

TNO-rapport**TNO 2020 R11955****Mogelijkheden voor CO₂-reductie in de
bouwlogistiek in Nederland****Decamod effectrapportage****Traffic & Transport**Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

Datum	30 november 2020
Auteur(s)	A. Rondaij, J. Harmsen, J.S. Spreen
Exemplaarnummer	2020-STL-RAP-100336367
Aantal pagina's	23 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3
Opdrachtgever	Topsector Logistiek
Projectnaam	Connekt DecaMod 2
Projectnummer	060.39706

Alle rechten voorbehouden.

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

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

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

© 2020 TNO

Samenvatting

In 2019 is in Nederland het Klimaatakkoord gesloten. Met dat akkoord geeft Nederland invulling aan het in wereldwijd verband gesloten Klimaatverdrag van Parijs in 2015, met als doel de opwarming van de aarde te beperken tot maximaal 2 graden Celsius.

Voor de logistieke sector betekent het Nederlands Klimaatakkoord kortgezegd dat in het jaar 2050 de CO₂-uitstoot ten gevolge van transport en logistiek naar zo goed als nul moet zijn teruggebracht. De uitvoering van het Klimaatakkoord zal de komende jaren naar verwachting dan ook leiden tot een groeiende behoefte aan objectieve informatie over de effecten en kosten van maatregelen om de CO₂-uitstoot te reduceren.

Daarom heeft Topsector Logistiek, vertegenwoordigd door Connekt, TNO gevraagd kennis en tools te ontwikkelen om dit soort vragen te kunnen beantwoorden. Dat heeft geleid tot een verzameling van tools, databases én expertise, die samen 'Decamod' worden genoemd. Decamod bevat een CO₂-boekhoudmodel waarmee het effect van maatregelen voor CO₂-reducties in de logistiek kunnen worden doorgerekend. Met Decamod kunnen zogenaamde 'what-if'-analyses worden uitgevoerd om de effecten van verschillende verduurzamingsscenario's inzichtelijk te maken.

Als onderdeel van de ontwikkeling van Decamod en het testen daarvan heeft TNO in 2020 met behulp van Decamod de effecten van een aantal uiteenlopende opties voor CO₂-reductie berekend.

Zo beschrijft dit rapport de kwantitatieve analyse van diverse maatregelen voor CO₂-besparingen in de bouwlogistiek. Het gaat daarbij om technische maatregelen, zoals de inzet van elektrische voertuigen, het gebruik van waterstof en het gebruik van hernieuwbare brandstoffen, en logistieke maatregelen, zoals bouw hubs, het combineren van retourstromen, en control towers. Met het doorgerekende pakket maatregelen kan binnen het bouwlogistieke segment een CO₂-reductie van 29% (0,56 Mton) worden gerealiseerd. Dat bedraagt 21% van de totale CO₂-reductiedoelstelling van de logistiek uit het Klimaatakkoord. De bouwsector kan, met andere woorden, in potentie fors bijdragen aan de doelstellingen uit het Klimaatakkoord.

Met betrekking tot de functionaliteit van Decamod kan worden gesteld dat Decamod de volgende mogelijkheden biedt:

- Inzicht in de impact van individuele maatregelen binnen specifieke segmenten.
- Inzicht in de impact van combinaties van maatregelen binnen specifieke segmenten die elkaar versterken of juist een tegengesteld effect hebben.
- Inzicht in de omvang van de CO₂-uitstoot voor specifieke segmenten en de verhouding van deze omvang ten opzichte van andere segmenten, de CO₂-uitstoot in heel Nederland en doelstellingen uit onder andere het Klimaatakkoord.

- Vanwege de snelle doorrekeningstijd is het met Decamod, ondanks onzekerheden in bijvoorbeeld data, toch mogelijk om verschillende toekomstscenario's inzichtelijk te maken door het uitvoeren van gevoeligheidsanalyses.

Met deze inzichten kan de potentiële impact van maatregelen in de bouwlogistiek worden bepaald, kan in kaart worden gebracht hoe combinaties van maatregelen werken en in welke mate aanvullende maatregelen nodig zijn naast voorziene maatregelen om doelstellingen te realiseren.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	5
1.1	Het Klimaatakkoord betekent een grote opgave voor de logistiek	5
1.2	Met Decamod kan TNO voorzien in effectschattingen voor CO ₂ -reductie	5
1.3	Deze effectrapportage: verduurzamingsscenario in bouwlogistiek	5
1.4	Leeswijzer	5
2	Achtergrond use case	6
3	Bouwlogistiek in Nederland	7
3.1	Scope	7
3.2	Basisscenario: omvang en samenstelling bouwlogistiek in Nederland	7
4	Effecten van reductiemaatregelen in bouwlogistiek.....	11
4.1	Technische maatregelen	11
4.2	Logistieke maatregelen	11
5	Resultaten van verduurzaming in bouwlogistiek.....	12
5.1	Verduurzamingsscenario bouwlogistiek	12
5.2	Gevoeligheidsanalyses	14
6	Conclusies en aanbevelingen	17
6.1	Reductiepotentie bouwlogistiek	17
6.2	De functionaliteit van Decamod	17
7	Referenties	18
8	Ondertekening	19
	Bijlage(n)	
	A Aandeel bouwlogistiek per NST 2007-groep	
	B Overzicht technische maatregelen	
	C Overzicht logistieke maatregelen	

1 Inleiding

1.1 Het Klimaatakkoord betekent een grote opgave voor de logistiek

In 2019 is in Nederland het Klimaatakkoord gesloten. Met dat akkoord geeft Nederland invulling aan het in wereldwijd verband gesloten Klimaatverdrag van Parijs in 2015, met als doel de opwarming van de aarde te beperken tot maximaal 2 graden Celsius. Voor de logistieke sector betekent het Nederlands Klimaatakkoord kortgezegd dat in het jaar 2050 de CO₂-uitstoot ten gevolge van transport en logistiek naar zo goed als nul moet zijn teruggebracht.

1.2 Met Decamod kan TNO voorzien in effectschattingen voor CO₂-reductie

Om die opgave in te vullen is objectieve informatie over de effecten en kosten van maatregelen om de CO₂-uitstoot te reduceren cruciaal. Daarom heeft TNO in opdracht van Topsector Logistiek, vertegenwoordigd door Connekt, Decamod ontwikkeld. Decamod bevat een CO₂-boekhoudmodel waarmee het effect van maatregelen voor CO₂-reducties in de logistiek kunnen worden doorgerekend. Met Decamod kunnen zogenaamde 'what-if'-analyses worden uitgevoerd om de effecten van verschillende verduurzamingsscenario's inzichtelijk te maken.

1.3 Deze effectrapportage: verduurzamingsscenario in bouwlogistiek

In deze Decamod-analyse wordt inzicht gegeven in het CO₂-reductiepotentieel van een combinatie van logistieke en technische maatregelen voor de verduurzaming van de bouwlogistiek. Allereerst is daarvoor met Decamod de omvang van de bouwlogistiek in Nederland inzichtelijk gemaakt. Daarna is een verduurzamingsscenario voor de bouwlogistiek in Nederland doorgerekend met een maatregelenpakket van zowel technische als logistieke maatregelen. De technische maatregelen betreffen de verduurzaming van energiedragers. In de logistieke maatregelen wordt gefocust op een verbetering van de beladingsgraad als gevolg van slimme bouwlogistieke oplossingen.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de context en scope van deze studie. In Hoofdstuk 3 wordt bovendien inzicht gegeven in de omvang van bouwlogistiek in Nederland op het gebied van vervoerd gewicht, kilometers en CO₂-uitstoot in de huidige situatie en een prognose tot 2030 (basisscenario). De verduurzamingsmaatregelen en de individuele effecten daarvan worden in Hoofdstuk 4 toegelicht. Verder zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om vast te stellen in hoeverre de effecten van maatregelen variëren met variaties in enkele belangrijke inputparameters. Deze analyses zijn het onderwerp van Hoofdstuk 5.

2 Achtergrond use case

In 2019 werd in Nederland het Klimaatakkoord gesloten (Klimaatakkoord, 2019). Voor de logistieke sector betekent dit akkoord dat zij haar CO₂-uitstoot met 2,8 Mton moet reduceren in 2030. Verduurzaming van de bouwsector maakt hier een belangrijk onderdeel van uit. Aan deze verduurzaming wordt onder meer gewerkt in bestaande samenwerkingsverbanden binnen de bouwsector, zoals de 'Green Deal Bouwlogistiek'.

Zowel binnen de bouwsector als daarbuiten vinden veel ontwikkelingen plaats omtrent het reduceren van de CO₂-uitstoot die vrijkomt tijdens het transporteren van bouwmaterialen. Voorbeelden hiervan zijn de beoogde introductie van zero-emissie zones in 2025 in grotere gemeentes, de verduurzaming van energiedragers (elektrificatie van aandrijflijnen, het gebruik van biobrandstoffen, etc.), maar ook logistieke efficiëntieverbetering als gevolg van een andere organisatie van de bouwlogistiek en op een slimmere manier gebruikmaken van materialen. Recente ontwikkelingen, zoals prefab-elementen en het gebruikmaken van 3D-printing in het bouwproces kunnen bijvoorbeeld leiden tot een reductie van het aantal benodigde vervoersbewegingen. Daarnaast is het mogelijk om de bouwlogistiek slimmer in te richten door onder andere het toepassen van bouwhubs en control towers. Dergelijke bouwlogistieke maatregelen resulteren in minder benodigde voertuigbewegingen en daarmee in een reductie van het aantal voertuigkilometers en emissies. Dit draagt niet alleen bij aan het reduceren van emissies die voortvloeien uit bouwverkeer, maar ook aan de luchtkwaliteit (stikstof- en fijnstofuitstoot) en leefbaarheid in steden.

In deze Decamod-effectrapportage staat de volgende onderzoeksvraag centraal:

“Wat is het aandeel van bouwlogistiek in de CO₂-uitstoot van het goederenvervoer in Nederland en wat is het potentieel van verduurzamingsmaatregelen?”

3 Bouwlogistiek in Nederland

3.1 Scope

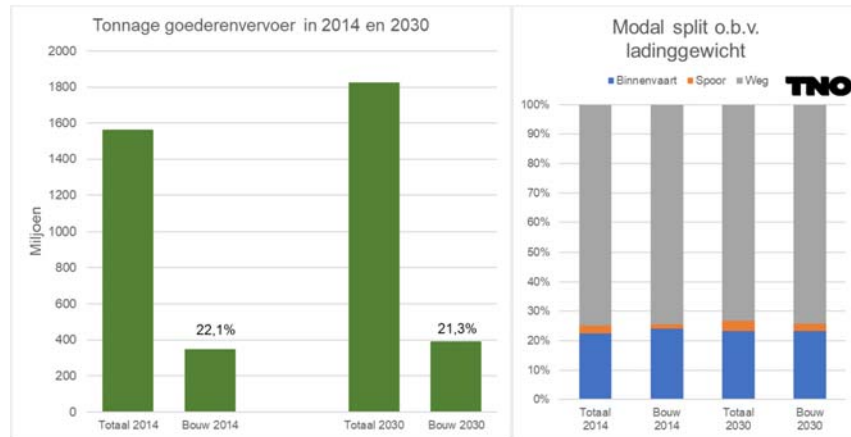
In deze Decamod-analyse wordt gekeken naar de bouwlogistieke stromen in het goederenvervoer binnen de Nederlandse landsgrenzen. Dit betreft de modaliteiten weg, binnenvaart en spoor en zowel stadslogistiek als langeafstandsvervoer.

Om het potentieel van verduurzamingsmaatregelen in de bouwlogistiek met Decamod te berekenen zal eerst de omvang van bouwgerelateerd transport ten opzichte van het goederenvervoer in Nederland in kaart worden gebracht. Hiervoor worden de Decamod-databases (TNO, 2020) als vertrekpunt gebruikt, waarin data over het goederenvervoer in Nederland is opgenomen. De omvang van bouwlogistieke stromen is mede bepaald op basis van informatie over de goederenclassificatie van de getransporteerde goederen. Om het aandeel van bouwgerelateerde goederenstromen te bepalen worden in deze analyse dezelfde uitgangspunten gehanteerd als in de Quickscan Aard en Omvang Bouwlogistiek (Buck Consultants International, 2020) waarin voor 23 NST 2007-goederengroepen die gerelateerd zijn aan bouw een schatting is gemaakt van het aandeel bouwlogistiek. In Bijlage A staat hier een overzicht van. Zoals ook benoemd in de quickscan uitgevoerd door Buck Consultants International (BCI), is er een grote onzekerheid in deze toebedeling. Doordat deze onzekerheid ook van invloed is op de uitkomsten van deze Decamod-analyse is in Hoofdstuk 5 een gevoeligheidsanalyse opgenomen van de impact van de toebedeling op de omvang van bouwlogistieke stromen.

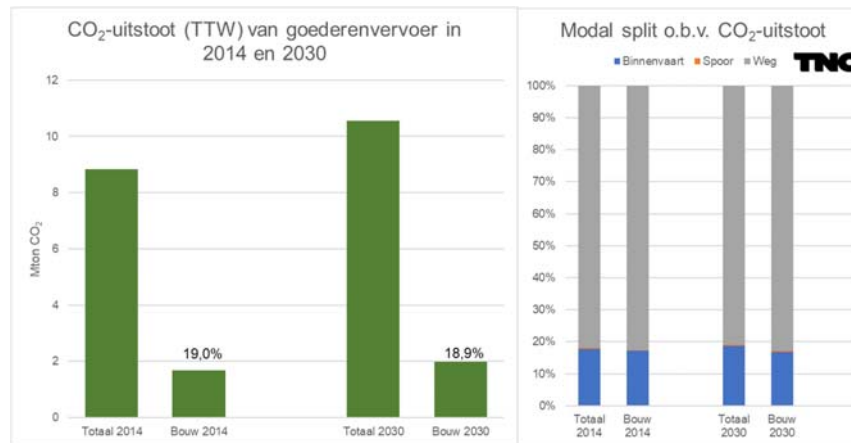
3.2 Basisscenario: omvang en samenstelling bouwlogistiek in Nederland

Bouwlogistiek heeft een groot aandeel in het totale goederenvervoer in Nederland. Figuur 1 laat zien hoe de omvang van bouwlogistiek zich verhoudt ten opzichte van het totale goederenvervoer in Nederland en hoe dit zich ontwikkelt naar 2030 bij autonome ontwikkeling. In het Decamod-methoderapport (TNO, 2020) is beschreven welke ontwikkelingen in deze groei zijn meegenomen.

In Figuur 1 is te zien dat bouwlogistiek circa 22% van het goederenvervoer in 2014 beslaat in termen van ladinggewicht. Een vrij groot gedeelte van het transport wordt uitgevoerd met binnenvaart (24%). Ongeveer 74% (257 miljoen ton in 2014) van de bouwlogistieke volumes wordt getransporteerd via de weg. De modal split in bouwlogistiek is in vergelijking met het totale goederenvervoer nagenoeg gelijk.



Figuur 1: Aandeel bouwlogistiek in totale volume goederenvervoer met modal split. Het totale goederenvervoer zijn de vervoerde tonnages op Nederlands grondgebied in binnenvaart, spoor en weg van zowel binnenlandse stromen, invoer, uitvoer en doorvoer zonder overlading. De definitie van bouwgerelateerd goederenvervoer is beschreven in 3.1.



Figuur 2: Aandeel bouwlogistiek in de totale CO₂-uitstoot (TTW) van het goederenvervoer met de modal split.

In Figuur 2 staat weergegeven hoe de CO₂-uitstoot ten gevolge van bouwgerelateerd goederenvervoer zich verhoudt tot de totale CO₂-uitstoot van het goederenvervoer binnen de Nederlandse grenzen. Zoals te zien is bouwlogistiek verantwoordelijk voor circa 19% van de CO₂-uitstoot.

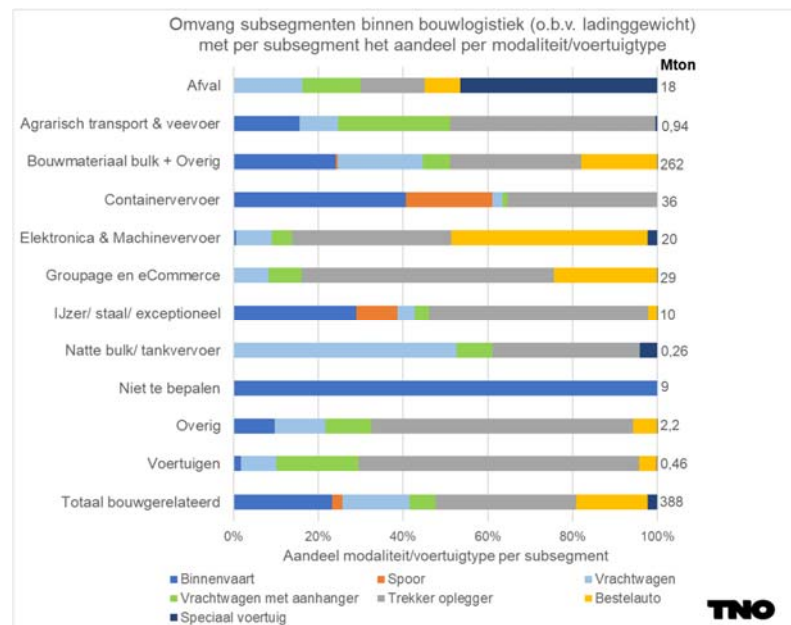
Tabel 1: Overzicht van de omvang van het bouwgerelateerd goederenvervoer in verhouding tot het totale goederenvervoer binnen Nederland in het basisscenario in 2030.

Omvang transportvariabelen 2030	Ladinggewicht (Mton)	Voertuigkilometers (mld.)	CO ₂ -uitstoot (Mton)
Totaal goederenvervoer	1.823	21,1	10,6
Bouwgerelateerd goederenvervoer	388 (21,3%)	4,5 (21,5%)	2,0 (18,9%)

In Tabel 1 staat een overzicht van de verwachte omvang van het totale goederenvervoer in 2030 (autonome ontwikkeling) alsook het goederenvervoer dat gerelateerd is aan bouwlogistiek.

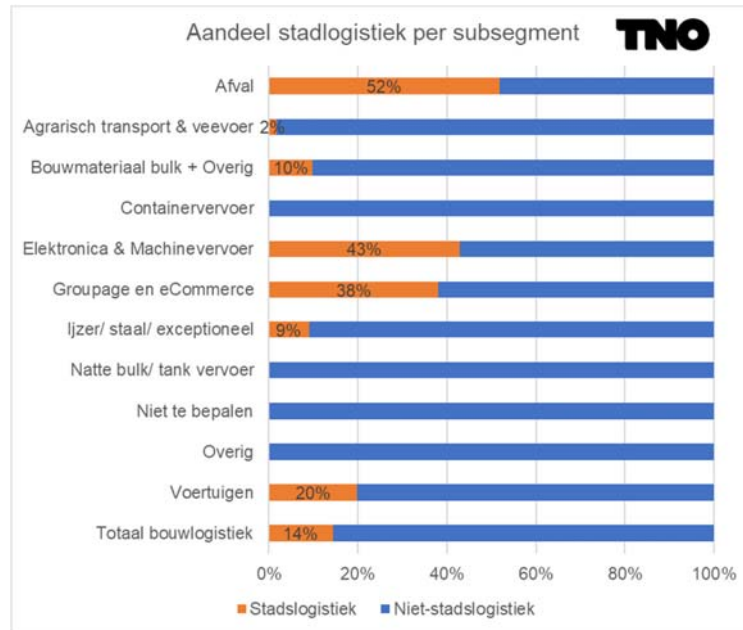
Tabel 1 geeft het totale ladinggewicht weer, het aantal voertuigkilometers dat daarmee gemoed gaat en de daarmee gepaard gaande CO₂-uitstoot. Het aandeel van de bouwlogistiek in het totale goederenvervoer is op het vlak van ladinggewicht, voertuigkilometers én CO₂-uitstoot ongeveer 20%.

Figuur 3 toont de diversiteit van bouwlogistiek. Binnen bouwlogistiek is een uiteenlopende groep aan subsegmenten te onderscheiden die ook ieder een andere samenstelling hebben van modaliteiten en lichte en zware voertuigen. Bij het nemen van verduurzamingsmaatregelen vraagt dit om een verschillende aanpak per subsegment.



Figuur 3: Omvang subsegmenten binnen bouwlogistiek in het basisscenario in 2030 op basis van ladinggewicht. Per subsegment is de onderverdeling in modaliteit/voertuigtype te zien.

Een voorbeeld is dat van het bouwlogistieke ladinggewicht in 2030 ongeveer 17% met bestelauto's wordt getransporteerd, zoals te zien is in Figuur 3. Dat is 23% van het vervoer over de weg en vanwege het relatief kleine laadvermogen zijn bestelauto's daarmee goed voor ongeveer 74% van de voertuigkilometers over de weg en 42% van de CO₂-uitstoot van het bouwgerelateerde wegverkeer. Het is afhankelijk van subsegment in hoeverre bestelauto's geschikt zijn voor het transport. In het subsegment 'Natte bulk / tankvervoer' zullen andere verduurzamingsmaatregelen nodig zijn dan in een subsegment waarin het aandeel bestelauto's relatief hoog is, zoals in het subsegment 'Bouwmateriaal bulk + overig'.



Figuur 4: Aandeel stadlogistiek per subsegment in de bouwlogistiek gebaseerd op ladinggewicht van alle modaliteiten.

Zoals Figuur 4 laat zien varieert ook de verdeling wel/niet stadsgelateerd transport tussen de subsegmenten in de bouwlogistiek fors. Het subsegment afval heeft bijvoorbeeld relatief veel stadsgelateerde lading, terwijl natte bulk vrijwel geen stadsgelateerd transport kent. Mogelijk wijken de bouwlogistieke stromen binnen een subsegment af van het totale gemiddelde. Dit zou bijvoorbeeld kunnen gelden voor het subsegment afval.

Uit bovenstaande analyse van het basisscenario in 2030 volgt dat bouwlogistiek geen eenduidige groep is, maar is opgebouwd uit diverse elementen. Bouwlogistiek bestaat uit verschillende subsegmenten en elk subsegment gaat gepaard met andere kenmerken. Deze diversiteit maakt dat er op een gedetailleerd niveau naar de effecten van maatregelen moet worden gekeken.

4 Effecten van reductiemaatregelen in bouwlogistiek

Dit hoofdstuk beschrijft de individuele effecten van de maatregelen in het verduurzamingsscenario dat is doorgerekend met Decamod. Het maatregelenpakket in het door te rekenen scenario bestaat enerzijds uit technische maatregelen en anderzijds uit logistieke maatregelen.

4.1 Technische maatregelen

In het Klimaatakkoord stuurt de overheid op de verduurzaming van energiedragers in onder andere het goederenvervoer. Bij deze verduurzaming kan worden gedacht aan elektrische voertuigen, het gebruik van waterstof en het gebruik van hernieuwbare brandstoffen. De ontwikkeling van de verduurzaming van energiedragers is ook van invloed op de bouwlogistiek. Om die reden zijn er in deze Decamod-analyse ook technische maatregelen opgenomen in het verduurzamingsscenario dat wordt doorgerekend. De individuele effecten van de technische maatregelen op de CO₂-uitstoot per voertuigkilometer zijn gebaseerd op het 'DuMo' (duurzame mobiliteit) paper waarin TNO berekeningen heeft uitgevoerd van het CO₂-reductiepotentieel voor goederenvervoer en logistiek. In Bijlage B worden de maatregelen en de effecten in een overzicht weergegeven. De effecten van de individuele maatregelen zijn conservatief en daarmee eerder een onder- dan bovengrens.

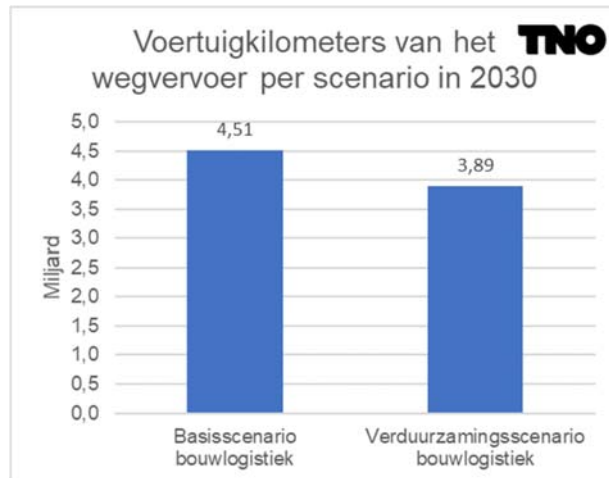
4.2 Logistieke maatregelen

In het verduurzamingsscenario worden naast technische effecten ook effecten van logistieke maatregelen meegenomen. Per NST 2007-groep is een schatting gedaan van de potentiële beladingsgraadverbetering. Voor iedere NST 2007-groep betreft dit een globaal effect van verschillende type decarbonisatiemaatregelen die leiden tot een beladingsgraadverbetering in de bouwlogistiek, denk hierbij aan bouwhubs, het combineren van retourstromen, de effecten van een control tower etc. Voor de goederensoorten in de NST 2007-groepen is op basis van *expert judgement* een inschatting gemaakt wat de potentiële beladingsgraadverbetering is. Er wordt verondersteld dat de beladingsgraadverbeteringen uitsluitend effect hebben op het wegtransport en niet op de modaliteiten spoor en binnenvaart. Voor sommige goederensoorten wordt verondersteld dat er geen beladingsgraadverbetering behaald kan worden doordat het laadvermogen tijdens het transport van deze goederensoorten al nagenoeg volledig wordt benut, denk hierbij bijvoorbeeld aan bulkstromen. Bijlage C geeft een overzicht van de uitgangspunten met betrekking tot de effecten van logistieke maatregelen.

5 Resultaten van verduurzaming in bouwlogistiek

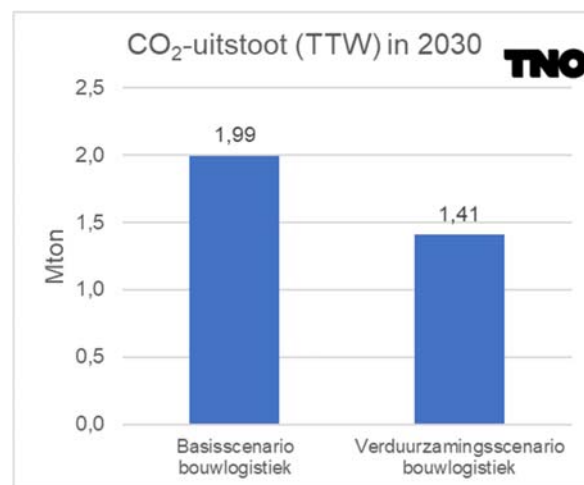
5.1 Verduurzamingsscenario bouwlogistiek

Het verduurzamingsscenario voor de bouwlogistiek met de maatregelen en effecten zoals beschreven in Hoofdstuk 4 is doorgerekend met de Decamod-toolbox. Deze paragraaf beschrijft welke reductie met dit verduurzamingsscenario wordt gehaald op het gebied van voertuigkilometers en CO₂-uitstoot.



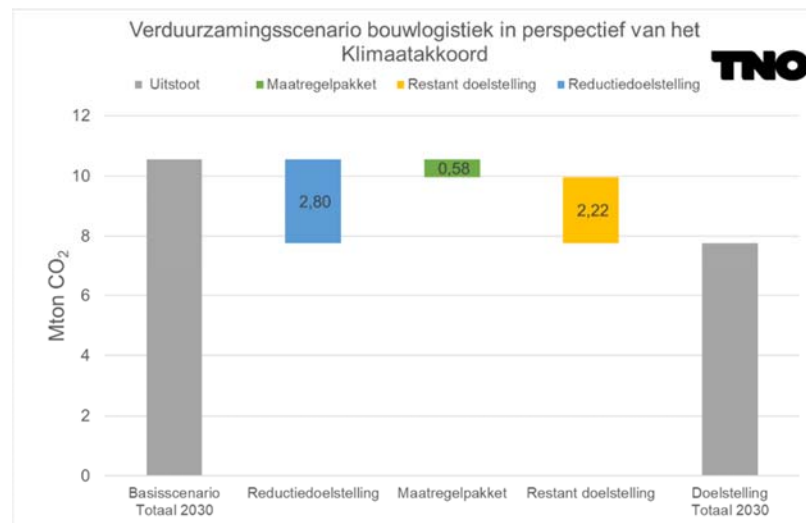
Figuur 5: Reductie in de voertuigkilometers van het wegvervoer met het verduurzamingsscenario in de bouwlogistiek ten opzichte van het basisscenario.

Figuur 5 laat zien wat de impact van het verduurzamingsscenario is op de voertuigkilometers binnen het segment bouwlogistiek. Hierin is alleen het wegvervoer uitgelicht, omdat dit de enige modaliteit is waarin een reductie van voertuigkilometers wordt behaald met de logistieke maatregelen in het verduurzamingsscenario. Het gaat om een reductie van ongeveer 622 miljoen (14%) voertuigkilometers.



Figuur 6: Potentiële CO₂-reductie met het verduurzamingsscenario voor bouwlogistiek. In totaal leidt dit scenario tot een totale reductie van circa 0,58 Mton (29%).

Figuur 6 laat de impact op de CO₂-uitstoot zien. Het verduurzamingsscenario in deze studie leidt tot een CO₂-reductie van circa 29% (0,58 Mton) binnen het segment bouwlogistiek. Deze reductie wordt deels verklaard door de vermindering van voertuigkilometers. Daarnaast zorgen de technische maatregelen voor zuiniger voer-/vaartuigen. Figuur 7 laat zien hoe deze CO₂-reductie zich verhoudt tot de CO₂-doelstelling in het Klimaatakkoord. De CO₂-reductie als gevolg van het verduurzamingsscenario voor bouwlogistiek is ongeveer 21% van de totale CO₂-reductiedoelstelling van het goederenvervoer in Nederland.



Figuur 7: Verduurzamingsscenario bouwlogistiek in perspectief van de CO₂-reductiedoelstelling van de logistiek in Nederland in het Klimaatakkoord.

Tabel 2 toont hoe de CO₂-reductie zich verhoudt tot de totale CO₂-uitstoot van goederenvervoer in Nederland. Dit gaat om circa 5,5%.

Tabel 2: CO₂-besparing verduurzamingsscenario ten opzichte van de totale CO₂-uitstoot van het goederenvervoer in Nederland.

Overzicht CO ₂ -uitstoot (TTW) 2030	CO ₂ in Mton – binnen NL	%
Basisscenario		
Totaal goederenvervoer	10,56	100%
Bouwlogistiek	1,99	18,9%
Impact van verduurzamingsscenario bouwlogistiek		
Aandeel reductie binnen bouwlogistiek	-0,58	-29,1%
Aandeel reductie van totaal goederenvervoer		-5,5%

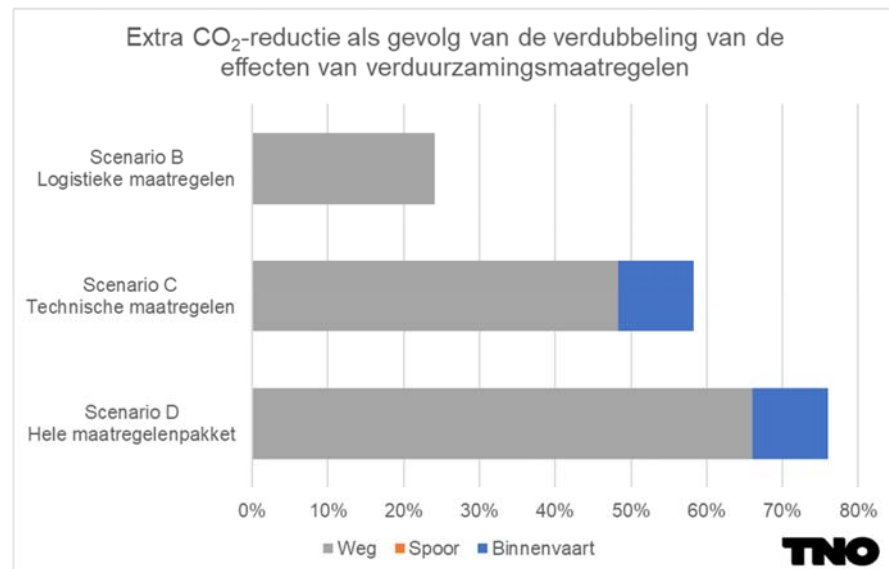
5.2 Gevoeligheidsanalyses

5.2.1 Maatregelen

De onzekerheid in de effecten waarmee de verduurzamingsmaatregelen worden doorgerekend creëert de behoefte aan gevoeligheidsanalyses. Om die reden zijn er drie extra scenario's doorgerekend.

Deze drie scenario's zijn:

- **Scenario B:** een verdubbeling van de effecten van de logistieke maatregelen (zie 4.2). De effecten van de technische maatregelen blijven gelijk;
- **Scenario C:** een verdubbeling van de effecten van de technische maatregelen (zie 4.1). De effecten van de logistieke maatregelen blijven gelijk; en
- **Scenario D:** een verdubbeling van de effecten van het hele maatregelenpakket, dus zowel de logistieke als de technische maatregelen.



Figuur 8: Om inzicht te geven in de gevoeligheid van de maatregelen in het verduurzamingsscenario voor de bouwlogistiek zijn verschillende extra scenario's doorgerekend waar de effecten van (een deel van) de maatregelen zijn verdubbeld. Deze figuur geeft het extra CO₂-reductiepotentieel weer als gevolg van deze verdubbeling ten opzichte van de resultaten van het verduurzamingsscenario in 5.1.

Figuur 8 geeft het resultaat weer van de gevoeligheidsanalyse waarbij is gekeken naar de extra CO₂-reductie als gevolg van de verdubbeling van de effecten in de verschillende scenario's. Een verdubbeling van de effecten van de logistieke maatregelen leidt tot 24% meer CO₂-reductie. Bij een verdubbeling van de effecten van de technische maatregelen loopt dat zelfs op naar 58% extra CO₂-reductie.

In Figuur 8 is de interactie tussen de twee maatregelpakketten goed zichtbaar. Allereerst is er een substitutie-effect te zien. Het effect van de maatregelen op CO₂-reductie wordt gedempt doordat de twee type maatregelpakketten gelijktijdig plaatsvinden. Als gevolg van een verduurzaming van voertuigen zijn logistieke maatregelen minder effectief met betrekking tot het reduceren van de CO₂-uitstoot.

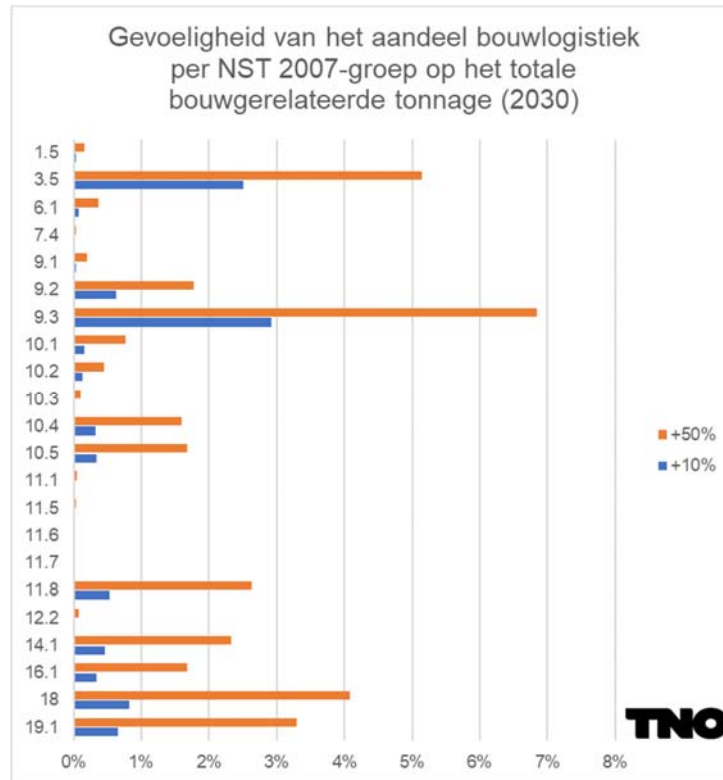
Door het gelijktijdig plaatsvinden van de maatregelen geldt dit ook andersom; door de beladingsgraadverbeteringen (en daarmee een reductie van voertuigkilometers) zijn technische maatregelen minder effectief. Scenario D laat echter ook de complementariteit tussen de technische en logistieke maatregelen zien. Ten opzichte van Scenario C, waarin alleen de effecten van de technische maatregelen worden verdubbeld, is er nog 11% extra CO₂-reductie mogelijk als ook de effecten van de logistieke maatregelen worden verdubbeld. Ten opzichte van Scenario B is dit zelfs 42%.

Tevens komt uit Figuur 8 naar voren dat de logistieke maatregelen in het huidige pakket alleen leiden tot reductie voor het wegvervoer. Veel stromen via de binnenvaart betreft bulkclading (vooral vervoer van zand en grint) waar weinig winst in het laadvermogen kan worden behaald. Mogelijk zijn er wel voordelen te behalen door bijvoorbeeld retourstromen te identificeren.

Uit deze gevoeligheidsanalyse kan worden geconcludeerd de impact op CO₂-reductie als gevolg van technische maatregelen relatief groot is, maar dat het vanwege het complementaire effect interessant is om bij CO₂-reductiemaatregelen zowel naar technische alsook logistieke maatregelen te kijken. Bovendien blijkt uit deze analyse dat nauwkeurigere resultaten uit de Decamod-analyse kunnen worden verkregen indien eerst een verdiepende studie is gedaan naar de potentiële effecten van de maatregelen in een verduurzamingsscenario. Vanwege de snelle doorrekentijd is het met Decamod, ondanks onzekerheden, toch mogelijk om verschillende toekomstscenario's inzichtelijk te maken door het uitvoeren van gevoeligheidsanalyses.

5.2.2 *Aandeel bouwlogistiek per NST 2007-groep*

Het aandeel bouwlogistiek in het totale goederenvervoer in Nederland is in deze studie mede bepaald op basis van aannames over het aandeel bouwlogistiek per goederengroep (zie Bijlage A). Ook in deze getallen zit onzekerheid en om die reden is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om de impact van een verandering in deze aannames op het totale volume van bouwgerelateerde goederen inzichtelijk te maken. De onzekerheid omtrent deze getallen geldt alleen voor de omvang van het segment logistiek binnen het totale goederenvervoer en doet niet af aan de effectiviteit van de maatregelen.



Figuur 9: De gevoeligheid van het aandeel bouwlogistiek per NST 2007-groep (Bijlage A) op het totale tonnage dat gerelateerd is aan bouwlogistiek. Om de gevoeligheid te testen wordt het aandeel bouwlogistiek binnen een NST 2007-groep verhoogd met 10% of 50% en wordt vervolgens berekend met hoeveel procent het totale volume van bouwgerelateerde goederen groeit.

Figuur 9 laat zien dat bij een aantal goederengroepen de gevoeligheid op de totale omvang van bouwlogistiek relatief hoog is. Dit gaat voornamelijk om de groepen 3.5 (steen, zand, grind, klei, turf en andere delfstoffen, n.e.g.), 9.3 (overige bouwmaterialen en -producten), 18 (gegroepeerde goederen) en 19.1 (niet-identificeerbare goederen in containers en wissellaadbakken).

Uit deze gevoeligheidsanalyse blijkt dat er een aantal goederengroepen is, namelijk de volgende NST 2007-groepen:

- 10.5 – ketels, ijzerwaren, wapens en andere producten van metaal;
- 11.8 – overige machines, gereedschapswerktuigen en onderdelen;
- 18 – gegroepeerde goederen: diverse soorten goederen die gezamenlijk worden vervoerd;

die een relatief hoge gevoeligheid hebben in relatie tot het aantal voertuigkilometers (en daarmee de CO₂-uitstoot) en waarvan bovendien het aandeel bouwlogistiek onzeker is. Dit betekent dat er beter inzicht nodig is in de segmentering van bouwlogistiek, onder meer zodat een Decamod-analyse tot nauwkeurigere resultaten van de impact van verduurzamingsmaatregelen in de bouwlogistiek leidt.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Reductiepotentie bouwlogistiek

Bouwlogistiek is verantwoordelijk voor ongeveer 20% van de totale CO₂-uitstoot van het goederenvervoer in Nederland. Deze sector kan daarom een belangrijke bijdrage leveren aan de realisatie van klimaatdoelen.

In deze Decamod-analyse is een scenario doorgerekend waarin een aantal technische maatregelen (zoals de inzet van elektrische voertuigen, het gebruik van waterstof en het gebruik van hernieuwbare brandstoffen) en logistieke maatregelen (zoals bouwhubs, het combineren van retourstromen, control towers) worden toegepast op de bouwlogistieke sector. Met het doorgerekende pakket maatregelen kan binnen het bouwlogistieke segment een CO₂-reductie van 29% (0,56 Mton) worden gerealiseerd. Dat bedraagt 21% van de totale CO₂-reductiedoelstelling van de logistiek uit het Klimaatakkoord. De gevoeligheidsanalyses in deze studie laten zien dat er een grote mate van complementariteit bestaat tussen technische en logistieke maatregelen. Bij verduurzamingsscenario's is het daarom interessant om zowel naar technische maatregelen als logistieke maatregelen te kijken.

De bouwlogistieke sector is bijzonder divers en de karakteristieken van de verschillende subsegmenten lopen sterk uiteen. Ook geeft de nu beschikbare data niet genoeg inzicht in bijvoorbeeld de exacte omvang van bouwlogistieke stromen en de beladingsgraden van voertuigen. De Decamod-berekening betreft daarom een eerste inschatting op basis van al bestaande studies en *expert judgement*. Om het reductiepotentieel realistischer in kaart te brengen verdient het aanbeveling de omvang van de vervoersstromen in de bouwlogistiek nauwkeuriger in kaart te brengen. Ook meer inzicht in de daadwerkelijk effecten van slimme bouwlogistieke oplossingen op bijvoorbeeld de beladingsgraad is vereist. Dit soort gegevens kan het best worden verzameld in case-studies met bouwbedrijven in de praktijk.

6.2 De functionaliteit van Decamod

Een van de doelen van de analyse in dit rapport is het beproeven van de functionaliteit van Decamod. In deze analyse is gebleken dat Decamod de volgende mogelijkheden biedt:

- Inzicht in de impact van individuele maatregelen binnen specifieke segmenten.
- Inzicht in de impact van combinaties van maatregelen binnen specifieke segmenten die elkaar versterken of juist een tegengesteld effect hebben.
- Inzicht in de omvang van de CO₂-uitstoot voor specifieke segmenten en de verhouding van deze omvang ten opzichte van andere segmenten, de CO₂-uitstoot in heel Nederland en doelstellingen uit onder andere het Klimaatakkoord.
- Vanwege de snelle doorrekentijd is het met Decamod, ondanks onzekerheden in bijvoorbeeld data, toch mogelijk om verschillende toekomstscenario's inzichtelijk te maken door het uitvoeren van gevoeligheidsanalyses.

Met deze inzichten kan de potentiële impact van maatregelen in de bouwlogistiek worden bepaald, kan in kaart worden gebracht hoe combinaties van maatregelen werken en in welke mate aanvullende maatregelen nodig zijn naast voorziene maatregelen om doelstellingen te realiseren.

7 Referenties

- Buck Consultants International. (2020). *Quickscan Aard en Omvang Bouwlogistiek*. Uitvoeringsprogramma Topsector Logistiek 2020-2023.
- Klimaatakkoord. (2019, juni 28). *C2 Mobiliteit*. Den Haag. Opgehaald van <https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord-hoofdstuk-mobiliteit>
- TNO. (2017). *Factsheets CO2 reductiemogelijkheden voor verkeer en vervoer*. Den Haag: TNO 2017 R11296.
- TNO. (2020). *DeCaMod: toolbox voor rekenen aan CO2-reductie in transport en logistiek*. Den Haag.

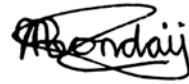
8 Ondertekening

Den Haag, 30 november 2020



J.S. Spreen
Projectleider

TNO



A. Rondaij
Auteur

A Aandeel bouwlogistiek per NST 2007-groep

Tabel 3: Overzicht van aandeel bouwlogistiek per NST 2007-goederengroep. Bron: Quickscan Aard & Omvang Bouwlogistiek, Uitvoeringsprogramma Topsector Logistiek 2020-2023 (Buck Consultants International, 2020).

NST 2007-groep	Omschrijving NST 2007-groep	Aandeel bouwlogistiek (%)
1.5	Producten van de bosbouw	32
3.5	Steen, zand, grind, klei, turf en andere delfstoffen, n.e.g.	83
6.1	Hout- en kurkwaren (met uitzondering van meubelen)	10
7.4	Geraffineerde vaste of wasvormige aardolieproducten	15
9.1	Glas en Glaswerk, keramische producten	8
9.2	Cement, kalk en gips	78
9.3	Overige bouwmaterialen en -producten	81
10.1	IJzer en staal in primaire vormen; ferrolegeringen; ijzer en staal (behalve buizen)	13
10.2	Non-ferrometalen en producten daarvan	75
10.3	Buizen, pijpen, holle profielen en fittings daarvoor, van metaal	31
10.4	Metalen constructieproducten	51
10.5	Ketels, ijzerwaren, wapens en andere producten van metaal	55
11.1	Machines en werktuigen voor de landbouw en de bosbouw	19
11.5	Elektronische onderdelen en zend- en transmissietoestellen	45
11.6	Ontvangstoestellen voor televisie en radio-omroep; audio-en videoapparatuur	16
11.7	Medische apparatuur en instrumenten, precisie-en optische instrumenten; uurwerken	13
11.8	Overige machines, gereedschapswerktuigen en onderdelen	41
12.2	Andere transportmiddelen	32
14.1	Huishoudelijk afval en gemeentelijk afval	33
16.1	Containers en wissellaadbakken in bedrijf, leeg	38
18.0	Gegroepeerde goederen: diverse soorten goederen die gezamenlijk worden vervoerd	22
19.1	Niet-identificeerbare goederen in containers of wissellaadbakken	26

B Overzicht technische maatregelen

Tabel 4: Overzicht van technische maatregelen en individuele effecten op de CO₂-uitstoot per voertuigkilometer.

Modaliteit	Maatregel	Reductie-effect op CO ₂ -uitstoot/kilometer
Binnenvaart	Zuinige vaartuigen – aandrijving	1%
	Zuinig varen – ITS	7,5%
	Batterij-elektrisch en waterstof	3%
	Zuinige vaartuigen – configuratie	3%
	Toename van gebruik biobrandstoffen	8%
Spoor	Elektrificatie	50%
	Toename van gebruik biobrandstoffen	100%
	ITS	5%
	Zuinige dieseltreinen	10%
Weg – Stadsdistributie bestelauto's	Aandeel ZE-voertuigen	15%
	Zuinige verbrandingsmotoren (ICEV's), verduurzaming huidige diesel voertuigen	3%
	Gebruik van Intelligent Traffic System ter verbetering van de doorstroming, minder stoppen bij stoplichten, minder/ontwijken files.	3%
	Toename van gebruik biobrandstoffen	8%
Weg – Stadsdistributie vrachtwagens	Aandeel ZE-voertuigen	15%
	Zuinige verbrandingsmotoren (ICEV's), verduurzaming huidige diesel voertuigen	9%
	Gebruik van Intelligent Traffic System ter verbetering van de doorstroming, minder stoppen bij stoplichten, minder/ontwijken files.	1%
	Toename van gebruik biobrandstoffen	8%
Weg – Overig binnenlands wegvervoer bestelauto's	Aandeel ZE-voertuigen	10%
	Zuinige verbrandingsmotoren (ICEV's), verduurzaming huidige dieselvoertuigen	3%
	Gebruik van Intelligent Traffic System ter verbetering van de doorstroming, minder stoppen bij stoplichten, minder/ontwijken files.	3%
	Toename van gebruik biobrandstoffen	8%
Weg – Overig binnenlands	Gebruik van Intelligent Traffic System ter verbetering van de doorstroming,	1%

wegvervoer vrachtwagens	minder stoppen bij stoplichten, minder/ontwijken files.	
	Waterstof	0,6%
	Zuinige verbrandingsmotoren (ICEV's), verduurzaming huidige dieselloertuigen	9%
	Toename van gebruik biobrandstoffen	8%
Weg – Grensoverschrijdend vervoer	LZV's	0,3%
	Zuinige verbrandingsmotoren (ICEV's), verduurzaming huidige dieselloertuigen	13%
	Gebruik van Intelligent Traffic System ter verbetering van de doorstroming, minder stoppen bij stoplichten, minder/ontwijken files.	1%
	Waterstof	0,6%
	Toename van gebruik biobrandstoffen	8%

C Overzicht logistieke maatregelen

Tabel 5: Overzicht van de effecten van logistieke maatregelen op het wegtransport die worden doorgerekend met het verduurzamingsscenario in deze analyse.

NST 2007-groep	Omschrijving NST 2007-groep	Beladingsgraad-verbetering
1.5	Producten van de bosbouw	10%
3.5	Steen, zand, grind, klei, turf en andere delfstoffen, n.e.g.	0%
6.1	Hout- en kurkwaren (m.u.v. meubelen)	25%
7.4	Geraffineerde vaste of wasvormige aardolieproducten	0%
9.1	Glas en Glaswerk, keramische producten	25%
9.2	Cement, kalk en gips	10%
9.3	Overige bouwmaterialen en -producten	30%
10.1	IJzer en staal in primaire vormen; ferrolegeringen; ijzer en staal (behalve buizen)	10%
10.2	Non-ferrometalen en producten daarvan	10%
10.3	Buizen, pijpen, holle profielen en fittings daarvoor, van metaal	10%
10.4	Metalen constructieproducten	15%
10.5	Ketels, ijzerwaren, wapens en andere producten van metaal	20%
11.1	Machines en werktuigen voor de landbouw en de bosbouw	0%
11.5	Elektronische onderdelen en zend- en transmissietoestellen	10%
11.6	Ontvangtoestellen voor televisie en radio-omroep; audio-en videoapparatuur	10%
11.7	Medische apparatuur en instrumenten, precisie- en optische instrumenten; uurwerken	0%
11.8	Overige machines, gereedschapswerktuigen en onderdelen	10%
12.2	Andere transportmiddelen	0%
14.1	Huishoudelijk afval en gemeentelijk afval	15%
16.1	Containers en wissellaadbakken in bedrijf, leeg	0%
18.0	Gegroepeerde goederen: diverse soorten goederen die gezamenlijk worden vervoerd	0%
19.1	Niet-identificeerbare goederen in containers of wissellaadbakken	0%