

Verbeteren data voor onderbouwing programma Schoon en Emissieloos bouwen

TNO 2023 R11094 – 16 juni 2023

Verbeteren data voor onderbouwing programma Schoon en Emissieloos bouwen

Auteurs	Jorrit Harmsen, Siem van Merriënboer, Ruben Fransen, Pim van Mensch, Misja Steinmetz
Rubricering rapport	TNO Publiek
Exemplaarnummer	TNO Publiek
Aantal pagina's	66 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	1
Opdrachtgever	Topsector Logistiek
Projectnaam	Verbeteren data voor onderbouwing programma SEB
Projectnummer	060.53957

Alle rechten voorbehouden

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

© 2023 TNO

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Inleiding.....	5
1.1 Aanleiding.....	5
1.2 Doelstelling.....	6
1.3 Leeswijzer	7
2 Bouwtransport en hulpfuncties.....	8
2.1 Huidige weergave van emissies bouw-transport in SEB en de Emissieregistratie.....	8
2.1.1 Emissie Registratie (ER)	8
2.1.2 Bouwtransport in SEB	9
2.2 Aanpak/ Methodiek verdiepingsanalyse.....	10
2.2.1 Databronnen.....	11
2.3 Resultaten op basis van nieuwe data	12
2.3.1 Basisanalyse: het aandeel bouw op basis van SBI-codes	12
2.3.2 Emissieregistratie	14
2.3.3 Gevoeligheidsanalyses	15
2.3.4 Gevoeligheidsanalyse 4: particulier gebruik van bestelauto's.....	18
2.4 Verdiepende analyses	19
2.4.1 Jaarkilometrages per kenteken.....	19
2.4.2 Hulpfuncties bedrijfsvoertuigen	21
2.4.3 Leeftijdsverdeling van bouwvoertuigen	24
2.5 Aannames en beperkingen van methodiek	26
2.5.1 Cross-check met andere bronnen.....	27
2.6 Conclusies.....	28
3 Bouwtransport in de keten.....	30
3.1 Huidige weergave in SEB en de Emissieregistratie.....	30
3.2 Aanpak analyse.....	30
3.2.1 Verkenning bouwstromen en ketentrajecten	30
3.2.2 Verkenning databronnen en verzamelen kengetallen.....	33
3.2.3 Bijstelling WDS.....	36
3.2.4 Bijstelling B&U	37
3.3 Resultaten en conclusies	37
4 Waterbouw	39
4.1 Huidige weergave in SEB en de Emissieregistratie.....	39
4.1.1 Emissie Registratie (ER) en KEV	39
4.1.2 Data uit Schoon en Emissieloos Bouwen	40
4.2 Aanpak analyse.....	42
4.3 Resultaten	43
4.3.1 Verbeteren cijfers omvang en inzet zoute waterbouw en offshore.....	43
4.3.2 Analyse AIS-data voor aantal schepen en uren inzet.....	47
4.4 Conclusies en vervolgstappen waterbouw	55
5 Spoorspecifiek materieel.....	57
5.1 Huidige weergave in SEB en de Emissieregistratie.....	57
5.2 Aanpak analyse.....	58

5.3	Resultaten	58
6	Referenties	61
	Ondertekening.....	63
Bijlage		
Bijlage A:	Tabel met SBI codes en bijbehorende transitiepad en bouwaanduiding	64

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het kader van de routekaart 'Schoon en Emissieloos Bouwen' (SEB) zijn transitiepaden ontwikkeld om emissies in de bouw te reduceren. Met dit maatregelenpakket wordt beoogd om de CO₂-, NO_x- en PM emissies in 2030 significant te verminderen ten opzichte van het huidige niveau.

In de routekaart zijn transitiepaden opgesteld voor verschillende emissiebronnen in de bouw, het gaat hierbij om:

- Mobiele werktuigen;
- Bouwtransport (alleen voor het wegtransport);
- Vaartuigen die worden ingezet voor waterbouw en offshore; en
- Spoorspecifiek bouwmaterieel.

Voor deze bronnen is door TNO een inschatting gemaakt van de huidige emissies, de verwachte autonome ontwikkeling en het effect van de transitiepaden op de emissies en kosten. Onderstaande tabel geeft de uitkomsten van deze analyse weer.

Maatregel	Uitstoot 2018 [kton]	Autonome verandering 2030 [kton/ % ten opzichte van 2018]	
Mobiele werktuigen	12,8	-2,9	23%
Bouwtransport weg	7,4	-4,1	55%
Spoormaterieel	0,2**	-0,0	10%
Waterbouw*	3,5**	-0,8	23%
Totaal	23,9	-7,8	33%

In de berekeningen, die zijn gedaan voor de transitiepaden van de SEB, is veel nieuwe informatie naar voren gekomen. Voor bouwtransport is een nieuwe inschatting gemaakt van het aandeel dat de bouw heeft binnen de emissies van het goederenvervoer. Voor specialistisch spoormaterieel en waterbouw waren de emissies nog niet in kaart gebracht en nog niet geheel goed meegenomen in de huidige emissieregistratie.

Vanuit IenW is de wens om emissies in de bouw voor de verschillende bronnen als aparte categorie op te nemen in de emissieregistratie om deze kennis langdurig te borgen en om reductiepotentiëlen te kunnen bepalen, zoals onder andere benodigd in de KEV en voor opname van de bouw als apart onderdeel in de KEV. Om dit mogelijk te maken is er behoefte aan een aantal verbeteringen in de basisdata voor de verschillende modaliteiten emissiebronnen. Daarnaast moet deze data in lijn worden gebracht met de dataverwerkingsmethode van de Emissieregistratie.

Topsector Logistiek heeft TNO gevraagd in het kader van het kennisprogramma binnen het Programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) om hier invulling aan te geven.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek behelst het verbeteren van de basisdata voor emissies in de bouw op vier onderdelen:

- Verbeteren van basisdata van bouwtransport en hulpfuncties.
- Verbeteren van inzicht in de inzet en het gebruik van de bouwlogistieke voertuigen in verschillende onderdelen van de keten.
- Verbeteren van de basisdata voor de waterbouw.
- Verbeteren basisdata van spoor specifiek bouw materieel.

Verbeteren van basisdata van bouwtransport en hulpfuncties

De eerder toegepaste methodiek om het aandeel bouw in het totale goederenvervoer te bepalen op basis van de economische bedrijfsactiviteiten van een onderneming (SBI-codes, Standaard BedrijfsIndeling), heeft een aantal beperkingen, waardoor er een mate van onzekerheid en onnauwkeurigheid zit in het eindresultaat (emissies in de bouw). Dit wordt weergegeven door een bandbreedte in het eindresultaat. Het doel van dit deel is om meer inzicht te creëren in de emissies in de bouw en daarmee een verbetering aan te brengen in het bestaande eindresultaat en waar mogelijk de bandbreedte te verkleinen.

Dit gebeurt door:

- a) Specifieke bouwvoertuigen op basis van hun eigenschappen (inrichtingen) 100% aan bouw toe te wijzen.
- b) De inzet in jaarkilometrage en de leeftijdsopbouw van de bouwvoertuigen uitgesplitst naar bestelauto's (N1) en vrachtwagens (N2, N3) mee te nemen in het bepalen van het aandeel bouw.
- c) Een schatting te maken voor de emissies gerelateerd aan de hulpfuncties van bouwvoertuigen.
- d) Een correctie toe te passen op het gebruik van bestelauto's voor privédoeleinden (particulier gebruik).

Verbeteren van inzicht in de verschillende onderdelen van de keten.

Op dit moment ontbreekt inzicht in waar, en in welke mate, bouwlogistieke voertuigen worden ingezet in de keten. Vanuit het programma Schoon en Emissieloos Bouwen bestaat behoefte aan meer inzicht in de mate van inzet voor het deel van de logistieke keten dat tot de scope van SEB behoort: het traject van en naar de bouwplaats. De huidige inschattingen hebben door gebrek aan beschikbare informatie hierin niet kunnen verbijzonderen. Het doel van dit onderdeel is om een verkenning uit te voeren naar de inzet van de bouwvoertuigen op het traject 'van en naar de bouwplaats' voor verschillende bouwstromen en aan de hand daarvan een bijstelling te maken op de emissies in de bouw.

Verbeteren van de basisdata voor de waterbouw.

Voor het programma SEB is een eerste inschatting gemaakt van de activiteit en emissies van inzet van vaartuigen voor de waterbouw en de offshore.

In dit onderzoek is deze data geverifieerd en aangevuld door de volgende activiteiten:

1. Check van aanvullende bronnen rondom de activiteiten en de energievraag voor de waterbouw en offshore.
2. Verifiëren van de activiteitsdata aan de hand van een controle van AIS.
3. Analyse hoe de gevonden cijfers en methoden voor de langere termijn geborgd kunnen worden.

Verbeteren basisdata van spoor specifiek bouw materieel.

Deze categorie betreft materieel dat wordt gebruikt voor de aanleg en het onderhoud van het spoor. In het kader van SEB is een eerste overzicht gemaakt van de verschillende categorieën en hun inzet. Dit beeld is echter niet compleet. Er is onder meer onzekerheid over de motorbelasting van machines tijdens aanleg- en onderhoudsprojecten en het aantal draaiuren per jaar. Om hier een stap in te zetten is in dit project in overleg met een grote aannemer informatie opgevraagd over het brandstofverbruik en draaiuren van de diverse materieeltypen, met een focus op de machines met de grootste bijdrage in de emissies, namelijk: diesellocs, drie typen zware spoor specialistische spoormachines (met name stopmachines) en krollen. Aanvullend heeft TNO twee dagen bij een spoorproject meegelopen om informatie te verzamelen en te registreren wat tot een verbeterde inschatting van de motorbelasting kan leiden. De mogelijkheden hiervoor verschillen per machine.

1.3 Leeswijzer

In dit rapport worden de resultaten van de vier onderdelen in aparte hoofdstukken behandeld. Per onderdeel wordt eerst de huidige wijze waarop het type materieel is opgenomen in de nationale cijfers van de emissieregistratie en de KEV en wat de inzichten voor de activiteit en de emissies zijn die naar voren komen uit de analyses die zijn uitgevoerd in het kader van het programma Schoon en Emissieloos Bouwen. Vervolgens wordt ingegaan op de methodiek van de nieuwe analyse en worden de resultaten behandeld.

2 Bouwtransport en hulpfuncties

2.1 Huidige weergave van emissies bouwtransport in SEB en de Emissieregistratie

2.1.1 Emissie Registratie (ER)

Onder de vlag van het RIVM worden jaarlijks historische emissies in Nederland vastgesteld bij Emissie Registratie (ER). De emissies voor een specifiek emissiejaar worden in het daaropvolgende jaar berekend, eind van dat jaar vastgesteld en meestal in het eerste kwartaal van het jaar daarop gepubliceerd (emissies over 2021 worden dus Q1 2023 gepubliceerd). Emissies die verband houden met verkeer worden vastgesteld in de taakgroep verkeer en vervoer, waar naast TNO ook RWS, RIVM, PBL en CBS vertegenwoordigd zijn. Voor wegverkeer worden de emissies sinds een aantal jaar berekend met de zgn. bottom-up aanpak. Dit betekent dat emissies vanuit de individuele voertuigen berekend worden.

In het kort verloopt het proces als volgt:

- TNO levert voor alle in Nederland geregistreerde voertuigen lijsten met koppeling kenteken en emissiefactoren;
- emissiefactoren (voor sommige factoren als NO_x per Versit-klasse, voor fijnstof op basis van voertuiggewicht en vermogen);
- CBS berekent per voertuig de verkeersprestaties (jaarkilometrage) en vermenigvuldigt deze met de emissiefactoren;
- totale emissies als berekend in de bottom-up (fuel-used) worden vervolgens geschaald met de totale brandstofafzet in Nederland (fuel-sold).

Een uitgebreide beschrijving van deze aanpak is te vinden in het rapport:

www.emissieregistratie.nl/documentatie/methoderapporten/verkeer-en-vervoer.

De berekende emissies worden gepubliceerd door emissieregistratie

(data.emissieregistratie.nl/emissies/grafiek) en door CBS (bijvoorbeeld

opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/). In de huidige emissieberekeningen is echter nog geen rekening gehouden met emissies van de hulpfuncties van voertuigen. Hiervoor wordt in dit rapport een schatting gemaakt voor de voertuigen ingezet in de bouw.

Hierin is echter geen onderscheidbaar deel voor bouwtransport te herleiden. Binnen het programma SEB is in 2022 door TNO een onderzoek uitgevoerd, waarin op basis van de economische bedrijfsactiviteiten van een onderneming (SBI-codes, Standaard BedrijfsIndeling) een schatting is gemaakt van de emissies gerelateerd aan de inzet van wegvoertuigen voor bouwtransport.¹ De resultaten en de aanpak daarvan worden in volgende paragraaf samengevat.

1 _____

¹ Van Mensch, P. van Merriënboer, S., Tol, D., Rondaij, A., Harmsen, J., Fransen, R., Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod duurzame mobiele werktuigen, bouwlogistieke voertuigen, spoorwerktuigen en vaartuigen die worden ingezet voor de waterbouw, TNO 2022 R11048, 2022.

2.1.2 Bouwtransport in SEB

Binnen het programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) is voor diverse materieeltypen in de bouw bepaald wat de gerelateerde emissies zijn. Deze materieeltypen betreffen: bouwmachines, specialistisch spoorbouwmaterieel, wegvoertuigen voor bouwtransport en schepen in de waterbouw. Dit deel beschrijft in het kort de aanpak en resultaten van de schatting van de emissies gerelateerd aan de inzet van de wegvoertuigen voor bouwtransport (vaartuigen worden behandeld in hoofdstuk 4, spoormaterieel in hoofdstuk 5, bouwmachines worden reeds als aparte categorie in de nationale cijfers opgenomen).

De methodiek om tot de totale jaarlijkse uitstoot van bouwlogistieke voertuigen te komen bestaat uit twee onderdelen:

Artikel I. De totale emissies van al het bestel- en vrachtautoverkeer o.b.v. de Emissieregistratie.

Artikel II. Het bepalen van het aandeel van de bestel- en vrachtwagens die ingezet worden in de bouw (dat wil zeggen het aandeel bouwvoertuigen).

Door deze twee onderdelen samen te voegen kan een inschatting worden gegeven van de emissies van de wegvoertuigen in de bouwsector. De emissies van het bestel- en vrachtautoverkeer, zoals in de Emissieregistratie zijn vastgelegd, zijn per voertuigcategorie berekend op basis van aantal geregistreerde voertuigen * aantal geregistreerde km's * emissiefactor per specifieke voertuigcategorie. Voor het bepalen van het aandeel voertuigen dat aan de bouw wordt toegerekend, wordt rekening gehouden met een gemiddeld aantal gereden kilometers per voertuigcategorie (VERSIT+-klasse, zie [1]) en de bijbehorende specifieke emissiefactor.

Bij het bepalen van het aandeel van de emissies voor specifiek de bouw is uitgegaan van een schatting van het aantal voertuigen dat ingezet wordt in de bouw per voertuigcategorie. De totale emissies per voertuigcategorie uit de Emissieregistratie worden verdeeld naar 'bouw' en 'niet-bouw' op basis van deze verhouding per voertuigcategorie. De aanname daarbij is dat binnen een voertuigcategorie sprake is van een evenredige inzet van de 'bouw' en 'niet-bouw' voertuigen. De schatting van het aandeel 'bouw' komt tot stand op basis van de geregistreerde economische bedrijfsactiviteit (SBI-code) van de geregistreerde eigenaar van het voertuig. Deze SBI-toewijzingsmethodiek wordt hieronder nader toegelicht. Om een inschatting te maken van het totale aandeel bouwgerelateerde emissies zijn de SBI-codes van zakelijke geregistreerde Nederlandse kentekens geanalyseerd. Daarbij is een koppeling gemaakt van de economische bedrijfsactiviteiten van een onderneming (SBI-codes, Standaard BedrijfsIndeling) met de kentekens welke eigendom zijn van de onderneming (zakelijke geregistreerde Nederlandse kentekens). Vervolgens zijn op basis van een selectie van specifieke bouwgerelateerde SBI-codes (welke zijn geverifieerd met vertegenwoordigers in de bouw) de bouwgerelateerde emissies bepaald. Deze zakelijke kentekens betreffen in totaal ongeveer 60% van alle wegvoertuigen, welke vervolgens zijn ingedeeld in de categorieën: 'Bouw' & 'Geen bouw'. De indeling in deze categorieën is gebaseerd op de SBI-codes die gekoppeld zijn aan de KvK-registratie van de kentekens. In Bijlage A is de indeling van de SBI-codes te vinden.

Als bron voor de totale jaarlijkse emissies in Nederland van bestel- en vrachtauto's in de hele logistieke sector worden detailgegevens van de Emissieregistratie gebruikt (in dit geval zichtjaar 2020). Het aandeel bouw in aantallen voertuigen per type voertuigcategorie op basis van RDW-gegevens (jan. '21) en KvK gegevens (jan. '21) is in onderstaande tabel aangegeven (zie **Tabel 2.1**).

Tabel 2.1: Aantal voertuigen in bouw op basis van SBI-analyse met data uit zichtjaar 2020.

Gewichtsklasse	VERSIT+-klasse	Voertuigtype	Aantal totaal	Aandeel bouw	Aantal bouw
Licht (N1)	LBA, LBC	Bestelauto	1.046.000	25%	256.000
	LTR	Trekker-oplegger	8.000	22%	2.000
Middelzwaar (N2)	MVALCH	Vrachtauto licht	23.000	5%	1.000
	MVAZWA	Vrachtauto mid-den	31.000	6%	2.000
	MUT	Utiliteitsvoertuig	5.000	7%	300
Zwaar (N3)	ZVA	Vrachtauto zwaar	21.000	20%	4.000
	ZUT	Utiliteitsvoertuig	16.000	27%	4.000
	ZTR	Trekker-oplegger	79.000	10%	8.000
			1.229.000		277.300

Bron: Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod duurzame mobiele werktuigen, bouwlogistieke voertuigen, spoorwerktuigen en vaartuigen die worden ingezet voor de waterbouw, TNO 2022 R11048. [2]

De totale emissies zijn voor elke VERSIT+-klasse bekend. Door deze data te koppelen aan het eerder gevonden aandeel bouw per VERSIT+-klasse kunnen de totale bouw-gerelateerde emissies worden ingeschat (zie **Tabel 2.2**).

Tabel 2.2: Inschatting van de emissies gerelateerd aan bouwtransport op basis van de SBI-analyse.

Categorie	CO ₂ (Mton)	NO _x (kton)	NH ₃ (ton)	PM ₁₀ (ton)
Lichte voertuigen (N1)	1,0	3,4	21	143
Zware voertuigen (N2 + N3)	0,8	2,9	61	102
Totaal	1,8	6,3	82	245
Totaal logistiek weg (bron: Emissieregistratie, zichtjaar 2020)	10,2	34,0	625,7	1321,4
Aandeel bouwtransport (weg)	18%	19%	13%	19%

Bron: Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod duurzame mobiele werktuigen, bouwlogistieke voertuigen, spoorwerktuigen en vaartuigen die worden ingezet voor de waterbouw, TNO 2022 R11048 [2]. De emissieregistratie-data voor totaal logistiek weg in bovenstaande tabel zijn geüpdatet met de laatste cijfers voor zichtjaar 2020 ten opzichte van het genoemde rapport.

In de volgende paragraaf wordt een verdiepingsanalyse uitgevoerd van bovenstaande berekeningen met de meest actueel beschikbare datasets uit RDW, KvK en Emissieregistratie en worden de resultaten uit bovenstaande tabellen op basis van deze analyses bijgesteld.

2.2 Aanpak/ Methodiek verdiepingsanalyse

In dit hoofdstuk wordt een verdieping toegepast van de berekeningen uit het eerdergenoemde rapport TNO 2022 R11048 [2]. In het eerdere rapport zijn een aantal onzekerheden en onvolledigheden benoemd, die in dit hoofdstuk worden geadresseerd:

- Er is geen zicht op het deel van bestelauto's dat voor privédoeleinden wordt gebruikt (particulier gebruik).

- Bij het bepalen van de verhouding inzet bouw versus ‘geen bouw’ en vervolgens verdeling over de transitiepaden, is uitgegaan van een evenredige inzet per kenteken en een gemiddelde inzet per voertuigcategorie.
- Hulpfuncties van voertuigen (bijv. het gebruik van een kraan op een kraanwagen) zijn niet meegeteld in de emissies.

Allereerst worden in dit hoofdstuk een basisanalyse en vier gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Deze analyses zijn uitgevoerd op de meest recent beschikbare datasets. De methodiek van de basisanalyse en de eerste drie gevoeligheidsanalyses komt overeen met de eerdere methodiek uit [2], maar voor de berekeningen zijn recentere datasets gebruikt. De eerste drie gevoeligheidsanalyses bestaan uit het inzichtelijk maken van de impact van de verandering van de volgende aannames:

- Het deel van de vloot waar onvoldoende KvK-informatie van beschikbaar om in ‘bouw’ en ‘niet-bouw’ te kunnen onderverdelen wordt opnieuw herverdeeld t.o.v. de basisanalyse door 50% meer en minder aan bouw toe te rekenen.
- Een aantal typen specialistische bouwvoertuigen wordt op basis van hun eigenschappen (inrichtingen) handmatig op 100% inzet bouw gezet.
- Het aandeel bestelauto's (N1) wordt handmatig verminderd met 50% en het aandeel zware trekker-opleggers (ZTR) wordt handmatig verhoogd met 50%.

De vierde gevoeligheidsanalyse is nieuw en geeft een schatting van een bijstelling op basis van particulier gebruik van bestelauto's. Vanwege het ontbreken van preciezere data is het niet mogelijk om deze bijstelling mee te nemen in onze concluderende cijfers.

Vervolgens worden twee verdiepende berekeningen gepresenteerd. In de eerste worden de geregistreerde jaarkilometrages meegenomen in onze emissieberekeningen. Hierdoor wordt niet langer uitgegaan van een gemiddeld aantal gereden kilometers per voertuigklasse. De tweede verdiepende berekening gaat over de uitstoot van hulpfuncties. Er wordt een schatting gegeven van de NO_x uitstoot van hulpfuncties gebaseerd op een bottom-up berekening voor voertuigen met een bepaalde inrichting. Zowel de berekening op basis van jaarkilometrages, die nauwkeuriger is dan de basisanalyse, en de uitstoot van hulpfuncties worden gepresenteerd mee in de definitieve uitstootberekening in de conclusie van het hoofdstuk.

Om de hypothese te toetsen dat de bouwvoertuigen gemiddeld ouder zijn dan niet-bouw voertuigen, worden ook nog resultaten gepresenteerd waarin de euroklasse van bouwvoertuigen met de vloot en de niet-bouwvoertuigen wordt vergeleken.

Aan het eind van het hoofdstuk staan concluderende cijfers waarin een aantal aannames wel en niet zijn meegenomen. Deze concluderende cijfers geven de meest nauwkeurige schatting van de uitstoot van bouwtransport op de weg op basis van de hier beschreven methodiek.

2.2.1 Databronnen

Om deze vragen te kunnen beantwoorden worden de volgende datasets gebruikt.

1. Gekentekende voertuigen met brandstof en carrosserie en Europese voertuigcategorie N1, N2 of N3 uit het open dataportaal van de RDW. Een gedownload snapshot van deze dataset van 22 november 2021 wordt hier gebruikt.

2. De eerste dataset wordt verrijkt door via de KvK Dataservice, in het bijzonder het KvK Handelsregister Basisprofielen, aan voertuigen waarvoor dit bekend is informatie over de economische activiteit van het betreffende bedrijf, zogenaamde SBI-codes, toe te voegen. Het toevoegen van SBI-codes aan de data van de RDW heeft ook in november 2021 plaatsgevonden.
3. Vanuit de Emissieregistratie van 2022 worden de Implied Emission Factors van het CBS met zichtjaar 2021 gebruikt. [3]
4. Jaarkilometrages van gekentekende zware voertuigen uit het EKI-register van de RDW. Gedownload op 1 maart 2022.
5. Jaarkilometrages van gekentekende lichte voertuigen uit het NAP-register van de RDW. Gedownload op 1 maart 2022.

2.3 Resultaten op basis van nieuwe data

Deze paragraaf presenteert met de resultaten van de basisanalyse en de drie gevoeligheidsanalyses op basis van de nieuwe datasets. In de methodiek van deze analyses zijn geen veranderingen doorgevoerd ten opzichte van de huidige berekeningen in [2].

2.3.1 Basisanalyse: het aandeel bouw op basis van SBI-codes

Deze paragraaf begint met een preciezere beschrijving van de gebruikte methodiek. Dit begint met de meest simpele analyse op basis van de SBI-codes van elk voertuig zoals geregistreerd bij de kamer van koophandel. Bij deze ‘basisanalyse’ wordt geen gebruik gemaakt van jaarkilometrages of andere bijstellingen: het bouwtaandeel in de emissies is berekend op basis van het berekende aantal bouwvoertuigen.

Gebruik van de genoemde datasets van de RDW en KvK leidt tot een dataset van zo’n 660.000 voertuigen met SBI-code informatie. Dit geeft het deel van de hele Nederlandse vloot van N1, N2 en N3 van ongeveer 1,3 miljoen voertuigen waarvoor SBI-code informatie beschikbaar is. Elk voertuig kan met 1, 2 of 3 SBI-codes geregistreerd staan bij de KvK. Voor een aantal van de SBI-codes worden economische activiteit als ‘bouw’ of als ‘mogelijk bouw’ geclassificeerd. In de Bijlage staat een volledig overzicht van alle SBI-codes en hun bijbehorende bouw aanduiding. Alle SBI-codes die niet in de bijlage staan worden geclassificeerd als ‘geen bouw’. Aan elk voertuig wordt nu een waarde ‘aandeel bouw’ toegekend:

Eq. 2.3.1 Aandeel Bouw = Aantal als ‘bouw’ geclassificeerde SBI-codes / Totaal aantal SBI-codes.

Bijvoorbeeld, een voertuig met 3 SBI-codes waarvan er eentje als ‘bouw’ is geclassificeerd krijgt zo de waarde 0,33 als ‘aandeel bouw’ toegekend. Op dezelfde manier kunnen ook per voertuig het ‘aandeel mogelijk bouw’ en het ‘aandeel geen bouw’ van dat voertuig worden berekend.

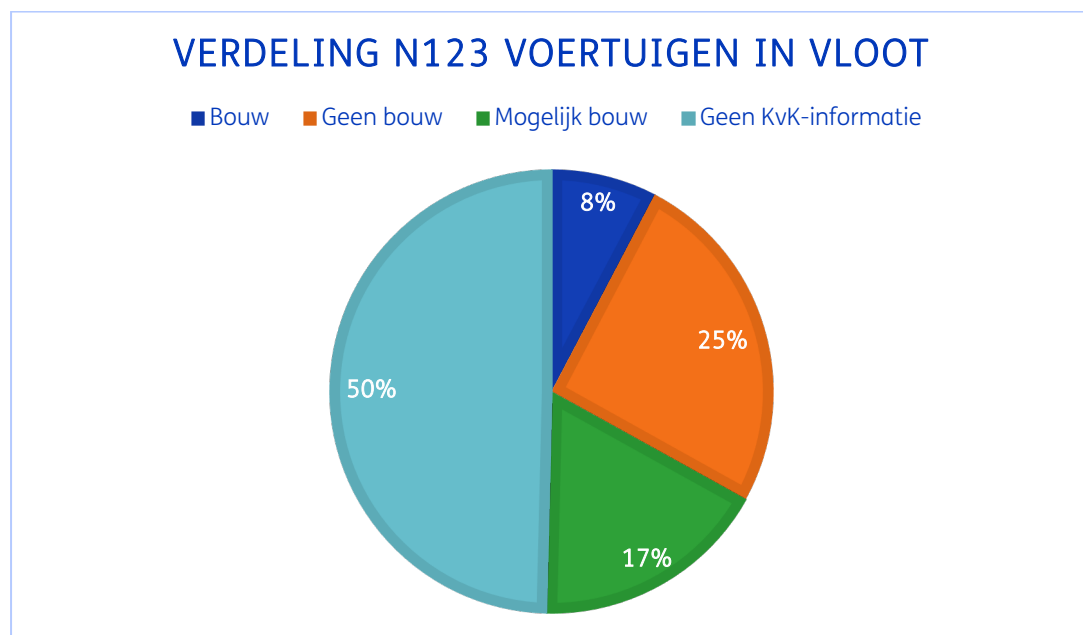
Niet-bouw inrichtingen

Handmatig worden een aantal uitzonderingen toe op deze regel toegevoegd. Als een voertuig één van de volgende inrichtingen heeft, dan zetten wij de bouw aanduiding van het voertuig handmatig op ‘geen bouw’ ongeacht de SBI-codes waaronder het voertuig bij de KvK geregistreerd staat.

Niet-bouw inrichtingen:

- Ambulance
- Bergingsvoertuig
- Brandweerwagen
- Gepantserd voertuig
- Kampeerwagen
- Kantoorwagen
- Lijkwagen
- Medische hulpwagen
- Straatveegwagen
- Straatveger, reiniger, rioolzuiger
- Veewagen
- Voor vervoer boten
- Voor vervoer zweefvliegtuigen
- Vuilniswagen

Dit komt tot een verdeling van de vloot in 'bouw', 'geen bouw', 'mogelijk bouw' zoals weergegeven in **Figuur 2.1**.



Figuur 2.1: In deze figuur is de percentuele verdeling van de voertuigen met voertuigcategorie N1, N2 of N3 in de Nederlandse vloot weergegeven naar bouw, mogelijk bouw en geen bouw.

De verhoudingen in bovenstaande figuur zijn de geaggregeerde verhoudingen voor de totale vloot, maar voor emissieberekeningen zijn de verhoudingen zijn op het niveau van VERSIT+-klasse bepaald. Bijvoorbeeld Euro V bestelauto's op benzine krijgen VERSIT+-klasse LBABEUR5. Door deze verhoudingen per VERSIT+-klasse toe te passen voor de totale vloot, levert onderstaande bijstelling van **Tabel 2.1** in aantallen voertuigen in de bouw.

Tabel 2.3: Aantallen voertuigen in de bouw op basis van SBI-code analyse met data uit zichtjaar 2021. De aantallen voertuigen in onderstaande tabel zijn afgerond.

Gewichtsklasse	VERSIT+-klasse	Voertuigtype	Aantal totaal	Aandeel bouw	Aantal bouw
Licht (N1)	LBA, LBC	Bestelauto	1.080.000	25%	267.000
	LTR	Trekker-oplegger	7.800	22%	1.700
Middelzwaar (N2)	MVALCH	Vrachtauto licht	23.900	13%	3.200
	MVAZWA	Vrachtauto midden	30.900	9%	2.800
	MUT	Utiliteitsvoertuig	5.200	6%	300
Zwaar (N3)	ZVA	Vrachtauto	21.600	20%	4.400
	ZUT	Utiliteitsvoertuig	16.600	27%	4.400
	ZTR	Trekker-oplegger	81.700	11%	8.800
			1.267.700		292.600

Het gebruik van meest recente databronnen voor RDW en KvK heeft geleid tot een kleine verhoging van het aantal bouwvoertuigen, die voor een deel wordt veroorzaakt door een groei van het gehele wagenpark.

2.3.2 Emissieregistratie

Om de uitstoot van de bouwvoertuigen te berekenen worden de Implied Emission Factors uit de Emissieregistratie van 2022 met zichtjaar 2021 gebruikt (zie Tabel 3.11 uit [3]). De methodiek die in de Emissieregistratie wordt gebruikt is dat elk voertuig wordt ingedeeld in een voertuigklasse, dat wil zeggen een VERSIT+-klasse, gebaseerd op het type voertuig, de brandstof en de emissieklasse van het voertuig. Alleen de voertuigtypen zijn hierbij in [Tabel 2.4](#) relevant voor de Implied Emission Factors uit de Emissieregistratie.

Tabel 2.4: TNO-voertuigcode uit de VERSIT+-classificering met bijbehorend voertuigtype.

TNO-voertuigcode	Voertuigtype
LBA	Bestelauto
LBC	Bestelauto
LBE	Bestelauto
LTR	Lichte trekker-oplegger
MUT	Middelzwaar utiliteitsvoertuig
MVALCH	Lichte vrachtauto
MVAZWA	Middelzware vrachtauto
ZTR	Zware trekker-oplegger
ZUT	Zwaar utiliteitsvoertuig
ZVA	Zware vrachtauto

Voor elke VERSIT+-klasse wordt op basis van de SBI-codemethodiek het bouwpercentage berekend behorende bij die VERSIT+-klasse via de volgende formule:

Eq. 2.3.2
$$\text{Bouwpercentage} = \frac{\text{Aandeel bouw van versitklasse}}{(\text{Aandeel bouw van versitklasse} + \text{Aandeel geen bouw van klasse})}$$

Een voorbeeld van de uitkomst van deze methodiek komt naar voren dat Euro V bestelauto's op benzine (dat wil zeggen de voertuigen met VERSIT+-klasse LBAEUR5) voor zo'n 9% in de bouw worden ingezet.

Een belangrijke aanname bij deze methodiek is dat het deel van de vloot, bestaande uit zowel het ‘mogelijk bouw’-deel als het deel waarvoor geen KvK-informatie beschikbaar is, binnen elke VERSIT+-klasse op dezelfde manier is verdeeld tussen bouw/niet-bouw als het deel van de vloot waar wel de informatie voor beschikbaar is.

Tabel 2.5: Uitstoot van voertuigen die worden ingezet in de bouw Alle getallen betreffen alleen emissies toegerekend aan bouwvoertuigen.

TNO-voertuigcode	CO ₂ [Mton]	NO _x [kton]	NH ₃ [ton]	PM ₁₀ [ton]
LBA	1	3,1	32,7	136,6
LBC	0	0	0	0
LBE	0	0	0	0
LTR	0	0	0,2	1
MUT	0	0	0,1	0,4
MVALCH	0	0,1	2	2,1
MVAZWA	0	0,2	3,3	6,8
ZTR	0,5	1,2	38,8	47,2
ZUT	0,1	0,6	12	20,9
ZVA	0,1	0,6	9,3	20,9
Totaal	1,7	5,8	98,4	235,9

Het gebruik van de meest recente databronnen voor Emissieregistratie leidt, ondanks de lichte verhoging van het aantal bouwvoertuigen, tot een vermindering van de emissies in de bouw behalve voor NH₃. De toename in NH₃ voor zware voertuigen komt door de groei in het aantal voertuigen met een SCR.

2.3.3 Gevoeligheidsanalyses

We rekenen nu een aantal verschillende gevoeligheidsanalyses door om te evalueren hoe gevoelig onze methodiek is. De onderstaande gevoeligheidsanalyses zijn gebaseerd op veranderingen in de aannames in de basisanalyse (d.w.z. de meest simpele analyse waarin de uitstoot is berekend op basis van het aantal bouwvoertuigen). De eerste drie gevoeligheidsanalyses zijn ook doorgerekend in [2] op basis van oudere datasets.

2.3.3.1 Gevoeligheidsanalyse 1: herverdeling van ‘mogelijk bouw’

Eén van de aannames in de bovenstaande methodiek is dat de verhouding tussen bouw en geen bouw gelijk blijft in het deel van de voertuigen met een SBI-code die als mogelijk bouw is geclassificeerd.

Met andere woorden, per voertuigklasse wordt dezelfde verhouding tussen bouw en geen bouw toegepast voor de voertuigen die “mogelijk” in de bouw worden ingezet. Om te onderzoeken hoe afhankelijk onze resultaten van deze aanname zijn is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin het bouwpercentage met 50% verhoogd en verlaagd worden. Dit wordt gedaan door de volgende formules per VERSIT+-klasse te berekenen:

Eq. 2.3.3 “Aandeel bouw met mogelijk bouw herverdeeld laag” = “Aandeel bouw” + 0,5*(“Bouwpercentage”)*(“Aandeel mogelijk bouw”)

Eq. 2.3.4 “Aandeel geen bouw met mogelijk bouw herverdeeld laag” = “Aandeel geen bouw” + (1 - 0,5*(“Bouwpercentage”))* (“Aandeel mogelijk bouw”)

Eq. 2.3.5 “Aandeel bouw met mogelijk bouw herverdeeld hoog” = “Aandeel bouw” + minimum(1,5*(“Bouwpercentage”), 1)*(“Aandeel mogelijk bouw”)

Eq. 2.3.6 “Aandeel geen bouw met mogelijk bouw herverdeeld hoog” = “Aandeel geen bouw” + (1 - minimum(1,5*(“Bouwpercentage”), 1))* (“Aandeel mogelijk bouw”)

We berekenen nu de bouwpercentages per VERSIT+-klasse via

Eq. 2.3.7 “Bouwpercentage met mogelijk bouw herverdeeld laag” = “Aandeel bouw met mogelijk bouw herverdeeld laag”/ (“Aandeel bouw met mogelijk bouw herverdeeld laag” + “Aandeel geen bouw met mogelijk bouw herverdeeld laag”)

Eq. 2.3.8 “Bouwpercentage met mogelijk bouw herverdeeld hoog” = “Aandeel bouw met mogelijk bouw herverdeeld hoog”/ (“Aandeel bouw met mogelijk bouw herverdeeld hoog” + “Aandeel geen bouw met mogelijk bouw herverdeeld hoog”)

Deze bouwpercentages per VERSIT+-klasse staan toe om de uitstoot te berekenen via de Implied Emission Factors uit de Emissieregistratie.

Tabel 2.6: Jaaremissies van bouwvoertuigen in het gevoeligheidsscenario waarin mogelijk bouw ±50% wordt herverdeeld over bouw en geen bouw.

Voertuig-type	CO ₂ laag [Mton]	CO ₂ hoog [Mton]	NO _x laag [kton]	NO _x hoog [kton]	NH ₃ laag [ton]	NH ₃ hoog [ton]	PM ₁₀ laag [ton]	PM ₁₀ hoog [ton]
N1	0,9	1,2	2,8	3,6	27,4	38,4	119,5	155,7
N2/N3	0,6	1	2	3,4	46,8	84,5	72,8	123,9
Totaal	1,5 (-12%)	2,2 (+29%)	4,8 (-17%)	7 (+21%)	74,2 (-25%)	122,9 (+25%)	192,3 (-18%)	279,6 (+19%)

In vergelijking met [Tabel 2.5](#) komt naar voren dat de gevoeligheidsanalyse op het aandeel bouw voor het onbekende deel (mogelijk bouw) van -50% tot +50% een bandbreedte op de emissies van -12% tot +29% voor CO₂ en van -17% tot +21% voor NO_x geeft. Dit geeft een beeld van de gevoeligheid van de resultaten (emissies in de bouw) voor de onzekerheid in dit deel van de methodiek.

2.3.3.2 Gevoeligheidsanalyse 2: specialistische bouwvrachtvoertuigen handmatig op 100% inzet bouw

In de tweede gevoeligheidsanalyse wordt voor een aantal typische bouwrichtingen bekeken wat de impact is als deze voor 100% in de bouw wordt meegenomen.

Bouwinrichtingen

De volgende inrichtingen worden handmatig op 100% bouw gezet.

- Achterwaartse kipper
- Asfaltkipper
- Betonpomp
- Betonmixer
- Boorwagen
- Driezijdige kipper
- Kipper
- Kraanwagen
- Mobiele kraan
- Open laadvloer
- Open met kraan
- Resteelwagen
- Tweezijdige kipper
- Voertuig met haakarm

Voor voertuigen met Europese voertuigcategorie N1 zijn geen bijstelling gedaan op het aandeel bouw/niet-bouw voor bovenstaande inrichtingen. Voor N1 worden de aantallen voertuigen met bovenstaande inrichting gedomineerd door inrichtingen die ook in de glastuinbouw worden ingezet. Daarom is besloten voor N1 geen bijstelling te doen, maar de verhoudingen bouw/niet-bouw uit de basisanalyse aan te houden. De emissieberekening is verder identiek aan de basisanalyse.

Tabel 2.7: Jaaremissies van bouwvoertuigen wanneer een aantal inrichtingen handmatig op 100% bouw worden gezet.

Voertuigtype	CO ₂ [Mton]	NO _x [kton]	NH ₃ [ton]	PM ₁₀ [ton]
N1	1	3,2	32,9	137,6
N2/N3	1,1	4,1	98,9	150,8
Totaal	2,1 (+23%)	7,3 (+26%)	131,8 (+34%)	288,4 (22%)

Deze gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd omdat de verwachting is dat deze categorie voertuigen voor het grootste gedeelte (vrijwel 100%) in de bouw ingezet worden en dit niet uit de toewijzingsmethodiek met SBI-codering volgt. De gevoeligheidsanalyse laat zien dat de impact op emissies van deze toewijzing aanzienlijk is (ordegrootte + 25%). Omdat het zeer waarschijnlijk is dat N2 of N3 voertuigen met bovenstaande inrichtingen in de bouw worden ingezet, is besloten deze aanname over te nemen in de hoofdanalyse.

2.3.3.3 Gevoeligheidsanalyse 3: bestelauto's verlagen en zware trekker oplegger verhogen

Deze gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd omdat deze categorie voertuigen (N1 bestelauto, LBA) en (N3 Zware Trekker-oplegger, ZTR) in aantallen dominant zijn en derhalve een grote invloed hebben op de emissies in de bouw. Daarbij is de indruk vooraf dat het aantal bestelauto's in de bouw erg groot is en het aantal zware trekker opleggers laag in relatie tot de totale Nederlandse vloot zware trekker-opleggers. Als derde gevoeligheidsanalyse is daarom een scenario opgesteld waarin de uitstoot van deze voertuigen wordt verlaagd of verhoogd met 50%. Dit geeft het volgende resultaat op de totalen.

Tabel 2.8: Jaaremissies van bestelauto's binnen bouwtransport met 50% verlaagd.

Voertuigtype	CO ₂ [Mton]	NO _x [kton]	NH ₃ [ton]	PM ₁₀ [ton]
Bestelauto	0,5	1,7	17,4	73,0
Zware Trekker-Oplegger	0,5	1,2	38,8	47,2
Overig	0,3	1,5	27,0	52,2
Totaal	1,3 (-24%)	4,4 (-24%)	83,2 (-15%)	172,4 (-27%)

Tabel 2.9: Jaaremissies van zware trekker-oplegger binnen bouwtransport met 50% verhoogd.

Voertuigtype	CO ₂ [Mton]	NO _x [kton]	NH ₃ [ton]	PM ₁₀ [ton]
Bestelauto	1,0	3,1	32,7	136,6
Zware Trekker-Oplegger	0,7	1,8	55,8	67,7
Overig	0,3	1,5	27,0	52,2
Totaal	2,0 (+18%)	6,4 (+10%)	115,5 (+17%)	256,5 (+9%)

Uit de resultaten blijkt dat een verlaging van de N1 bestelauto's inderdaad een aanzienlijke verlaging van de emissies in de bouw met zich meebrengt: -50% bestelauto's leidt tot - 24% van CO₂-emissies. De verhoging van zware trekker-opleggers heeft een minder grote impact op de emissies in de bouw: +50% zware trekker-opleggers leidt tot +18% CO₂ en + 10% NO_x verhoging.

2.3.4 Gevoeligheidsanalyse 4: particulier gebruik van bestelauto's

In de basisanalyse wordt particulier gebruik van bestelauto's meegenomen in de uitstootcijfers omdat op basis van de SBI-code methodiek alleen de eigenaar en niet de gebruiker van het voertuig kan worden vastgesteld. In deze gevoeligheidsanalyse wordt een bijstelling gemaakt op basis van een schatting van het particulier gebruik van bestelauto's. Particulier gebruik van vrachtauto's is waarschijnlijk zeer klein en het is daarom niet nodig hier rekening mee te houden in de analyses.

In het rapport [4] wordt op basis van CBS-data en interviews met bedrijven gesteld dat zo'n 11% van de bestelauto's in januari 2016 in particulier gebruik zijn. Daarnaast wordt gesteld dat deze bestelauto's gemiddeld veel ouder zijn en gemiddeld veel minder jaarkilometers rijden. Omdat het betreffende rapport werkt met geaggregeerde data en, voor zover ons bekend, op het niveau van VERSIT+-klassen geen informatie beschikbaar is over particulier gebruik van bestelauto's, kunnen wij deze categorie niet makkelijk uitsluiten in onze basisanalyse.

Om een schatting te maken van de impact die het uitsluiten van particulier gebruik van bestelauto's heeft op de emissiecijfers is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin de uitstoot van alle bestelauto's is 11% verlaagd – zie [Tabel 2.10](#). Dit geeft een schatting van wat het effect van het uitsluiten van particulier gebruik op de uitstoot zou zijn.

Tabel 2.10: Bouwemissies wanneer de uitstoot van bestelauto's handmatig is verlaagd met 11%.

Voertuigtype	CO ₂ [Mton]	NO _x [kton]	NH ₃ [ton]	PM ₁₀ [ton]
Bestelauto	0,9	2,8	29,2	121,9
Overig	0,8	2,7	65,8	99,4
Totaal	1,7 (-)	5,5 (-5%)	95,0 (-3%)	221,3 (-6%)

Het effect op de totale emissies is klein: ordegrrootte -5%. (Merk op dat de bijstelling vanwege aggregatie en afronding voor CO₂ wegvalt). Om deze bijstelling op een zorgvuldige manier in onze basisanalyses te verwerken is betere data over particulier gebruik van bestelauto's op het niveau van VERSIT+-klassen nodig. Daarom is deze bijstelling niet meegenomen in de concluderende cijfers aan het eind van het hoofdstuk.

2.4 Verdiepende analyses

De volgende analyses zijn nieuw in dit rapport en zijn niet eerder op deze onderzoeksvraag door TNO toegepast. Deze analyses zijn toegevoegd om een aantal aspecten van de eerdere berekeningen nauwkeuriger te maken. De hier gepresenteerde analyses zijn gebaseerd op de databronnen uit §2.2.1.

2.4.1 Jaarkilometrages per kenteken

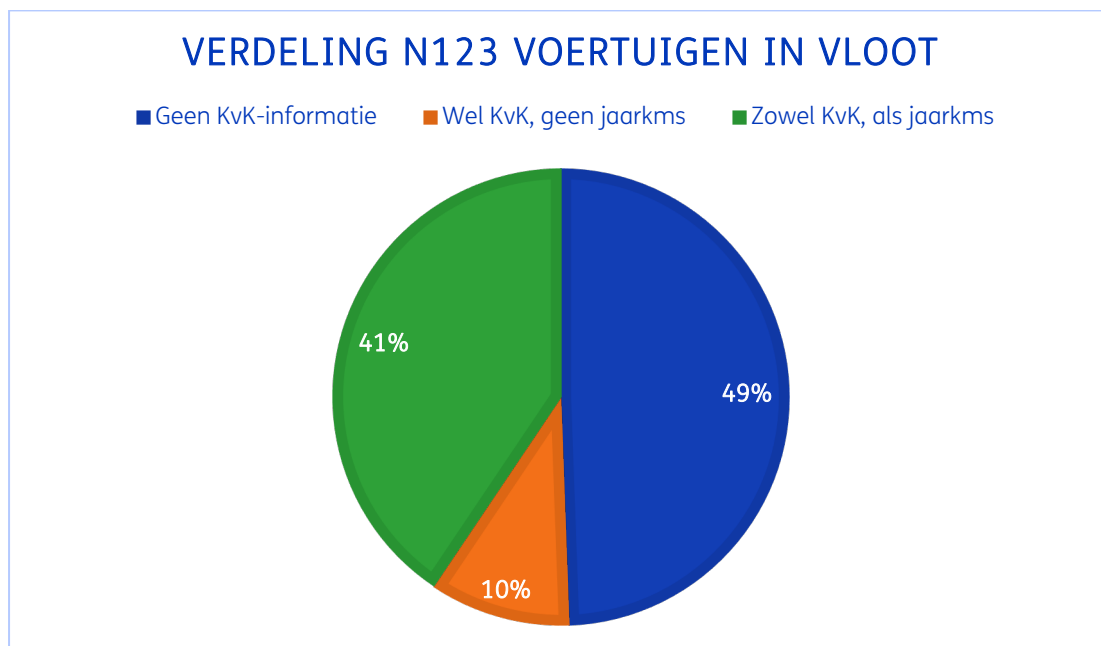
Een beperking van de basisanalyse is dat de analyse is uitgevoerd door een percentage te nemen van het aantal voertuigen binnen een VERSIT+-klasse en deze voertuigen aan te merken als bouwvoertuigen. Hieruit volgt dat impliciet aangenomen wordt dat bouwvoertuigen gemiddeld evenveel kilometers rijden in een jaar als de andere voertuigen in dezelfde VERSIT+-klasse. Omdat bouwvoertuigen veel stilstaan is het niet ondenkbaar dat deze minder kilometers rijden dan andere voertuigen in dezelfde klasse.

Op basis van de eerdergenoemde dataset uit de EKI- en NAP-registers, wordt de dataset van gekentekende voertuigen met SBI-codes verrijkt door er per voertuig de gereden jaarkilometrages toe te voegen. Omdat van zo'n 130.000 voertuigen geen jaarkilometrage is, bestaat de verrijkte dataset uit zo'n 530.000 voertuigen.

Omdat nu op kentekenniveau zowel jaarkilometrages als SBI-codes bekend zijn, kan per voertuig een deel van de jaarkilometers aan de bouw worden toegerekend via de volgende formule.

Eq. 2.4.1 $\text{Bouw jaarkilometers} = (\text{Aandeel bouw}) \cdot (\text{Jaarkilometrage})$

Op dezelfde manier wordt het aantal 'geen bouw kilometers' en 'mogelijk bouw kilometers' van het betreffende voertuig berekend. In [Figuur 2.2](#), [Tabel 2.11](#) en [Tabel 2.12](#) staan de percentages bouw, geen bouw en mogelijk als percentage van het aantal voertuigen en als percentage van het aantal jaarkilometers. Voor de aantallen voertuigen zijn de percentages berekend op basis van alle voertuigen waar we KvK-informatie van hebben en voor de gereden jaarkilometers zijn de percentages berekend op basis van alle voertuigen waarvan we zowel KvK-informatie als jaarkilometrages hebben.



Figuur 2.2: De percentuele verdeling van het aantal N123 voertuigen in de Nederlandse vloot naar het aantal waarvoor we wel of geen KvK-informatie dan wel jaarkilometers hebben.

Tabel 2.11: Het percentage per VERSIT+-groep van het aantal voertuigen dat wordt toegerekend aan bouw, geen bouw en mogelijk bouw.

TNO-voertuigcode	Percentage bouw [%]	Percentage geen bouw [%]	Percentage mogelijk bouw [%]
LBA	17,9	53,1	29,1
LBC	3,7	62,1	34,3
LBE	0	50	50
LTR	15	51,3	33,8
MUT	5,6	84,8	9,6
MVALCH	10,1	67	22,9
MVAZWA	5,4	54,2	40,4
ZTR	3,6	29,3	67,1
ZUT	15	51,6	33,4
ZVA	11	43,1	45,9

Tabel 2.12: Het percentage per VERSIT+-groep van de gereden jaarkilometrages wat wordt toegerekend aan bouw, geen bouw en mogelijk bouw.

TNO-voertuigcode	Perc. jaarkms. bouw [%]	Perc. jaarkms. geen bouw [%]	Perc. jaarkms. mogelijk bouw [%]
LBA	15,8	51,7	32,5
LBC	3,7	52,8	43,5
LBE	0	50	50
LTR	11,4	51,4	37,2

MUT	8,3	70,3	21,4
MVALCH	8,4	65,7	25,8
MVAZWA	2,9	49,8	47,3
ZTR	2,5	25,9	71,6
ZUT	14,7	40	45,3
ZVA	7,1	36,2	56,7

Deze methodiek geeft dus een methode om per VERSIT+-klasse te schatten wat de verhouding is tussen de in de bouw gereden jaarkilometers en de buiten de bouw gereden jaarkilometers. De verhouding op basis van gereden jaarkilometers in plaats van aantallen voertuigen wordt vermenigvuldigd met de Implied Emission Factors uit de Emissieregistratie zoals voorheen. Dit geeft opnieuw een schatting van de uitstoot in een jaar die aan bouwtransport kan worden toegerekend, maar waarbij nu rekening is gehouden met de gereden kilometers.

Tabel 2.13: Jaaruitstoot van bouwtransport op basis van SBI-codes en jaarkilometrages. De cijfers geven alleen emissies toegerekend aan bouwvoertuigen.

Voertuigtype	CO ₂ [Mton]	NO _x [kton]	NH ₃ [ton]	PM ₁₀ [ton]
N1	1	3,1	28,1	134
N2/N3	0,7	2,5	57,3	87,9
Totaal	1,7	5,6	85,4	221,9

De toedeling aan bouw op basis van de jaarkilometrages per kenteken leidt tot een vermindering van het aandeel van emissies in de bouw (e.g. NO_x: van 5.8 naar 5.6 kton NO_x). Daarbij is te zien dat de typische bouwvoertuigen (MUT, ZUT) op basis van jaarkilometrage een groter aandeel in de bouwemissies krijgen, terwijl dit voor de overige voertuigen leidt tot een lager aandeel. Aangezien de overige voertuigen groter zijn in aantal, is de impact op de emissies een verlaging van de schatting van de emissies in de bouw. Aangezien de methodiek op basis van jaarkilometrages niet langer impliciet aanneemt dat bouwvoertuigen binnen een VERSIT+-klasse gemiddeld evenveel kilometers rijden als niet-bouw voertuigen, nemen wij aan het eind van het hoofdstuk de berekening op basis van jaarkilometrage mee als beste inschatting in plaats van de basisanalyse.

2.4.2 Hulpfuncties bedrijfsvoertuigen

We willen ook een schatting geven van de NO_x uitstoot van de hulpfuncties van voertuigen van Europese voertuigcategorie N1, N2 of N3. Dit doen we door een aantal inrichtingen te selecteren van voertuigen die een hulpfunctie hebben. Voor de aantallen hebben we de gekentekende voertuigen dataset van de RDW uit november 2021 gebruikt.

De uitstootcijfers in deze paragraaf betreft uitstoot voor de hulpfuncties van alle N1, N2 en N3 voertuigen in de Nederlandse vloot. In **Tabel 2.16** in de conclusie geven we uitstootcijfers waarin alleen de uitstoot van de hulpfuncties van bouwvoertuigen is meegenomen. Voor de bouwuitstoot in de conclusie wordt alleen naar de hulpfuncties van N2 en N3 voertuigen gekeken, in lijn met de aannames uit 2.3.3.2. In de berekeningen in deze paragraaf worden alle bedrijfsvoertuigen, dus ook N1, meegenomen om tot schattingen van de uitstoot van hulpfuncties voor de hele vloot te komen.

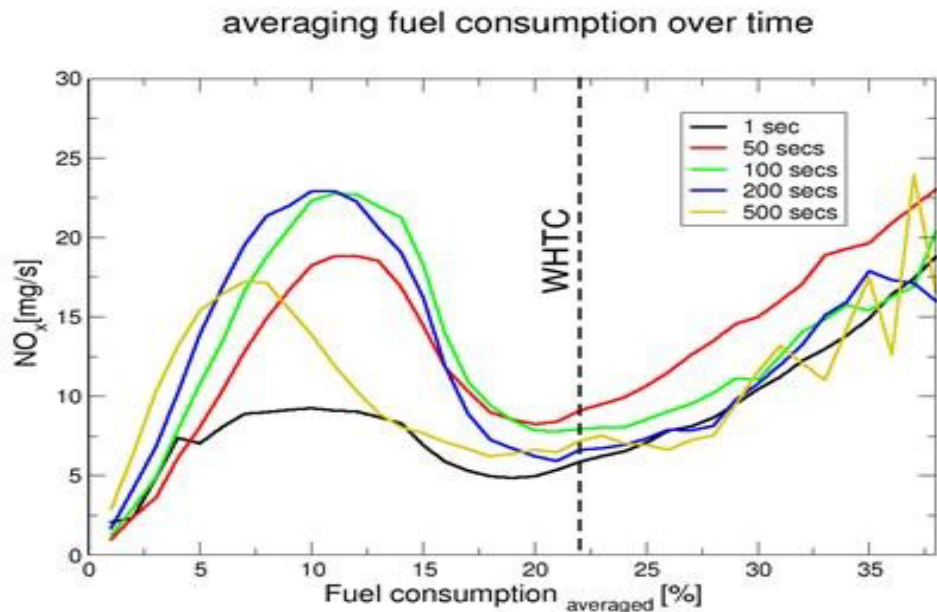
Tabel 2.14: Inrichtingen van voertuigen met een hulpfunctie en de aantallen van voertuigen met deze inrichting in de Nederlandse vloot. Aangezien deze aantallen direct uit de RDW-data komen, zijn ze niet afgerond.

Inrichting	Aantal voertuigen
Achterwaartse kipper	433
Asfaltkipper	512
Betonmixer	1.158
Betonpomp	278
Boorwagen	27
Compressor	25
Dieplader	1
Driezijdige kipper	224
Hoogwerker	2.252
Keetwagen	5
Kipper	10.209
Kraanwagen	284
Mobiele kraan	2.622
Open met kraan	75
Tweezijdige kipper	6
Voertuig met haakarm	4.027
Totaal	22.138

Voor elk van deze voertuigen schatten we de NO_x uitstoot van de hulpfunctie per jaar via de volgende formule.

Eq. 2.4.2 $200 \text{ dagen} * 4 \text{ uur/dag} * \text{“Vermogen van het voertuig [kW]”} / 300 * 20 \text{ mg NO}_x / \text{seconde}$

Deze formule is gebaseerd op metingen aan een van de meest voorkomende trekker-oplegger: DAF XF met een vermogen van 300kW. Onderstaande grafiek zet de NO_x uitstoot in mg/s af tegen het brandstofverbruik als percentage van het maximumbrandstofverbruik. Het brandstofverbruik als percentage van het maximum brandstofgebruik kan worden gezien als surrogaat voor motorbelasting. De verschillende lijnen geven middelingen over verschillende tijdsintervallen.



Figuur 2.3: NO_x uitstoot in mg/s als functie van het brandstofgebruik als percentage van het maximum brandstofgebruik voor een DAF XF van 300 kW.

We weten dat hulpfuncties een motorbelasting van tussen de 5% en 15% hebben. Daarom is in bovenstaande formule gekozen voor een constante uitstoot van 20mg NO_x per seconde ongeveer corresponderend met een motorbelasting van 10%.

We nemen aan dat de hulpfunctie ongeveer 4 uur per dag voor 200 dagen per jaar wordt gebruikt – zie §2.2 uit [5].

Voor andere voertuigen dan een DAF XF van 300 kW schalen we lineair met het vermogen van het voertuig. Via deze methodiek komen op de volgende jaarlijkse uitstoot van de hulpfunctie van de genoemde voertuigen met hulpfunctie.

Tabel 2.15: NO_x-uitstoot per jaar van de hulpfunctie van voertuigen met een hulpfunctie. De getallen zijn afgerond op hele tonnen.

Inrichting	NO _x [ton]
Achterwaartse kipper	12
Asfaltkipper	31
Betonmixer	67
Betonpomp	16
Boorwagen	1
Compressor	1
Dieplader	0
Driezijdige kipper	6
Hoogwerker	48
Keetwagen	0
Kipper	319

Inrichting	NO _x [ton]
Kraanwagen	12
Mobiele kraan	154
Open met kraan	1
Tweezijdige kipper	0
Voertuig met haakarm	250
Totaal	918

Voor de hulpfuncties van de bouwvoertuigen is het enkel mogelijk om een schatting te geven van de NO_x emissies. Deze leidt tot een aanzienlijke verhoging van de NO_x emissies in de bouw met +16% (0,9 kton NO_x).

Vergelijking met andere bronnen

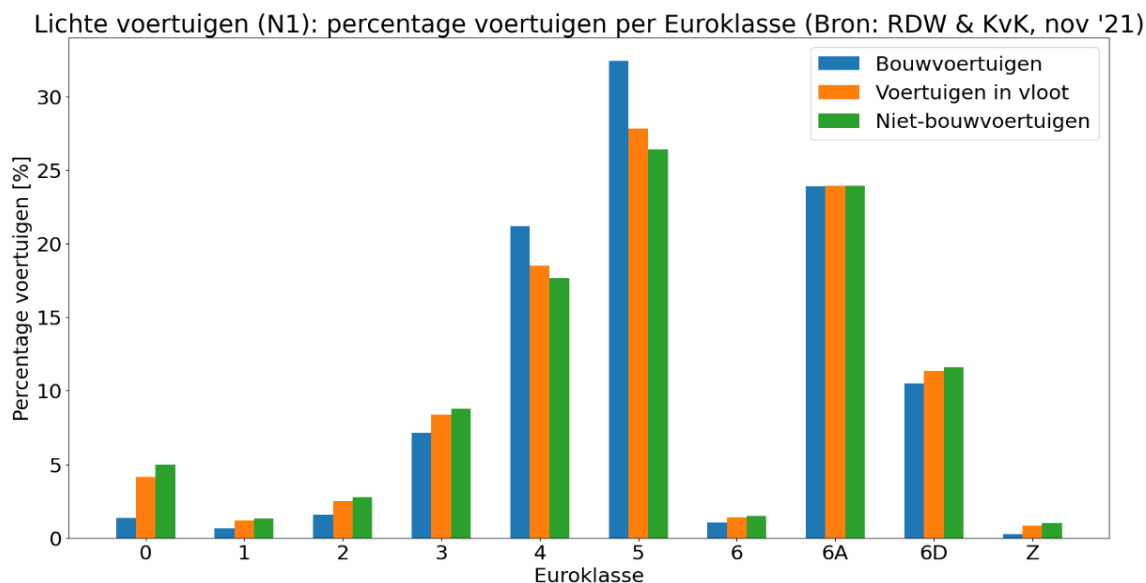
In het rapport TNO 2022 R10375 [6] zijn metingen gedaan aan de uitstoot van de kraanfunctie van een Volvo FM. Deze metingen onder gunstige startcondities komen uit op een NO_x-uitstoot van zo'n 7 mg/s voor het gebruik van de hulpfunctie. Dit voertuig heeft een kleine en schone motor (Euro-VI-step D) waardoor de NO_x-uitstoot lager uitvalt dan we gemiddeld zouden verwachten.

Aan de andere kant zijn voor het rapport TNO 2019 R10519 [7] metingen gedaan aan een Scania G450 tipper met een Euro-VI-step A motor. Een analyse van de brondata laat zien dat dit voertuig bij lage motorbelasting zo'n 40 mg/s NO_x uitstoot.

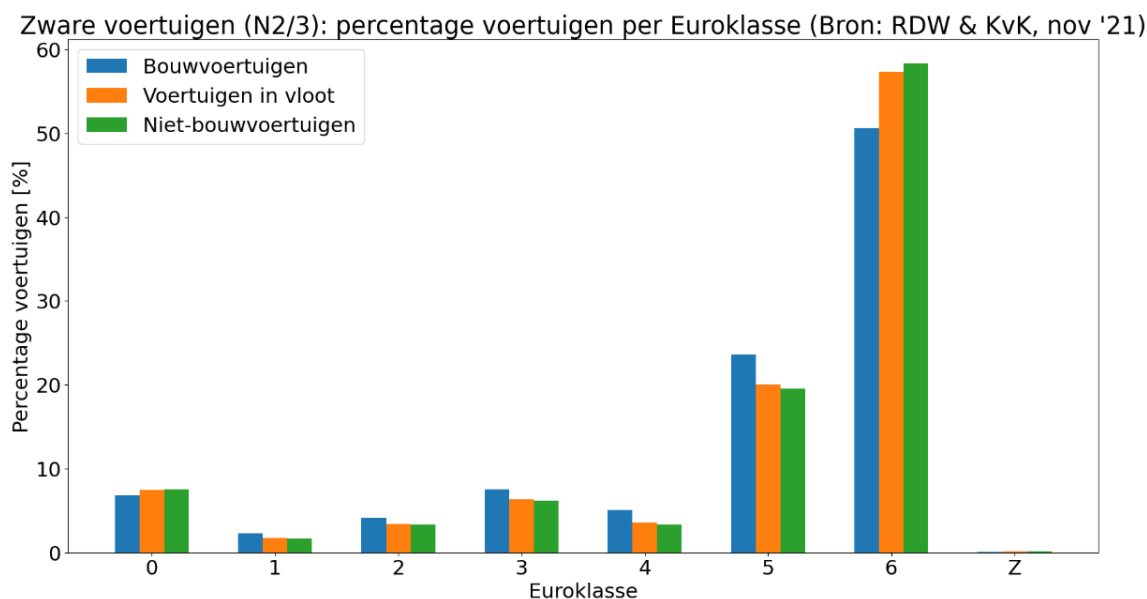
Over het algemeen laat de TNO-monitoringdata zien dat andere gangbare motoren, los van de aanwezigheid van hulpfuncties, bij lage motorbelasting een soortgelijk beeld laten zien als de genoemde DAF XF.

2.4.3 Leeftijdsverdeling van bouwvoertuigen

De SBI-codemethodiek is toegepast om te kijken naar de leeftijdsverdeling van bouwvoertuigen ten opzichte van de vloot en van de niet-bouwvoertuigen. Hierbij wordt de leeftijdsverdeling gekoppeld aan de emissieklasse, waarbij een lagere emissieklasse staat voor een ouder voertuig. Om dit te doen is de methodiek van de basisanalyse gebruikt (d.w.z. de SBI-code methodiek in combinatie met het handmatig uitsluiten van een aantal niet-bouwinrichtingen) om per VERSIT+-klasse het aantal bouwvoertuigen in de Nederlandse vloot te berekenen. Omdat van elke VERSIT+-klasse bekend is wat de corresponderende emissieklasse is, kunnen we op deze manier berekenen welk percentage van de bouwvoertuigen, respectievelijk vlootvoertuigen, niet-bouwvoertuigen, in een bepaalde emissieklasse valt. De percentages zijn berekend als percentage van het totaal aantal bouwvoertuigen, respectievelijk vlootvoertuigen, niet-bouwvoertuigen, zodat de som van de percentages altijd 100% is. Verder zijn de resultaten uitgesplitst naar lichte en zware voertuigen. De resultaten staan in [Figuur 2.4](#) en [Figuur 2.5](#).



Figuur 2.4: Percentages lichte voertuigen (N1) per emissieklasse voor bouwvoertuigen, niet-bouwvoertuigen en de hele vloot van lichte voertuigen.



Figuur 2.5: Percentages zware voertuigen (N2 en N3) per emissieklasse voor bouwvoertuigen, niet-bouwvoertuigen en de hele vloot van zware voertuigen.

Uit de twee grafieken komt een duidelijk beeld naar voren: bestelauto's en (middel)zware voertuigen die in de bouw worden ingezet zijn gemiddeld ouder dan het vlootgemiddelde. Dit wordt duidelijk omdat voor lichte voertuigen de percentages bouwvoertuigen met name hoog zijn ten opzichte van het vlootgemiddelde voor Euro IV en V. Voor N2 en N3 zijn eigenlijk dat alle percentages bouwvoertuigen vanaf Euro V en ouder hoger dan de vlootpercentages, terwijl dit voor Euro VI het percentage juist lager ligt dan de gemiddelde vloot. De conclusie is dat bouwvoertuigen gemiddeld in een oudere emissieklasse vallen dan een willekeurig voertuig uit de vloot.

Deze conclusie heeft geen effect op eerder gepresenteerde uitstootcijfers omdat de euroklasse van het voertuig (als onderdeel van de VERSIT+-klasse) hierin al is meegenomen. Deze analyse geeft aan dat er in de bouw nog winst te behalen valt als de leeftijdsverdeling van bouwvoertuigen meer richting de leeftijdsverdeling van de vloot beweegt.

2.5 Aannames en beperkingen van methodiek

De volgende aannames en beperkingen gelden voor de bovenstaande analyse.

- In deze methodiek staan aannames over het deel van de vloot waar we geen, of niet genoeg, informatie over hebben – zie [Figuur 2.1](#). Dit betreft zowel het deel van de vloot waar we de SBI-codes wel van kennen, maar waarvan de SBI-codes niet genoeg informatie geven om te bepalen of het voertuig wel of niet in de bouw wordt ingezet. Dit zijn de SBI-codes die als ‘mogelijk bouw’ zijn aangeduid. Daarnaast is er een aanzienlijk deel van de vloot waar we geen KvK-informatie van beschikbaar hebben. Dit zijn bijvoorbeeld privé-eigenaren en eenmanszaken die om privacy redenen niet in de data beschikbaar zijn. In de basisanalyse is aangenomen dat beide delen dezelfde verdeling hebben in bouw en niet bouw als het bekende deel van de vloot. Om het effect op de uitstootcijfers van veranderingen in deze aanname te testen hebben we hierop een aantal gevoeligheidsanalyses uitgevoerd.
- In de basisanalyse is een percentage van de uitstoot toegerekend aan de bouw door per VERSIT+-klasse te kijken naar het percentage bouwvoertuigen en de totale uitstoot van die klasse met dit percentage te vermenigvuldigen. Aangezien uitstoot grofweg wordt berekend door gereden kilometers te vermenigvuldigen met uitstoot per kilometer, is de impliciete aanname hierbij dat bouwvoertuigen gemiddeld evenveel kilometers rijden als niet-bouwvoertuigen. We hebben een verdiepende analyse gedaan waarin we de percentages van bouw en niet-bouw berekenen op basis van de gereden kilometers in plaats van het aantal voertuigen – zie [Tabel 2.13](#). Een nadeel van de verdiepende analyse is dat niet van alle KvK-voertuigen ook jaarkilometrages bekend zijn, zodat de extrapolatie naar de hele vloot gebeurt op basis van een kleinere deelverzameling.
- KvK en RDW-voertuigdata is beschikbaar voor november 2021. De keuze om deze datasets te gebruiken is dat de meest recente data uit de Emissieregistratie ook voor zichtjaar 2021 is. Hierdoor komen de KvK, RDW en ER-data overeen qua zichtjaar. Een nadeel hiervan is dat vlootontwikkelingen van na november 2021 niet worden meegenomen.
- De SBI-codemethodiek zegt iets over de eigenaar van het voertuig maar niet over de inzet van het voertuig. Het type bedrijf waarbij een voertuig staat geregistreerd betekent niet dat dat voertuig altijd op die manier wordt ingezet. Via de SBI-codemethodiek is het niet mogelijk om informatie te krijgen over de inzet van het voertuig. Er zijn wel cross-checks uitgevoerd met andere datasets om onze methodiek te valideren.
- Een voertuig kan bij de KvK geregistreerd staan met minimaal één en maximaal drie SBI-codes. In de bovenstaande analyses is altijd aangenomen dat de inzet van het voertuig gelijk verdeeld is over de SBI-codes als het met meerdere codes geregistreerd staat.
- De jaarkilometrages van voertuigen worden meestal pas geregistreerd bij de RDW als deze voertuigen hun eerste beurt hebben gehad. Dit introduceert een bias in de dataset van voertuigen waar jaarkilometrages beschikbaar zijn: de nieuwste voertuigen komen in deze dataset nog niet voor.

2.5.1 Cross-check met andere bronnen

De methodiek is gecheckt met andere (openbare) databronnen.

Aantal werknemers in de bouw

Een eerste check betreft het aantal werknemers in de bouw. Via CBS/StatLine [8] vinden we dat er in 2021 ongeveer 400 000 werknemers werkzaam waren in de bouwnijverheid. Als aangenomen dat deze werknemers met bestelauto's naar de bouwplaats komen en er gemiddeld 1,6 werknemers per bestelauto reizen, dan zijn zo'n 250 000 benodigde bestelauto's in de bouw. Uit de basisanalyse op basis van de SBI-codemethodiek komt dat er ongeveer 270 000 bestelauto's in de bouw worden ingezet. Deze getallen lijken daarmee compatibel met de eerdere berekeningen.

Aantallen bestelauto's en vrachtauto's

Het CBS hanteert een iets andere categorisering van SBI-codes dan in deze analyse – zie [9]. Het CBS classificeert alleen SBI-codes beginnend met 41, 42 of 43 als bouwnijverheid. Wij hanteren een veel ruimere definitie – zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** – waarin ook allerlei andere SBI-codes als bouw zijn geclassificeerd. Bovendien worden in dit onderzoek een aantal SBI-codes als 'mogelijk bouw' en wordt een deel van de voertuigen in deze categorie mee als bouwvoertuigen meegenomen. Het CBS doet ook zo'n soort correctie maar op basis van het leasebestand van de belastingdienst. Zowel de verschillen in classificering als de verschillende correctiemethodieken kunnen oorzaken zijn voor uiteenlopende aantallen voertuigen in de bouw hieronder.

Via CBS/StatLine [10] en [11] worden aantallen bestelauto's en vrachtauto's met een hoofdgebruiker in de bouwnijverheid gepresenteerd. Buiten de verschillen in SBI-codeclassificatie zoals hierboven benoemd zijn er een aantal aanvullende verschillen tussen de methodiek die het CBS hanteert en de onze. Ten eerste houdt het CBS rekening met voertuigen die slechts een deel van het jaar behoren tot de bedrijfsvoorraad of slechts een deel van het jaar actief zijn op het weggennet. In deze analyse wordt alleen uitgegaan van de voertuigen in de RDW-database op peildatum november 2021. Het CBS wijst voor elk voertuig een hoofdgebruiker aan op basis van wie het voertuig het meeste dagen in gebruik heeft gehad. Als dit een leasemaatschappij is, dan gebruikt het CBS een leasebestand van de belastingdienst om een hoofdgebruiker aan te wijzen. Voor het indelen van de hoofdgebruikers in verschillende bedrijfstakken wordt het CBS Algemene Bedrijven Register, de Gemeentelijke Basis Administratie en het CBS-basisbestand gebruikt.

Deze analyse maakt geen onderscheid tussen hoofdgebruiker en andere gebruikers, maar kijken alleen bij welk bedrijf het voertuig geregistreerd staat op de peildatum november 2021. Leasemaatschappijen worden gecategoriseerd als 'mogelijk bouw' en worden meegenomen in de totalen door te extrapoleren vanuit de bouw en niet-bouwverhoudingen binnen de betreffende voertuigklasse. Daarnaast wordt KvK-data als bron gebruikt voor de hoofdgebruiker van het voertuig en de corresponderende bedrijfstakken. Op basis van de methodiekbeschrijving van het CBS is niet duidelijk hoe zij omgaan met bedrijven die meerdere SBI-codes hebben, maar ook deze keuzes kunnen tot verschillen leiden. Het CBS publiceert daarentegen geen cijfers van aantallen bouwvoertuigen uitgesplitst op VERSIT+-klasseniveau en juist de uitsplitsing tot op dit niveau is van fundamenteel belang voor onze emissieberekeningen.

Voor zichtjaar 2020 komt het CBS uit op 295.401 bestelauto's, 10.879 vrachtauto's en trekkers voor oplegger die in de bouwnijverheid worden ingezet.

Via de SBI-codemethodiek komt deze analyse voor zichtjaar 2021 uit op zo'n 270.000 bestelauto's en 24.000 zware voertuigen. Zowel de flexibiliteit van inzet van vrachtwagens, als de systeemgrens wanneer de rit aan bouw wordt toegekend, kunnen dit verschil veroorzaken. Dit is niet verder uitgezocht.

Voertuigkilometers, beladen

Via CBS/StatLine [12] wordt uitgegaan van 116 miljoen *beladen* voertuigkilometers in 2021 voor de bouwnijverheid. Het bouwdeel van de vloot waar KvK-informatie en jaarkilometrages van beschikbaar zijn – dit is dus slechts een deel van de hele vloot en we hebben niet geschaald naar de hele vloot – komt in deze analyse uit op 1.700 miljoen bouwkilometers. Zoals eerder genoemd hanteert het CBS een nauwere definitie van bouwnijverheid, dan onze definitie van 'bouw'. Bovendien gaat deze analyse niet alleen naar beladen, maar ook naar onbeladen voertuigkilometers. Er wordt uitgegaan van een bredere definitie waardoor meer toeleveringen met vaak lange afstanden worden meegenomen. Ter illustratie van dit feit, berekent het CBS bijvoorbeeld 4112 miljoen *beladen* voertuigkilometers voor "Vervoer en opslag" in 2021. Hiervan ziet deze analyse een deel van deze voertuigkilometers als 'bouw'. Een groot deel van het verschil wordt waarschijnlijk hierdoor verklaard.

2.6 Conclusies

De uitgevoerde verdieplingsanalyse op de beschikbare basisdata voor bouwtransport en hulpfuncties heeft een verbeterd inzicht opgeleverd in de emissies gekoppeld aan bouwtransport. Dit heeft uiteraard niet de onnauwkeurigheid in de basisdata weg kunnen nemen, aangezien het niet binnen de scope en invloedssfeer van het onderzoeksteam ligt om de kwaliteit van de basis databronnen te verbeteren. Er zijn wel crosschecks uitgevoerd met andere databronnen om de ordegrrootte van de resultaten te vergelijken en daar waar significante verschillen optreden, daarvoor een verklaring aan te dragen. Dit heeft niet geleid tot een bijstelling van de resultaten. Eén van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyses heeft geleid tot een bijstelling van de resultaten, namelijk de specifieke bouwvoertuigen 100% aan bouw toewijzen. De overige gevoeligheidsanalyses hebben geen aanleiding of mogelijkheid gegeven voor een bijstelling van de resultaten.

De verdiepingsslag heeft uiteindelijk geleid tot een bijstelling van de bouwtransportemissies op de volgende punten:

- Een specifieke categorie bouwvoertuigen wordt op basis van inrichting en gewichtsklasse handmatig voor 100% aan bouw toegewezen;
- De verhouding voor de toewijzing aan bouw wordt bepaald op basis van jaarkilometrage per kenteken;
- Enkel de NO_x-emissies voor de hulpfuncties worden toegevoegd aan de bouwtransport emissies (de overige emissies zijn niet bekend). In lijn met aannames in 2.3.3.2 worden alleen NO_x-emissies van hulpfuncties toegevoegd voor N2 en N3 voertuigen.

Dit levert uiteindelijk volgende emissiecijfers voor bouwtransport (zie [Tabel 2.16](#)).

Tabel 2.16: Jaaruitstoot van bouwtransport na bijstelling op jaarkilometrages, specifieke bouwvoertuigen en hulpfuncties. De cijfers geven het totaal van emissies toegerekend aan bouwvoertuigen en hun hulpfuncties.

Voertuigtype	CO ₂ [Mton]	NO _x [kton]	NH ₃ [ton]	PM ₁₀ [ton]
Lichte voertuigen	0,9	3,1	28	134
(Middel)zware voertuigen (incl. uitstoot hulpfuncties)	0,9 ¹	4,7	95 ¹	147 ¹
Totaal	1,8	7,8	123	281
Totale emissies bedrijfsvoertuigen weg (bron: Emissieregistratie, zichtjaar 2021, en hulpfuncties voor NO _x)	10,5	33,2	714	1318
Aandeel bouwtransport	17%	23%	17%	21%

¹ Uitstoot van hulpfuncties is alleen bekend voor NO_x en nog niet voor de andere emissies.

Voor een groot deel zijn de gevonden cijfers reeds opgenomen in de emissieregistratie en de KEV, omdat ze onderdeel uitmaken van de emissies van bestelauto's en zware voertuigen. De methode die is uitgevoerd in deze analyse kan gebruikt worden om *het aandeel* van de bouw als onderdeel van het wegtransport te bepalen. De emissies van hulpfuncties (0,9 kton NO_x) zijn wél aanvullend op de huidige methodiek van de ER. Het advies is deze bron op te nemen.

3 Bouwtransport in de keten

3.1 Huidige weergave in SEB en de Emissieregistratie

In de huidige berekeningen en resultaten van de emissies in de bouw en met name het deel ‘bouwtransport over de weg’ ontbreekt inzicht in waar, en in welke mate, bouwlogistieke voertuigen worden ingezet in de keten. Vanuit het programma Schoon en Emissieloos Bouwen bestaat behoefte aan meer inzicht in welk gedeelte van de logistieke keten bouwlogistieke voertuigen worden ingezet en wat daarvan tot de scope van SEB behoort (traject ‘van en naar de bouwplaats’). De huidige berekeningen en resultaten binnen het programma SEB hebben door gebrek aan beschikbare informatie hierin nog niet kunnen verbijzonderen.

In dit hoofdstuk wordt een aanpak uitgewerkt om dit inzicht te creëren. Onderdeel daarvan is het verzamelen van gegevens bij marktpartijen over de inzet van bouwvoertuigen op specifieke ketentrajecten. Deze input wordt gebruikt om een schatting te maken van de omvang van de inzet op de scope van SEB (traject ‘van en naar de bouwplaats’).

3.2 Aanpak analyse

De werkwijze om een verdieping aan te brengen in de inzet van de bouwvoertuigen op verschillende ketentrajecten in de bouwlogistieke keten bestaat uit onderstaande stappen:

- Verkenning van de verschillende bouwstromen, de ketentrajecten en de inzet van verschillende voertuigtypen op specifieke ketentrajecten voor de transitiepaden van SEB: Weg, Dijk en Spoor (WDS) en Burgerlijke woningbouw & Utiliteitsbouw (B&U).
- Verkenning van mogelijke databronnen voor inzicht in omvang van bouwstromen en daaraan gerelateerde inzet van bouwvoertuigen op specifieke ketentrajecten.
- Verzamelen van data, informatie, kengetallen voor het gewenste inzicht bij betrokken ketenpartijen uit de bouwlogistieke keten, met name via de brancheverenigingen in de bouw: HIBIN, BN, TLN en Evofenedex².
- Analyse van de bouwstromen en bepalen van de benodigde bijstelling van de inzet van bouwvoertuigen op het ketentraject ‘van en naar de bouwplaats’ ten behoeve van de scope van SEB.

3.2.1 Verkenning bouwstromen en ketentrajecten

In eerder onderzoek van TNO naar bouwlogistieke stromen van bouwmaterialen, bouw- en sloopafval, bouw materieel en bouw personeel is in kaart gebracht welk onderscheid kan worden gemaakt in verschillende typen bouwstromen en welke bouwketens daarbij mogelijk zijn [13]. Dit was voornamelijk gericht op de B&U bouwstromen. Voor WDS is later een verbijzondering aangebracht in het TNO-onderzoek naar ketenregie op bouwlogistiek [14]. De bouwstromen zijn onder te verdelen naar onderstaande categorieën (zie [Tabel 3.1](#)).

¹ _____

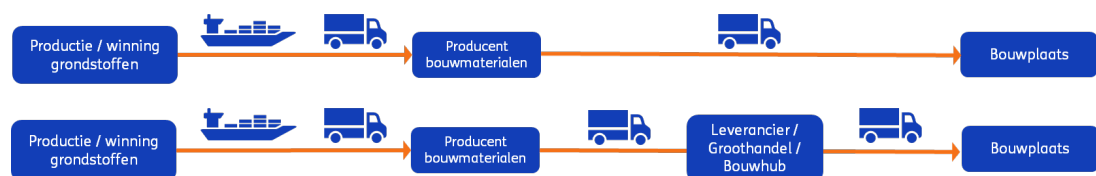
² HIBIN = netwerk van ondernemers in de bouwtoelevering; BN = Bouwend Nederland; TLN = Transport en Logistiek Nederland; Evofenedex = ondernemersvereniging voor handel en logistiek.

Tabel 3.1: Verschillende typen bouwstromen in B&U en WDS.

Bouwstroomtype	Omschrijving
1. Beton & Asfalt	Vloeibare beton dat vanuit een betonmixer wordt gestort op de bouwplaats. Vloeibaar asfalt dat met een asfaltkipper op de bouwplaats (wegenbouw) wordt gestort.
2. Ruwbouw groot	Grotere en zwaardere bouwelementen, zoals prefab, heipalen en vloerelementen.
3. Ruwbouw ladingdragers	Kleinere bouwelementen en bouwmaterialen op bokken/pallets.
4. Bulk	Bijvoorbeeld zand, grond of grind.
5. Afbouw	Afbouwmaterialen, zoals: installaties en kleinere bouwmaterialen vervoerd op pallets of in containers.
6. Afval	Bouw- en slooafval, maar ook verpakkingsmaterialen en emballage.
7. Materieel	Vervoer van bouwmaterieel van en naar de bouwplaats, zoals bijvoorbeeld: bouwmachines, bouwkransen en steigers.
8. Personeel	Vervoer van personeel van en naar de bouwplaats.

Voor deze bouwstromen gelden verschillende ketentrajecten en verschillende inzet van typen bouwvoertuigen op deze trajecten. Ook zijn er verschillen in aard en omvang van deze bouwstromen tussen WDS en B&U; met name de betonstroom is specifiek voor B&U en de asfaltstroom is specifiek voor WDS. Er is onderscheid te maken tussen twee verschillende typen ketentrajecten voor de aanvoer en afvoer van bouwmaterialen (zie onderstaand

Figuur 3.1). Bij de eerste keten is sprake van direct levering van bouwmaterialen ‘naar de bouwplaats’ vanaf de producent van bouwmaterialen. De keten is omgekeerd ook direct ‘van de bouwplaats’ in geval van de afvoer van bulk bouwmaterialen en/of bouw- en slooafval. Bij de tweede keten is sprake van indirecte levering van bouwmaterialen via een tussenschakel, zijnde een leverancierslocatie en/of groothandel of een bouwhub. In dit geval is sprake van inzet van bouwvoertuigen op een traject dat niet ‘van of naar de bouwplaats’ gaat. Ook op het traject tussen ‘productie/winning van grondstoffen’ en ‘producent bouwmaterialen’ is sprake van de inzet van bouwvoertuigen niet direct ‘van en naar de bouwplaats’. Hier geldt echter dat het grootste gedeelte van het bouwtransport plaatsvindt over water via binnenvaart en maar een klein gedeelte over de weg met bouwvoertuigen. Voor beide trajecten is een bijstelling nodig van de inzet van de bouwvoertuigen. De omvang daarvan proberen we te achterhalen door het schatten van het aantal voertuigen, de ritten en/of de kilometers die gemaakt worden op deze ketentrajecten van de bouwketen.



Figuur 3.1: Twee typen bouwketens van grondstof tot en met de bouwplaats.

De typen en aantallen bouwvoertuigen en de inzet daarvan voor WDS en B&U zijn in onderstaande tabel weergegeven (zie [Tabel 3.2](#)).

Deze indeling is conform de SBI-code methodiek tot stand gekomen, waarbij specifieke SBI-codes zijn verdeeld over de verschillende transitiepaden: 1. Energie, 2. Weg, Dijk en Spoor, 3. Burgerlijke woningbouw & Utiliteitsbouw en 4. Kustlijnverzorging en Vaargeulonderhoud.

Tabel 3.2: Aantal en typen bouwvoertuigen in WDS en B&U (zichtjaar 2021).

Aantallen en typen bouwvoertuigen	Weg, dijk en spoormaterieel (WDS)	Burgerlijke Woning- & Utiliteitsbouw (B&U)
Bestelauto licht (LBA)	14.600	247.000
Bestelauto licht CNG (LBC)	5	45
Bestelauto licht Elektrisch (LBE)	0	5
Trekker-oplegger licht (LTR)	500	1.200
Utiliteits-voertuig licht (MUT)	50	250
Middelzware vrachtauto licht (MVALCH)	650	2.450
Middelzware vrachtauto (MVAZWA)	650	2.000
Trekker oplegger zwaar (ZTR)	1.900	6.500
Utiliteits-voertuig zwaar (ZUT)	1.400	2.900
Vrachtauto zwaar (ZVA)	1.100	3.100

De scope van SEB is het laatste traject van de keten van en naar de bouwplaats. Na een uitgebreide analyse en verkenning van de inzet van typen bouwvoertuigen voor deze bouwstromen en ketentrajecten en een verificatieslag met de betrokken branches, zijn de volgende constatering/conclusies te trekken:

- Het vervoer van ‘beton en asfalt’ is tijdsgevoelig en met specifieke voertuigen (betonmixer, betonpomp en asfalt kipper). Deze worden 100% voor bouw ingezet en altijd voor 100% op het traject ‘van en naar de bouwplaats’.
- Het vervoer van bouwmaterialen uit bouwstroom ‘ruwbouw groot’ vindt ook altijd plaats direct van producent/leverancier van deze bouwmaterialen naar de bouwplaats. De uitzonderingsgevallen dat er een enkele keer via een ontkoppelpunt of overslagpunt wordt geleverd zijn te verwaarlozen. De typen vrachtwagens die worden ingezet voor het vervoer van deze bouwstromen zijn ingedeeld in de categorie ZTR/ZUT/ZVA.
- Het vervoer van bouwmaterialen uit bouwstromen ‘ruwbouw ladingdrager’ en ‘afbouw’ vindt deels plaats via indirecte levering (tweede ketenoptie)
- **Figuur 3.1).** Het deel dat niet ‘van en naar de bouwplaats’ gaat, dus het deel transport tussen ketenschakels ‘productie/ winning grondstoffen’, ‘producent bouwmaterialen’ en ‘leverancier/ groothandel/ bouwhub’ wordt vervoerd met grote zware vrachtwagens (N3) uit de categorie ZTR/ZUT/ZVA. Hier is een bijstelling nodig. De omvang van de bijstelling wordt nader bepaald in volgende paragraaf.
- Het vervoer van bouwmaterialen over de weg uit bouwstroom ‘bulk’ vindt altijd plaats direct ‘van en naar de bouwplaats’ met bouwvoertuigen uit de categorie MUT/ZUT (kippers).

Als er sprake is van het transport op het traject van ‘grondstof winning naar producent bouwmaterialen’ voor deze categorie vindt dat voornamelijk plaats via binnenvaart. Het transport over weg op dit traject is te verwaarlozen.

- Het vervoer van bouw- en sloopafval uit de categorie ‘afval’ vindt altijd plaats direct ‘van en naar een bouwplaats’ met verschillende typen vrachtwagens, voornamelijk uit de categorie MUT/ZUT.
- Het vervoer van bouw materieel (zoals: bouw machines, bouwkranen, steigers) vindt altijd plaats direct ‘van en naar een bouwplaats’ tussen een verhuurder/ eigenaar van bouw materieel en de bouwplaats. Het vervoer vindt plaats met speciaal vervoer en/of grote zware vrachtwagens uit de categorie ZTR/ZUT/ZVA.
- Het vervoer van bouw personeel vindt altijd plaats ‘van en naar een bouwplaats’ direct vanaf de thuislocatie van bouw werknemers (woon-werk verkeer). Het vervoer van bouw personeel vindt plaats met bestelauto’s (N1).
- Voor WDS zit de grootste omvang van bouw transport in zware bouw materialen categorie ‘ruwbouw groot’, ‘asfalt’ en ‘bulk’. Hiervoor wordt ook het grootste gedeelte van de voertuigen ingezet, met name ZUT/ZTR/ZVA. Het bouw transport hiervan is vrijwel altijd direct ‘van en naar de bouwplaats’. Voertuigen uit de categorie lichte en middelzware bouw voertuigen (N1 en N2) zullen hiervoor vrijwel niet worden ingezet. Als er al sprake is van inzet op de ketentrajecten tussen ketenschakels ‘productie/ winning grondstoffen’, ‘producent bouw materialen’ en ‘leverancier/ groothandel/ bouw hub’, gaat het om de categorie zware vrachtwagens (N3), zijnde ZTR/ZUT/ZVA. De verwachting is dat dit deel zeer gering is en te verwaarlozen is. Het transport van grondstoffen op dit traject vindt voornamelijk via de binnenvaart plaats. Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 3.2.3.
- Voor B&U is een bijstelling nodig voor inzet van bouw voertuigen op de ketentrajecten tussen ketenschakels ‘productie/ winning grondstoffen’, ‘producent bouw materialen’ en ‘leverancier/ groothandel/ bouw hub’. Deze geldt enkel voor de bouw stromen ‘ruwbouw lading dragers’ en ‘afbouw’ en heeft enkel impact op de zware bouw voertuigen categorie ZTR/ZUT/ZVA. De omvang van de bijstelling wordt nader toegelicht in paragraaf 3.2.4.

Voor bovenstaande constatering en conclusies is helaas erg weinig harde kwantitatieve onderbouwing beschikbaar uit openbare databronnen en/of onderzoeksrapporten. De conclusies uit deze verkenning zijn wel voorgelegd en besproken met de branches: BN, TLN, HIBIN en Evofenedex en enkele van hun leden (bedrijven uit de bouwsector). Een mogelijke bijstelling van het aandeel bouw transport voor de scope van SEB, zijnde het ketentraject ‘van en naar de bouwplaats’, is gezien bovenstaande constatering en conclusies enkel nodig voor de zware categorie voertuigen ZTR/ZUT/ZVA. Deze wordt in de paragrafen 3.2.3 en 3.2.4 voor respectievelijk WDS en B&U apart gemaakt. Eerst volgt een toelichting op de verkenning van potentiële databronnen en het verzamelen van kengetallen.

3.2.2 Verkenning databronnen en verzamelen kengetallen

Veel van het onderzoek naar bouwlogistieke ketens en de impact van bouwlogistieke maatregelen en innovaties is uitgevoerd door TNO, of TNO heeft geparticipeerd in het onderzoek. In de Referenties zijn de relevante onderzoeksrapporten van TNO opgenomen [14] [13] [15] [16] [17] [18] [19]. Hierin wordt een goed beeld geschetst van de logistieke ketens, bouwstromen en typen bouwvoertuigen en ketenpartijen in de bouw, maar deze geven geen duidelijk beeld van de omvang van de inzet van de verschillende typen bouwvoertuigen op specifieke ketentrajecten.

Naast bovenstaande onderzoeksrapporten van TNO, zijn ook overige relevante onderzoeksrapporten nageslagen op dit aspect van bouwlogistiek, maar ook hier is niet de gewenste informatie gevonden. Met name het onderzoeksrapport van BCI [20] geeft veel feiten en cijfertjes over bouwlogistiek, maar niet de hier gewenste informatie.

Bij gebrek aan goede databronnen is als voornaamste input voor het schatten van kengetallen voor de bijstelling van de scope van SEB een enquête uitgezet onder de branches van bedrijven uit de keten van bouwtransport (BN, TLN, HIBIN en Evofenedex) en enkele van hun leden. Deze zijn daarin gevraagd om een inschatting te geven van de verhouding in transportritten en/of transportkilometers tussen de te onderscheiden ketentrajecten: 1) scope SEB 'van en naar de bouwplaats' en 2) buiten scope SEB op de ketentrajecten tussen ketenschakels 'productie/winning grondstoffen', 'producent van bouwmaterialen' en 'leverancier/ groothandel/ bouwhub'. Helaas heeft dit slechts geleid tot een input van in totaal 8 waarnemingen. Dit is weliswaar zeer gering, maar alle reacties waren wel consistent en bruikbaar om tot een schatting te komen. Daaruit komt een beeld dat maximaal 5% van de inzet van de bouwvoertuigen voor het transport van bouwmaterialen plaatsvindt op het deel van de keten dat NIET 'van en naar de bouwplaats' gaat. En dit betreft enkel de categorie zware bouwvoertuigen (N3), zijnde ZTR, ZUT/ZVA. Deze verhouding zal worden gebruikt voor de bijstelling. In volgende paragrafen wordt eventuele bijstelling voor WDS en B&U verder uitgewerkt en toegelicht.

Daarnaast is gekeken naar openbare databronnen beschikbaar bij CBS: [StatLine – Wegvervoer; kerncijfers per bedrijfstak \(cbs.nl\)](https://statline.cbs.nl). Hierin worden een aantal relevante prestatie indicatoren voor het vervoer in de bouw bijgehouden.

Met name onderstaande KPI's voor de bedrijfstak Bouwnijverheid zijn relevant voor de huidige verkenning:

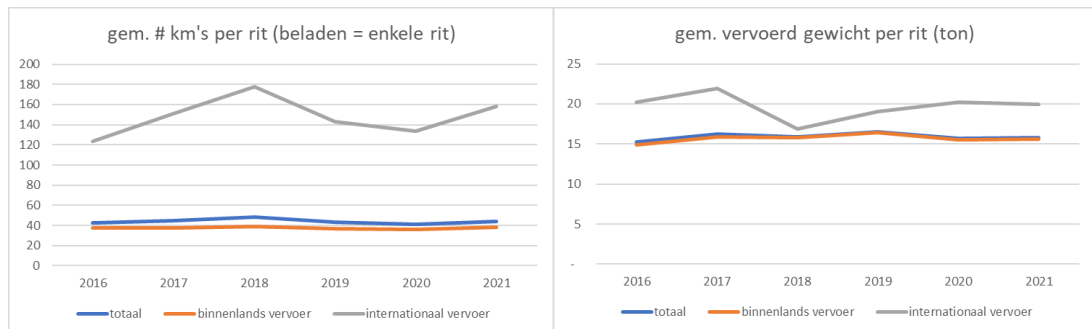
1. Vervoerd ladinggewicht (1000 ton)
2. Ladingtonkilometers (mln. tonkm's)
3. Voertuigkilometers, beladen (mln. km's)
4. Ritten, beladen (1000)

Waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen binnenlands vervoer en internationaal vervoer. Uit deze cijfers kan worden afgeleid:

- 1) gemiddeld aantal km's per beladen rit (enkele afstand)
- 2) gemiddeld vervoerd gewicht per beladen rit (enkele afstand)
- 3) verschil tussen binnenlands vervoer en internationaal vervoer

Met name deze laatste kan onder bepaalde aannames worden gebruikt als crosscheck voor het aandeel bouwtransport op het traject dat niet 'van of naar de bouwplaats' gaat.

Het gemiddeld aantal km's per beladen rit (enkel afstand) schommelt tussen 41 en 48 km's en het gemiddeld vervoerd gewicht per beladen rit (enkel afstand) tussen 15 en 17 km's (zie **Figuur 3.2**), waarbij geen trend is waar te nemen vanaf 2016 tot 2021.

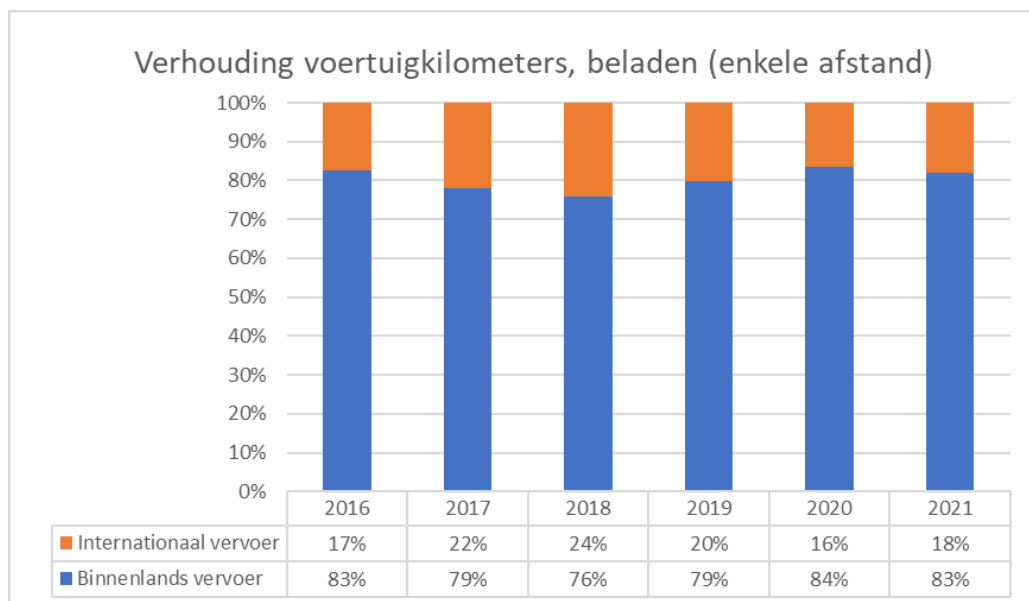


Figuur 3.2: Kerncijfers bouwtransport (bron: CBS StatLine).

Wel is duidelijk dat er een verschil is waar te nemen tussen binnenlands vervoer en internationaal vervoer:

- beladen rit (enkele afstand) binnenlands vervoer: 36 tot 38 km
- beladen rit (enkele afstand) internationaal vervoer: 123 tot 178 km
- gemiddeld vervoerd gewicht binnenlands vervoer: 15 tot 16 ton
- gemiddeld vervoerd gewicht internationaal vervoer: 17 tot 22 ton

Als we de verhouding binnenlands vervoer versus internationaal vervoer in beeld brengen voor de voertuigkilometers, beladen (enkele afstand), dan levert dit volgend inzicht op (zie **Figuur 3.3**).



Figuur 3.3: Verhouding bouwtransport binnenlands vervoer versus internationaal vervoer (bron: CBS StatLine).

Dit kengetal (verhouding binnenlands vervoer versus internationaal vervoer) kan onder specifieke aannames worden gebruikt als crosscheck van de bijstelling op de emissies bouwtransport voor de scope 'van en naar de bouwplaats'.

De aannames die nodig zijn om bovenstaande verhouding als crosscheck te gebruiken zijn:

- het internationaal vervoer vindt voor het grootste gedeelte plaats op het traject in de bouwketen tussen 'productie/ winning grondstoffen', 'producent bouwmaterialen' en 'leverancier/ groothandel/ bouwhub';
- alle binnenlands vervoer is ook voor het grootste gedeelte 'van en naar de bouwplaats';
- 1/2 van de afstand internationaal transport zijn transportkilometers gemaakt binnen Nederland;
- voor de omrekening naar emissies tellen enkel de binnenlandse kilometers mee.

Als we deze aannames toepassen dan zou dat moeten leiden tot percentage van ongeveer 10% (8% - 12%).

3.2.3 Bijstelling WDS

Zoals beredeneerd in paragraaf 3.2.1 is de verwachting dat voor WDS het grootste deel van het bouwtransport het transport van zware bouwmaterialen categorie 'ruwbouw groot', 'asfalt' en 'bulk' betreft. Dit gebeurt met zware vrachtwagens uit de categorie ZUT/ZTR/ZVA en altijd direct 'van en naar de bouwplaats'. De verwachting is dat het aandeel bouwtransport over de weg op het traject tussen ketenschakels 'productie/ winning grondstoffen', 'producent bouwmaterialen' en 'leverancier/ groothandel/ bouwhub' gering is.

Dit wordt ondersteund door de analyse van Buck Consultants International uit 2020 [20], waarin wordt gesteld dat het bouwtransport via de binnenvaart vooral gericht is op transport van (bulk) grondstoffen voor de bouw, zoals steen, zand, grind en andere delfstoffen. Hieruit kan worden opgemaakt dat het transport van bouwgrondstoffen op het traject tussen 'productie/ winning grondstoffen' en 'producent bouwmaterialen' voornamelijk over water plaatsvindt.

Sommige grote gemeenten (bijvoorbeeld Amsterdam en Rotterdam) hebben een materiaalbureau welke regie voert over de inkoop en toelevering van bouwmaterialen voor de infrastructuur werken in de stad. Deze beschikken weliswaar over een opslaglocatie, maar daar wordt slechts een klein deel van de bouwmaterialen in opslag gehouden en dit betreft enkel kleinere bouwmaterialen. De grotere bouwmaterialen uit de categorie 'ruwbouw groot' en het 'asfalt' en 'bulk' gaan rechtstreeks vanaf de producent naar de bouwplaats. De omvang van het transport van bouwmaterialen vanaf de producent naar de materiaalbureau's ten opzichte van het totale bouwtransport voor WDS is te verwaarlozen.

De verwachting dat het aandeel bouwtransport over de weg op het traject tussen ketenschakels 'productie/ winning grondstoffen', 'producent bouwmaterialen' en 'leverancier/ groothandel/ bouwhub' gering is, is ook voorgelegd aan de branches BN, TLN, HIBIN en Evofenedex en enkele van hun leden (bedrijven uit de bouwsector). Deze bevestigen dit beeld.

Gezien bovenstaande constatering wordt een bijstelling van het aandeel bouwtransport over de weg voor WDS ten behoeve van de scope van SEB, zijnde 'van en naar de bouwplaats', afgeraden.

3.2.4 Bijstelling B&U

In paragraaf 3.2.1 is beredeneerd dat een bijstelling nodig is voor het bouwtransport over de weg op het ketentraject tussen ketenschakels ‘producent bouwmaterialen’ en ‘leverancier/ groothandel/ bouwhub’. Zoals bij WDS geldt voor het ketentraject tussen ketenschakels ‘productie/ winning grondstoffen’ en ‘producent van bouwmaterialen’ dat het transport van bouwgrondstoffen voornamelijk over water via binnenvaart plaatsvindt en dus geen bijstelling vereist is voor dit deel. De bijstelling voor het ketentraject ‘producent bouwmaterialen’ en ‘leverancier/ groothandel/ bouwhub’ geldt enkel voor de bouwstromen ‘ruwbouw ladingdragers’ en ‘afbouw’ en heeft enkel impact op de zware bouwvoertuigen categorie ZTR/ZUT/ZVA. De omvang van de bijstelling wordt geschat op basis van de input van de leden uit de branches van de bouwketen, waarbij wordt afgerond op 100-tallen gezien de grote onzekerheid in de brongegevens. Dit leidt tot onderstaande bijstelling voor de categorie zware bouwvoertuigen (N3): ZTR/ZUT/ZVA (zie Tabel).

Tabel 3.3: Bijstelling aantal bouwvoertuigen voor B&U categorie ZTR/ZUT/ZVA ten behoeve van scope SEB.

Aantallen en typen bouwvoertuigen	Weg, dijk en spoormaterieel (WDS)	Burgerlijke Woning- & Utiliteitsbouw (B&U)
Bestelauto licht (LBA)	14.600	247.000
Bestelauto licht CNG (LBC)	5	45
Bestelauto licht Elektrisch (LBE)	0	5
Trekker-oplegger licht (LTR)	500	1.200
Utiliteits-voertuig licht (MUT)	50	250
Middelzware vrachtauto licht (MVALCH)	650	2.450
Middelzware vrachtauto (MVAZWA)	650	2.000
Trekker oplegger zwaar (ZTR)	1.900	6.200 (-5%)
Utiliteits-voertuig zwaar (ZUT)	1.400	2.700 (-7%)
Vrachtauto zwaar (ZVA)	1.100	2.900 (-6%)

3.3 Resultaten en conclusies

Bovenstaande bijstelling voor B&U gaat om een zeer kleine bijstelling (-5%) voor drie categorieën voertuigen binnen een transitiepad, Burgerlijke Woning- en Utiliteitsbouw, dat zelf slechts verantwoordelijk is voor een deel van de bouwemissies. Hoewel B&U het grootste transitiepad en de ZTR, ZUT en ZVA voor een aanzienlijk deel van de emissies binnen dat transitiepad zorgen, is het effect van deze bijstelling op de totale emissies klein: ordegrootte -2%. Dit is een klein effect dat ruim binnen de foutmarge van onze emissieberekeningen valt – dit effect is bijvoorbeeld vele male kleiner dan de effecten van de gevoeligheidsanalyses in hoofdstuk 2. Derhalve zien wij geen reden op basis van de bovenstaande analyse om onze emissieberekeningen uit hoofdstuk 2 bij te stellen.

Gezien het gebrek aan goede databronnen, de vele aannames die als gevolg daarvan noodgedwongen zijn gemaakt en de kleine omvang van de response op de enquête onder de marktpartijen, moet worden geconstateerd dat de huidige resultaten en de daaraan verbonden conclusie een grote mate van onzekerheid in zich hebben. Deze kan met de huidige beschikbare databronnen en informatie niet worden verbeterd. Het is dan ook aanleiding tot vervolgacties om de dataregistratie en dataverzameling op dit vlak te verbeteren.

4 Waterbouw

In het programma Schoon en Emissieloos bouwen (SEB) is een routekaart voor varend materieel in kustlijstzorg en vaargeulonderhoud opgesteld. Daarnaast was er een routekaart in voorbereiding voor bouwwerkzaamheden voor energie op zee.

Inschatting van de impact van deze routekaarten vereist inzicht in de uitstoot schadelijke emissies als CO₂ en NO_x van dit varende materieel. Eerste inzichten in de totale uitstoot van de waterbouwsector zijn opgesteld voor de zoetwateractiviteiten in opdracht van de Vereniging van Waterbouwers en aanvullend voor de zoutwateractiviteiten voor het SEB-programma.

Naast SEB heeft ook de nationale emissieregistratie aan een beter inzicht in de schadelijke emissies vanuit de waterbouw schepen. Het doel van dit onderzoek was dan ook om de statistisch onderbouwing van de emissies van waterbouwschepen te verbeteren door het toevoegen van nieuwe databronnen en methode die structureel gebruikt kan worden voor onder andere de emissieregistratie.

4.1 Huidige weergave in SEB en de Emissieregistratie

4.1.1 Emissie Registratie (ER) en KEV

De emissies van varend materieel die wordt ingezet bij kustlijstzorg en vaargeulonderhoud en energie kunnen op drie manieren geregistreerd:

- Een onderdeel van de zoete waterbouww vloot betreffen vaartuigen zonder eigen voortstuwingssysteem (zoals zandzuigers of schuifboten) staan niet met een ENI- of IMO-nummer geregistreerd en maken geen gebruik van AIS. De emissies van deze vaartuigen worden momenteel niet apart geregistreerd.
- De overige vaartuigen onder de zoete waterbouww vloot staan geregistreerd als binnenvaartschip (ENI-nummer) en maken gebruik van AIS
- Schepen die onderdeel maken van de zoute waterbouww vloot betreffen zeegaand schip (IMO-registratie).

In de KEV wordt de CO₂-uitstoot berekend aan de hand van de verkochte liters brandstof.

- Zoete waterbouw maakt gebruik van rode diesel. De brandstof en bijbehorende CO₂-uitstoot zal daarom zijn meegenomen in de categorie binnenvaart.
- Zoute waterbouw maakt gebruik van zeescheepvaartbrandstoffen. De verkoop van de brandstoffen worden hiermee wel geregistreerd maar de emissies worden niet meegenomen in het nationale emissietotaal van de KEV. Wellicht zou voor zoute waterbouw, net als bij visserij, hier deels een uitzondering kunnen worden gemaakt omdat dit deels nationale activiteiten zijn.

In de Emissieregistratie wordt de waterbouw ten dele meegenomen:

- In de berekening van emissies van de binnenvaart wordt gekeken naar vracht vervoerende vaart, passagiersvaart en recreatievaart. Waterbouwschepen worden niet apart geregistreerd en naar verwachting niet meegenomen.

- In de zeevaart worden alle zeeschepen meegenomen in de analyse, dus hiermee ook de zoute waterbouww vloot. De emissies die worden geregistreerd worden waarschijnlijk wel onderschat omdat emissies van werkmotoren hierin niet zijn meegenomen.

4.1.2 Data uit Schoon en Emissieloos Bouwen

Voor het schatten van de emissies voor waterbouww vloot is voor het gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

De cijfers voor de zoete waterbouww vloot zijn opgesteld op basis van een enquête die is uitgezet onder leden van de Vereniging van Waterbouwers waarin bedrijven zijn gevraagd naar de omvang en samenstelling van hun vloot. Op basis van het aantal motordraaiuren, aantal verbruikte liters brandstof, leeftijdsklasse van de motor en het totaal motorvermogen zijn de emissies per schip berekend. De uitkomsten van deze analyse staan in onderstaande tabel. De enquête bevat alleen resultaten van leden van de Vereniging van Waterbouwers. Dit is hiermee mogelijk een onderrepresentatie van de emissies van de totale vloot die in Nederland actief is. Dit zal met name gelden voor de kleinere en overige schepen, zoals bijvoorbeeld maaiboten, schuifboten en kleine werkschepen.

Tabel 4.1: Omvang en emissies van de zoete waterbouww vloot in 2021* ³

	Aantal	CO _{2eq} kton/jaar	NO _x ton/jaar	PM ₁₀ ton/jaar
Zand-zuiger (stationair)	46	21	162	5,1
Cutter-zuiger - stationair/ mobiel	23	4	35	1,0
Hopper-zuiger	10	9	89	2,4
Bakken-zuiger	6	2	22	0,5
Kraanschip	41	17	135	3,6
Schuifboot	14	0	1	0,0
Heischip	19	7	32	0,9
Werkschip	32	2	22	0,7
Transportschip	34	13	116	3,1
Duwbak	269	1	6	0,2
Overige ondersteunende schepen	120	1	15	0,5
Totaal	614	76	634	18

* zie voetnoot: [21]

De zoute waterbouw bestaat uit drie elementen, elk met eigen bronnen:

- Kustlijnverzorg en vaargeulonderhoud,
- Commerciële zandwinning
- Offshore energie (wind op zee, olie en gas)

¹

³ Zoete waterbouww vloot die in Nederland actief is. Dit zal met name gelden voor de kleinere en overige schepen, zoals bijvoorbeeld maaiboten, schuifboten en kleine werkschepen.

Voor de zoute kustlijnzorg en vaargeulonderhoud is in het kader van het programma Schoon en Emissieloos Bouwen een inschatting gemaakt van de werkzaamheden die met de vloot worden uitgevoerd op het Nederlandse grondgebied. Dit is gebeurd op basis van informatie van Rijkswaterstaat rondom de inzet van vaartuigen voor de kustlijnzorg en vaargeulonderhoud. Daarnaast zijn (op basis van data van een aantal maritieme waterbouwers) berekeningen gemaakt over de operationele profielen. Hiermee is een inschatting gemaakt van de totale energie-inzet en de bijbehorende uitstoot.

Tabel 4.2: Inschatting van de jaarlijkse emissies voor de kustlijnzorg en zoute vaargeulonderhoud

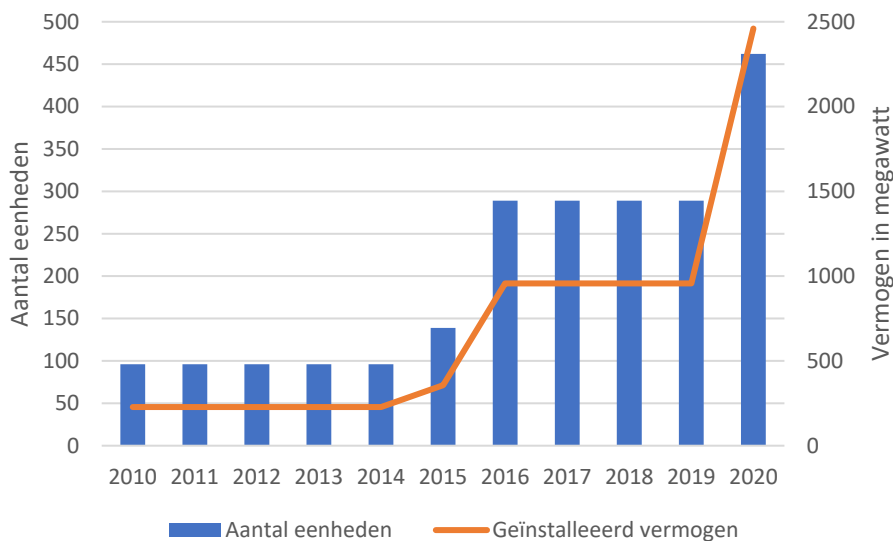
Activiteit	Miljoen m ³	Mton CO ₂		kton NO _x		ton PM	
Kustlijnzorg vooroever	6,6	0,01	0,03	0,2	0,3	4,7	7,5
Kustlijnzorg strand	4,4	0,01	0,03	0,2	0,3	4,2	7,9
Zoute vaargeulonderhoud	13,0	0,05	0,10	0,6	1,3	15,9	31,2
Totaal	24,0	0,08	0,16	1,0	2,0	24,7	46,6

De informatie over commerciële zandwinning is onzeker. De hoeveelheid gewonnen zand verschilt per jaar en hangt af van de vraag van (met name) infrastructurele werken. Op basis van historische hoeveelheden geeft SWECO een bandbreedte aangehouden van 6 tot 12 miljoen Voor de berekening van het brandstofverbruik en de emissies is aangesloten bij de factoren die gebruikt zijn voor de kustlijnzorg. Dit kan in de praktijk afwijken. Naar verwachting zal de verjonging van deze vloot minder snel gaan dan in de kustlijnzorg en het zoute vaargeulonderhoud, omdat in commerciële opdrachten MKI een minder sterke rol speelt.

Tabel 4.3: Inschatting van de jaarlijkse emissies voor de zandwinning in 2021

Activiteit	Miljoen m ³	Mton CO ₂		kton NO _x		ton PM	
Zandwinning op zee - hoog	12	0,03	0,05	0,38	0,62	8	14
Zandwinning op zee - laag	6	0,02	0,02	0,19	0,31	4	7

Een belangrijke activiteit bij offshore is installatie en onderhoud van offshore windenergie. Dit betreft een projectmatige activiteit, waardoor de impact op emissies jaar-op-jaar sterk kan verschillen (zie onderstaand figuur).



Figuur 4.1: Ontwikkeling van capaciteit van wind op zee tussen 2010 en 2020. Bron: [22]

Op basis van MER-rapportages is input verzameld over de inzet van verschillende schepen (aantal, vermogen en uren inzet) voor verschillende bouwprojecten. Dit is aangevuld met vlootinformatie vanuit waterbouwers. Vervolgens is een inschatting gemaakt van de NO_x-uitstoot per MW windpark.

Naast offshore wind vinden ook activiteiten plaats voor olie en gas. Voor deze activiteiten was vanuit SEB geen inschatting gemaakt van de totale activiteit.

In onderstaande tabel staat de uitkomst van de analyse voor het zichtjaar 2021 (uitgaande van aanleg van 1 GW op zee).

Tabel 4.4: Inschatting van de jaarlijkse emissies voor inzet van waterbouwvaartuigen in de offshore

Activiteit	Mton CO ₂		kton NO _x		ton PM	
Windparken	0,08	0,10	0,9	1,2	17	21
Net op zee	0,03	0,04	0,5	0,6	6	8
Olie en gaswinning op zee	NB	NB	NB	NB	NB	NB
Totaal	0,11	0,14	1,3	1,8	23	29

De komende jaren zal de aanleg van wind op zee fors toenemen. Ten tijde van het opstellen van de analyse voor SEB was een groei van de capaciteit tot 10,5 GW in 2030 vastgesteld en een groei tot 20,5 GW voorgenomen.

4.2 Aanpak analyse

Om deze data te verbeteren en geschikt te maken voor Emissieregistratie zijn in de analyse van de waterbouw twee stappen uitgevoerd:

1. **Verbeteren cijfers rondom de totale inzet en energieverbruik van de huidige maritieme waterbouw.**

Voor de Kustlijnverzorging en vaargeulonderhoud betreft dit een check rondom de inzet die wordt gedaan voor opdrachten vanuit de havenbedrijven en het uitvoeren van een check van de inzet van de schepen per type werk aan de hand van een analyse

van AIS-data. Daarnaast wordt een verdiepende analyse uitgevoerd voor de commerciële maritieme zandwinning.

Voor de Offshore wordt op basis van een AIS-analyse een betere inschatting gemaakt van de inzet van schepen op offshore projecten en waar mogelijk worden emissies ingeschat op basis van kenmerken van de daadwerkelijke schepen.

2. Aansluiten van de resultaten in de systematiek van de emissieregistratie, zodat deze bron permanent kan worden opgenomen.

Hiervoor dient de waterbouw uit de bestaande data te worden gelicht, uit de bestanden voor de binnenvaart en de zeevaart. Vervolgens dienen de berekeningen voor deze categorieën aangepast op basis van data rondom motoren, belasting en draaiuren. Op voorhand is het nog lastig in te schatten hoeveel tijd het kost om deze modelleringstap te zetten. Wij stellen voor om in dit traject een beperkt budget te reserveren om te bezien welke modelmatige stappen er moeten worden gemaakt aan de hand en deze te valideren aan de hand van één of twee use cases.

4.3 Resultaten

4.3.1 Verbeteren cijfers omvang en inzet zoute waterbouw en offshore

Op basis van literatuuranalyse en gesprekken met stakeholders is een check uitgevoerd op de totalen van de verschillende bronnen voor zoute waterbouw. Op basis hiervan stellen we een aantal wijzigingen voor.

Vaargeulonderhoud in havens

Met een uitvraag bij de grote havenbedrijven is de inschatting van het jaarlijks zoutwater baggervolume aanvullende op de werkzaamheden van Rijkswaterstaat aangevuld. In onderstaande tabel zijn de opgehaalde inschatting weergegeven.

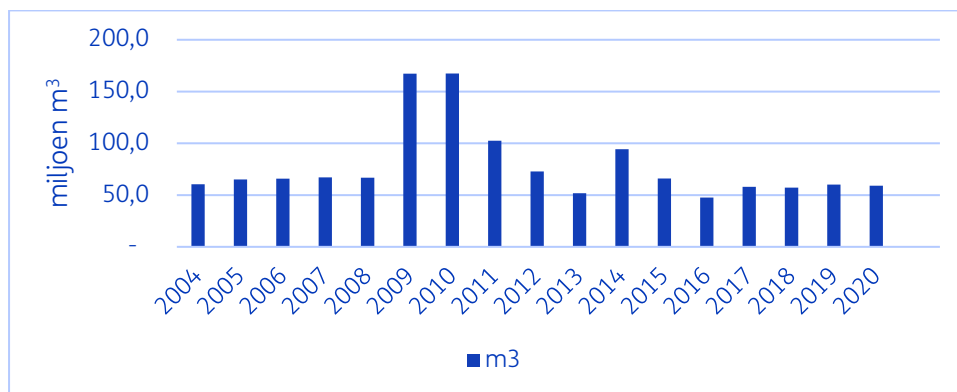
Tabel 4.5: Inschatting jaarlijks baggervolume zeehavens¹

Havenbedrijf	Schatting jaarlijks baggervolume (Miljoen m ³ – in beun (nat))
Port of Rotterdam	10
North Sea ports	2,5
Groningen Sea ports	3
Den Helder	0,6
Overig	1
Totaal	17,1

¹ Havenbedrijf Amsterdam voert ook vaargeulonderhoud werkzaamheden uit. Dit wordt echter voornamelijk gedaan met zoete waterbouwschepen, en is daarin meegenomen.

Commerciële zandwinning

Naast kustlijn zorg en vaargeulonderhoud vindt ook commerciële zandwinning plaats op het Nederlands Continentaal Plat. In 2015 en 2016 jaarlijks circa 60 miljoen kuub regulier zand en grind gewonnen [23], zie ook onderstaande figuur. Dit gebeurt deels op zee en deels in binnenlandse zandwinlocaties. Het totaalvolume laat fluctuaties zien. Deze zijn afhankelijk van grote projecten (in 2009 en 2010 betrof dit bijvoorbeeld zand voor de aanleg van Maasvlakte II).



Figuur 4.2: Totaalvolume winning van (ophoog)zand en grind in Nederland, binnenlands en op zee, uitgaand van 1500 kg/m³ (droog zand). Bron: CBS-Statline 2023.

Hiervan werd in 2015 circa 44 miljoen ton in 2016 circa 30 miljoen ton gewonnen op de Noordzee. Met een dichtheid van circa 1,6 ton/m³ gaat dit om respectievelijk 27 en 19 miljoen m³ winning van zand op de Noordzee. De range van 6 tot 13 miljoen m³ commerciële landwinning lijkt daarmee laag. Voorstel is om voorlopig de bovenkant van de range aan te houden.

Totaal bijgestelde volumes kustlijnzorg, vaargeulonderhoud en zandwinning

Aanvulling emissieberekening Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud van Rijkswaterstaat met activiteiten door havenbedrijven en commerciële zandwinning.

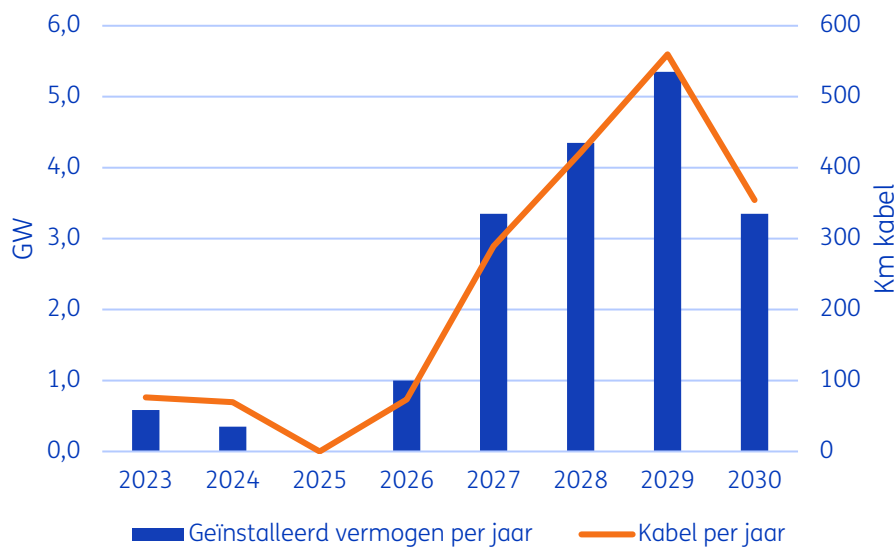
Tabel 4.6: Inschatting jaarlijks baggervolume kustlijnzorg en vaargeulonderhoud

Jaarlijks volume miljoen m³ (gemiddeld)	Rijkswaterstaat (in beun (nat))	Overig vaargeulonderhoud o.a. Havenbedrijven (in beun (nat))	Commerciële zandwinning In beun (nat)	Totaal
Kustlijnzorg	11			11
Vaargeul-onderhoud	13	17		30
Zandwinning			13	13
Totaal	24	17	13	54

De verwachting van de betrokken stakeholders is dat de volumes voor kustlijnzorg en vaargeulonderhoud stabiel zal zijn over de tijd. Naar 2030 toe zal dus geen grote wijziging plaatsvinden.

Offshore net op zee

Voor offshore activiteiten voor Wind op Zee is, in het kader van invulling van het transitiepad Energie, door TenneT en Primo Marine een inschatting gemaakt van NOx emissies specifiek voor Net op Zee activiteiten. Op basis van lopende en geplande tenders komt naar voren dat de op handen zijnde projecten inzetten op een groei tot 2030 van 2,5 naar 20,9 GW geïnstalleerd vermogen. Zoals blijkt uit onderstaande figuur zijn deze bouwactiviteiten vooral geconcentreerd in de jaren 2027 tot en met 2030 (3 tot 5 GW per jaar). Ook na 2030 lijkt deze groei door te zetten. In een kamerbrief in september 2022 werd de ambitie uitgesproken door te groeien naar 50 GW in 2040 en 70 GW in 2050.



Figuur 4.3: Installatie van geïnstalleerd vermogen van wind op zee installaties (in GW) en kabels (in km kabel per jaar) tussen 2023 en 2030 (Bron: TNO 2023).

Uit contact met TenneT komt naar voren dat bij Net op Zee activiteiten vooral het aantal kilometers kabel dat wordt geïnstalleerd lijdend voor de emissies. De lengte is afhankelijk van de omvang van de projecten, maar ook de afstand van het park op zee tot de connectie aan de wal. Per jaar kan deze sterk fluctueren.

Op basis van informatie van TenneT en PrimoMarine is een inschatting gemaakt van de CO₂ en NO_x uitstoot voor net op zee activiteiten (zie [24]). De uitkomsten zijn samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 4.7: Inschatting emissies Net op Zee tussen 2023 en 2030

	Kton CO ₂ referentie Net op zee	kton NO _x referentie Net op zee	Ton PM Net op zee
2023 ¹	5	0,1	9
2024 ¹	78	1,2	1
2025	0	0	15
2026	23	0,3	0
2027	91	1,3	5
2028	135	1,9	19
2029	183	2,5	28
2030	116	1,5	39

¹ De emissies voor 2023 en 2024 wijken (per km aangelegde kabel) sterk af van andere jaren wegens specifieke activiteiten.

Installatie windparken

Op basis van de nieuwe informatie over de activiteiten voor wind op zee is een nieuwe inschatting gemaakt van de scheepsinzet voor wind op zee installatie en de daarbij behorende emissies. Hierbij is dezelfde bandbreedte aangehouden als in de eerdere analyse. De resultaten staan in onderstaande tabel.

Tabel 4.8: Inschatting emissies voor de aanleg windparken tussen 2023 en 2030

	Kton CO ₂ windparken		Ton NO _x windparken		Ton PM windparken	
2023	52	69	0,58	0,76	11	14
2024	31	41	0,33	0,44	7	8
2025	0	0	0,00	0,00	0	0
2026	89	112	0,88	1,17	19	23
2027	296	374	2,82	3,76	63	79
2028	380	486	3,52	4,70	82	102
2029	462	597	4,15	5,56	100	126
2030	286	374	2,49	3,35	63	79

Nieuwe inschatting emissies zoute waterbouw

Op basis van de gewijzigde schattingen van de activiteiten op zee voor de waterbouw zijn vernieuwde berekeningen gemaakt van de emissies. De uitkomsten hiervan worden voor de zichtjaren 2023 en 2030 hieronder gepresenteerd. In deze cijfers zitten nog geen maatregelen die worden ingezet in het kader van het programma Schoon en Emissieloos Bouwen.

Tabel 4.9: Inschatting emissies zoute waterbouw en offshore in 2023

Activiteit 2023	kton CO ₂		ton NO _x		ton PM	
Kustlijnzorg vooroever	16	26	0,2	0,3	5	8
Kustlijnzorg strand	14	27	0,2	0,4	4	8
Zoute vaargeulonderhoud	127	249	1,7	3,3	37	72
Zandwinning op zee	29	47	0,4	0,6	8	14
Windparken	52	69	0,6	0,8	11	14
Net op zee	5	5	0,1	0,1	1	1
Totaal	243	423	3,1	5,4	66	116

Tabel 4.10: Inschatting emissies zoute waterbouw en offshore in 2030

Activiteit 2030	kton CO ₂		ton NO _x		ton PM	
Kustlijnzorg vooroever	14	23	0,1	0,2	5	8
Kustlijnzorg strand	12	25	0,1	0,3	4	8
Zoute vaargeulonderhoud	108	224	1,1	2,3	37	72
Zandwinning op zee	26	42	0,3	0,5	8	14
Windparken	286	374	2,5	3,3	63	79
Net op zee	116	116	1,5	1,5	24	24
Totaal	562	805	5,6	8,1	141	204

4.3.2 Analyse AIS-data voor aantal schepen en uren inzet

Met behulp van AIS-data kan er in potentie een inschatting gemaakt worden van welke waterbouwschepen hoeveel operationele uren in Nederland maken. AIS-data geeft inzicht in de locatie van schepen op een resolutie van enkele minuten. Hierdoor biedt deze data inzicht in de vaarsnelheden, duur en locatie. Dit biedt inzicht in het aantal schepen en het aantal uur dat deze actief zijn, door deze gegevens te combineren met informatie over het type schip, het motorvermogen en de emissieklasse kan een benadering van brandstofverbruik en uitstoot van schadelijke emissies gemaakt worden.

In dit onderzoek is een analyse gedaan op AIS-data om inzicht te krijgen hoe schepen die actief zijn in de waterbouw voorkomen in AIS-registraties en of dit representatief is voor het varend materieel, zowel op binnenwater als op zee. Om de vraag te beantwoorden of deze data geschikt is om structureel ingezet te worden voor emissiebepaling voor deze schepen. Deze analyse is apart uitgevoerd voor binnenwater en zeegaande schepen. De analyse dient als verificatie voor de eerder uitgevoerde analyses.

4.3.2.1 AIS-analyse zeevaart

4.3.2.1.1 Aantal schepen en inzet in waterbouw en offshore.

In deze analyse is informatie uit verschillende bronnen geanalyseerd en bij elkaar gebracht. Uitdaging voor de zeevaart is dat schepen internationaal opereren en het per jaar varieert hoeveel werk door welke schepen wordt verricht op Nederlands grondgebied.

De bronnen die bij elkaar zijn gebracht zijn:

- EmissieRegistratie/Poseidon (Gebaseerd op data uit Loyds' register/IHS). De scheepsdatabase van Lloyds' Register bevat motorinformatie van zeegaande schepen, ingedeeld in verscheidene scheepscategorieën. Er is geen specifieke categorie voor waterbouw- en offshore schepen. Deze zijn onderdeel van de categorieën "Tug/Supply" en "Miscellaneous".
- Dredgepoint (www.dredgepoint.org). Deze website van de Central Dredging Association is een open database waarin een overzicht wordt gegeven van materieel die wordt gebruikt in de waterbouw en offshore. Per schip wordt inzicht gegeven in scheepskarakteristieken, maar ook in de eigenaar van het schip. De website geeft een wereldwijd overzicht en bevat zowel actieve als historische schepen.
- TNO-analyses voor SEB Kustlijn- en vaargeulonderhoud en Energie, aanleg van windparken. (Data van Rijkswaterstaat en van opdrachtnemers in de waterbouw)
- AIS-2020 (Geofence hele Noordzee)

Tabel 4.11: Overzicht aantal zeegaande waterbouwschepen in verschillende bronnen.

	Aantal schepen
Dredgepoint (internationaal, actief en historisch)	6.051
TNO: Werkschepen van grote maritieme ondernemers: (internationaal, actief)	384
Werkschepen uit Dredgepoint en van maritieme ondernemers waarvan de MMSI bekend is (internationaal)	1.614
AIS - Noordzee -Nederlands Continentaal Plat 2020	319
Poseidon – Totaal aantal schepen categorie Tug/Supply & Miscellaneous)	262
Werkschepen in zowel AIS als Poseidon	100

Confrontatie van de lijst uit Dredgepoint en de informatie van maritieme ondernemers en AIS voor het jaar 2020 levert een totaal van 319 werkschepen op die actief zijn op het NCP. In het model voor de EmissieRegistratie zijn 262 schepen van de types Tug/Supply (107) en Miscellaneous (155) opgenomen. Combinatie van deze twee bronnen levert een overlap van slechts 100 schepen op.

Uit de AIS-analyse komt naar voren dat de scheidslijn tussen zeevaart en binnenvaart een grijs gebied. Vaargeulonderhoud voor havenbedrijven kan zowel door zeegeand als binnenvaartmaterieel worden uitgevoerd. Idem voor werkzaamheden en vaargeulonderhoud op IJsselmeer en Waddenzee.

4.3.2.1.2 Aantal schepen en uren in AIS voor het jaar 2020

Op basis van AIS-analyse kan een meer gedetailleerd beeld gemaakt worden van welke (type) schepen hoe veel actief (varend dan wel stilliggend) zijn op Nederlands grondgebied. AIS-data bieden alleen inzicht in de beweging van de schepen en daarmee inzicht in hoeveel uren en met welke intensiteit voortstuwingsmotoren actief zijn. Het biedt geen inzicht in welke welk- en hulpmotoren op welk vermogen actief zijn. Dit is een uitdaging voor het inschatten van energie- en brandstofverbruik van werkschepen en beste methode tot nu toe is de inschatting op basis van het totale werkvolume wat er verricht wordt. Voor kustlijn zorg en vaargeulonderhoud is dit ingeschat op basis van het volume aan gebaggerd materiaal. Voor windparken is gekeken naar omvang in aantal windmolens en piekvermogen.

Met de AIS-analyse kan de macro-analyse van het totaal brandstofverbruik gedetailleerd worden naar welke schepen, met welk type motoren, er actief zijn in kustlijn zorg, vaargeulonderhoud en in de offshore. Ook kan het gebruikt worden als bevestiging of de brandstofverbruik schatting in een realistische ordergrootte ligt.

Het aantal uren voor de schepen is relatief laag. Dit kan komen doordat schepen veel op internationale wateren varen ofwel dat schepen AIS uitzetten bij stilliggen.

Tabel 4.12: Aantal schepen en aantal vaaruren en stilliguren op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) door waterbouwschepen.

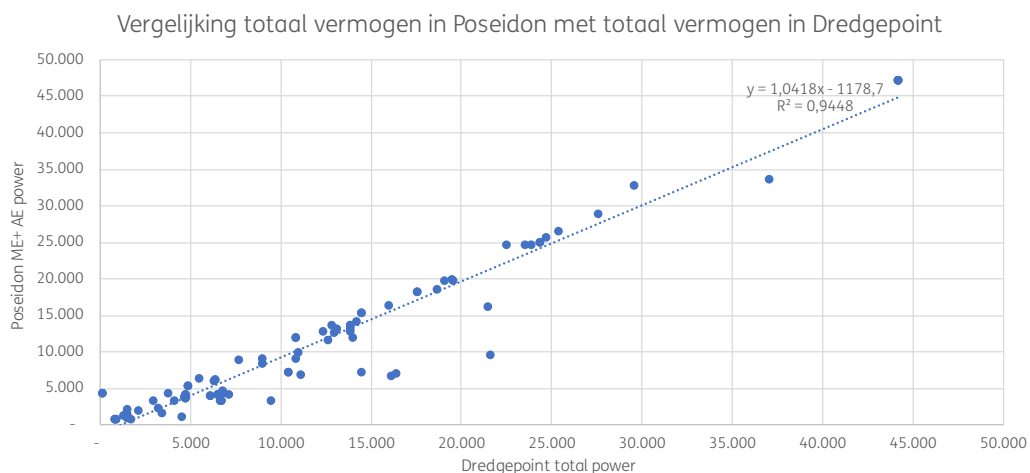
AIS type	Aantal schepen	Aantal uren varen (> 0,5km/h)	Aantal uren stilliggen met actieve AIS	% van totaal aantal uren in een jaar
Hopper Dredger	65	52.620	16.308	12%
Suction Dredger	21	14.193	5.391	11%
Special Vessel	18	11.155	4.631	10%
Dredger	49	8.167	4.059	3%
Multi Purpose Offshore Vessel	23	4.935	9.298	7%
Trailing Suction Hopper Dredger	5	3.508	1.330	11%
Utility Vessel	22	3.476	1.704	3%
Buoy-Laying Vessel	11	3.305	1.288	5%
Cable Layer	17	1.941	3.306	4%
Offshore Supply Ship	12	1.685	4.396	6%
Crane Ship	7	871	2.174	5%
Work Vessel	12	868	1.656	2%
Tug	11	646	1.492	2%
Other	45	3.913	3.572	2%
Totaal	318	111.283	60.605	6%

4.3.2.1.3 Motorvermogen vergelijking Dredgepoint en Poseidon

Van de 262 schepen in Poseidon is motorvermogen van de hoofdmotor en hulpmotoren bekend. 100 van de 262 schepen zijn ook aanwezig in de Dredgepoint data. Voor deze schepen is het totale motorvermogen in beide bronnen vergeleken. Hieruit is onderstaande grafiek opgemaakt en hier is het totaal motorvermogen in Dredgepoint afgezet tegen het totaal motorvermogen (main engine (ME) + auxiliary engine (AE)) in Poseidon.

Hierin vallen twee dingen op:

1. Voor een groot deel van de schepen heeft Poseidon een hogere inschatting van het totaal vermogen dan is opgegeven in Dredgepoint. Veel punten liggen boven $y = x$.
2. Voor een aantal schepen heeft Dredgepoint een veel hoger inschatting van motorvermogen dan Poseidon, vermoedelijk betreft dit vermogens van werkmotoren in die niet zijn meegenomen in de Poseidon/Loyds-registratie.



Figuur 4.4: Vergelijking van het totaal vermogen tussen het Emissieregistratie model en informatie uit Dredgepoint.

4.3.2.1.4 Berekening brandstofverbruik zeegaande waterbouwschepen

Op basis van de macro-aanpak op totaal gebaggerd volume is de huidige inschatting van totale emissies van kustlijnverzorg en vaargeulonderhoud berekend. Deze kan vergeleken worden met een bottom-up berekening op basis van motorvermogen en aantal motordraaiuren op het Nederlands Continentaal Plat (NCP).

Eq. 4.3.1 Schatting brandstofverbruik = Maximaal motorvermogen x gemiddelde motorbelasting (30%) x motordraaiuren x liter brandstof per kWh arbeid (0,25 l/kWh).

Op basis van de vaaruren en een schatting van de maximale motorvermogens van de schepen kan een inschatting gemaakt worden van het brandstofverbruik van de werkschepen, zie **Tabel 4.13**. Deze berekening neemt aan dat de werkmotoren actief zijn tijdens de vaaruren en niet tijdens de stilliguren, met een snelheid lager dan een 0,5 kilometer per uur. Vaaruren geven alleen inzicht in het aantal uur dat de voortstuwingsmotoren actief zijn en geven geen direct inzicht in het aantal actieve uren van de werkmotoren, die een relatief groot vermogen hebben bij werkschepen. Om duiding te geven aan de onzekerheid hierin is dezelfde berekening ook uitgevoerd met de aanname dat bij 50% van de stilliguren ook de werkmotoren actief zijn, zie **Tabel 4.14**.

In deze tabel wordt de macro-schatting van het totale brandstofverbruik van kustlijnzorg en vaargeulonderhoud vergeleken met de bottom-up berekening. Deze vergelijking laat zien dat het verschil tussen de macro- en de bottom-up-inschatting erg klein is.

Voor energie en offshore is niet precies bekend welke activiteiten in het jaar 2020 zijn uitgevoerd. Uit navraag bij partijen lijkt de geringe activiteit in 2020 in lijn te liggen met de verwachtingen.

Deze vergelijkingen geven meer vertrouwen in correctheid van de ordegrrootte van de cijfers, maar de resultaten blijven een onzekere schatting, door onzekerheden in alle bronnen: compleetheid en correctheid AIS-data, aantal schepen en verdeling van schepen over zeegaand en binnenvaart, totale baggervolumes, data uit verschillende jaren en de bandbreedte qua motorvermogen en schatting qua motorefficiëntie.

Tabel 4.13: Schatting brandstofverbruik zeegaande werkschepen op basis van aantal vaaruren uit AIS en schatting van motorvermogen volgens bandbreedte in tabel en inzet van motorvermogen van 30%.

	Vaaruren (> 0,5 km/h)	Bandbreedte maximaal motorvermogen <i>kWh</i>		Geschat bandbreedte brandstofverbruik <i>miljoen liters</i>		Domein
Hopper Dredger	52.620	8000	16000	31,6	63,1	Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud
Suction Dredger	14.193	8000	16000	8,5	17,0	Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud
Special Vessel	11.155	3000	10000	2,5	8,4	Energie & Offshore
Dredger	8.167	8000	16000	4,9	9,8	Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud
Multi Purpose Offshore Vessel	4.935	3000	10000	1,1	3,7	Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud
Trailing Suction Hopper Dredger	3.508	8000	16000	2,1	4,2	Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud
Utility Vessel	3.476	2000	8000	0,5	2,1	Energie & Offshore
Buoy-Laying Vessel	3.305	2000	8000	0,5	2,0	Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud
Cable Layer	1.941	2000	8000	0,3	1,2	Energie & Offshore
Offshore Supply Ship	1.685	2000	8000	0,3	1,0	Energie & Offshore
Crane Ship	871	5000	15000	0,3	1,0	Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud
Work Vessel	868	2000	8000	0,1	0,5	Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud
Tug	646	2000	8000	0,1	0,4	Energie & Offshore
Other	3913	2000	8000	0,6	2,3	Energie & Offshore
		Totaal		53,4	116,7	
	Totaal kustlijnzorg en vaargeulonderhoud			49,2	101,4	Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud
	Totaal Energie en Offshore			4,3	15,4	Energie & Offshore

Tabel 4.14 : Vergelijking schatting brandstofverbruik macro en bottom-up aanpak voor kustlijnverzorging en vaargeulonderhoud.

		Geschat bandbreedte brandstofverbruik <i>miljoen liters</i>	
Kustlijn zorg en Vaargeulonderhoud - macroschatting SEB		47,9	86,1
Kustlijn zorg en Vaargeulonderhoud - schatting bottom-up	0% gebruik werkmotoren tijdens het stilliggen	49,2	101,4
	50% gebruik werkmotoren tijdens het stilliggen	59,0	123,2
<i>Vershil bottom-up - macro:</i>		<i>1,3 - 11,1 2% - 23%</i>	<i>15,3 - 37,1 15% - 43%</i>

4.3.2.2 Binnenvaart

Voor binnenvaartschepen is een vergelijkbare analyse uitgevoerd als voor de zeegaande schepen.

De bronnen die hiervoor gebruikt zijn:

1. Dredgepoint
2. Het model dat wordt gebruikt in de emissieregistratie (Potamis)
3. AIS voor de zichtjaren 2020 en 2021
4. Resultaten uit de enquête voor de zoete waterbouw

Op basis van scheepstype uit de Potamis scheepsinformatie, scheepstype uit AIS en schepen die herkend zijn uit Dredgepoint is een lijst van ruim 6000 schepen, zeegaand en binnenvaart, opgesteld. Deze lijst is naast de Potamis scheepsinformatie (ship particulars) en de AIS-data binnen het Nederlands landoppervlak gelegd. Onderstaande tabel laat zien dat er in 2020 261 schepen in de AIS-data herkend zijn als binnenvaart werkschepen. Hiervan staan slechts 17 met MMSI-informatie op Dredgepoint.

Tabel 4.15: Aantal waterbouwschepen in de binnenvaart in verschillende bronnen.

	Aantal herkende werkschepen	Dredgepoint
AIS - Nederland 2020:	261	17
AIS - Nederland 2021:	269	17

4.3.2.2.1 Vergelijking AIS met de resultaten van de enquête voor zoete waterbouw

Niet al het varende en drijvende werkmaterieel heeft AIS. In principe heeft alleen zelfvarend materieel (niet stationair) van voldoende formaat een AIS-zender. Kleine en stationaire schepen hebben over het algemeen geen AIS. Bijvoorbeeld kleine schuifboten die per aanhanger van sloot naar sloot worden verplaatst zullen vaak niet van AIS zijn voorzien. Dit geldt ook voor stationair drijvend materieel zoals zandzuigers. Hierdoor kan met de AIS-analyse slechts voor een deel van het drijvend waterbouwmaterieel een inschatting gemaakt worden met behulp van AIS-analyse.

Al het drijvend materieel zonder AIS kan niet met een AIS-analyse worden ingeschat. Dit vergt aanpak op basis van inschatting van jaarlijkse werkvolume, qua aantal machines en aantal ingezette uren. De informatie uit de eerdere enquête is hier een goede benadering voor.

Aandachtspunt in de lijst zijn de transportschepen. In principe betreft dit regulier goederenvervoer en zou dit niet hoeven worden meegenomen in de zoete waterbouw. Dit geldt ook voor het gebruik van duwbakken (emissies van het gebruik van de lier is bovendien zeer beperkt).

Tabel 4.16: Aantal binnenvaartschepen en stationair materieel per type uit verkenning door de Vereniging van Waterbouwers, en indicatie van aanwezigheid AIS.

	Aantal verkenning zoetwaterbouw 2022	AIS
Zandzuiger (stationair)	46	Nee
Cutterzuiger - stationair/ mobiel	23	Ja
Hopperzuiger	10	Ja
Bakken-zuiger	6	Nee
Kraanschip	41	Ja
Schuifboot (Geen AIS)	14	Nee
Heischip	19	Ja
Werkschip	32	Ja
Transportschip	34	Ja
Duwbak (Geen AIS)	269	Nee
Overige schepen	120	Ja
Totaal	614	
Totaal met AIS	279	Ja

Op basis van de schepen die in AIS in 2020 in Nederland actief zijn geweest en de scheepsindeling uit de Poseidon database kan een vergelijking worden gemaakt op basis van de aantallen schepen per type waterbouwschip, voor het scheepstype met AIS. Hieruit is onderstaande tabel gevormd om de aantallen te vergelijken per categorie. Een kanttekening hierbij wel is dat de kwaliteit van de scheepsindeling in Potamis twijfelachtig is.

Tabel 4.17: Indeling van de 261 schepen volgens de scheepslijst uit Potamis. *Veel baggerschepen lijken in Potamis geregistreerd te staan als Motorvrachtschip.

Scheepsindeling Potamis	AIS 2020	Verkenning zoete waterbouw	
Drijvend Werktuig	79	60 (41 + 19)	kraanschip + heischip
Motorvrachtschip*	50	67	Cutter- +
Motorbeunschip	15	(23 + 10 + 34)	hopperzuiger + transportschi p
Werkvaartuig, Drijvende Giek, Kabelschip, Drijvende Boei, Baggermachine	43		
Overige Vaartuigen	22	120 + 32	Werkschip + Overige Schepen
Sleep-Duwboot	18		
Motordekschuit	13		
Other	17		
Totaal – ingedeeld	261	279	

Het aantal schepen is in lijn met de resultaten uit de eerdere enquête. Er zijn verschillen doordat er verschillen zijn in categorisering en indeling, en beschikbaarheid van AIS-gegevens van maar een deel van de vloot. Deze vergelijking laat zien dat de resultaten uit de enquête realistisch zijn en geven geen directe aanleiding tot aanvulling of aanpassing van de emissie-inschatting. Verbetermogelijkheden zijn, zoals ook bovenstaande verschillen laten zien, onder andere het verbeteren van inzicht van indeling van schepen in categorieën. Betere registratie van scheepsinformatie van in Nederland actieve (binnenvaart)schepen zou hieraan kunnen bijdragen.

4.3.2.2.2 Aantal vaaruren van werkschepen in AIS-data

Uit de AIS-data is het aantal uren dat de schepen varen goed af te leiden. Resultaten van een eerste analyse van het aantal uren dat de schepen varen, met een snelheid groter dan 1 km/h, staan in onderstaande tabel en grafiek. Het aantal uren dat de schepen varen ligt in lijn met de enquêteresultaten.

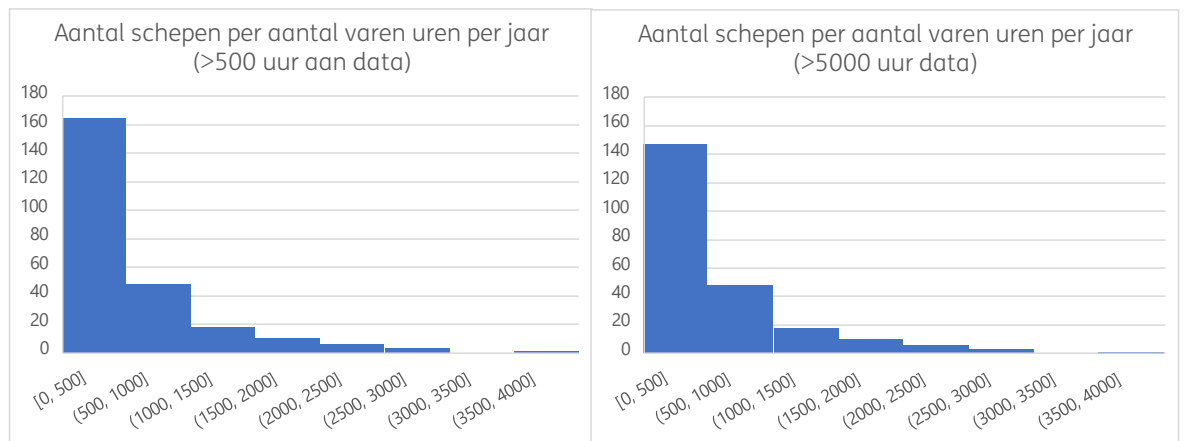
Het aantal vaar-, bewegende, uren lijkt erg laag en ook een stuk lager dan de uren waarop de voortstuwingsmotor wordt gebruikt in de enquête. Een verdere uitdaging is dat een schip ook aan het werk kan zijn terwijl de positie (bijna) stationair is, dit is in AIS-data lastiger te herkennen. Hiervoor is additionele analyse van locatie van stilliggen nodig, als het stilliggen bij een steiger of ankerlocatie betreft, dan kan dit duiden op stilliggen of vaargeulonderhoud op die locatie.

De AIS-data bieden verder geen inzicht in het aantal uren dat de werkmotoren actief zijn. Als een schip een lage vaarsnelheid heeft kan het zijn dat het schip aan het werk op is op een vaste locatie of met lage snelheid. Meer detailanalyse van de AIS-data en indeling van werklocaties en rustlocaties zou hier meer inzicht in kunnen bieden, maar dan alsnog is het niet onderbouwd te bepalen welke uren dat een schip op een werklocatie er ook daadwerkelijk operatie met draaiende (werk)motoren plaatsvindt.

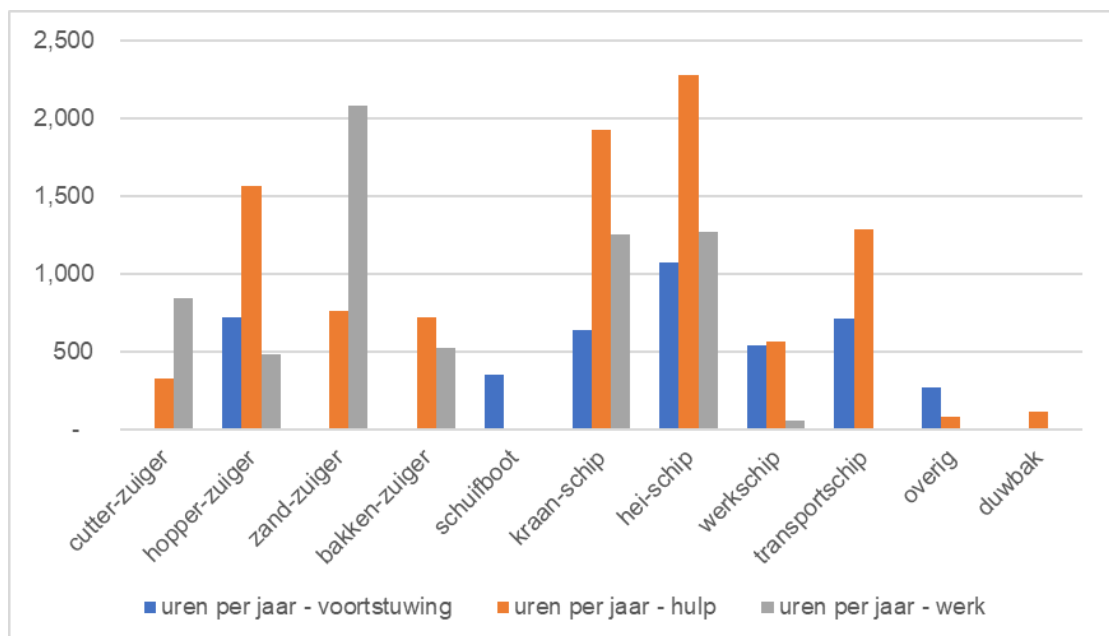
Het schatten van de emissies van zoete werkschepen is hiermee lastig en biedt waarschijnlijk niet veel meerwaarde ten opzichte van het gebruik van de enquête.

Tabel 4.18: Gemiddelde aantal vaaruren in 2020, snelheid groter dan 1 km/h, in de AIS-data en hoeveelheid data beschikbaar.

<i>Selectie:</i>	Alles	>500 uren data	>5000 uren data
<i>Aantal schepen</i>	261	251	233
<i>Aantal vaaruren per jaar</i>			
Gemiddeld	487	507	541
Mediaan	253	266	306
Standaarddeviatie	608	612	622

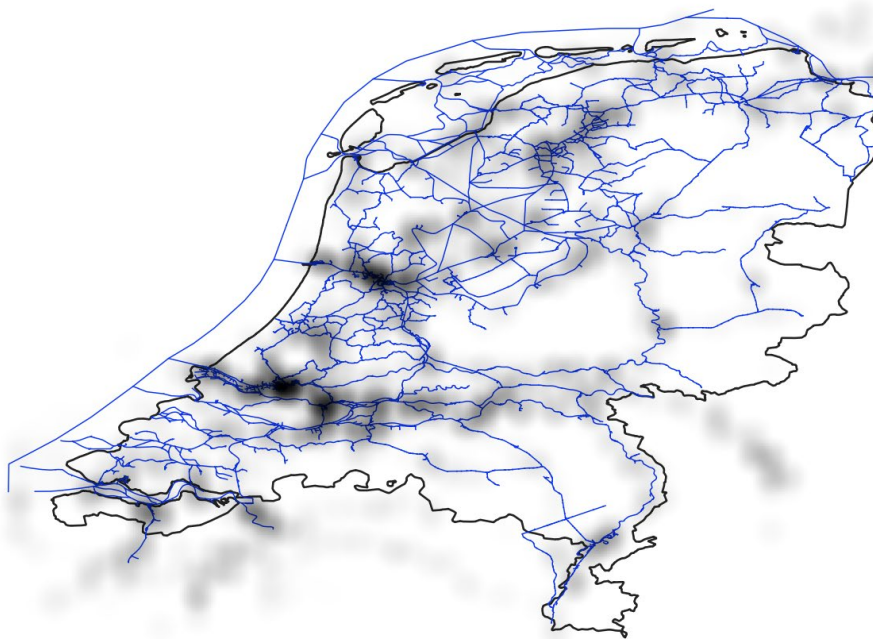


Figuur 4.5 : Verdeling van het aantal binnenvaart werkschepen per interval in aantal vaaruren.



Figuur 4.6: Gemiddeld aantal motordraaiuren per type motor uit de enquête ingevuld door leden van de Vereniging van Waterbouwers.

Een toegevoegde waarde die AIS-data wel biedt is dat het inzicht geeft in waar bepaalde schepen actief zijn. Zo zou een meer exacte inschatting gemaakt worden van het aantal schepen en het aandeel dat ze binnen Nederland actief zijn. Onderstaand figuur geeft een beeld van de verdeling van de vaaruren over de Nederland (en net daarbuiten).



Figuur 4.7: Heatmap van aantal uren van waterbouwmaterieel in de binnenvaart.

4.4 Conclusies en vervolgstappen waterbouw

In deze analyse is een check uitgevoerd op de omvang en inzet van verschillende onderdelen van de waterbouw- en offshore-vloot en is een verificatie gedaan op basis van AIS.

Op basis van de analyse van de inzet van schepen is een bijstelling gemaakt voor:

- Vaargeulonderhoud: extra inzet door toevoeging van de volumes voor de havenbedrijven
- Zandwinning: er wordt nu alleen uitgegaan van het hoge inzet-scenario
- Net op Zee: Inzet wordt bepaald op basis van het aantal kilometer kabel en bijstelling van de inzet op basis van de actuele volumeraming
- Wind op Zee: bijstelling van de inzet op basis van de actuele volumeraming

Uit de analyse komt naar voren dat waterbouw een substantieel segment is (3,7 tot 6,0 kton NO_x in 2023). In de referentie zal de uitstoot naar verwachting toenemen door de aanleg van windparken op zee.

Uit de analyse van AIS komt naar voren dat waterbouwschepen goed onderscheiden kunnen worden, maar dat hier wel een combinatie van verschillende bronnen voor nodig is. Het goed inschatten van de inzet van motorvermogen en brandstofverbruik zijn lastig en vergen aanvullende gegevens over werk- en rustlocaties.

Niet al het drijvend materieel in de zoete waterbouw is te herleiden uit AIS-data. Aanbevolen wordt om de data voor zoete waterbouw aan te vullen met emissies voor de categorieën zand-zuigers, bakkenzuigers en klein drijvend materieel.

De analyse uit AIS geven een aanvullend beeld die aansluit bij de gegevens in eerder opgehaalde onderzoeken, maar leiden nog niet tot andere inzichten in emissiecijfers.

De emissies voor de zoute waterbouw zijn nog onzeker. Aanvullende informatie is gewenst over het type schepen dat voor verschillende werken wordt ingezet en de gemiddelde inzet van werkmotoren in de praktijk voor deze schepen. Een enquête zoals die is uitgevoerd voor de zoete waterbouw zou hier een oplossing kunnen zijn.

Voor aansluiting van deze resultaten op de huidige methode voor de nationale emissieregistratie wordt aanbevolen om waterbouw als een aparte categorie op te nemen en niet mee te nemen in de methodiek voor goederen- en personenvervoer over water. Op deze manier kan het energie- en brandstofverbruik van werkmotoren goed worden meegenomen.

5 Spoor specifiek materieel

5.1 Huidige weergave in SEB en de Emissieregistratie

In dit hoofdstuk worden werktuigen beschreven die worden gebruikt voor de aanleg en het onderhoud van het spoor. Deze werktuigen worden gebruikt voor verschillende taken, zoals het werken met ballast, dwarsliggers, spoorstaven en bovenleidingen. Spoorwerktuigen zijn meestal gespecialiseerde machines en er bestaat een breed scala aan materieel. Tijdens werkzaamheden rondom het spoor worden soms ook reguliere mobiele werktuigen toegepast, maar die worden niet besproken in dit hoofdstuk.

Over het algemeen kunnen we het spoor specifieke materieel als volgt indelen (bron: ProRail):

- Werktreinen: een werktrein is (vaak) een diesellocomotief die bedoeld is voor het vervoer van bouw- of onderhoudsmaterialen. Deze kunnen zowel ingezet kunnen worden voor bouwwerkzaamheden maar ook voor regulier goederenvervoer.
- Specialistische spoorwerktuigen: dit gaat bijvoorbeeld om stopmachines, spoorcranes, ombouwtreinen, inspectie- en meettreinen, slijp- en freesttreinen en hoogwerkers.
- Rail-weg voertuigen: dit gaat bijvoorbeeld om krollen (graafmachine op rails) en lasbussen. Met name de krol wordt bij spoorwerkzaamheden vaak ingezet.
- Spoor specifiek klein materieel: zoals kraagboutmachines en (kleine) slijp- en freesmachines en schroef- en boormachines.

Het beeld over de machines per categorie en hun inzet is niet compleet. Er is geen publieke registratie van de aantallen, en ook niet van de inzet. Met name de werktreinen en de specialistische spoorwerktuigen zijn over het algemeen relatief oud. Bij diverse machines vindt wel hermotorisering plaats, hierbij wordt echter meestal hetzelfde type motor geplaatst. Het deel van het materieel waarvan de leeftijd wel bekend is, is van voor 2006. Slechts een klein deel van het materieel waarvan de leeftijd bekend is, is van na 2011. Een andere belangrijke parameter die veel invloed op emissies heeft is de motorbelasting. De motorbelasting van spoor specialistisch materieel is niet goed bekend.

Op basis van gegevens verstrekt door ProRail en enkele grote aannemers in de railinfrastructuur, samen met een schatting van hun marktaandeel, is een ruwe inschatting gemaakt van de uitlaatemissies:

NO_x: 140 - 215 ton
Fijnstof: 4 - 6,5 ton
CO₂: 17 - 25 kton

De belangrijkste bijdrage aan deze emissies komt van werktreinen, gevolgd door stopmachines en krollen. Deze typen zorgen naar verwachting voor ca. 80% van de emissies door spoor specialistisch bouw materieel.

Dit specifieke materieel wordt gebruikt op het spoor voor onderhouds- en bouwwerkzaamheden door erkende bedrijven. Hierbij worden geen emissies meegenomen van algemene bouwactiviteiten zoals grondverzet, de bouw van kunstwerken, werkzaamheden op stations, of gebiedsonderhoud.

In de Emissieregistratie is spoorbouw deels meegenomen. Tot dusverre is het onduidelijk waar de brandstof bij spoorbouw vandaan komt. Dat geeft een risico op dubbeltellingen met andere sectoren. De activiteiten, gekoppeld aan brandstofverbruik, vallen al onder spoor, mobiele werktuigen, en transport. Er is daarom gekozen om in 2022 schadelijke emissies spoorbouw, zoals deze uit de eerdere studie is gekomen, slechts voor de helft op te voeren.

De bijdrage van spoor specialistisch materieel aan de totale emissies – bijvoorbeeld in vergelijking met mobiele werktuigen – is beperkt. De emissies op projectniveau kunnen daarentegen relatief hoog zijn.

5.2 Aanpak analyse

Zoals hierboven beschreven is voor de data rondom emissies van spoor specifieke werktuigen een grove schatting opgesteld. Een grote onzekerheid hierin betreft de motorbelasting van machines tijdens aanleg- en onderhoudsprojecten. Maar ook informatie met betrekking tot draaiuren per jaar is wenselijk. Tijdens dit project wordt geen nieuwe inschatting gemaakt van de aantallen machines in Nederland, de focus ligt op de inzet.

Om hier een stap in te zetten is in overleg met een grote aannemer informatie opgevraagd over het brandstofverbruik en draaiuren van de diverse materieeltypen, met een focus op de machines met de grootste bijdrage in de emissies, namelijk: diesellocs, drie typen zware spoor specialistische spoormachines (met name stopmachines) en krollen.

Aanvullend heeft TNO twee dagen bij een spoorproject meegelopen om informatie te verzamelen en handmatig te registreren wat tot een verbeterde inschatting van de motorbelasting kan leiden. De mogelijkheden hiervoor verschillen per machine.

Nieuwe informatie wordt – gecombineerd met de eerder verzamelde gegevens - gedeeld met het PBL, zodat deze als input kan dienen voor de KEV en Emissieregistratie.

5.3 Resultaten

Tijdens dit onderzoek zijn resultaten verzameld bij een spoorproject. Tijdens dit spoorproject waren de onderstaande materieeltypen aan het werk. De dataverzameling heeft geleid tot de onderstaande tabel. De gegevens zijn grotendeels afkomstig van de opgevraagde brandstofverbruiksgegevens en draaiuren, deze zijn verzameld over een langere periode dan alleen het betreffende project. Het registreren van data rondom de motorbelasting was op locatie bij de meeste machines zeer lastig. Dit komt omdat er vaak geen gashendel of brandstofverbruiksscherm aanwezig is, in enkele gevallen is een toerental geregistreerd. Tijdens de registraties werd voornamelijk de machinist geïnterviewd, en is bijvoorbeeld geregistreerd wanneer er stationair gedraaid werd. Deze informatie heeft geholpen om de verkregen brandstofgegevens op waarde te schatten.

Onder de tabel worden de gegevens in meer detail toegelicht.

Tabel 5.1: Resultaten dataverzameling en metingen inzet spoor specifiek materieel

Type machine	Aantal	Vermogen	Bouw-jaar	Motorbe- lasting	Draai- uren per jaar
Krol	2	70 – 115 kW	2011 - 2018	30 - 40%	-
Stopmachine	1	440 kW	2007	35 - 40%	-
Stabilisator	1	370 kW	2002	20%	-
Dieselloc	1	390 - 1500 kW	1995 - 2008	10 - 15%	-
Kettinghor	1	630 kW	2004	65- 70%	400
Ballast logistiek (MFS)	6	150 kW	2003 - 2006	35 - 40%	400
Ballast logistiek (ULS)	1	140 kW		35 - 40%	160
Ballast ploeg	1	400 kW	2004	20%	
Aggregaat	1	48 kW			1250

Krol

De basis van een krol is hetzelfde als die van een graafmachine, inclusief de aandrijving. De machinist gaf aan dat hij vaak de hele dag aan het werk is, veel heen en weer rijdt en veel bewegingen maakt met de giek/bak. Tijdens de dag van het bezoek was de krol echter bezig met de laatste werkzaamheden (spoor borstelen), waardoor er veel stationair werd gedraaid. Op basis van brandstofverbruiksgegevens (over een langere periode) is geschat dat de gemiddelde motorbelasting ongeveer 30-40% is, wat in lijn is met de huidige aannames.

Recht spoor stopmachine

De recht spoor stopmachine wordt gebruikt om het ballastbed te verdichten en het spoor op hoogte te brengen door het optillen van het spoor en het knijpen van de ballast. Tijdens de werkzaamheden wordt de belasting op 70% geschat door de machinist. Bij transport is de motorbelasting lager, vooral wanneer de gewenste snelheid bereikt is. Op basis van het gemiddelde brandstofverbruik lijkt de gemiddelde motorbelasting ongeveer 35-40% te zijn, wat in lijn is met de eerdere aannames.

Stabilisator

De stabilisator wordt gebruikt om het ballastbed te verdichten door middel van trillingen. Tijdens de werkzaamheden is de inzet constant, maar de belasting tijdens de werkzaamheden is moeilijk vast te stellen op basis van de gashendel en het toerental, aangezien er alleen een aan/uit-knop is. Op basis van de verzamelde brandstofverbruiksgegevens wordt de motorbelasting geschat op ongeveer 20%. Dit is lager dan de eerdere aannames.

Dieselloc

De locomotief wordt gebruikt om de ballast van de kettinghor/mfs'en naar de losplek te brengen. Bij het laden is er een laag toerental en vrijwel geen belasting, de machinist schat een motorbelasting van ongeveer 10%. De motorbelasting bij het rijden hangt sterk af van de omstandigheden, of de wagons vol of leeg zijn, en ook van de machinist.

Bij het accelereren bij wegrijden is de belasting hoog, de machinist schat 80%, daarna neemt de belasting sterk af. Na het terugrijden van het laadpunt naar het lospunt dalen de olietemperatuur en koelvloeistoftemperatuur, wat een lagere belasting bevestigt.

De machinist gaf aan dat de machine ongeveer 30 liter brandstof per werkdag verbruikt in dit werk (2,5 l/u), wat gelijk zou staan aan minder dan 5% motorbelasting. Op basis van het opgegeven brandstofverbruik over een langere periode wordt de belasting van deze loc geschat op ongeveer 10%. Er is ook data verkregen van andere locs, die hadden een gemiddelde motorbelasting van 15%. De eerder geschatte gemiddelde motorbelasting lag fors hoger, namelijk tussen de 20 en 35%.

Kettinghor + aggregaat

De machine wordt gebruikt voor het afgraven en zeven van ballast. Het is niet duidelijk hoe de motor precies wordt belast. De motor draait op een vast toerental. Volgens de machinist wordt de machine wel zwaar belast, mogelijk zelfs volledig belast wanneer alles in werking is. Op basis van het brandstofverbruik wordt geschat dat de gemiddelde motorbelasting ongeveer 65 tot 70% is, dat is hoger dan de eerdere aannames (50 tot 60%).

Op dezelfde machine is ook een aggregaat aanwezig (48 kW) dat altijd aan staat. Deze machine was nog niet meegenomen in de eerdere emissieschatting voor spoor specialistisch materieel.

Ballast logistiek (MFS en ULS)

MFS: De MFS wordt gebruikt voor het afvoeren van oude ballast achter de kettinghor. Wanneer de band van de MFS draait om ballast te transporteren, is deze belasting hoog tot maximaal. Bij het wachten draait de machine regelmatig stationair.

ULS: De ULS wordt gebruikt om ballast te verplaatsen met een beweegbare afvoerband, voornamelijk voor het overbrengen van de ballast van de MFS naar de transportwagens. Wanneer de ballast wordt verplaatst, wordt de machine volledig belast. Het verplaatsen gebeurt echter niet continu, waardoor er regelmatig stationair wordt gedraaid.

Op basis van het brandstofverbruik wordt de gemiddelde belasting geschat op 35 tot 40%, zowel voor de MFS als de ULS. Voor dit materieeltype was er nog geen inschatting van de motorbelasting.

Ballast Ploeg

De Ballast Ploeg wordt gebruikt voor het profileren van het ballastbed. De belasting varieert, van hoog (ongeveer 80% volgens de machinist) tot laag (ongeveer 10-20% volgens de machinist) tijdens het borstelen. Het gemiddelde brandstofverbruik duidt op een gemiddelde motorbelasting van ongeveer 20%, dit is lager dan de eerdere inschattingen.

Aanpassing emissiegetallen

Op basis van gegevens zoals verzameld tijdens dit project wordt voorgesteld om de emissiecijfers voor spoor specialistisch licht (10 tot 15%) naar beneden bij te stellen:

NO_x: 115 - 202 ton
Fijnstof: 3,5 - 5,5 ton
CO₂: 14 - 23 kton

De bijstelling naar beneden is vooral het gevolg van een lagere motorbelasting. Verbeterde inzichten in aantallen machines en draaiuren zijn nog steeds gewenst.

Om de motorbelasting in te schatten is de verzamelde brandstofverbruiksdata een goede bron. Voor meer detailinzichten is detailmonitoring benodigd.

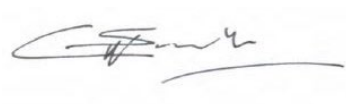
6 Referenties

- [1] R. Smokers en I. Riemersma, „Ontwikkeling van het Versit+ HD emissiemodel,” TNO, Delft, 2004.
- [2] P. v. Mensch, S. v. Merriënboer, D. Tol, A. Rondaij, J. Harmsen en R. Franssen, „TNO 2022 R11048: Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod duurzame mobiele werktuigen, bouwlogistieke voertuigen, spoorwerktuigen en vaartuigen die worden ingezet voor de waterbouw,” TNO, Den Haag, 2022.
- [3] G. Geilenkirchen et al., „Methods for calculating emissions of transport in the Netherlands,” PBL, The Hague, 2023.
- [4] Topsector Logistiek, „Gebruikers en inzet van bestelauto's in Nederland,” Connekt, Delft, 2017.
- [5] D. Tol en R. Verbeek, „Scenarioberekening van het bereik en emissie-effect van de Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel,” TNO, Den Haag, 2021.
- [6] R. Vermeulen, R. v. Gijlswijk, P. Paschinger en J. d. Ruiter, „Dutch In-service Emissions Measurement and Monitoring Programme for Heavy-Duty Vehicles 2021,” TNO, The Hague, 2022.
- [7] R. Vermeulen, R. v. Gijlswijk, D. v. Heesen, E. Buskermolen en S. v. Goethem, „Dutch In-service emissions testing programme 2015 - 2018 for heavy-duty vehicles: status quo Euro VI NOx emissions,” TNO, The Hague, 2019.
- [8] CBS, „Werkzame beroepsbevolking; bedrijf,” [Online]. Available: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/85272NED/table?ts=1683034578373>.
- [9] CBS, „SBI 2008 - Standaard Bedrijfsindeling 2008,” [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/classificaties/activiteiten/sbi-2008-standaard-bedrijfsindeling-2008>.
- [10] CBS, „Bedrijfsbestelauto's; bedrijfstakken/branches (SBI 2008, 3-digits),” [Online]. Available: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/84574NED/table?ts=1683027225879>.
- [11] CBS, „Vrachtauto's en trekkers; bedrijfstakken (SBI 2008), kenmerken voertuigen,” [Online]. Available: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83528NED/table?ts=1683027209097>.
- [12] CBS, „Wegvervoer; kerncijfers per bedrijfstak,” [Online]. Available: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83463NED/table?ts=1653229597539>. [Geopend 11 05 2023].
- [13] J. v. Rijn, S. v. Merrienboer, B. Kin, H. Quak en A. Rondaij, „Outlook Bouwlogistiek,” TNO, Den Haag, 2020.
- [14] S. v. Merrienboer, L. Meijer en A. Rondaij, „Fundaments for a CLCT - WP1, huidige stand van zaken Control Towers in bouwlogistiek,” TNO, Den Haag, 2023.
- [15] A. Rondaij, J. Harmsen en J. Spreen, „Mogelijkheden voor CO2-reductie in de bouwlogistiek in Nederland Decamod effectrapportage,” Topsector Logistiek, Den Haag, 2020.
- [16] S. v. Merrienboer en M. Ludema, TKI project '4C in Bouwlogistiek', Delft: TNO, 2016.

- [17] S. v. Merrienboer en J. v. Rijn, Verkenning impact op duurzaamheid, Den Haag: TNO, 2019.
- [18] J. v. Rijn, J. Harmsen, A. Rondaij en S. Eckartz, Amsterdam Vaart! 2019 - resultaten duurzame bouwlogistiek over water, Den Haag: TNO, 2020.
- [19] J. d. Bes, S. Eckartz, E. v. Kempen, S. v. Merrienboer, W. Ploos van Amstel, J. v. Rijn en R. Vrijhoef, „Duurzame bouwlogistiek voor binnenstedelijke woning- en utiliteitsbouw: ervaringen en aanbevelingen,” TNO, Den Haag, 2018.
- [20] Buck Consultants International (BCI), „Quickscan aard & omvang bouwlogistiek,” Topsector Logistiek, Den Haag, 2020.
- [21] TNO, „Verkenning duurzaamheidsopties zoete waterbouwwlood,” 2022.
- [22] CBS, „Hernieuwbare elektriciteit; productie en vermogen,” 2021. [Online].
- [23] H2H Advies, „Rapportage Monitoring bouwgrondstoffen 2015 - 2016,” 2017.
- [24] TNO, „TNO (2023), Schoon en Emissieloos Bouwen - Transitiepad Energie voor Net op Zee activiteiten,” 2023 (TBP).
- [25] ARCADIS & Wageningen Marine Research, „Zandwinning Noordzee 2018-2027,” 2017.
- [26] SWECO, „Winning ophoogzand Noordzee,” 2017.
- [27] ARCADIS, „Passende beoordeling Net op Zee Hollandse Kust (West Beta),” 2021.
- [28] Pondera, „Passende Beoordeling Hollandse Kust (Noord) - Kavel V,” 2018.
- [29] Pondera, „Passende Beoordeling Hollandse Kust (West) - Kavel VI,” 2020.
- [30] Pondera, „Passende Beoordeling Hollandse Kust (West) - Kavel VII,” 2020.
- [31] Pondera, „Net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha),” 2019.

Ondertekening

TNO › Mobility & Built Environment › Den Haag, 16 juni 2023



Chantal Stroek
Research Manager



Jorrit Harmsen
Auteur

Bijlage A

Tabel met SBI codes en bijbehorende transitiepad en bouwaanduiding

SBI-code	Subsector	Bouwaanduiding	Transitiepad
812	Winning van zand, grind en klei	Bouw	Algemeen
2319	Vervaardiging en bewerking van overig glas, inclusief technisch glaswerk	Bouw	Algemeen
2363	Vervaardiging van stortklare beton	Bouw	Algemeen
2731	Vervaardiging van kabels van optische vezels	Bouw	Algemeen
3811	Inzameling van onschadelijk afval	Mogelijk bouw	Algemeen
3812	Inzameling van schadelijk afval	Mogelijk bouw	Algemeen
3900	Sanering en overig afvalbeheer	Mogelijk bouw	Algemeen
4110	Projectontwikkeling	Bouw	Woningen en utiliteit
4120	Algemene burgerlijke en utiliteitsbouw	Bouw	Woningen en utiliteit
4212	Bouw van boven- en ondergrondse spoorweg	Bouw	Weg, dijk en spooarmaterieel
4213	Bouw van kunstwerken	Bouw	Weg, dijk en spooarmaterieel
4221	Leggen van rioleringen, buizen en pijpleidingen; aanleg van bronbemaling	Bouw	Algemeen
4222	Leggen van elektriciteits- en telecommunicatiekabels	Bouw	Energie infra
4291	Natte waterbouw	Bouw	Weg, dijk en spooarmaterieel
4299	Bouw van overige civieltechnische werken (rest)	Bouw	Weg, dijk en spooarmaterieel
4311	Slopen van bouwwerken	Bouw	Woningen en utiliteit
4312	Grondverzet	Bouw	Algemeen
4313	Proefboren	Bouw	Algemeen
4321	Elektrotechnische bouwinstallatie	Bouw	Woningen en utiliteit
4322	Loodgieters- en fitterswerk; installatie van sanitair en van verwarmings- en luchtbehandelingsapparatuur	Bouw	Woningen en utiliteit
4329	Overige bouwinstallatie	Bouw	Woningen en utiliteit
4331	Stukadoeren	Bouw	Woningen en utiliteit
4332	Bouwtimmeren	Bouw	Woningen en utiliteit
4333	Afwerken van vloeren en wanden	Bouw	Woningen en utiliteit
4334	Schilderen en glaszetten	Bouw	Woningen en utiliteit
4339	Overige afwerken van gebouwen	Bouw	Woningen en utiliteit

4391	Dakdekken en bouwen van dakconstructies	Bouw	Woningen en utiliteit
4399	Overige gespecialiseerde werkzaamheden in de bouw	Bouw	Algemeen
4613	Handelsbemiddeling in hout, vlakglas, sanitair en bouwmaterialen	Mogelijk bouw	Algemeen
4941	Goederenvervoer over de weg (geen verhuizingen)	Mogelijk bouw	Algemeen
5221	Dienstverlening voor vervoer over land	Mogelijk bouw	Algemeen
5222	Dienstverlening voor vervoer over water	Mogelijk bouw	Algemeen
6420	Financiële holdings	Mogelijk bouw	Algemeen
6491	Financiële lease	Mogelijk bouw	Algemeen
7712	Ingenieurs en overig technisch ontwerp en advies	Mogelijk bouw	Algemeen
7731	Verhuur en lease van landbouwmachines en -werktuigen	Mogelijk bouw	Algemeen
7732	Verhuur en lease van machines en installaties voor de bouw	Bouw	Algemeen
7739	Verhuur en lease van overige machines en werktuigen en van overige goederen	Mogelijk bouw	Algemeen
16231	Vervaardiging van deuren, ramen en kozijnen van hout	Bouw	Algemeen
42111	Wegenbouw	Bouw	Weg, dijk en spoormaterieel
42112	Stratenmaken	Bouw	Weg, dijk en spoormaterieel
43221	Loodgieters- en fitterswerk; installatie van sanitair	Bouw	Woningen en utiliteit
43222	Installatie van verwarmings- en luchtbehandelingsapparatuur	Bouw	Woningen en utiliteit
43991	Heien en andere funderingswerkzaamheden	Bouw	Algemeen
43992	Vlechten van betonstaal	Bouw	Algemeen
43993	Metselen en voegen	Bouw	Woningen en utiliteit
43999	Overige gespecialiseerde werkzaamheden in de bouw (rest)	Bouw	Algemeen
46731	Groothandel in hout en plaatmateriaal	Bouw	Algemeen
46734	Groothandel in vlakglas	Bouw	Algemeen
46735	Groothandel in zand en grind	Bouw	Algemeen
46736	Groothandel in tegels en plavuizen	Bouw	Algemeen
46737	Groothandel in sanitaire artikelen en sanitair installatiemateriaal	Bouw	Algemeen
46738	Groothandel gespecialiseerd in overige bouwmaterialen	Bouw	Algemeen

46739	Groothandel in bouwmaterialen algemeen assortiment	Bouw	Algemeen
46741	Groothandel in ijzer- en metaalwaren	Mogelijk bouw	Algemeen
47528	Bouwmarkten en andere winkels in bouwmaterialen algemeen assortiment	Bouw	Algemeen
50201	Zee- en kustvaart (vracht- en tankvaart; geen sleepvaart)	Bouw	Zee en kustvaart
52291	Expediteurs, cargadoors, bevrachters en andere tussenpersonen in het goederenvervoer	Mogelijk bouw	Algemeen
70102	Holdings (geen financiële)	Mogelijk bouw	Algemeen
77111	Verhuur van personenauto's en lichte bedrijfsauto's (geen operational lease)	Mogelijk bouw	Algemeen
77112	Operational lease van personenauto's en lichte bedrijfsauto's	Mogelijk bouw	Algemeen
77399	Verhuur en lease van overige machines en werktuigen en van overige goederen neg (geen automaten)	Mogelijk bouw	Algemeen
78202	Uitleenbureaus	Mogelijk bouw	Algemeen

Mobility & Built Environment

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
www.tno.nl