwsector (bouwmaterieel) gereduceerd moeten gaan worden. De verschoning en verduurzaming van bouwmaterieel is daarin een belangrijk onderdeel.

De routekaart SEB is uitgewerkt voor vier materieeltypen:

1. mobiele werktuigen (hoofdstuk 2),
2. spoor specialistisch materieel (hoofdstuk 3),
3. bouwtransport (hoofdstuk 4),
4. vaartuigen in de kustlijnzorg en vaargeulonderhoud (hoofdstuk 5), en
5. vaartuigen die worden ingezet voor de aanleg van net op zee (hoofdstuk 6).

De routekaart geeft de kaders (met emissie-eisen) voor de inzet van schoon en emissieloos bouwmaterieel bij bouw-, sloop- en onderhoudsprojecten tot en met 2030 en verder.

In de routekaart worden drie verschillende niveaus onderscheiden: het minimumniveau, het basisniveau ('peloton') en het ambitieuze niveau ('koplopers'). Het minimumniveau is alleen opgesteld voor mobiele werktuigen (met uitzondering van spoor specialistisch materieel) en is gericht op de hele bouwsector. Publieke opdrachtgevers volgen de emissie-eisen van het basisniveau in nieuwe aanbestedingen. Een deel van de (publieke) opdrachtgevers, ook wel 'koplopers' genoemd, volgt het ambitieuze niveau, wat strengere emissie-eisen bevat voor een deel van de projecten.

TNO is door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat gevraagd om voor de transitie naar schoon en emissieloos bouwen een kosteninschatting te maken. In dit rapport staat de opbouw van deze kosteninschatting beschreven. Voor mobiele werktuigen zijn het minimum-, basis- en ambitieuze niveau doorgerekend. Voor bouwtransport en vaartuigen in de kustlijnzorg en vaargeulonderhoud zijn het basis- en het ambitieuze niveau doorgerekend (voor deze materieeltypen is er geen minimumniveau opgesteld in de routekaart SEB).

## 1.1 Leeswijzer

In dit rapport is voor elk materieeltype een hoofdstuk opgenomen waarin de kosteninschatting wordt besproken, zie Tabel 2. Deze uitsplitsing is gemaakt, omdat elk materieeltype zijn eigen kenmerken en uitgangspunten kent. Wel is waar mogelijk dezelfde aanpak voor alle materieeltypen gehanteerd, deze wordt in paragraaf 1.2 beschreven.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op mobiele werktuigen, de samenstelling van het machinepark bij autonome ontwikkeling en hoe deze samenstelling verandert door gestelde emissie-eisen in de routekaart.

Vervolgens worden in paragraaf 2.3 de belangrijkste uitgangspunten voor mobiele werktuigen toegelicht en deel 2.4 beschrijft de uitkomsten van de kostenberekening voor mobiele werktuigen.

De kosteninschatting voor bouwtransport staat in hoofdstuk 4 waarin de uitgangspunten voor de kostenberekening en vervolgens de uitkomsten worden besproken. In hoofdstuk 5 staat de kosteninschatting voor het onderdeel kustlijnzorg en vaargeulonderhoud en hoofdstuk 6 voor het onderdeel wind op zee.

Tabel 2: Leeswijzer.

Materieeltypen	Hoofdstuk
Mobiele werktuigen	2
Spoor specialistisch materieel	3
Bouwtransport	4
Schepen kustlijnzorg & vaargeulonderhoud	5
Schepen wind op zee (net op zee)	6

## 1.2 Aanpak

Voor de vier verschillende materieeltypen waarvoor de kosten zijn ingeschat is waar mogelijk dezelfde aanpak gehanteerd. Beperkingen hierin zijn kenmerkende verschillen tussen de materieeltypen zoals verschillen in technologie, vlootdiversiteit, opgestelde routekaarten en beschikbare statistieken.

In de basis zijn voor elk materieeltype de meerkosten ingeschat voor het vervroegd introduceren van nieuw, schoner, materieel. Voor de routekaarten voor de schepen in kustlijnzorg en vaargeulonderhoud zijn ook de meerkosten voor de gestelde eisen aan duurzame brandstoffen meegenomen.

In hoeverre materieel vervroegd geïntroduceerd moet worden in aantal jaren en aantal machines of voer-/vaartuigen wordt bepaald door de routekaart af te zetten ten opzichte van een autonoom scenario. Dat is een scenario waarin de emissie-eisen uit de routekaart SEB niet gelden, maar waar wel vlootvernieuwing plaatsvindt doordat verouderd materieel bij einde levensduur wordt vervangen door nieuw materieel dat voldoet aan de meest recente emissie-eisen. Om een correcte inschatting te maken van de meerkosten van de SEB-ambities dient eerst bepaald te worden wat het verwachte vloot-beeld is in elk zichtjaar. Hoe het autonome scenario is bepaald voor de verschillende materieeltypen, wordt toegelicht in paragraaf 1.2.1.

### 1.2.1 *Autonome scenario*

Voor een aantal materieeltypen in de routekaart SEB zijn al autonome scenario's vastgesteld. Zo biedt de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2021 het autonome scenario voor mobiele werktuigen en bouwtransport (PBL, 2021). Voor spoor specialistisch materieel, de vaartuigen in kustlijnzorg en vaargeulonderhoud (KZO) en de inzet voor wind op zee zijn nog geen specifieke prognoses opgesteld. Voor de schepen is daarom gebruik gemaakt van een autonome verwachting voor de ingroei van Tier III motoren, zoals is opgesteld in de notitie van Fransen et al. (2023).

Er wordt dus, indien beschikbaar, gebruik gemaakt van al bestaande prognoses. Hierbij dient te worden opgemerkt dat er in dit rapport geen rekening is gehouden met Europees beleid of andere nationale regelingen die niet zijn opgenomen in de KEV 2021. Dit betreft onder andere maatregelen uit het stikstofpakket en subsidie voor Stage V-motorvervanging in de binnenvaart, en andere duurzaamheidsmaatregelen, zoals aanschafsubsidies voor ZE-voertuigen en terugsluis van de vrachtwagenheffing. Dit leidt daarmee mogelijk tot een overschatting van de meerkosten van de SEB routekaart.

### 1.2.2 *Meerkosten ten opzichte van autonoom*

Ten opzichte van de autonome scenario's wordt het aantal machines, voer- en vaartuigen dat vervroegd vervangen moet worden als gevolg van de eisen in de routekaart SEB ingeschat. Vervroegde vervanging betekent naar voren halen van een investering in materieel en een vervroeging van meerkosten voor schoner materieel ten opzichte van conventioneel, autonoom, materieel. In het autonome scenario groeit per jaar het aandeel schoon materieel in de vloot. De meerkosten zijn ingeschat tot en met 2030. Ook in de jaren daarna zijn er meerkosten, maar deze zijn niet meegenomen vanwege de grote onzekerheid in de verschillen tussen de SEB routekaarten en autonome ingroeipaden. Voor bouwtransport is hier wel een inschatting van gemaakt.

Om inzicht te geven in de meerkosten voor vervroegde vervanging wordt in de kostenberekening onderscheid gemaakt naar twee typen kosten. Ten eerste in de meerkosten voor investeringen in schoner bouw materieel, dat vervroegd vervangen moet worden of waarbij er retrofit van de motor plaats moet vinden. Dit betreft het kapitaal dat nodig is om het materieel en/of technologie voor de betreffende perioden te laten ingroeien. Als tweede wordt het verschil in kosten voor afschrijving en gebruik van schoner materieel en vereiste duurzame brandstoffen gegeven (niet voor mobiele werktuigen). Met deze jaarlijkse kosten zijn de totale cumulatieve meerkosten voor vervroeging over de periode 2023 tot en met 2030 berekend. Een belangrijke factor in deze jaarlijkse kosten is over hoeveel jaar de volledige machine gemiddeld wordt afgeschreven.

Welke kostenuitgangspunten worden gebruikt om de meerkosten voor nieuw, schoner materieel en duurzame brandstoffen (bij de vaartuigen) in te schatten staat per materieeltype in de betreffende hoofdstukken beschreven.

### 1.2.3 *Onzekerheid*

Zoals in de paragrafen hierboven ook al benoemd is de kosteninschatting op meerdere vlakken onzeker. De gedane kostenberekening geeft een zo goed mogelijke inschatting van de meerkosten op basis van de beschikbare informatie. Echter, door onzekerheden in al deze informatie, met name het referentiescenario, verschil in kosten tussen referentiematerieel en gevraagde technologie, beperkte inzichten in aantallen en inzet van machines en het aandeel van publieke bouwwerken in het totaal, zijn de benoemde kostengetallen hoogst onzeker. Daarbij is het belangrijk om te benoemen dat het autonome scenario, de prognose van vastgesteld en voorgenomen beleid uit de KEV2021, en daarmee de meerkosteninschatting, geen rekening houdt met recent Nederlands en Europees beleid die tot meer verschoning van materieel kan leiden dan in de referentie is aangenomen. Dat leidt mogelijk tot een overschatting van de meerkosteninschatting in dit rapport.

Er is, zoals aangeven, veel onzeker over toekomstige kosten en de meerkosten van voorgestelde routekaarten, desondanks is er behoefte om de meerkosten voor materieel dat wordt voorgeschreven door de SEB routekaarten zo goed mogelijk in beeld te hebben.



## 2 Mobiele werktuigen

Dit hoofdstuk beschrijft de meerkosteninschatting van het minimumniveau voor mobiele werktuigen en geeft een toelichting op de gehanteerde methode. Het gehanteerde kader met emissie-eisen voor de kostenberekening staat weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Routekaart mobiele werktuigen – verplicht minimumniveau.

	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030
Licht ('minimaterieel') (<19 kW)	geen eis	geen eis	100% ZE**	100% ZE**
Zeer licht (19-37 kW)	Stage IIIa (IIIb bestaat niet)	Stage IIIa (IIIb bestaat niet)	Stage IIIa (IIIb bestaat niet)	100% ZE**
Licht (37-56 kW)	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IIIb	100% ZE**
Middelzwaar materieel (56-130 kW)	Stage IIIa	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter* (2030) 100% ZE (2035)
Zwaar materieel (130-560kW)	Stage IIIa	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter* (2030) 100% ZE (2035)
Specialistisch materieel (levensduur >15 jaar) Zeer zwaar materieel (>560kW)	geen eis	geen eis	Katalysator en roetfilter*	Katalysator en roetfilter* 100% ZE in 2035-2040
Stationair (generatoren, battery packs)	Stage IIIa (tot 560 kW)	Stage IV met roetfilter*	100% ZE**	100% ZE**

\* Met 'katalysator' wordt bedoeld een effectieve SCR-katalysator. Met 'roetfilter' wordt bedoeld een werkend, gesloten roetfilter die aan een deeltjeseis voldoet.

\*\* Conceptvoorstel: overgangsregeling tot 1 januari 2033 (tot die tijd is Stage V toegestaan). De berekeningen in deze studie zijn gedaan voor het minimumniveau zonder overgangsregeling. Wel wordt een grove inschatting gegeven van de mogelijke impact van de overgangsregeling op de meerkosten.

### 2.1 Aanvullende aanpak mobiele werktuigen

In de kostenberekening wordt onderscheid gemaakt naar twee typen meerkosten: investeringsmeerkosten en afschrijvingsmeerkosten. Als naar 'meerkosten' of 'kosten' wordt gerefereerd in dit hoofdstuk, betreft het investerings(meer)kosten, tenzij anders vermeld.

De kosten van laad- en tankinfrastructuur en operationele kosten zijn, door gebrek aan inzicht in de kosten voor laadinfrastructuur op bouwlocaties, niet meegenomen voor mobiele werktuigen.

Echter, de opgave en kosten voor aanleg van laadinfrastructuur en benodigde netverzwaring, en extra kosten gerelateerd aan de organisatie en extra fte die daarvoor benodigd is, dienen niet uit het oog verloren te worden.

Om de meerkosten als gevolg van de emissie-eisen in kaart te brengen, worden per vermogenscategorie de kosten van het autonome pad en de kosten van het ingroeipad bij hantering van het minimumniveau berekend.

Om kosten te kunnen berekenen, zijn de volgende gegevens nodig:

- Het (verwachte) aantal mobiele werktuigen dat wordt aangeschaft per categorie (vermogenscategorie en Stage V of ZE) en per zichtjaar;
- De investeringskosten per machine per categorie en per zichtjaar.

In paragraaf 2.2 is voor het autonome pad en het minimumniveau beschreven hoe de aantallen machines per zichtjaar zijn bepaald. In paragraaf 2.3 wordt ingegaan op de investeringskosten per categorie en per zichtjaar en worden de uitgangspunten van de berekening toegelicht. De uiteindelijke meerkosteninschatting wordt gegeven per routekaartperiode.

## 2.2 Ingroei van nieuw materieel

### 2.2.1 *Vlootsamenstelling en autonome ontwikkelingen*

Om de impact van de opgestelde emissie-eisen op de meerkosten van mobiele werktuigen te kunnen bepalen, moet eerst de vlootsamenstelling en de autonome ontwikkelingen daarin inzichtelijk zijn. Doordat slechts een gedeelte van de mobiele werktuigen publiek wordt geregistreerd is de kennis met betrekking tot de omvang en samenstelling (type machine en leeftijd) van het totale machinepark in Nederland niet nauwkeurig beschikbaar. Daarnaast is er slechts beperkte informatie over de praktijkinzet beschikbaar van de verschillende machines, zoals de totale draaiuren. Het EMMA-model (Hulskotte & Verbeek, 2009). bevat de meest accurate informatie omtrent vlootsamenstelling en wordt gebruikt om de landelijke emissies van mobiele werktuigen te bepalen voor de Emissieregistratie ([www.emissieregistratie.nl](http://www.emissieregistratie.nl)). EMMA bevat een inschatting van het aantal machines, machinetypen, eigenschappen (motortypen, vermogen, bouwjaar/emissienorm), de inzet (draaiuren, brandstofverbruik, motorbelasting, etc.) en emissiefactoren (Hulskotte & Verbeek, 2009); (Dellaert, Van Mensch, Bhoraskar, & Van der Mark, 2021)). Om deze reden is hier ook gekozen om het EMMA-model te gebruiken.

Tabel 4 laat de aantallen mobiele werktuigen in 2023 zien, waarbij een uitsplitsing is gemaakt naar de verschillende vermogenscategorieën. Daarnaast is een onderscheid gemaakt in stationair materieel en mobiel materieel. Stationaire werktuigen bevat materieel zoals generatorsets, bronbemaalingspompen en lichtmasten. Mobiele werktuigen kunnen zich voortbewegen middels een eigen aandrijving, zoals graafmachines, wielladers, asfaltmachines en heftrucks. Dit onderscheid is gemaakt omdat stationair materieel in het algemeen makkelijker uitstootvrij te maken is, en (waar mogelijk) vervangen kan worden door een directe netaansluiting.

Er zijn ongeveer 40.000 machines op benzine. Dit gaat veelal om zeer klein materieel, zoals bandenzagen, trilplaten / stampers en kleine aggregaten.

Tabel 4: Vlootontwikkeling 2023 per vermogensklasse.

Vermogensklasse	Stationair	Mobiel	Totaal
Benzine	20.900	21.200	42.100
< 19 kW	10.600	23.400	34.000
19 – 36 kW	8.800	22.600	31.400
37 – 56 kW	500	9.000	9.500
56 – 129 kW	2.000	25.400	27.400
130 – 560 kW	2.300	11.600	13.900
>560 kW	500	100	600
<b>Totaal</b>	<b>45.600</b>	<b>113.200</b>	<b>158.800</b>

EMMA bevat een inschatting van de autonome groei van het machinepark, gebaseerd op historische trends. Deze groei is als variabele in de berekeningen meegenomen. Het EMMA-model is ook gebruikt als referentie voor verdere decompositie naar Stage-klassen (emissieklassen) per vermogenscategorie, zowel voor 2023 als voor toekomstige zichtjaren. Zo kan bepaald worden hoeveel werktuigen eerder vervangen moeten worden, waarbij eventuele meerkosten naar voren worden gehaald. Mogelijk ontstaat er een verschuiving naar vermogens kleiner dan 56 kW, vanwege de emissie-eisen van Stage V die voor deze vermogenscategorieën soepeler zijn dan voor vermogens > 56 kW.

Naast de autonome groei van Stage V-materieel tussen 2023 en 2030 is ook een inschatting gemaakt van hoeveel van het bestaande Stage V-materieel in het autonome pad door Stage V wordt vervangen, op basis van het ingangsjaar van Stage V en de levensduur per vermogenscategorie. De berekende totale meerkosten van het minimumniveau bevatten hierdoor voor deze aantallen machines alleen de meerkosten van ZE (en dus niet de totale aanschafwaarde van ZE-machines), wat deels kan worden uitgelegd door het uitstootvrije karakter van de nieuwe machines en deels door het vervroegd vervangen van Stage V-werktuigen.

### 2.2.2 *Geweerd materieel vanwege eisen in de routekaart SEB*

Emissie-eisen worden strenger variërend en oplopend naargelang periode en de vermogenscategorie. Bij de ingang van een nieuwe periode zijn er machines in de vloot die worden geweerd doordat deze niet meer voldoen aan de gestelde eisen. Tabel 5 laat de geweerde aantallen per vermogenscategorie zien (uitgaande van de groei in het wagenpark, zoals beschreven in 2.2.1) met tussen haakjes het percentage van het totaal.

Tabel 5: Geweerd materieel per periode per vermogensklasse (exclusief overgangsregeling) in het minimumniveau, ten opzichte van het materiaal in 2022.

	Periode 1 2023-2024	Periode 2 2025-2027	Periode 3 2028-2029	Periode 4 2030
Licht ('minimaterieel') (<19 kW)	-	-	17.900 (75%)	-
Zeer licht (19-37 kW)	4.100 (21%)	-	-	19.200 (67%)
Licht (37-56 kW)	1.800 (19%)	600 (6%)	-	5.500 (69%)
Middelzwaar materieel (56-130 kW)	5.100 (20%)	8.500 (35%)	-	-
Zwaar materieel (130-560kW)	1.000 (8%)	3.200 (27%)	-	-
Specialistisch materieel (levensduur >15 jaar) Zeer zwaar materieel (>560kW)	-	-	-	-
Stationair (generatoren, battery packs)	12.200 (50%)	5.300 (22%)	17.700 (73%)	-

### 2.2.3 Ingroeipad bij de eisen uit de routekaart SEB

Op basis van de autonome vlootontwikkeling en de eisen uit het minimumniveau is het ingroeipad bepaald.

Daarin zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

1. In de periode 2023-2024 worden alle geweerde machines vervangen door nieuw Stage V-materieel. Er wordt aangenomen dat er nauwelijks ruimte is voor verschuiving van machines aangezien de eisen voor de hele sector gelden. Dit houdt in dat er geen vervanging naar Stage IIIb of Stage IV plaatsvindt in het geval dat (bijvoorbeeld) Stage IIIa als eis geldt. In de praktijk zal de aanschaf van nieuw Stage V-materieel net voor of na het ingangsjaar zijn, omdat de eis alleen bij nieuwe contracten en vergunningen geldt.
2. Voor de vermogenscategorieën (< 56 kW en stationair materieel) waar dieselmachines in 2028 of 2030 worden geweerd, is als uitgangspunt genomen dat de ingroei van ZE in 2025 begint en er vanaf dat moment dus geen ingroei van Stage V meer is. Hiermee wordt voorkomen dat in 2028 of 2030 alles in één klap uitstootvrij moet worden.
3. In het scenario van de overgangsregeling (zoals is opgenomen in de conceptversie van de routekaart SEB in februari 2023 (SEB, 2023)) wordt uitgegaan van ca. 70% van de mobiele machines <56 kW en de stationaire machines, uitstootvrij in 2030 – gegeven de 100% ZE-eis in het basisniveau in 2030, en voor het minimumniveau in 2033. Deze 70% is tot stand gekomen op basis van ingroeicurves gegeven 100% uitstootvrij in 2033. De haalbaarheid hiervan wordt beschreven in de notitie SEB Transitiepaden (Fransen, et al., 2023).

## 2.3 Kostenberekening – uitgangspunten

Vanwege verschillende onzekerheden, zoals de ontwikkeling van de prijzen van ZE-materieel, reactie op de eisen door machine-eigenaren en de samenstelling van de vloot, zijn er verschillende aannames gedaan om de berekeningen van de kosten uit te voeren. In deze paragraaf worden de belangrijkste aannames toegelicht.

### 2.3.1 Kosten

De categorie mobiele werktuigen is zeer divers. Alleen al in de bouwsector zijn er meer dan 30 verschillende machinetypen, in verschillende vermogenscategorieën en verschillende soorten brandstoffen (met name diesel, benzine en LPG). De kostenberekeningen zijn daarom gebaseerd op de meest voorkomende machinetypen, maar kunnen daardoor, met name voor de meer specifieke machines, afwijken van de investeringskosten in de praktijk.

#### 2.3.1.1 Stage V-materieel

Voor Stage V-materieel is een gemiddelde prijs gehanteerd per vermogenscategorie met onderscheid naar mobiel en stationair materieel, waarbij de prijzen als constant worden verondersteld voor de hele periode.

Voor de investeringskosten van Stage V stationair materieel wordt de onderstaande formule gehanteerd met motorvermogen als variabele, opgesteld op basis van online beschikbare marktprijzen van generatorsets. Stationair materieel bestaat uit meer machinetypen dan alleen generatorsets, maar generatorsets hebben wel het grootste aandeel qua aantallen en emissiebijdragen van het stationaire materieel. De aanschafprijzen van specifieke werktuigen kunnen met ruime marge afwijken van het gemiddelde.

$$\epsilon_{stationair} = \epsilon 112 * motorvermogen [kW] + \epsilon 6126$$

Voor het bepalen van de aanschafprijs per vermogenscategorie voor mobiel materieel is per vermogenscategorie het gemiddelde vermogen als rekenwaarde gehanteerd. Een belangrijke kanttekening is dat ook hier de aanschafprijzen van specifieke werktuigen met ruime marge kunnen afwijken van het gemiddelde. De waarden waarmee gerekend is staan in Tabel 6.

Tabel 6: Aanschafwaarde van nieuw Stage V mobiel materieel.

Mobiel	Rekenvermogen (kW)	Euro / kW	Aanschafwaarde (2023-2030)
<19 kW	10	1800	€18.000
19 – 37 kW	25	1400	€35.000
37 – 56 kW	50	1000	€50.000
57 – 129 kW	100	1200	€120.000
130 – 560 kW	300	800	€240.000

#### 2.3.1.2 Uitstootvrij materieel

Het huidige aanbod van uitstootvrij materieel is grotendeels batterij-elektrisch.

De kosten voor uitstootvrij materieel zijn daarom gebaseerd op batterij-elektrische machines. Voor elektrische machines aan de kabel is aangenomen dat er geen meerkosten zijn ten opzichte van diesel-aangedreven materieel.

De aanschaf van elektrisch materieel heeft alleen betrekking op de vermogens tot 56 kW en op stationair materieel. Er wordt aangenomen dat er geen *autonome* ingroei is van ZE-materieel.

Om beter rekening te kunnen houden met prijsverschillen tussen de machines met kleinere vermogens is de vermogenscategorie <19 kW uitgesplitst naar de categorieën <9kW en 9<=kW<19. Voor mobiele machines op benzine is ook nog een uitsplitsing gemaakt naar een categorie < 5 kW.

De kosten voor uitstootvrij materieel nemen naar verwachting af richting de toekomst. Er is daarom een inschatting gemaakt voor de kosten tot aan 2030. Dit staat beschreven in de volgende paragrafen.

#### 2.3.1.3 *Kosten ZE-materieel >= 19 kW*

Voor mobiel materieel >=19 kW wordt voor de kosten van uitstootvrije machines anno 2020 gebruik gemaakt van de meerkostenformule die is gehanteerd in de Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel (SSEB)<sup>3</sup>.

$$\text{Meerkosten ZE}_{2020} = \text{€}7000 + \text{€}300 * \text{motorvermogen [kW]} + \text{€}800 * \text{accucapaciteit [kWh]}$$

In de beginjaren is de meerprijs van elektrisch materieel hoog vanwege relatief kleine oplage, veel handwerk (ombouw) en de relatief hoge kosten van het accupakket. De kosten hiervan zijn ook in de SSEB-formule meegenomen. Ervan uitgaande dat de meerprijs van elektrisch materieel in 2030 alleen bestaat uit de accukosten, dalen de aanschafkosten van elektrisch materieel van 2,5x de aanschafkosten in 2020 van een dieselmachine naar richting 1,3x in 2030. Voor tussenliggende jaren is een lineaire interpolatie toegepast, wat neerkomt op een daling van ca. 6% per jaar. Ter vergelijking wordt in een studie van Transport & Environment voor batterij-elektrische vrachtwagens uitgegaan van meerkosten van 1,38 keer de prijs van dieselvoertuigen (Transport & Environment, 2021).

Voor stationair materieel is afgeweken van de SSEB-formule, waar de meerkosten voor uitstootvrije ten opzichte van Stage V-machines gelijk zijn gezet aan de kosten van het accupakket. Voor de kosten van het accupakket is gerekend op basis van de uitkomsten in de studie van National Renewable Energy Laboratory (2021), waarin wordt aangegeven dat de prijs van accupakketten kan dalen van 350 dollar in 2020 naar 143 tot 248 dollar in 2030 per kWh.

#### 2.3.1.4 *Kosten ZE-materieel < 19 kW*

Voor het kleine mobiele materieel < 19 kW zijn de kosten gebaseerd op marktvoorbeelden, omdat de SSEB-meerkostenformule niet geschikt is voor het allerkleinste materieel. De beschikbaarheid van ZE-materieel is echter nog beperkt, waardoor deze kosten onzeker zijn. Voor de berekeningen is uitgegaan van de kosten anno 2022.

<sup>3</sup> <https://www.rvo.nl/files/file/2022-04/Rekenvoorbeelden-SSEB-Aanschaf-en-MIA-april-2022.pdf>

Tabel 7: Inschatting van investeringskosten van uitstootvrij minimaterieel (&lt;19 kW) in 2022.

2022	Mobiel		Stationair	
	Benzine	Diesel	Benzine	Diesel
< 5 kW	€ 625			
< 9 kW	€ 1.500	€ 1.000	€ 3.600	€ 3.600
<19 kW			€ 7.200	€ 7.200

Voor benzine-aangedreven machines <5 kW is aangenomen dat de helft aan de kabel kan; dit betreft – naast trilstampers – met name machines zoals bandenzagers en slijpmachines. Dit geldt eveneens voor stationair materieel. Voor stationair materieel is uitgegaan van €800/kWh in 2020, vergelijkbaar met de variabele voor het accugedeelte uit de SSEB-meerkostenformule. Om de grootte van het accupakket te bepalen voor stationair <9 kW en < 19 kW is gerekend met een rekenvermogen van respectievelijk 5 kW en 10 kW.

Er wordt een prijsdaling van 5% per jaar gehanteerd tot 2030, wat resulteert in de getallen in Tabel 8.

Tabel 8: Gehanteerde investeringskosten van minimaterieel (&lt;19 kW) in 2030.

2030	Mobiel		Stationair	
	Benzine	Diesel	Benzine	Diesel
< 5 kW	€ 375			
< 9 kW	€ 1.000	€ 750	€ 2.475	€ 2.475
<19 kW			€ 4.950	€ 4.950

### 2.3.1.5 Kosten van SCR-katalysator en roetfilter

Voor de installatie van een SCR-katalysator en een roetfilter (DPF) worden de kosten aangehouden zoals in Tabel 9, gebaseerd op Tol & Verbeek (2021). Deze getallen worden toegepast in de berekening van de kosten van het transitiepad voor specialistisch materieel.

Tabel 9: Kosten van de installatie van een SCR-katalysator en roetfilter voor machines in de vermogenscategorie 560 – 1000 kW.

SCR-katalysator	€62.500
Roetfilter	€103.000

### 2.3.2 Inzet

Om de grootte van het accupakket te bepalen is een inschatting benodigd van de benodigde energie (kWh) per dag. Hiervoor zijn aannames benodigd voor het geïnstalleerde motorvermogen (zie rekenvermogen in de vorige paragraaf), de gemiddelde motorbelasting en het aantal draaiuren per dag. Deze variabelen kunnen in de praktijk sterk verschillen per machinetype en mogelijk zelfs per project, voor de kostenberekeningen zijn de volgende generieke aannames gemaakt op basis van uit de markt verkregen input.

Voor alle machines wordt uitgegaan van een gemiddelde motorbelasting van 30%.

Voor de inzet van stationair materieel > 19 kW zijn 8 – 10 draaiuren per dag aangenomen. Voor stationair materieel <19 kW is 6 uur per dag aangenomen. Voor het aantal draaiuren van mobiel materieel is gerekend met 4 – 6 uur per dag.

### 2.3.3 *Bekabeling*

Omdat veel stationaire machines vervangen kunnen worden door materieel wat direct op het stroomnet aangesloten kan worden, is niet in alle gevallen een accupakket nodig. Om dit mee te nemen is de aannahme gedaan dat 50% van de stationaire machines tot 56 kW geen accu nodig heeft. Voor stationaire machines boven 56 kW wordt aangenomen dat 25% geen accu nodig heeft vanwege bekabeling.

### 2.3.4 *Kanttekeningen*

Zoals eerder aangegeven zijn er veel onzekerheden, waardoor in de berekeningen gewerkt moet worden met aannames.

De grootste onzekerheden zijn:

- het totale aantal machines in het park;
- de prijsontwikkeling van accu's;
- de meerkosten van het kleine materieel <9 kW;
- de meerkosten van stationair materieel (de kosten van het accupakket);
- de gemiddelde inzet (draaiuren en motorbelasting);
- de mogelijkheid voor bekabeling.

Bovendien zijn er een aantal factoren die in praktijk kunnen optreden, maar waar in de berekening geen rekening mee wordt gehouden:

- kosten toekennen aan jaar van eis terwijl de aannahme is dat die aanschaf daarvoor plaatsvindt;
- nieuw aanschaffen van Stage V terwijl tweedehands ook kan;
- autonome ingroei van uitstootvrij materieel.

Het uitgangspunt voor de vermogenscategorieën waar in de transitieperiode (2023 – 2030) een ZE-eis gaat gelden is dat er vanaf 2025 geen nieuwe dieselmachines meer worden aangekocht. Er wordt daarom verondersteld dat nieuwe aankopen in het ingroeipad vanaf 2025 uitstootvrij zijn. In praktijk is een alternatief dat langer wordt doorgewerkt met dieselmachines met een meer gelijkmatige ingroei.

## 2.4 **Kostenberekening – uitkomsten**

Er zijn meerkosten berekend voor machines die eerder gekocht moeten worden dan in het autonome scenario als gevolg van de emissie-eisen in de routekaart.

Deze kosten bestaan uit twee elementen:

- Meerkosten vanwege de aanschaf van ZE-materieel ten opzichte van de aanschaf van nieuw Stage V-materieel in het autonome pad.
- Volledige kosten van machines die extra benodigd zijn.

Tabel 10 geeft een samenvatting van de uitkomsten van de kostenberekening.



Er wordt zowel berekend wat de totale meerkosten van de investeringen in de periode 2023 – 2030 zijn, als wat de jaarlijkse meerkosten zijn op basis van een afschrijftermijn van 8 en 10 jaar. Hierbij wordt zowel de periode tot en met 2030 als na 2030 weergegeven (doordat de afschrijvingsstermijn langer is dan de periode van de routekaart ligt een deel van de afschrijvingskosten na 2030). De totale investeringen worden berekend voor de periode 2023 – 2030, omdat in die periode de eisen worden ingevoerd (in sommige gevallen met een overgangsregeling tot 2033). Na 2030 zijn er daardoor minder investeringen nodig dan in het autonome pad, omdat het grootste deel van het park reeds is vervangen. Echter, indien met jaarlijkse kosten wordt gerekend, op basis van een afschrijftermijn, komt een deel van de meerkosten terecht in de periode na 2030. Dit komt doordat in 2030 nog niet alle nieuw aangeschafte machines zijn afgeschreven bij de gehanteerde afschrijvingsperiodes. De resultaten staan gepresenteerd in een bandbreedte, met als minimum van de bandbreedte het aantal draaiuren van stationair materieel >19 kW gemiddeld 8 uur per dag (in plaats van 10 in het maximum) en wordt uitgegaan van een constant machinepark (in plaats van groei volgens het EMMA-model in het maximum).

Om de resultaten van de meerkosteninschatting in de volgende alinea beter te duiden is het goed om te noemen dat de investeringskosten van het autonome pad in de periode 2023 - 2030 geschat worden op €4,4 – 4,9 miljard. Dit betreft investeringskosten in materieel bij autonome vervanging. De meerkosten voor eerder gekocht en schoner materieel worden hier tegen afgezet.

De meerkosten van de investeringen in de periode 2023 – 2030 worden ingeschat op €3,4 – 3,9 miljard. Het uitgangspunt hier is 100% ZE in 2028 en 2030 voor de betreffende categorieën (dus zonder de overgangsregeling). De meerkosten in de afschrijvingen worden in de periode 2023 – 2030 geschat op €2,9 – 3,1 miljard bij een afschrijvingsperiode (economische levensduur) van 8 jaar. Bij een afschrijvingsperiode van 10 jaar is de inschatting voor de meerkosten van de afschrijving €2,3 – 2,5 miljard in de periode 2023 – 2030. In de totale periode van afschrijving van de meerkosten, dus ook na 2030, komen de totale afschrijvingskosten weer uit op de totale investering van €3,4 – 3,9 miljard.

Bij de afschrijvingsmeerkosten staan in sommige gevallen negatieve getallen opgenomen in de periode 2031 – 2039. Dit houdt in dat de jaarlijkse totale afschrijvingskosten van het autonome pad over die periode hoger ligt dan van het ingroeipad van het minimumniveau. Dit wordt verklaard doordat bij ingang van de eerste periode (2023) of tweede periode (2025) een groot deel van het machinepark in deze categorieën wordt vervangen door nieuw materieel in het minimumniveau. Hierdoor zijn de kosten tussen 2030 en 2039 lager. Bij het autonome pad vinden investeringen daarentegen meer geleidelijk plaats.

Eventuele restwaarde van vervangen materieel is niet meegenomen in de berekening, daardoor zijn de meerkosten mogelijk een overschatting. Om toch een (weliswaar grove) indicatie te geven: als wordt aangenomen dat de restwaarde van gewerd materieel 20% is, wordt de totale restwaarde geschat op €0,3 – 0,6 mld.

Tabel 10: Overzicht van de meerkosten van het minimumniveau (exclusief overgangsregeling) van het transitiepad.

	Meerkosten investering	Meerkosten afschrijving (8 jaar)		Meerkosten afschrijving (10 jaar)	
		2023-2030	2023-2030	2031 – 2039	2023-2030
<i>miljoen €</i>					
<b>Ingroei Stage V (2023)</b> <i>Mobiel (&lt;56 kW) &amp; Stationair (&lt;560 kW)</i>	260 – 290	280 – 315	-(20 – 25)	225 – 255	35 – 40
<b>Ingroei Stage V en ZE (2025-2030)</b> <i>Mobiel (&lt;56 kW) &amp; Stationair (&lt;560 kW)</i>	1.755 – 2.180	690 – 870	1.060 – 1.310	550 – 700	1.200 – 1.480
<b>Ingroei Stage V (2023-2030)</b> <i>Mobiel (56 kW tot 560 kW)</i>	1.340	1.890 – 1.900	-(550 – 560)	1.510 - 1.520	-(170 – 180)
<b>Retrofit SCR op specialistisch materieel</b> <i>(Mobiel &amp; Stationair &gt; 560 kW)</i>	45	15	30	15	30
<i>miljard €</i>					
<b>Totaal</b>	<b>3,4 – 3,9 mld.</b>	<b>2,9 – 3,1 mld.</b>	<b>0,5 – 0,7 mld.</b>	<b>2,3– 2,5 mld.</b>	<b>1,1 – 1,4 mld.</b>

#### Overgangsregeling

Indien de overgangsregeling van kracht wordt, wordt geschat dat de meerkosten van de investeringen dalen met ca. 0,8 - 1 miljard euro in de periode 2023 – 2030. Ondanks dat het uitstootvrije materieel later wordt aangeschaft, tegen wat lagere kosten, zijn de veranderingen marginaal en komen deze kosten alsnog terecht in de periode 2030 – 2032. Bij een afschrijvingsperiode van 8 jaar worden de meerkosten van de afschrijvingen met de overgangsregeling geschat op 2,5 - 2,7 miljard euro. In de periode 2023 – 2030. In het geval van een afschrijvingsperiode van 10 jaar is dit 2 - 2,2 miljard euro.

In onderstaande tabellen (Tabel 11 en Tabel 12) worden de meerkosten per vermogenscategorie weergegeven en uitgesplitst naar mobiel en stationair materieel., dit gaat wederom om de extra investeringen ten opzichte van het autonome pad. Bij de berekeningen zijn de kosten toegekend aan het jaar waarin de eis ingaat. In de praktijk zal de aanschaf net voor of na het ingangsjaar zijn, omdat de eis geldt bij nieuwe contracten en vergunningen. In de tabellen zijn cellen met groen gemarkeerd als de meerkosten worden toegerekend aan de uitstootvrije eisen. De overige kosten worden toegekend aan de aanschaf van Stage V of installatie van SCR-katalysators en roetfilters voor specialistisch materieel.

De meerkosten van de aanschaf van nieuw Stage V-materieel en installatie van SCR-katalysators en roetfilters voor specialistisch materieel wordt geschat op €1,7 miljard. Hiervan is ongeveer €1,2 miljard aan investeringen nodig in de periode 2023 – 2024. De geschatte meerkosten vanwege de uitstootvrije eisen voor stationair materieel en voor mobiel materieel in de vermogenscategorie <56 kW worden geschat op €1,7 – 2,2 miljard. De hoogste meerkosten zitten in de vermogenscategorieën middelzwaar en zwaar (56 – 560 kW), waar een relatief hoog aandeel machines wordt geweerd in combinatie met relatief hoge investeringskosten per machine.

Het getal aan de linkerkant van de bandbreedte is de uitkomst van het minimumscenario. In sommige categorieën / periodes valt deze hoger uit dan het maximumscenario. Dit is afhankelijk van of er een groei of krimp is volgens de vlootontwikkeling in het EMMA-model (waar het maximumscenario vanuit gaat). Doordat het minimumscenario uitgaat van een constante vloot, kan in het geval van krimp de uitkomst in het maximumscenario lager uitkomen.

Tabel 11: Overzicht van de meerkosten (extra investeringskosten ten opzichte van autonoom) per vermogenscategorie en periode voor mobiele machines. De groene markering geeft aan welke meerkosten worden toegekend aan investeringen in uitstootvrij.

Mobiel <i>miljoen €</i>	2023-2024	2025-2027	2028 - 2029	2030	Totaal
Licht ('minimaterieel') < 19 kW	- (7 - 4)	5,8 - 6,7	273 - 280	- (30 - 32)	241 - 250
Zeer licht (19 - 37 kW)	41 - 63	31 - 101	98 - 101	308 - 485	477 - 750
Licht (37 - 56 kW)	83 - 89	54 - 65	15	338 - 372	490 - 541
Middelzwaar (56 - 130 kW)	999 - 995	331 - 330	- (312 - 309)	- (161 - 159)	857 - 858
Zwaar (130 - 560 kW)	454 - 466	175 - 173	- (166 - 171)	18 - 13	481
Specialistisch (>560 kW)	-	-	5,7	-	5,7
Benzine	1,5 - 1,7	2,1	41	- 4,8	35 - 36
<b>Totaal</b>	<b>1.572 - 1.612</b>	<b>593 - 674</b>	<b>- (46 - 39)</b>	<b>467 - 674</b>	<b>2.586 - 2.921</b>

Tabel 12: Overzicht van de meerkosten per vermogenscategorie en periode voor stationaire machines. De groene markering geeft aan welke meerkosten worden toegekend aan investeringen in uitstootvrij.

Stationair <i>miljoen €</i>	2023-2024	2025-2027	2028 - 2029	2030	Totaal
Licht ('minimaterieel') < 19 kW	48	- 13	72	- 4,2	102 - 103
Zeer licht (19 - 37 kW)	29	36 - 44	52 - 61	- 3,3	113 - 131
Licht (37 - 56 kW)	2,4	3,9 - 4,8	5,6 - 6,7	- 0,2	12 - 14
Middelzwaar (56 - 130 kW)	12	44 - 54	64 - 77	- 1,6	118 - 142
Zwaar (130 - 560 kW)	20	142 - 176	204 - 249	- (4,5 - 4,2)	362 - 441
Specialistisch (>560 kW)	-	-	39	-	39
Benzine	30	- 24	65	- 7,9	64
<b>Totaal</b>	<b>141</b>	<b>190 - 242</b>	<b>502 - 571</b>	<b>- 22</b>	<b>811 - 932</b>

In de paragrafen 2.4.1, 2.4.2 en 2.4.3 in dit hoofdstuk wordt voor de verschillende vermogenscategorieën gedetailleerder ingegaan op de eisen in de routekaart en de geschatte impact daarvan op de meerkosten.

## 2.4.1 Mobiel materieel

### 2.4.1.1 Minimaterieel (<19 kW)

Tabel 13: Minimumniveau voor mobiel minimaterieel (<19 kW) (volgens conceptversie Routekaart SEB feb. '23).

	Periode 1 2023-2024	Periode 2 2025-2027	Periode 3 2028-2029	Periode 4 2030 en verder
Licht ('minimaterieel') (<19 kW)	geen eis	geen eis	100% ZE	100% ZE

Voor mobiel materieel <19 kW geldt geen eis tot 2028, zie Tabel 13. Dat betekent dat in de berekening in de eerste twee periodes dezelfde ingroei wordt aangehouden als in het autonome pad. Vanaf 2025 worden nieuwe machines volgens de aannahme wel uitstootvrij aangeschaft terwijl in het autonome pad géén ingroei van uitstootvrij materieel wordt aangenomen. In 2028 moeten alle machines uitstootvrij worden, met een overgangsregeling tot 2033. Er wordt ingeschat dat er zo'n € 276 - 286 miljoen aan meerkosten zijn voor deze vermogenscategorie (mobiel materieel <19 kW, inclusief benzinemachines).

#### 2.4.1.2 Zeer licht en licht materieel (19 – 56 kW)

Tabel 14: Minimumniveau voor zeer licht en licht mobiel materieel (19 - 56 kW) (volgens conceptversie Routekaart SEB feb. '23).

	Periode 1 2023-2024	Periode 2 2025-2027	Periode 3 2028-2029	Periode 4 2030 en verder
Zeer licht (19-37 kW)	Stage IIIa (IIIb bestaat niet)	Stage IIIa (IIIb bestaat niet)	Stage IIIa (IIIb bestaat niet)	100% ZE
Licht (37-56 kW)	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IIIb	100% ZE

Voor mobiel materieel vanaf 19 kW en tot 56 kW geldt vanaf 2023 minimaal Stage IIIa als eis. Voor machines van 37 – 56 kW gaat per ingaande van periode 2 Stage IIIb gelden (in de vermogenscategorie 19 – 37 kW bestaat deze Stageklasse niet). Vanaf 2030 wordt voor zowel zeer licht als licht mobiel materieel 100% uitstootvrij uitgevraagd, met een overgangsregeling tot 2033. De inschatting van de totale meerkosten voor deze categorieën is ca. € 0,97 – 1,3 miljard.

#### 2.4.1.3 Middelzwaar en zwaar materieel (56 – 560 kW)

Tabel 15: Minimumniveau voor middelzwaar en zwaar mobiel materieel (56 - 560 kW) (volgens conceptversie Routekaart SEB feb. '23).

	Periode 1 2023-2024	Periode 2 2025-2027	Periode 3 2028-2029	Periode 4 2030 en verder
Middelzwaar materieel (56-130 kW)	Stage IIIa	Stage IV met roetfilter	Stage IV met roetfilter	Stage IV met roetfilter (2030) 100% ZE (2035)
Zwaar materieel (130- 560kW)	Stage IIIa	Stage IV met roetfilter	Stage IV met roetfilter	Stage IV met roetfilter (2030) 100% ZE (2035)

Voor mobiele machines met 56 – 560 kW vermogen geldt vanaf 2023 Stage IIIa als minimumeis. Vanaf 2025 wordt deze eis strenger en mogen alleen Stage IV-machines met roetfilter worden uitgevraagd. Er wordt in de berekening gewerkt met het uitgangspunt dat 50% van de Stage IV-machines in 2025 uitgerust is met een roetfilter. De helft van de Stage IV-machines is dat volgens deze aannahme niet en wordt vervangen door een Stage V-machine. De totale meerkosten voor middelzwaar en zwaar mobiel materieel komen op € 1,3 miljard.

### 2.4.2 Stationair materieel

In het minimumniveau moet stationair materieel (tot 560 kW) minimaal Stage IIIa hebben vanaf 2023. Vanaf 2025 geldt een minimumeis van Stage IV met roetfilter en vanaf 2028 moet stationair materieel 100% uitstootvrij zijn, met een overgangsregeling tot 2033. De minimumeisen die worden gesteld aan de Stage-klassen van stationaire machines worden daarmee in een relatief korte periode steeds strenger. De inschatting van de totale meerkosten in investeringen is € 811 - 932 miljoen. In de berekening wordt gewerkt met de aanname dat van het stationaire materieel <56 kW 50% bekabelbaar is en dat vanaf 56 kW 25% bekabelbaar is. Als dit gerealiseerd wordt zijn er minder batterij-elektrische machines nodig.

Tabel 16: Minimumniveau voor stationair materieel (volgens conceptversie Routekaart SEB feb. '23).

	Periode 1 2023-2024	Periode 2 2025-2027	Periode 3 2028-2029	Periode 4 2030 en verder
Stationair (generatoren, battery packs)	Stage IIIa (tot 560 kW)	Stage IV met roetfilter	100% ZE	100% ZE

### 2.4.3 Specialistisch materieel

Tabel 17: Minimumniveau voor specialistisch materieel (volgens conceptversie Routekaart SEB feb. '23).

	Periode 1 2023-2024	Periode 2 2025-2027	Periode 3 2028-2029	Periode 4 2030 en verder
Specialistisch materieel (levensduur >15 jaar) Zeer zwaar materieel (>560kW)	geen eis	geen eis	Katalysator en roetfilter	Katalysator en roetfilter 100% ZE in 2035-2040

In het autonome pad wordt voor specialistisch materieel aangenomen dat er geen investeringskosten worden gemaakt, omdat er geen aanpassingen nodig zijn aan de machines. In het minimumniveau wordt vanaf 2028 een katalysator en roetfilter geëist, waarvoor investeringskosten van de installatie worden berekend. Voor de berekening van deze kosten is als uitgangspunt aangenomen dat de helft van de machines met Stage IIIb en Stage IV motor over een gesloten roetfilter beschikt. Aan deze machines met roetfilter worden alleen de kosten voor de installatie van een SCR-katalysator toegekend. Voor de lagere Stage-klassen worden voor alle machines ook kosten voor de installatie van een roetfilter en SCR-katalysator meegenomen. De inschatting van de meerkosten voor specialistisch materieel (mobiel en stationair) komt daarmee uit op €45 miljoen.

### 2.4.4 Basisniveau

In het basisniveau zijn de eisen vanaf 2023 strenger voor mobiele machines van 19 – 560 kW en voor stationair materieel, zie Tabel 18. Voor mobiel materieel van 19 – 37 kW gaat de 100% ZE-eis eerder in (vanaf 2028 in plaats van 2030).

Voor de andere categorieën wordt Stage IIIb geëist, waar in het minimumniveau Stage IIIa als eis wordt gesteld.

Tabel 18: Het basisniveau voor mobiele werktuigen volgens de conceptversie (feb. '23) van de SEB routekaart

	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030
Licht ('minimaterieel') (<19 kW)	geen eis	geen eis	100% ZE	100% ZE
Zeer licht (19-37 kW)	Stage IIIa (II b bestaat niet)	Stage IIIa (II b bestaat niet)	100% ZE	100% ZE
Licht (37-56 kW)	Stage IIIb	Stage IIIb	100% ZE	100% ZE
Middelzwaar materieel (56-130 kW)	Stage IIIb	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter* (2030) 100% ZE (2035)
Zwaar materieel (130- 560kW)	Stage IIIb	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter* (2030) 100% ZE (2035)
Specialistisch materieel (levensduur >15 jaar) Zeer zwaar materieel (>560kW)	geen eis	geen eis	Katalysator en roetfilter*	Katalysator en roetfilter* 100% ZE in 2035-2040
Stationair (generatoren, battery packs)	Stage IIIb (tot 560 kW)	Stage IV met roetfilter*	100% ZE	100% ZE

\* Met 'katalysator' wordt bedoeld een effectieve SCR-katalysator. Met 'roetfilter' wordt bedoeld een werkend, gesloten roetfilter die aan een deeltjeseis voldoet.

De strengere eisen in het basisniveau hebben verschillende effecten op de kosten:

- Voor mobiel materieel 19 – 37 kW gaat de 100% ZE-eis 2 jaar eerder in. Door de jaarlijkse afname in aanschafkosten van ZE-materieel waarin in de berekeningen vanuit is gegaan, zijn de investeringskosten 2 jaar eerder hoger.
- Vanwege de strengere eisen voor mobiel materieel in de vermogenscategorie 37 – 56 kW en voor stationair materieel wordt in periode 1 Stage IIIa-materieel geweerd en vervangen door nieuw Stage V-materieel. Vanwege de ZE-eis geldend vanaf 2028 moeten deze nieuw aangeschafte Stage V-machines worden vervangen door ZE. Dit zorgt voor een stijging van de meerkosten van het transitiepad als naast het minimumniveau ook het basisniveau wordt gehanteerd. In het minimumniveau treedt dit effect minder op, doordat Stage IIIa-machines nog tot minstens 2025 mogen worden gebruikt. Vanaf 2025 worden nieuwe machines ZE aangeschaft volgens de uitgangspunten in de berekening. Daarmee wordt in het minimumniveau de aanschaf van nieuw Stage V-materieel, wat vervolgens al op korte termijn wordt vervangen door ZE-materieel, voorkomen.

In totaal leiden deze effecten tot een toename van ongeveer 0,2 miljard euro boven op de investeringsmeerkosten van het minimumniveau, indien deze eisen zouden gelden voor alle opdrachtgevers. Het basisniveau geldt echter alleen voor publieke opdrachtgevers. Het aandeel publieke opdrachtgevers is op dit moment niet gekwantificeerd. Voor de berekening is het daarom noodzakelijk hierover een aanname te maken. Gegeven de onzekerheid is een totale verdeling van 50%/50% aangehouden. Daarmee leiden bovenstaande redenen tot een stijging van 0,1 miljard in de meerkosten van de investeringen (indien boven op het minimumniveau ook het basisniveau wordt gehanteerd). Het minimum- en basisniveau zouden dan samen tot 3,5 tot 4,0 miljard euro komen.

#### 2.4.5 *Ambitieuze niveau*

Het ambitieuze niveau voor mobiele werktuigen wordt toegepast in een vastgesteld percentage koploperprojecten, waarin een bepaald percentage van het werk met emissieloos materieel moet worden uitgevoerd. Tabel 19 laat de details vanuit de routekaart zien. Voor het niet-emissieloze materieel dat wordt ingezet, gelden dezelfde eisen als in het basisniveau.

Tabel 19: Ambitieuze pad mobiele werktuigen volgens routekaart SEB.

	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030
Aandeel koploperprojecten	5 – 25%	25 – 50%	50 – 80%	75 – 95%
Percentage ZE (draaiuren x vermogen)	10 – 30%	30 – 70%	70 – 90%	90 – 100%

In de berekeningen wordt verondersteld dat alle publieke opdrachtgevers (50%) meedoen aan het ambitieuze pad, waarmee dus een maximaal potentieel wordt berekend. Er zijn ook scenario's doorgerekend indien 50% en 25% van de publieke opdrachtgevers meedoen. Er is in deze berekeningen geen rekening gehouden met een mogelijk effect dat optreedt op de meerkosten per machine indien het aantal publieke opdrachtgevers dat het ambitieuze niveau toepast toeneemt.

Voor het aandeel koploperprojecten en het aandeel ZE wordt het midden van de bandbreedte genomen voor de berekeningen, zie Tabel 20. Het aandeel ZE wordt bepaald op basis van het aantal draaiuren en het vermogen.

Tabel 20: Uitgangspunten zoals mee is gerekend in de analyse. Voor het aandeel koploperprojecten en het percentage ZE is gerekend met het midden van de bandbreedte.

	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030
Aandeel koploperprojecten	15%	37,5%	65%	85%
Percentage ZE (draaiuren x vermogen)	20%	50%	80%	95%

Op basis van de veronderstelling dat alle publieke opdrachtgevers meedoen in combinatie met het aandeel koploperprojecten en het aandeel ZE (Tabel 20) is per periode ingeschat hoeveel machines er uitstootvrij moeten zijn. Voor de berekeningen moet ook een keuze worden gemaakt over welke machines ZE worden. Als uitgangspunt wordt gestart met de machines in de lagere vermogensklassen en opgebouwd naar de hogere vermogensklassen tot het percentage ZE is bereikt. Voor de mate waarin stationaire machines ZE worden ten opzichte van mobiele machines, is een vergelijkbare verhouding aangehouden als het aandeel stationaire machines in de vloot ten opzichte van mobiele machines. Aangezien de routekaart SEB aangeeft dat het basisniveau geldt voor de overige materieelinzet en er in periode 3 en 4 van het basisniveau ook al ZE-eisen gelden is in het ambitieuze niveau gekeken naar wat er nog extra aan ZE inzet zou moeten zijn boven op het basisniveau.

De totale investeringsmeerkosten van het ambitieuze niveau, inclusief hantering van het minimum- en basisniveau, worden geschat op €5,7 – 6,2 miljard indien alle publieke opdrachtgevers het ambitieuze niveau volgen. Dit is een maximaal scenario. Ongeveer 60% van de meerkosten vallen als afschrijvingsmeerkosten in de periode tot en met 2030 (bij een afschrijvingstermijn van 10 jaar), namelijk €3,5 – 3,9 miljard. Het resterende gedeelte, ca. €2,2 – 2,3 miljard meerkosten, vallen als afschrijvingskosten in de periode na 2030. Bij een afschrijvingstermijn van 8 jaar valt ongeveer 80% van de meerkosten als afschrijvingskosten in de periode t/m 2030, namelijk €4,5 – 4,8 miljard.

In het scenario dat de helft van de publieke opdrachtgevers het ambitieuze niveau hanteert, dan worden de totale meerkosten geschat op €4,6 – 5,1 miljard. Als een kwart van de publieke opdrachtgevers het ambitieuze niveau volgt, dan worden de totale meerkosten geschat op €4,1 – 4,6 miljard. De genoemde meerkosten zijn inclusief het minimum- en basisniveau.

## 2.5 Conclusies mobiele werktuigen

Vanuit de berekeningen worden de investeringskosten van het autonome pad in de periode 2023 - 2030 geschat op €4,4 - 4,9 miljard en van het ingroeipad op basis van het minimumniveau op €7,9 - 8,8 miljard. De meerkosten komen daarmee op €3,4 - 3,9 miljard. Dit geldt bij 100% ZE in 2028 en 2030 voor de betreffende categorieën. Indien de overgangsregeling van kracht wordt dalen de kosten met ca. €0,8 - 1 miljard in de periode 2023 – 2030. Deze kosten komen er echter bij in periode 2030 – 2032. In het geval dat wordt gekeken naar jaarlijkse kosten op basis van afschrijvingstermijn valt een groter deel van de kosten na 2030. Hierbij geldt dat hoe langer de afschrijvingstermijn, hoe meer kosten na 2030 vallen.

In het minimum van de bandbreedte wordt aangenomen dat de vloot niet groeit en wordt voor stationair materieel >19 kW een inzet van 8 uur per dag gehanteerd voor het benodigde accupakket. In het maximum van de bandbreedte wordt daarentegen uitgegaan van de vlootontwikkeling volgens het EMMA-model (waarin over het algemeen groei van het machinepark waarneembaar is) en 10 draaiuren per dag voor stationair materieel >19 kW.



Ongeveer €1,7 miljard van de meerkosten bestaat uit de aanschaf van Stage V-materieel, waarvan wordt ingeschat dat €1,2 miljard aan investeringen moet plaatsvinden in de periode 2023 - 2024. Van de ingeschatte €3,4 – 3,9 miljard aan meerkosten wordt ongeveer €1,7 – 2,2 miljard toegerekend aan de uitstootvrije eisen die gaan gelden voor mobiel materieel <56 kW en stationair materieel (met uitzondering van specialistisch materieel). De hoogste meerkosten zitten in de vermogenscategorieën middelzwaar en zwaar (56 – 560 kW), waar een relatief hoog aandeel machines wordt geweerd in combinatie met relatief hoge investeringskosten per machine.

Bij hantering van het basisniveau boven op het minimumniveau nemen de meerkosten toe met €0,1 miljard, op basis van de aanname dat het aandeel publieke opdrachtgevers 50% is. Als ook het ambitieuze niveau gehanteerd wordt, wordt ingeschat dat de investeringsmeerkosten ongeveer €2,3 miljard meer zijn dan wanneer alleen het minimumniveau wordt gehanteerd. Dit is een maximaal scenario, waarbij is gerekend met het uitgangspunt dat alle publieke opdrachtgevers het ambitieuze niveau toepassen. Het is echter nog niet duidelijk welke partijen het Convenant SEB gaan ondertekenen en hoeveel van de publieke opdrachtgevers het ambitieuze niveau gaan hanteren. Als het aantal publieke opdrachtgevers dat het ambitieuze pad toepast lager ligt, zullen de kosten lager uitvallen. In een scenario waarbij een kwart van de publieke opdrachtgevers het ambitieuze niveau volgen worden de extra investeringsmeerkosten geschat op €0,7 miljard ten opzichte van alleen het minimumniveau.

Op projectbasis moet er rekening mee worden gehouden dat er bovenop hantering van het basisniveau extra kosten gemaakt moet worden om aan de eisen van het ambitieuze niveau te voldoen (bijvoorbeeld door inzet van emissieloze werktuigen met hogere vermogensklassen). Het ambitieuze niveau is dan ook bestemd voor innovatie, waarbij partijen worden aangemoedigd om ook het lastiger te verduurzamen materieel met hogere vermogens in te zetten.

Zoals eerder in dit rapport benoemd houdt de meerkosteninschatting geen rekening met recent belendend Nederlands en Europees beleid aanvullend op de KEV 2021, voor milieu- en klimaatdoelen. Hierdoor zou mogelijk meer schoner materieel kunnen ingroeien dan in het autonome scenario is aangenomen. Daarmee is deze kosteninschatting mogelijk een overschatting.

### 3 Spoor specialistisch materieel

Naast mobiele werktuigen is er ook een specifieke routekaart voor spoor specialistisch materieel. Deze routekaart beschrijft alleen het ambitieuze niveau voor koploperprojecten, zie Tabel 21. In de berekeningen in dit hoofdstuk wordt ervanuit gegaan dat al het spoorwerk met spoor specialistisch materieel onder de koploperprojecten valt.

Aan periode 1 wordt geen effect toegekend, omdat dit alleen onderzoek, ontwikkeling en ambities betreft. Vanaf periode 2 zijn de in Tabel 21 genoemde ambities aangehouden. Specifiek voor ZE-stadzones zijn voor railweg voertuigen aanvullende eisen opgenomen in de routekaart (naast de minimale eisen). Het aandeel spoorwerken in ZE-stadzones is echter niet bekend; er is daarom alleen gerekend met de minimale eisen.

Voor specialistisch/zwaar spoormaterieel is voor het jaar 2030 uitgegaan van 30% ZE. Machines waar er minder dan twee van zijn, worden in de berekening niet ZE. Voor middelzwaar spoormaterieel is periode 4 beschreven als 'ingroei naar 100% ZE'. In de berekening is dat aangenomen als 100% ZE in 2030. Voor specialistisch/zwaar spoormaterieel is voor 2025 uitgegaan van de eis 'SCR+roetfilter', al is niet direct duidelijk of dit een eis is, omdat er 'toepassing' staat.

Voor kosten is er voor dit specialistische materieel momenteel nog veel onbekend. Daarom zijn voornamelijk alleen de kosten voor retrofit SCR + roetfilter volledig doorgerekend. Voor ZE zijn alleen de kosten van minimaterieel en middelzwaar materieel grof ingeschat.

Tabel 21: Routekaart ambitieuze niveau specialistisch spoormaterieel.

Koploperprojecten Spoor	Periode 1 2023 tot en met 2024	Periode 2 2025 tot en met 2027	Periode 3 2028 tot en met 2029	Periode 4 Vanaf 2030
<b>Specialistisch spoormaterieel (werktuigen)</b>				
<b>Bouwmaterieel</b>				
Mini spoormaterieel (<19 kW)	Autonome ontwikkeling (ambitie 20% ZE)	Ambitie: 80% ZE	100% ZE	100% ZE
Middelzwaar spoormaterieel (tot 130kW; met name krollen)	Maatwerk/autonome ontwikkeling	Stage IV + roetfilter	Stage IV + roetfilter	Ingroei naar 100% ZE
Specialistisch/zwaar spoormaterieel (>130 kW)	Stimuleren ingroei ZE Onderzoek / ontwikkeling verduurzamingsopties (retrofit, ZE/hybride)	Ambitie: 20% ZE Toepassing SCR+roetfilter Ambitie ZE: min. 1 ZE-stopmachine	Ambitie: 50% ZE Eis: minimaal SCR+roetfilter Ingroei ZE: ambitie 10-20% ZE	Eis: minimaal SCR+roetfilter Doorgroeien naar >50% ZE (2035-2040)
<b>Rail-wegvoertuigen en bouwlogistiek*</b>				
Middelzware rail-weg bussen (N1; <3.500kg)	Stimuleren ingroei ZE of hybride	Minimaal Euro 6/6d, hybride of ZE	Minimaal Euro 6/6d, ZE of hybride ZE (voor ZE-stadzones)	Eis: 100% ZE
Middelzwaar rail-weg materieel (N2/3; > 3.500kg)	Stimuleren ingroei ZE of hybride	Minimaal Euro VI, hybride of ZE	Minimaal Euro VI, ZE of hybride ZE (voor ZE-stadzones)	Minimaal ZE of hybride ZE (voor ZE-stadzones)
Transport van materialen naar de bouwplaats m.b.v. diesellocs (bouwlogistiek)	Onderzoek / ontwikkeling verduurzamingsopties (retrofit, ZE/hybride) Procesmaatregelen	Toepassing SCR+roetfilter Ingroei hybride / ZE Procesmaatregelen	Toepassing SCR+roetfilter Ambitie: 20% ZE Procesmaatregelen	Toepassing SCR+roetfilter Ambitie: >50% ZE Procesmaatregelen

Tabel 22: Aantallen per categorie in spoor specialistisch materieel.

Categorie	Type materieel	Motorvermogen	Aantal machines
Zeer groot	Werktreinen & zeer grote specialistische spoorwerktuigen	560 tot 2000* kW	Ca. 40
Groot	Specialistische spoorwerktuigen groot & rail-weg voertuigen	130 tot 560 kW	Ca. 65
Middelgroot	Specialistische spoorwerktuigen middel	56 – 130 kW	Ca. 120
Mini	Klein materieel (benzine en diesel)	<19 kW	Ca. 1000

De kosteninschatting voor het spoormaterieel betreft de investeringskosten in nabehandelingssystemen en de bijkomende gebruikskosten voor AdBlue bij installatie van een SCR-katalysator. Voor installatie van één SCR-katalysator is €22.540 per stuk gerekend, waar voor de installatie van een roetfilter (DPF) voor vermogensafhankelijke kosten is uitgegaan van €80 per kW maximaal motorvermogen.

Tabel 23: Kosten voor nabehandelingssystemen op spoor specialistisch materieel.

Materieel	Aantal	Vermogen	Investeringskosten <i>miljoen €</i>	Jaarlijkse kosten AdBlue
Middelzwaar spoormaterieel	40	100 kW	1,2	€ 21.000
Specialistisch/zwaar spoormaterieel	50	650 kW	3,8	€ 150.000
Diesellocs	17	1400 kW	2,3	€ 140.000

Voor minimaterieel (1.000 stuks) en het middelzware spoormaterieel (120 stuks) is op basis van dezelfde aannames als voor mobiele werktuigen een grove inschatting gemaakt van de meerkosteninvestering van ZE materieel. Voor minimaterieel komt die inschatting op ca. 0,9 mln. euro uit en voor middelzwaar spoormaterieel op ca. 13,5 mln. euro. Voor de categorieën 'zeer groot' en 'groot' is geen inschatting gemaakt. Deze categorieën zijn dusdanig specialistisch, waardoor geen informatie voorhanden is. Met name voor de diesellocs en het zware spoor specialistische materieel is er te veel onbekend. De totale kosten zullen daarom hoger uitvallen dan hier beschreven.

## 4 Bouwtransport

In dit hoofdstuk wordt de totstandkoming van de kosteninschatting voor het basis- en ambitieuze niveau voor bouwtransport beschreven. Op basis van de aantallen voertuigen die in het basisniveau eerder vervangen worden ten opzichte van autonome vervanging en de meerkosten voor ZE (Zero Emission) voertuigen is een inschatting gemaakt van de benodigde investering per periode en voor de jaarlijkse meerkosten voor voertuigeigenaren in het bouwtransport.

In Nederland en in Europa zijn er ambities en maatregelen op het gebied van klimaat en milieu die gelden voor wegvoertuigen, zoals het uitfaseren van de verbrandingsmotor voor lichte voertuigen en de zero-emissie zones in een groot aantal steden vanaf 2025. Dergelijke doelen zijn gecombineerd met convenanten en innovatie- en subsidieprogramma's. Een deel van de verschoning van het wagenpark dat ook voor bouwtransport wordt gebruikt verschoont door dit beleid en zou in mindering gebracht moeten worden op de kosten die in dit hoofdstuk genoemd worden. Het meenemen van de effecten van deze programma's is op het moment van schrijven niet mogelijk, aangezien hierover onvoldoende bekend is.

In het basisniveau en het ambitieuze niveau bouwtransport zijn eisen geformuleerd voor de stapsgewijze transitie (vervanging) van 'oude' voertuigen door nieuwe schonere en emissieloze (ZE) voertuigen. Zowel het basisniveau als het ambitieuze niveau zijn gericht op het bouwtransport voor bouwprojecten van publieke opdrachtgevers en waarbij het ambitieuze niveau is beperkt tot de zogenaamde 'koplopers'. In het basisniveau is het uitgangspunt in de kosteninschatting dat maar 37,5% van de Nederlandse bouwtransportvloot te maken krijgt met de emissie-eisen. Dit is het vlootgemiddelde op basis van de aangenomen verhouding publieke en private opdrachtgevers, zie Tabel 24. Hier ligt ruimte voor verbetering door de daadwerkelijke verhouding in opdrachtgevers te onderzoeken.

Tabel 24: Aangenomen verhouding publieke opdrachtgevers in bouwtransport per transitiepad (zoals zijn geformuleerd door SEB<sup>4</sup>) en ingeschatte verdeling voertuigkilometers over transitiepaden in bouwtransport voor publieke opdrachtgevers.

	Privaat	Publiek	Aandeel binnen publieke deel bouwtransport
<b>Totaal</b>	<b>62,5 %</b>	<b>37,5 %</b>	
Energie en infra	-	100 %	1,9 %
Weg, dijk en spoormaterieel	-	100 %	6,5 %
Woningen en utiliteit	95 %	5 %	91,4 %
Kustlijnverzorg en vaargeulonderhoud	-	100%	0,2 %

### 4.1 Autonome scenario KEV 2021

Het aantal additioneel te vervangen voertuigen en de meerkosten die dit met zich meebrengt wordt afgezet tegen het autonome scenario (vastgesteld en voorgenomen beleid uit de KEV 2021). In dit autonome scenario kunnen ook een aantal beleidsmaatregelen, welke wel relevant en mogelijk tot invloed zijn, niet worden meegenomen. Dit zijn onder andere volgende recente regelingen (PBL, 2021; PBL 2022):

<sup>4</sup> Zie <https://cdn.opwegnaarseb.nl/media/SEB%20-%20Organogram.pdf>

- Aanschafregeling Zero-Emissie Trucks (AanZET),
- Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel (SSEB),
- Besluit energie vervoer 2022-2030 (implementatie REDII),
- Uitbreiding aantal ZE-zones voor stadslogistiek,
- CO<sub>2</sub>-emissienormen nieuwe personen- en bestelauto's: aanscherping 2030 en 2035 (alles nulmissie 2035), Besluit CO<sub>2</sub>-reductie werkgebonden.

Deze regelingen hebben invloed op de ingroei en kosten van wegvoertuigen, en doordat er nog geen rekening is gehouden met onder andere deze regelingen zijn de in dit rapport gepresenteerde aantallen en kosten waarschijnlijk een overschatting.

#### 4.2 Bouwtransport basis- en ambitieuze niveau – additionele vervanging voertuigen

Het aantal voertuigen wat additioneel ten opzichte van autonoom vervangen dient te worden staat in onderstaande tabel. Het autonome pad betreft het scenario vastgesteld en voorgenomen beleid vanuit de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2021 (PBL, 2021). Het scenario uit de KEV geeft inzicht in de verdeling van voertuig- en brandstoftypen over de hele Nederlandse voertuigvloot. Op basis van de in de aanbodnotitie (Mensch, et al., 2022) ingeschatte aandelen is het aandeel bouwtransport ten opzichte van deze hele vloot bepaald. De verdeling van brandstoftypen over het deel publiek bouwtransport is gelijk verondersteld met de gehele Nederlandse vloot.

Zo zijn in het autonome scenario in periode 3 (2028 en 2029) in de sector bouwtransport al ca. 1.700 ZE-bestelvoertuigen (N1) actief. Additioneel zouden er dan in het basisniveau ca. 29.800 voertuigen vervangen moeten worden om tot 31.500 ZE-voertuigen, 100%, te komen. Voor het N2-segment geldt de ZE-eis pas vanaf periode 4 en betreft het 700 additionele voertuigen tot een totaal van 900 ZE-voertuigen (N2) in de vloot in 2030.

Tabel 25: Basisniveau - eisen bouwtransport en aantallen voertuigen die hierdoor additioneel zouden moeten ingroeien.

	Periode 1 2023-2024	Periode 2 2025-2027	Periode 3 2028-2029	Periode 4 2030 en verder
N1 – Bestelbusjes	Euro 5	Euro 6/6d	100% ZE	100% ZE
N2 - Lichte vrachtwagens	Euro V	Euro VI	Euro VI	100% ZE
N3 - Zware vrachtwagens	Euro V	Euro VI	Euro VI	Euro VI

*miljoen €*

N1 – Bestelbusjes	13.000	-	29.800*	-
N2 - Lichte vrachtwagens	-	-	-	700
N3 - Zware vrachtwagens	-	-	-	-
			<b>Totaal</b>	<b>EUR 5 en EUR 6: 13.000 ZEEV: 30.500</b>

In het scenario met het ambitieuze niveau wordt de ingroei van ZE-voertuigen, N1 en N2, vervroegd ten opzichte van het basisniveau, door de gestelde eisen aan de koploperprojecten in eerdere perioden. Dit leidt tot dezelfde 100% ZE voertuigen in 2030. De eis voor 100% ZE-voertuigen in de categorie N3 voor de koplopers in het ambitieuze niveau leidt tot een totale ingroei van 3500 tot 4400 ZE zware vrachtwagens richting 2030.

Tabel 26: Ambitieuze niveau eisen bouwtransport en aantallen voertuigen die door het basis- en ambitieuze niveau samen additioneel zouden moeten ingroeien. Bandbreedte ontstaat door het aandeel koploperprojecten. \* In het basisniveau geldt voor deze voertuigen in deze periode ook al de eis 100% ZE.

	Periode 1 2023-2024	Periode 2 2025-2027	Periode 3 2028-2029	Periode 4 2030 en verder
<b>Aandeel koploperprojecten</b>	<b>5% tot 25%</b>	<b>25% tot 50%</b>	<b>50% tot 80%</b>	<b>75% tot 95%</b>
N1 - Minimumeisen ingroei Zero Emissie materieel	50% ZE	100% ZE	100% ZE*	100% ZE*
N2- Minimumeisen ingroei Zero Emissie materieel	10% ZE	50% ZE	100% ZE	100% ZE*
N3 - Minimumeisen ingroei Zero Emissie materieel	1% ZE	10% ZE	30% ZE	100% ZE

miljoen €

N1 – Bestelbusjes	300 (300) tot 3.500 (3.500)	6.600 (6.900) tot 11.300 (14.800)	22.900* (29.800) tot 15.000 (29.800)	
N2 - Lichte vrachtwagens		0 tot 100	300 tot 400	400* (700) tot 200* (700)
N3 - Zware vrachtwagens			400 tot 800	3.100 (3.500) tot 3.600 (4.400)

#### 4.3 Uitgangspunten kostenberekening

Vanwege verschillende onzekerheden, zoals:

- de ontwikkeling van de prijzen van voertuigen en brandstoffen,
- de reactie van voertuigeigenaren op de routekaart en
- onzekerheden in de samenstelling van de vloot,

zijn er verschillende aannames gedaan om de berekeningen van de kosten uit te voeren. In dit hoofdstuk worden daarom ook de belangrijkste aannames toegelicht.

##### 4.3.1 Uitwisseling in de voertuigenvloot.

Zoals eerder genoemd, is het uitgangspunt dat een deel, het publieke deel, van de Nederlandse bouwtransportvloot wordt geraakt door de gestelde eisen. Eén van de uitgangspunten in deze kosteninschatting is dat er geen uitwisseling van ZE-voertuigen plaatsvindt tussen inzet voor publieke en private opdrachtgevers. In andere woorden, dat autonoom ingegroeide ZE-voertuigen vanuit andere sectoren dan wel privaat bouwtransport niet ingezet worden in publiek bouwtransport om aan de gestelde eisen te voldoen. Het is onzeker hoe realistisch deze aanname is, maar gezien het kleine aandeel ZE in het autonoom scenario is dit niet geheel onwaarschijnlijk.

Voor de 13.000 bestelvoertuigen (N1) met verbrandingsmotor die in periode 1 vervangen moeten worden om aan de Euro 5 eisen van deze periode te voldoen worden geen meerkosten ingeschat. Met name omdat uitwisseling met het private bouwtransport voor inzet van de schonere voertuigen hier goed mogelijk is.

#### 4.3.2 *Energiekosten*

De kostenverschillen voor ZEV (Zero Emission Vehicles) ten opzichte van ICEV (Internal Combustion Engine Vehicle) is op basis van een energieprijz van 22 eurocent per kilowattuur en een dieselprijs van €1,20 per liter (Zyl, Holmes, & Verbeek, 2021). Op basis van deze kostenniveaus is de kosteninschatting gemaakt. Er is voor deze vaste prijs gekozen vanwege de grote onzekerheid in de toekomst van deze prijsniveaus en ook om zo goed mogelijk aan te sluiten bij het bestaande autonome scenario waarop de verschillen zijn geprojecteerd.

Om een beeld te geven van de gevoeligheid van de resultaten op deze prijsaanne: met de huidige (december 2022) energie- en dieselprijs, met 40 eurocent per kilowattuur en een dieselprijs van €1,90, zouden de cumulatieve meerkosten in 2023 tot en met 2030 voor het basisniveau bij 6 jaar afschrijving met ca. 1% toenemen van 107 miljoen euro naar 108 miljoen euro. In het ambitieuze niveau zouden de cumulatieve meerkosten voor de koplopers van de publieke opdrachtgevers met 18% toenemen met de huidige energieprijzen. De grootste vraag hierbij is wat de prijsontwikkeling van energie gaat zijn.

##### 4.3.2.1 *Levensduur en afschrijving*

De daadwerkelijke kosten voor bezit en gebruik van de voertuigen zijn een meer relevante vergelijking dan de investeringskosten, aangezien dit de kosten zijn die bedrijven terugzien op hun financiële balans. Daarbij geven de investeringskosten een beeld van hoeveel liquiditeit in de sector nodig is. De daadwerkelijke jaarlijkse kosten die binnen de scope van de gemaakte inschatting vallen, zijn de afschrijvings- en gebruikskosten. Gebruikskosten omvatten brandstof ofwel elektriciteitskosten, onderhoud en verzekering.

De investering in het materieel wordt over een afschrijvingstermijn van meerdere jaren afgeschreven tot een zekere restwaarde. In de gedane berekening wordt uitgegaan van een gemiddelde levensduur en dat in die levensduur de hele investering wordt afgeschreven en er geen restwaarde over blijft. Aangezien de levensduur van wegvoertuigen erg verschilt per voertuig afhankelijk van de hoeveelheid en type inzet, is dit gemiddeld en niet altijd representatief voor individuele gevallen.

De gemiddelde levensduur is erg van invloed op de jaarlijkse kosten. Voor de huidige ICEV wordt uitgegaan van een levensduur van 6 jaar, zoals ook in Zyl, Holmes & Verbeek (2021). In de jaarlijkse kosteninschatting voor ZE-voertuigen wordt een bandbreedte gegeven tussen afschrijving in 6 jaar en 8 jaar. De verwachting is dat ZE-voertuigen langer meegaan dan dieselveertuigen door de verschillen in de technologie, maar of dit in de praktijk ook gehaald kan worden is nog onzeker.

Tabel 27: Meerkosten investering en afschrijving op basis van Zyl, Holmes &amp; Verbeek (2021).

	Meerkosten investering		Meerkosten afschrijving en gebruik	
	2028	2030	6 jaar afschrijving	8 jaar afschrijving
Bestelauto (N1)	€ 9.000	€ 9.300	€ 1.100	€ - 100
Licht trekker (N1)	€ 18.000	€ 15.000	€ 1.500	€ - 1.300
Vrachtwagen middel (N2)	€ 56.000	€ 48.000	€ 8.150	€ 3.200
Vrachtwagen zwaar (N3)	€ 67.000	€ 57.000	€ 7.100	€ 950
Trekker (N3)	€ 77.000	€ 66.000	€ 8.350	€ 1.400

#### 4.3.3 Aanschafsubsidies elektrische voertuigen

In de berekende meerkosten, en daarmee in de kosteninschatting, is geen rekening gehouden met aanschafsubsidies voor ZE-voertuigen en andere Nederlandse en Europese innovatie- en subsidieprogramma's. Dergelijke maatregelen die in dit domein terechtkomen zouden de investeringskosten, en daarmee de presenteerde kosten, kunnen verlagen. Het deel van het wagenpark dat ook voor bouwtransport wordt gebruikt verschoont door dit beleid en bijkomende kosten zouden in mindering gebracht moeten worden op de kosten die in dit hoofdstuk genoemd worden. Aanschafsubsidies zijn een van de eerdergenoemde, niet meegenomen beleidsplannen, die bijdragen aan de verwachting dat de in dit rapport gepresenteerde meerkosten een overschatting zijn.

#### 4.4 Investeringskosten

Met de kosten per voertuig en de aantallen per periode is een inschatting van de benodigde investeringskosten voor beide scenario's opgesteld en weergegeven in onderstaande tabellen. Dit betreft het kapitaal wat nodig is om deze voertuigen aan te schaffen. Na aanschaf komt het materieel op de bedrijfsbalans van de eigenaar te staan, waarna het materieel financieel wordt afgeschreven. Deze afschrijvingskosten zijn ook ingeschat en worden beschreven in de volgende sectie.

De kosten in onderstaande tabellen geven een beeld van de totale waarde van het aan te schaffen materieel in beide scenario's, gegeven gedane aannames, benoemde onzekerheden en niet meegenomen (beleid)ontwikkelingen in het autonome scenario. Voor het basisniveau betreft dit een totaal van 314 miljoen euro. Met het ambitieuze niveau komt hier nog eens 248 tot 321 miljoen euro bij tot een totaal van 562 tot 635 miljoen euro. De kostentoeename zit in de aanschaf van 3.500 tot 4.400 N3 ZE-voertuigen, die door een verwachte beperkte beschikbaarheid en batterijprijs tot dit prijsniveau komen (Zyl, Holmes, & Verbeek, 2021).

Tijdens het schrijven van dit rapport zijn nieuwe kostencijfers voor ZE-wegvoertuigen in de categorie N2 en N3 gepubliceerd (Mulder, et al., 2022). Het verschil in kostenschattingen voor de voertuigen is beperkt en het verschil varieert per categorie. In deze nieuwe studie wordt onderscheid gemaakt tussen een lange-afstands BEV (L) en middellange-afstands BEV (M), met verschillende batterijcapaciteit en daarbij verschillende voertuigkosten. De kostencijfers worden ook vergeleken met de eerdere schatting door Zyl, Holmes & Verbeek (2021).



In de categorie N2 is voor de vrachtwagen licht de nieuwe kosteninschatting hoger dan de eerdere studie en voor de vrachtwagen middel ligt deze lager voor beide afstandscategorieën. Binnen de categorie N3 worden de voertuigtypes trekker-oplegger en vrachtwagen zwaar onderscheiden. In de categorie zwaar ligt de eerste kosteninschatting voor de BEV tussen de nieuwe inschattingen van de BEV-M en de BEV-L in. Voor de trekker-oplegger ligt de nieuwe kosteninschatting voor beide afstandscategorieën boven het kostenniveau van Zyl, Holmes & Verbeek (2021), wat in deze studie is gebruikt. De in dit rapport uitgevoerde berekening is niet herzien als gevolg van deze verschillen.

Tabel 28: Meerskosteninvestering: Benodigd kapitaal voor investering in additionele ZE-voertuigen voor de betreffende periode voor het basisniveau.

	Periode 1 2023-2024	Periode 2 2025-2027	Periode 3 2028-2029	Periode 4 2030 en verder
N1 – Bestelbusjes	Euro 5	Euro 6/6d	100% ZE	100% ZE
N2 - Lichte vrachtwagens	Euro V	Euro VI	Euro VI	100% ZE
N3 - Zware vrachtwagens	Euro V	Euro VI	Euro VI	Euro VI
<i>miljoen €</i>				
N1 – Bestelbusjes	-	-	275	-
N2 - Lichte vrachtwagens	-	-	-	39
N3 - Zware vrachtwagens	-	-	-	-
			<b>Totaal</b>	<b>314</b>

Tabel 29: Meerskosteninvestering: Benodigd kapitaal voor investering in additionele ZE-voertuigen voor de betreffende periode voor het basis- en ambitieus niveau samen.

	Periode 1 2023-2024	Periode 2 2025-2027	Periode 3 2028-2029	Periode 4 2030 en verder	
<b>Aandeel koploperprojecten</b>	<b>5% tot 25%</b>	<b>25% tot 50%</b>	<b>50% tot 80%</b>	<b>75% tot 95%</b>	
N1 - <i>Minimumeisen ingroei Zero Emissie materieel</i>	50% ZE	100% ZE	100% ZE*	100% ZE*	
N2 - <i>Minimumeisen ingroei Zero Emissie materieel</i>	10% ZE	50% ZE	100% ZE	100% ZE*	
N3 - <i>Minimumeisen ingroei Zero Emissie materieel</i>	1% ZE	10% ZE	30% ZE	100% ZE	
<i>miljoen €</i>					<b>Totaal</b>
N1 – Bestelbusjes	3 tot 32	60 tot 104	212 tot 139	-	<b>275</b>
N2 - Lichte vrachtwagens	-	2 tot 7	16 tot 24	22 tot 9	<b>40</b>
N3 - Zware vrachtwagens	-	-	26 tot 59	221 tot 261	<b>247 tot 320</b>
			<b>Totaal</b>		<b>562 tot 635</b>

#### 4.4.1 *Afschrijvingskosten*

Naast de meerkosten voor de benodigde investering op het moment van aanschaf worden ook de jaarlijkse kosten ingeschat. Jaarlijkse kosten bevatten de afschrijvingskosten op basis van investering en afschrijvingstermijn en ook de gebruikskosten zoals onderhoud, verzekering en brandstof. Voor de inschatting van deze kosten zijn de resultaten uit de studie van Zyl, Holmes & Verbeek (2021) gebruikt, zie Tabel 27. In de volgende paragraaf wordt meer toelichting gegeven op de aannames en gevoeligheid in de jaarlijkse kosten.

#### 4.5 **Jaarlijkse kosten**

In deze paragraaf worden de jaarlijkse kosten weergegeven. Deze zijn berekend op basis van de aannames en uitgangspunten zoals beschreven in paragraaf 4.3. Afschrijvingskosten worden berekend door het hele benodigde investeringsbedrag uit de vorige paragraaf, per jaar af te schrijven. Hier zijn de jaarlijkse gebruikskosten bij opgeteld om tot totale jaarlijkse kosten te komen.

De cumulatieve jaarlijkse kosten over de vier perioden geeft een beeld van het kostenverschil voor bouwtransport tot en met 2030 door de gestelde eisen. In de jaren na 2030 blijft er een verschil in kosten, maar deze neemt wel geleidelijk af doordat in de autonome verwachting het aandeel ZE voertuigen toeneemt.

Bij een afschrijvingstermijn van 6 jaar voor ZE voertuigen zijn de geschatte cumulatieve meerkosten tot en met 2030 voor het basisniveau 106 miljoen euro. Met het ambitieuze niveau komt hier nog 114 miljoen euro bij tot 220 miljoen euro. Bij een afschrijvingstermijn van 8 jaar voor ZE voertuigen zouden de jaarlijkse kosten voor ZE voertuigen lager kunnen liggen dan die van ICEV voertuigen en in dat geval zouden de gestelde eisen voor N1 zelfs niet tot meerkosten, maar tot een goedkopere vloot leiden. Hierbij is wel aangenomen dat er geen meerkosten ontstaan door de beperkte inzet mogelijkheid zoals de kleinere actieradius van ZE voertuigen ten opzichte van ICEV. Ook gaat deze inschatting ervanuit dat de ZE voertuigen en benodigde elektriciteit en laadinfrastructuur beschikbaar zijn.

Tabel 30: Basisniveau: Jaarlijkse meerkosten voor afschrijving en gebruik van vereiste ZE-voertuigen ten opzichte van huidige ICEV voertuigen. De jaarlijkse meerkosten zijn er ook in de jaren na 2030, maar het verschil ten opzichte van autonoom neemt hier af door autonome ingroei ZE. <sup>1</sup> 8 jaar afschrijving ZE tot <sup>2</sup> 6 jaar afschrijving ZE.

	Periode 1 2023-2024	Periode 2 2025-2027	Periode 3 2028-2029	Periode 4 2030 en verder	
N1 – Bestelbusjes	Euro 5	Euro 6/6d	100% ZE	100% ZE	
N2 - Lichte vrachtwagens	Euro V	Euro VI	Euro VI	100% ZE	
N3 - Zware vrachtwagens	Euro V	Euro VI	Euro VI	Euro VI	
<i>miljoen €</i>					
N1 – Bestelbusjes	-	-	-4 tot 35	-4 tot 33	-12 tot 99
N2 - Lichte vrachtwagens	-	-	-	3 tot 7	3 tot 7
N3 - Zware vrachtwagens	-	-	-	-	-
				<b>Totaal jaarlijks in 2030</b>	<b>-1 tot 37</b>
					<b>Cumulatieve jaarlijkse meerkosten tot en met 2030</b>
					<b>-12 tot 99</b>
					<b>3 tot 7</b>
					<b>-</b>
					<b>-9 tot 106</b>

Tabel 31: Basis- en ambitieus niveau: Jaarlijkse meerkosten voor afschrijving en gebruik van vereiste ZE-voertuigen ten opzichte van huidige ICEV voertuigen. De jaarlijkse meerkosten zijn er ook in de jaren na 2030, maar het verschil ten opzichte van autonoom neemt hier af door autonome ingroei ZE. <sup>1</sup> 8 jaar afschrijving ZE tot <sup>2</sup> 6 jaar afschrijving ZE.

	Periode 1 2023-2024	Periode 2 2025-2027	Periode 3 2028-2029	Periode 4 2030 en verder	
<b>Aandeel koploperprojecten</b>	<b>5% tot 25%</b>	<b>25% tot 50%</b>	<b>50% tot 80%</b>	<b>75% tot 95%</b>	
N1 - <i>Minimumeisen ingroei Zero Emissie materieel</i>	Euro 5	Euro 6/6d	100% ZE	100% ZE	
N2- <i>Minimumeisen ingroei Zero Emissie materieel</i>	Euro V	Euro VI	Euro VI	100% ZE	
N3 - <i>Minimumeisen ingroei Zero Emissie materieel</i>	Euro V	Euro VI	Euro VI	Euro VI	
<i>miljoen €</i>					
N1 – Beste busjes	0 tot 4	-1 tot 16	-4 tot 33	-4 tot 32	-15 tot 154
N2 - Lichte vrachtwagens	-	0 tot 1	1 tot 5	3 tot 7	5 tot 20
N3 - Zware vrachtwagens	-	-	0 tot 6	4 tot 34	4 tot 46
				<b>Totaal jaarlijks in 2030</b>	<b>3 tot 73</b>
					<b>Cumulatieve jaarlijkse meerkosten tot en met 2030</b>
					<b>-15 tot 154</b>
					<b>5 tot 20</b>
					<b>4 tot 46</b>
					<b>-6 tot 220</b>

#### 4.6 Kosten per SEB transitiepad

Voor de verdeling van kosten over de SEB transitiepaden is gekeken naar de verdeling in aantal voertuigen over de vier transitiepaden (1. Energie, 2. Weg, Dijk en Spoor, 3. Kustlijnzorg en Vaargeulonderhoud en 4. Woning- en Utiliteitsbouw). Voor de SEB aanbodnotitie (Mensch, et al., 2022) zijn de aantallen voertuigen per transitiepad uitgerekend.

Aangezien de basisniveau-eisen in bouwtransport zijn doorgerekend voor publieke opdrachtgevers, is per transitiepad uitgegaan van het volgende aandeel publiek:

- Energie & Infra: 100% publieke sector
- Weg-, Dijk- en Spooormaterieel: 100% publieke sector
- Kustlijnzorg en Vaargeulonderhoud: 100% publieke sector
- Woningen en Utiliteit: 5% publieke sector.

Deze percentages zijn een inschatting en tot stand gekomen in samenspraak met de transitiepadtrekkers, en hebben geen statistische onderbouwing. Dit levert de volgende verdeling van transportvoertuigen op over de publieke bouwprojecten.

Tabel 32: Percentage van de publieke bouwtransportvoertuigen per transitiepad per voertuigtype.

	Energie en infra	Weg, dijk en spooormaterieel	Woningen en utiliteit	Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud
N1	15.0%	46.5%	37.9%	0.6%
N2	10.9%	76.1%	13.0%	0.0%
N3	9.7%	71.5%	11.1%	7.7%

Op basis van de aandelen per voertuigtype per transitiepad zijn de meerkosten verdeeld over de transitiepaden en weergegeven in onderstaande tabellen.

Tabel 33: Kosten basisniveau per transitiepad.

	Investeringskosten	Afschrijving- en gebruikskosten	
	Meerkosten investering	Cumulatieve meerkosten (2023 – 2030)	Cumulatieve meerkosten (2023 – 2030)
		8 jaar afschrijving	6 jaar afschrijving
<b>Totaal</b>	<b>€ 314.000.000</b>	<b>€ -8.500.000</b>	<b>€ 107.000.000</b>
Energie infra	€ 45.000.000	€ -1.500.000	€ 15.500.000
Weg, dijk en spooormaterieel	€ 157.000.000	€ -3.000.000	€ 52.500.000
Woningen en utiliteit	€ 109.000.000	€ -4.000.000	€ 38.500.000
Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud	€ 2.000.000	€ -	€ 500.000

Tabel 34: Kosten ambitieus niveau – lage aandeel koplopers - per transitiepad, meerkosten voor ambitieus- bovenop basisniveau.

	<i>Investeringskosten</i>		<i>Afschrijving- en gebruikskosten</i>	
	Meerkosten investering	Cumulatieve meerkosten (2023 – 2030)		
		8 jaar afschrijving	6 jaar afschrijving	
<b>Totaal</b>	<b>€ 248.800.000</b>	<b>€ 6.600.000</b>	<b>€ 113.000.000</b>	
Energie infra	€ 24.000.000	€ 200.000	€ 14.000.000	
Weg, dijk en spoo materieel	€ 178.100.000	€ 3.000.000	€ 67.300.000	
Woningen en utiliteit	€ 27.700.000	€ -400.000	€ 27.800.000	
Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud	€ 19.000.000	€ 3.900.000	€ 3.900.000	

#### 4.7 Meerkosten bouwtransport na 2030

In deze paragraaf zijn de meerkosten voor het transitiepad voor bouwtransport in het programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) voor gebruik en afschrijving van ZE-voertuigen na 2030 beschreven. Deze zijn ingeschat op basis van dezelfde uitgangspunten als de kosten tot en met 2030. Aanvullende uitgangspunten voor de situatie na 2030 worden hieronder beschreven. Ook deze meerkosten zijn naar alle waarschijnlijkheid een overschatting, omdat deze berekening uitgaat van vastgesteld en voorgenomen beleid uit de KEV 2021. Daarin zijn niet alle mogelijke (beleids)ontwikkelingen meegenomen die invloed hebben op de ingroei van duurzame en schone voertuigen in het wagenpark, zie paragraaf 4.1.

Uitgangspunten kosten na 2030:

- De kosten na 2030 bestaan uit de jaarlijkse meerkosten voor bezit en gebruik van de door het transitiepad vereiste, eerder vervroegd vervangen voertuigen tot 2030. Oftewel meerkosten voor afschrijving en gebruik van de ZE-voertuigen die additioneel ten opzichte van autonoom in de vloot zijn opgenomen en waarvoor er meerkosten zijn in de periode na 2030 tot aan einde van de afschrijvingstermijn.
  - o Er wordt geen rekening gehouden met voertuigen die na 2030 aangeschaft en/of vervangen moeten worden, terwijl er ook dan door de gestelde eisen nog extra kosten kunnen zijn bij voertuigvervanging.
- De kosten worden meegerekend zolang deze voertuigen naar verwachting in het wagenpark blijven, afhankelijk van de 6 of 8 jaar afschrijvingstermijn per scenario.
  - o Dit betekent dat N1 voertuigen die in 2028 ingroeien, in de 6 of 8 jaren daarna meetellen voor meerkosten, afhankelijk van het scenario tot en met 2033 of 2035. Voor N2 en N3 voertuigen die voor 2030 ingroei zijn deze kosten meegerekend tot en met 2035 bij 6 jaar en 2037 bij 8 jaar afschrijving.
- Er is gecompenseerd met de autonome toename van het aandeel ZE, hierdoor neemt het aantal voertuigen waarvoor er meerkosten zijn elk jaar af. De autonome toename van ZE tot 2037 komt uit het KEV2021 scenario.

Dit betreft voor het jaar 2037 13% ZE in de bestelwagenvloot, 18% ZE in de categorie vrachtwagen middel, 14% ZE in de categorie vrachtwagen zwaar en 18% in de categorie zware trekker-oplegger.

In Tabel 35 zijn de totale cumulatieve meerkosten, voor en na 2030, voor bouwtransport weergegeven. Deze meerkosten zijn uitgesplitst naar de periode tot en met 2030 en na 2030 weergegeven in Tabel 36.

Tabel 35: Meerkosten SEB transitiepad voor bouwtransport inclusief gehele afschrijfperiode voor voertuigen die voor 2030 additioneel ingroeien ten opzichte van autonoom (KEV, 2021).

Meerkosten in miljoen €	Investeringskosten	Afschrijving- en gebruikskosten	
		8 jaar afschrijving	6 jaar afschrijving
	Meerkosten investering (voor 2030)	Cumulatieve meerkosten 2023 - 2037	
Basis	314	-13	232
Ambitieuus (aanvullend op basis)	248 tot 321	32 tot 37	172 tot 275
<b>Basis en ambitieuus</b>	<b>562 tot 635</b>	<b>19 tot 24</b>	<b>314 tot 507</b>

De cumulatieve meerkosten in de periode na 2030 zijn hoger dan in de periode tot en met 2030. Dit komt doordat het merendeel van de routekaarteisen pas vlak voor 2030 ingaan. Hierdoor valt het merendeel van de verschillkosten van afschrijving en gebruik van de ZE-voertuigen ten opzichte van autonoom na 2030.

#### 4.8 Conclusies meerkosten bouwtransport

In Tabel 36 staan de totale investerings- en meerkosten voor het basis- en ambitieuze niveau voor bouwtransport in het publieke domein.

De belangrijkste conclusies zijn:

- Deze kosteninschatting is erg onzeker door vele afhankelijkheden, met name door onzekerheden in het autonome scenario. Bovendien zijn in het autonome scenario nog niet alle beleidsontwikkelingen opgenomen.
- De eisen in het basisniveau leiden tot een benodigde investering van 314 miljoen euro in nieuwe wegvoertuigen. De cumulatieve jaarlijkse meerkosten tot en met 2030 liggen tussen de -4 en 106 miljoen euro.
- De eisen in het basis- en ambitieuze niveau samen leiden tot een benodigde investering tussen de 562 tot 635 miljoen euro in nieuwe wegvoertuigen. De cumulatieve meerkosten tot en met 2030 liggen tussen de -6 en 220 miljoen euro.
- De bandbreedte in meerkosten komt ten eerste door onzekerheid in levensduur en daarmee afschrijvingstermijn van nieuwe ZE voertuigen. Ten tweede leidt de bandbreedte in aandeel koploperprojecten ook tot een bandbreedte in meerkosten. Deze heeft alleen impact in de totale investeringskosten voor N3 voertuigen, aangezien alleen voor N3 meer emissie-eisen in 2030 gelden. Verder heeft het ambitieuze niveau vooral impact op de timing van groei en haalt het daarmee de investeringen en toename van jaarlijkse kosten naar voren.

- In deze kostenberekening is nog geen rekening gehouden met aanschafsubsidies voor elektrische wegvoertuigen, deze zouden kostenverlagend kunnen zijn.
- Ook verandering van het verschil in energiekosten tussen diesel en elektriciteit kan leiden tot een ander kostenbeeld. De huidige berekening is op het kostenpeil uit 2019, met het kostenniveau van december 2022 zou het basisniveau tot 1% en het ambitieuze niveau tot 18% hogere meerkosten leiden.

Zoals eerder in dit rapport benoemd houdt de meerkosteninschatting geen rekening met recent Nederlands en Europees beleid aanvullend op de KEV 2021. Hierdoor zou meer schoner materieel kunnen ingroeien dan in het autonome scenario is aangenomen. Daarmee is deze kosteninschatting naar alle waarschijnlijkheid een overschatting.

Tabel 36: Overzicht inschatting meerkosten basis- en ambitieuze niveau voor bouwtransport.  
\*Investering voor N1 en N2 in het basis en ambitieuze niveau zijn gelijk doordat basisniveau al 100% ZE vereist. Hierdoor is hier ook geen bandbreedte.

		Investeringskosten	Afschrijving- en gebruikskosten			
			Meerkosten investering (voor 2030)	Cumulatieve meerkosten (2023 – 2030)	Na 2030 (2031 – 2037)	Cumulatieve meerkosten (2023 – 2030)
		<i>miljoen €</i>	<i>8 jaar afschrijving - miljoen €</i>	<i>6 jaar afschrijving - miljoen €</i>		
N1 – bestelvoertuigen	Basis	275	-12	-21	99	95
	Ambitieuze – laag	0	-3	-	23	-
	Ambitieuze - hoog	0	-8	-	55	-
	Basis en ambitieuze	275*	-15 tot -20	-21	122 tot 154	95
N2 – lichte40 vrachtwagens	Basis	39	3	17	7	31
	Ambitieuze – laag	0	2	-	6	-
	Ambitieuze - hoog	0	4	-	13	-
	Basis en ambitieuze	40*	5 tot 7	17	13 tot 20	31
N3 – zware vrachtwagens	Basis	-	-	-	-	-
	Ambitieuze – laag	247	4	25	32	122
	Ambitieuze - hoog	321	7	34	46	161
	Basis en ambitieuze	247 tot 321	4 tot 7	25 tot 34	32 tot 46	122 tot 164
<b>Totaal</b>	Basis	314	-9	-4	106	126
	Ambitieuze – laag	248	3	29	51	121
	Ambitieuze - hoog	321	3	34	114	161
	<b>Basis en ambitieuze</b>	<b>562 tot 635</b>	<b>-6 tot -6</b>	<b>25 tot 30</b>	<b>167 tot 220</b>	<b>247 tot 287</b>

## 5 Vaartuigen kustlijnzorg en vaargeulonderhoud

In dit hoofdstuk wordt de kosteninschatting gepresenteerd voor de eisen in het basisniveau en het ambitieuze niveau voor het varend materieel in het transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud.

### 5.1 Transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud basisniveau

In onderstaande tabellen staan de maatregelen voor beide niveaus weergegeven.

Tabel 37: Basisniveau voor varend materieel in kustlijnzorg en vaargeulonderhoud.

	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030
<b>Transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud - zout</b> Sleephopperzuigers, kraanschip, cutter zuiger, hopperzuiger, water Injectie baggeren	Minimaal emissie conform tier klasse I * <sup>a/b</sup>  Minimaal 10% duurzame energiedragers	Minimaal emissies conform tier klasse I * <sup>a/b</sup>  Minimaal 20% duurzame energiedragers	Minimaal emissies conform tier klasse II * <sup>a/b</sup>  Minimaal 40% duurzame energiedragers	Minimaal emissies conform tier klasse III * <sup>a/b</sup>  Minimaal 60% duurzame energiedragers
<b>Transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud – zoet</b> Transportschip, sleep-, duwen peilboten, schuifboten, survey schepen, kleine cutterzuigers* <sup>d</sup> , overig klein varend materieel	Geen eis emissienorm  Minimaal 20% duurzame energiedragers	Geen eis emissienorm  Minimaal 35% duurzame energiedragers	Minimaal emissies conform CCR II * <sup>c</sup>  Minimaal 60% duurzame energiedragers	Minimaal emissies conform CCR II * <sup>c</sup>  minimaal 75% duurzame energiedragers
<b>Transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud – zoet</b> Kraanschip, Cutterzuiger, Bakkenzuigers, Beunschepen, Heischepen, Werkschepen, Hopperzuiger	Geen eis emissienorm  Minimaal 20% duurzame energiedragers	Geen eis emissienorm  Minimaal 35% duurzame energiedragers	Minimaal emissies conform CCR II* <sup>c</sup>  Minimaal 60% duurzame energiedragers	Minimaal emissies conform stage V (IWP-IWA)* <sup>c</sup>  Minimaal 75% duurzame energiedragers

Tabel 38: Ambitieuze niveau voor varend materieel in kustlijnzorg en vaargeulonderhoud.

	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030
<b>Transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud - zout</b> Sleephopperzuigers, kraanschip, cutter zuiger, hopperzuiger, water Injectie baggeren	Ambitie 20% Tier klasse III * <sup>a</sup>  Ambitie 20% duurzame energiedragers	Ambitie 50% tier klasse III * <sup>a</sup>  Ambitie 40% duurzame energiedragers	Emissies conform Tier III eisen * <sup>a</sup>  Ambitie 60% duurzame energiedragers	Emissies conform Tier III eisen * <sup>a</sup>  Ambitie 100% duurzame energiedragers
<b>Transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud – zoet</b> Transportschip, sleep-, duwen peilboten, schuifboten, survey schepen, kleine cutterzuigers * <sup>d</sup> , overig klein varend materieel	Geen ambitie emissienorm  Ambitie 25% duurzame energiedragers	Ambitie 10% stage V (IWP-IWA-NRE) * <sup>b</sup>  Ambitie 50% duurzame energiedragers	Ambitie 40% stage V (IWP-IWA-NRE) * <sup>b</sup>  Ambitie 75% duurzame energiedragers	Ambitie 70% stage V (IWP-IWA-NRE) * <sup>b</sup>  Ambitie 100% duurzame energiedragers
<b>Transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud – zoet</b> Kraanschip, Cutterzuiger, Bakkenzuigers, Beunschepen, Heischepen, Werkschepen, Hopperzuiger	Geen ambitie emissienorm  Ambitie 25% duurzame energiedragers	Ambitie 25% stage V (IWP-IWA-NRE) * <sup>b</sup>  Ambitie 50% duurzame energiedragers	Ambitie 60% stage V (IWP-IWA-NRE) * <sup>b</sup>  Ambitie 75% duurzame energiedragers	Ambitie 100% stage V (IWP-IWA-NRE) * <sup>b</sup>  Ambitie 100% duurzame energiedragers

### 5.2 Additionele vervanging of retrofit van schepen

De kosten voor de binnenvaartvloot actief in kustlijnzorg in vaargeulonderhoud zijn ingeschat op basis van de niet-publieke studie 'Verkenning duurzaamheidsopties voor de zoete waterbouw' (Harmsen & Fransen, Verkenning duurzaamheidsopties zoete waterbouw, 2021); een deel van de betreffende cijfers zijn opgenomen in de aanbodnotitie (Mensch, et al., 2022). Aanvullend op deze eerdere studie is naast het werkvolume van Rijkswaterstaat ook het werkvolume aan vaargeulen en havenbekkens van de grote zeehavens toegevoegd aan vaargeulonderhoud.



Hierdoor is het gemiddelde baggervolume van vaargeulonderhoud van 13 miljoen m<sup>3</sup> per jaar naar 30 miljoen m<sup>3</sup> per jaar toegenomen.

Tabel 39: Jaarlijks gemiddeld baggervolume kustlijnzorg en vaargeulonderhoud door Rijkwaterstaat en door overige grote zeehavens.

Miljoen m <sup>3</sup>	Jaarlijks gemiddeld baggervolume (in-beun)
RWS – Kustlijnzorg	11
RWS – Vaargeulonderhoud	13
Overig – Vaargeulonderhoud	17
<b>Totaal</b>	<b>41</b>

De kosten voor het zeegaande deel van de vloot, het zoute deel, is ingeschat door het aantal schepen dat moet verschonen te vermenigvuldigen met de kosten per schip. Het aantal schepen is ingeschat op basis van het aantal dat actief is voor de Nederlandse kustlijnzorg en vaargeulonderhoud. Het aantal schepen per periode staat in onderstaande tabel. De berekening gaat ervanuit dat de schepen die voor de Nederlandse werken worden ingezet verschoond worden. Het is onwaarschijnlijk dat schepen waarop deze investering in technologie wordt gedaan significant buiten Nederland worden ingezet, onder andere vanwege de toename in gebruiks- en onderhoudskosten bij installatie van een SCR-katalysator en aangezien vanuit Nederland al relatief veel wordt gestuurd op strengere milieu eisen met MKI-aanbestedingen.

Tabel 40: Aantal zeegaande schepen waar retrofit danwel Tier III nodig is voor de eisen van het basisniveau.

	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030	Totaal
Kustlijnzorg	4	6	2	-	12
Vaargeulonderhoud	20	16	4	-	40
<b>Totaal – nabehandeling</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>52</b>

De aantallen in het basisniveau komen overeen met het ambitieuze niveau. Dat komt omdat bij verschoning van de schepen in het basisniveau scheepseigenaren bij het aanpassen van de schepen rekening moeten houden met de gestelde eisen in de toekomst. Aangezien waterbouwschepen en de motoren in waterbouwschepen tot wel 15 jaar mee kunnen gaan, wordt er bij vervanging in 2023 al rekening gehouden met de gestelde eisen in 2030. Daardoor zal bij vervanging in periode 1 al rekening worden gehouden om aan de eisen in periode 4 te kunnen voldoen. Hierdoor is het verschil tussen het basisniveau en ambitieuze niveau voor kustlijnzorg en vaargeulonderhoud in het aantal te vervangen schepen niet aanwezig.

Tabel 41: Aantal zeegaande schepen waar retrofit danwel Tier III nodig is voor de eisen van het ambitieuze niveau.

	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030	Totaal
Kustlijnzorg	4	6	2	-	12
Vaargeulonderhoud	20	16	4	-	40
<b>Totaal – nabehandeling</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>52</b>

### 5.3 Uitgangspunten kostenberekening

De kosten voor het transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud zijn uitgerekend voor twee scenario's. In het eerste scenario worden bestaande aandrijflijnen met een verbrandingsmotor behouden en wordt een retrofit uitgevoerd met SCR-katalysator voor zeeschepen of motorvervanging naar een Stage V motor voor de zoete vloot. Hiermee kunnen de eisen voor NO<sub>x</sub>- en PM-uitstootreductie behaald worden, het percentage duurzame energiedragers zou dan met duurzame brandstoffen behaald moeten worden.

In het tweede scenario wordt een kosteninschatting voor veranderen van de aandrijflijnen meegenomen voor de zoete vloot. Dit is een kosteninschatting op basis van huidige kostenprognoses voor alternatieve aandrijflijnen op elektrisch. Een kanttekening hierbij is dat voor de waterbouwschepen zoals sleehopperzuigers, nieuwe aandrijflijntechnologie nog niet geschikt is om voldoende vermogen en inzetduur te kunnen leveren. Voor schepen waar het niet technisch haalbaar wordt geacht is uitgegaan van gebruik van een Stage V-verbrandingsmotor (zie hiervoor (Harmsen & Fransen, Verkenning duurzaamheidsopties zoete waterbouw, 2021)).

Voor het eerste scenario is een inschatting van de kosten voor installatie van SCR-katalysatoren op alle motoren van een gemiddeld zeegaand waterbouwschip gemaakt. Voor een gemiddeld schip wordt uitgegaan van €420.000 voor het installeren van een SCR-katalysator.

Voor de afschrijving van de investering wordt gerekend met een termijn 15 jaar en dat er na 15 jaar geen restwaarde meer over is van de betreffende investering. Dit is hetzelfde uitgangspunt voor afschrijftermijn als waar in de kostenberekening voor zoete waterbouwschepen vanuit is gegaan. Gezien het installeren van SCR wel tot extra gebruiks- en onderhoudskosten is naast afschrijvingskosten een 10% marge in de jaarlijkse kosten meegenomen.

Naast meerkosten voor de technologische investering in het schip worden ook meerkosten voor duurzame brandstoffen meegenomen aangezien het basisniveau een minimaal aandeel duurzame energiedragers voorschrijft. Hiervoor wordt uitgegaan dat B100 brandstof 42% duurder is dan conventionele MGO, op basis van EICB & TNO (2021).

### 5.4 Kosten kustlijnzorg en vaargeulonderhoud

De kosten voor kustlijnzorg en vaargeulonderhoud zijn apart berekend voor de zoete vloot actief op de zoete binnenwateren van Nederland en de zoute vloot die op zee, in de grote zeehavens en havenbekkens actief is.

#### 5.4.1 Zoet

De kosteninschatting voor de investering in verschoning van de aandrijflijnen in de zoete vloot is gemaakt in Harmsen & Fransen (2021). Die studie omvatte de hele zoete waterbouww vloot, waar in deze kosteninschatting alleen het deel van het publieke domein, het vaargeulonderhoud, wordt weergegeven. Hierdoor zijn onder andere de onderdelen zandwinning en natte bouwactiviteiten buiten scope.

Tabel 42: Kosten voor verschoning, reductie NOx- en PM-uitstoot met Stage V.

		Investeringskosten	Kosten per jaar (2030)	Cumulatief 2022 – 2030
Investering Stage V / SCR + DPF	Basis	€ 50.000.000	€ 3.300.000	€ 11.300.000
	Basis en Ambitieuze	€ 50.000.000	€ 3.300.000	€ 11.700.000
Meerkosten duurzame energiedragers	Basis		€ 3.500.000	€ 17.000.000
	Basis en Ambitieuze		€ 4.700.000	€ 22.500.000
Totaal extra kosten	Basis	€ 50.000.000	€ 6.800.000	€ 28.300.000
	Basis en Ambitieuze	€ 50.000.000	€ 8.000.000	€ 34.200.000

De kosteninschatting in bovenstaande tabel is voor het verschonen van bestaande technologie met nabehandelingsmethode. Hierin is nog geen rekening gehouden met nieuwe technologie en alternatieve aandrijflijnen, zoals met batterij-elektrisch of op waterstof. Dat soort technologie is een stuk prijziger dan de bestaande verbrandingsmotoren. In Harmsen & Franssen (2021) is de inschatting gemaakt dat met alternatieve duurzame aandrijving de kosten kunnen oplopen tot een investering van ca. 500 miljoen euro. Per jaar betekent dit ca. 26 miljoen euro voor afschrijving en duurzame brandstoffen.

#### 5.4.2 Zout

Op basis van de aantallen schepen in de zoute vloot waar investering in schone technologie nodig is om de eisen te halen en de kosten voor de investeringen is onderstaande kosteninschatting gemaakt. De investeringskosten worden over 15 jaar afgeschreven. De afschrijvingskosten van het additioneel vervangen materieel gelden ook nog voor de jaren na 2030.

Tabel 43: Kosten verschoning en verduurzaming aandrijflijnen zoute waterbouwwloot.

		Totale investering	Kosten per jaar in 2030	Cumulatieve kosten 2022-2030
Investering en afschrijving	Basis	€ 21.840.000	€ 1.456.000	€ 10.248.000
	Basis en Ambitieuze	€ 21.840.000	€ 1.456.000	€ 10.248.000
Meerkosten duurzame energiedragers	Basis		€ 12.300.000	€ 44.500.000
	Basis en Ambitieuze		€ 20.500.000	€ 91.600.000
Totaal extra kosten	Basis	€ 21.840.000	€ 13.756.000	€ 54.748.000
	Basis en Ambitieuze	€ 21.840.000	€ 21.956.000	€ 101.848.000

De meerkosten voor het ambitieuze niveau zitten in de meerkosten voor duurzame energiedragers. Dit betreft in 2030 meerkosten van 8,2 miljoen euro per jaar, en cumulatief over de hele periode tot en met 2030 gaat het om 32,5 miljoen euro meerkosten voor het ambitieuze niveau boven op het basisniveau.

## 5.5 Conclusies varend materieel kustlijnzorg en vaargeulonderhoud

De meerkosten voor de ingroeipaden basis en ambitieuze niveau voor het varend materieel in de kustlijnzorg en vaargeulonderhoud staan in Tabel 44. Een groot aandeel van de meerkosten zit in het aandeel duurzame brandstoffen. Hier zit ook een grote onzekerheid in de prijsontwikkeling van deze brandstoffen naar de toekomst toe. Een kleiner deel van de meerkosten zit in het varend materieel, omdat over het algemeen machines in de waterbouw relatief lang meegaan.

De totale investering in nieuwe technologie om aan de emissie-eisen te voldoen is wel significant groot. Voordat scheepseigenaren deze investeringen kunnen doen hebben ze zekerheid nodig om deze investering in daaropvolgende jaren terug te kunnen verdienen. Een kanttekening bij de getoonde meerkosten is dat hier alleen afschrijving en duurzame brandstoffen in mee zijn genomen. Additionele kosten voor extra onderhoud aan nabehandelingstechnologie en verbruikskosten van AdBlue zijn hier nog niet in opgenomen.

Tabel 44: Totale meerkosten varend materieel zoete en zoute vloot in kustlijnzorg en vaargeulonderhoud in miljoen euro.

		<i>Investeringskosten</i>	<i>Afschrijving- en gebruikskosten</i>
		<i>Totale investering</i>	<i>Cumulatieve meerkosten (2022 – 2030)</i>
<i>Miljoen €</i>			<i>15 jaar afschrijving</i>
Nieuw materieel	Basis	71,8	21,5
	Basis en ambitieuze	71,8	21,9
Duurzame brandstoffen	Basis		61,5
	Basis en ambitieuze		99,5
<b>Totaal</b>	<b>Basis</b>	<b>71,8</b>	<b>83,0</b>
	<b>Basis en ambitieuze</b>	<b>71,8</b>	<b>121,4</b>

Zoals eerder in dit rapport benoemd houdt de meerkosteninschatting geen rekening met recent Nederlands en Europees beleid aanvullend met de autonome uitgangspunten voor schepen in kustlijnzorg en vaargeulonderhoud. Hierdoor zou meer schoner materieel kunnen ingroeien dan in het autonome scenario is aangenomen. Daarmee is naar alle waarschijnlijkheid deze kosteninschatting een overschatting.

## 6 Vaartuigen net op zee

In dit hoofdstuk wordt de kosteninschatting gepresenteerd voor de eisen voor het varende materieel in het transitiepad energie.

### 6.1 Transitiepad energie

In onderstaande tabel staan de maatregelen voor NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> weergegeven. De maatregelen zijn alleen van toepassing op Net op Zee activiteiten. De NO<sub>x</sub>-eisen gaan uit van een ander uitgangspunt dan de eisen in het transitiepad Kustlijnzorg en Vaargeulonderhoud. Het betreft hier een reductie van de gemiddeld gewogen emissies met uitstoot volgens Tier II als basis. De gestelde maatregelen voor CO<sub>2</sub> zijn gelijk aan het basisniveau voor de zoute vloot bij kustlijnzorg en vaargeulonderhoud (zie paragraaf 5.1).

Tabel 45: Aangeleverde minimumeisen voor Net op Zee activiteiten in het Transitiepad Energie

Emissie eis	Periode 1 '23-24	Periode 2 '25-27	Periode 3 '28-29	Periode 4 '30
<b>NO<sub>x</sub></b>	Gemiddeld 30% reductie t.o.v. IMO NO <sub>x</sub> Tier II voor alle schepen (*a/b)	Gemiddeld 40% reductie t.o.v. IMO NO <sub>x</sub> Tier II voor alle schepen (*a/b)	Gemiddeld 45% reductie t.o.v. IMO NO <sub>x</sub> Tier II voor alle schepen (*a/b)	Gemiddeld 50% reductie t.o.v. IMO NO <sub>x</sub> Tier II voor alle schepen (*a/b)
<b>CO<sub>2</sub></b>	Gemiddeld minimaal 10% duurzame energiedragers (*c)	Gemiddeld minimaal 20% duurzame energiedragers (*c)	Gemiddeld minimaal 40% duurzame energiedragers (*c)	Gemiddeld minimaal 60% duurzame energiedragers (*c)

\*a: Reductie in NO<sub>x</sub> uitstoot is de gemiddelde (over alle schepen in een project, *gewogen naar energieverbruik*) reductie (in Nederlandse wateren) t.o.v. de situatie wanneer alle schepen Tier II schepen zijn.

\*b: Uitgezonderd zijn heavy-lift schepen

\*c: Percentage duurzame energiedragers als percentage van het energieverbruik van alle schepen die voor het project worden ingezet in Nederlandse wateren

### 6.2 Additionele vervanging of retrofit van schepen

Bij het inschatten van de kosten voor de vervanging of retrofit van de vloot zijn een aantal overwegingen.

Bij een net op zee project zijn verschillende type installatieschepen nodig, zoals kabelleggers, valpijpschepen, hoppers (baggerschepen) en ondersteunende schepen. Uit de verschillende MER-studies komt naar voren dat per project zo 20 individuele schepen betrokken kunnen zijn. In de komende jaren zijn elk jaar ca 3 projecten naast elkaar actief. Volgens recente analyse waren in 2022 ca 80 unieke wind op zee-installatieschepen actief op de Nederlandse Noordzee (Harmsen, Merriënboer, Franssen, Mensch, & Steinmetz, 2023). Hier tegenover staat dat het energieverbruik en de emissies sterk geconcentreerd zijn op activiteiten van hoppers (40% tot 50% volgens twee MER-studies), kabelleggers (15% tot 20%) en trench support vessels (10% tot 15%).

Hiermee zou de doelstelling gehaald kunnen worden met ca. 5 schepen per project. In het geval van de hoppers is daarnaast mogelijk synergiën met de activiteiten in het transitiepad kustlijn zorg en vaargeulonderhoud. Een laatste factor is concurrentie. Schepen die worden ingezet bij verschillende projecten kunnen komen van verschillende ondernemingen. Hiermee kan juist het totaal aantal ingezette schepen weer toenemen.

Op basis van de totale inzet van schepen, de gemiddelde emissies per schip, het aantal parallel lopende projecten en de benodigde ingroeisnelheid vanuit het transitiepad is het aantal om te bouwen schepen geschat op 30. Onderstaande tabel geeft een indicatie van de timing van de omzetting. De inschatting is echter onzeker.

Tabel 46: Aantal zeegaande schepen waar retrofit danwel Tier III nodig is voor de eisen van het basis niveau.

	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030	Totaal
Net op zee	4	16	10	-	30

### 6.3 Uitgangspunten kostenberekening

Voor de uitgangspunten van de kostenberekening voor dit transitiepad is zowel voor de investeringskosten als bij de kosten voor duurzame brandstoffen aangesloten bij de uitgangspunten van het transitiepad kustlijn zorg en vaargeulonderhoud. Zie hiervoor paragraaf 5.3. Mogelijk zijn er synergiën te halen door inzet van dezelfde vloot voor beide transitiepaden. Het is echter nu niet goed in te schatten in welke mate dit geldt.

Belangrijk voor de berekening van de kosten van het gebruik van duurzame brandstoffen is dat de bouwactiviteit en hiermee de benodigde energie sterk van jaar op jaar verschilt (zie (Fransen, et al., 2023)). Er is dus minder dan in de andere transitiepaden sprake van een geleidelijke ingroei. Voor 2025 staat bijvoorbeeld helemaal geen activiteit ingepland, waardoor er ook geen meerkosten zijn. De uitkomsten per jaar van de ingroei staan in onderstaande tabel.

Tabel 47: Meerkosten energiedragers net op zee

	Meerkosten duurzame energiedragers
2022	€ 420.000
2023	€ 40.000
2024	€ 690.000
2025	€ 0
2026	€ 410.000
2027	€ 1.690.000
2028	€ 5.150.000
2029	€ 7.120.000
2030	€ 6.910.000
<b>Totaal</b>	<b>€ 22.430.000</b>

## 6.4 Kosten vaartuigen net op zee

Op basis van de aantallen schepen die varen voor net op zee waar investering in schone technologie nodig is om de eisen te halen en de kosten voor de investeringen is onderstaande kosteninschatting gemaakt. De investeringskosten worden over 15 jaar afgeschreven. De afschrijvingskosten van het additioneel vervangen materieel gelden ook nog voor de jaren na 2030. Deze inschatting is onzeker, aangezien onbekend is in welke mate synergie bestaat met de investering die benodigd is voor Kustlijnzorg en Vaargeulonderhoud of wat de impact is van aanbestedingen door verschillende partijen.

Net als bij kustlijnzorg en vaargeulonderhoud zitten de grootste meerkosten in de ingroei van duurzame energiedragers. Dit betreft in 2030 meerkosten van 6,9 miljoen euro per jaar, uitgaande van de projecten die dat jaar worden uitgevoerd. De verwachting is dat met de grote ambities voor wind op zee, dit ook na 2030 een grote kostenpost kan zijn. Dit zal echter jaar op jaar verschillen gegeven het projectportfolio.

Tabel 48: Kosten verschoning en verduurzaming net op zee

	Totale investering	Kosten per jaar in 2030	Cumulatieve kosten 2022-2030
Investering en afschrijving	€ 12.600.000	€ 840.000	€ 7.560.000
Meerkosten duurzame energiedragers		€ 6.910.000	€ 22.430.000
<b>Totaal extra kosten</b>	<b>€ 12.600.000</b>	<b>€ 7.750.000</b>	<b>€ 30.180.000</b>

## 6.5 Conclusies varende materieel net op zee

De meerkosten voor de ingroeipaden basis en ambitieuze niveau voor het varende materieel in de kustlijnzorg en vaargeulonderhoud staan hierboven vermeld in tabel 48. Een groot aandeel van de meerkosten zit in het aandeel duurzame brandstoffen. Hier zit ook een grote onzekerheid in de prijsontwikkeling van deze brandstoffen naar de toekomst toe. Een kleiner deel van de meerkosten zit in het varende materieel, omdat over het algemeen machines in de waterbouw relatief lang meegaan. De precieze omvang van de meerkosten van de ombouw is onzeker,

Belangrijke notie is dat in het transitiepad energie alleen net op zee activiteiten zijn opgenomen, en niet activiteiten voor aanleg van windparken. Mocht dit in een later stadium wel worden opgenomen, dan zal dit een impact hebben op de kosten, aangezien andere schepen worden ingezet voor de aanleg van windparken en er extra brandstofkosten zullen worden gemaakt.

## 7 Bibliografie

- Dellaert, S., Van Mensch, P., Bhoraskar, B., & Van der Mark, P. (2021). *Eindrapport data onderzoek mobiele machines in Nederland*. TNO 2021 R11086 .
- EICB en TNO. (2021). *Toekomst Duurzame Binnenvaart*.
- Fransen, R., Rondaij, A., Merriënboer, S. v., Harmsen, J., Mensch, P. v., & Vries, J. d. (2023). *Transitiepaden Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB)*. TNO.
- Harmsen, J., & Fransen, R. (2021). *Verkenning duurzaamheidsopties zoete waterbouw*.
- Harmsen, J., Merriënboer, S. v., Fransen, R., Mensch, P. v., & Steinmetz, M. (2023). *Verbeteren data voor onderbouwing programma Schoon en Emissieloos bouwen*. TNO 2023 R11094.
- Hulskotte, J., & Verbeek, R. (2009). *Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkoop in combinatie met brandstof Afzet (EMMA)*. Utrecht: TNO-034-UT-2009-01782\_RPT-ML.
- Mensch, P. v., Merriënboer, S. v., Tol, D., Rondaij, A., Harmsen, J., & Fransen, R. (2022). *Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod duurzame mobiele werktuigen, bouwlogistieke voertuigen, spoorwerktuigen en vaartuigen die worden ingezet voor de waterbouw*. TNO.
- Mulder, H., Verbeek, M., Tol, D., Mensch, P., Rondaij, A., Uslu, A., . . . Harmsen, J. (2022). *TNO Kennisinbreng Mobiliteit voor Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2022*. TNO.
- National Renewable Energy Laboratory. (2021). *Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage: 2021 Update*. Golden, CO: National Renewable Laboratory.
- PBL. (2021). *Klimaat- en Energieverkenning*. Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL. (2022). *Klimaat en Energieverkenning 2022*. Planbureau voor de Leefomgeving.
- SEB. (2023). *Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen - versie 10-2-2023*.
- Tol, D., & Verbeek, R. (2021). *Scenarioberekening van het bereik en emissie-effect van de Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel*. TNO 2021 R12244.
- Transport & Environment. (2021). *How to decarbonise long-haul trucking in Germany. An analysis of available vehicle technologies and their associated costs*.
- Zyl, S. v., Holmes, G., & Verbeek, M. (2021). *Aanzet tot een analysekader betreffende de ingroei en opschaling van elektrische bestel- en vrachtvoertuigen in de Nederlandse vloot tot 2040*. Den Haag: TNO.



## 8 Ondertekening

Den Haag, 19 oktober 2023



Ellen Hofbauer  
Plv. Research Manager

TNO



Annette Rondaij  
Auteur