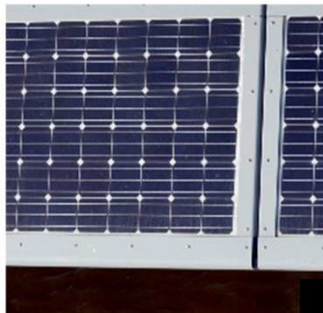


Rapportage Nulmeting Energieverbruik Beheer en Onderhoud wegen en vaste kunstwerken

6 maart 2015



Rapportage Nulmeting Energieverbruik Beheer en Onderhoud wegen en vaste kunstwerken

Maart 2015



George Hintzenweg 85

Adres

Postbus 8520

3009 AM Rotterdam

+31 10 443 36 66

Telefoon

info@rotterdam.royalhaskoning.com

E-mail

www.royalhaskoningdhv.com

Internet

Amersfoort 56515154

KvK

Rapportage Nulmeting Energieverbruik Beheer
en Onderhoud wegen en vaste kunstwerken

Documenttitel

Eindrapport Nulmeting Energieverbruik

Verkorte documenttitel

Definitief rapport

Status

6 maart 2015

Datum

Weg van de Energietransitie

Projectnaam

BD1308

Projectnummer

Provincie Zuid-Holland

Opdrachtgever

IS-RD20150061

Documentnummer

Jos Schild

Opgesteld door

Oscar van Wijk

Peter Gosselink

Oscar van Wijk

Vrijgegeven door

INHOUDSOPGAVE

INHOUDSOPGAVE	1
1 INLEIDING	2
2 AANPAK ONDERZOEK	3
2.1 Onderzoeksopzet	3
2.2 Verificatie en validatie	4
3 ENERGIEVERBRUIK 2014	5
3.1 Uitgangspunten	5
3.1.1 Toelichting gebruik CO ₂ -footprint	5
3.1.2 Begrenzing CO ₂ -footprint	5
3.2 Dataverzameling	5
3.2.1 Objecttypen	6
3.2.2 Elementen	6
3.2.3 Materialen	7
3.3 CO ₂ -footprint 2014	7
3.3.1 CO ₂ -footprint grootschalig beheer en onderhoud (GBO)	7
3.3.2 CO ₂ -footprint dagelijks beheer en onderhoud (DBO)	9
3.3.3 Samenvatting CO ₂ -Footprint 2014	12
3.4 Analyse en conclusie CO ₂ -footprint	13
3.5 Vergelijking met het totale energieverbruik van de provincie Zuid-Holland	14
3.6 Onzekerheidsanalyse	16
4 TERUGBLIK FOOTPRINT 1990	17
4.1 CO ₂ -footprint 1990	17
4.1.1 CO ₂ -footprint grootschalig beheer en onderhoud (GBO)	17
4.1.2 CO ₂ -footprint dagelijks beheer en onderhoud (DBO)	21
4.1.3 CO ₂ -Footprint 1990 - 2014	24
4.2 Analyse CO ₂ -footprint	24
4.3 Vergelijking met het totale energieverbruik van de provincie Zuid-Holland	25
5 VOORUITBLIK FOOTPRINT 2020	26
5.1 Prognose 2020	26
5.2 Overzicht 1990 - 2020	26
6 UITWERKING MAATREGELENPAKKET	28
6.1 Wegen en kunstwerken	28
6.2 Maaien en strooien	28
6.3 Elektriciteitsverbruik	29
6.4 Overige maatregelen	29
7 LITERATUURLIJST EN VERWIJZINGEN	30
BIJLAGEN	
1. Notitie Relatics	
2. Datasheets objecten	
3. Berekening weglengtes 2014	
4. CO ₂ -footprint maaierwerk	
5. Toelichting CO ₂ -emissie provincie Zuid-Holland	
6. Berekening weglengtes 1990	
7. Trendanalyse 2014 en 2020	
8. Maatregelenpakket	

1 INLEIDING

De Dienst Beheer Infrastructuur (DBI) van de provincie Zuid-Holland is verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van de provinciale infrastructuur in de provincie Zuid-Holland. Het gaat daarbij om 520 km weg en 137 km vaarweg en bijbehorende kunstwerken. De aanpak van het beheer en onderhoud van de weginfrastructuur vindt integraal en trajectsgewijs plaats. Op basis van een meerjarenplanning komen wegtrajecten, naar gelang de onderhoudsstaat, in aanmerking voor grootschalig onderhoud. Bij de planvorming wordt een wegtraject integraal onderzocht op de aspecten doorstroming, verkeersveiligheid en omgevingskwaliteit, wat vervolgens leidt tot een pakket van onderhouds- en verbetermaatregelen. Samen met het dagelijks beheer en onderhoud levert DBI met deze aanpak een belangrijke bijdrage aan de provinciale ambities voor bereikbaarheid, verkeersveiligheid, leefbaarheid en duurzaamheid.

In het kader van de provinciale opgaven volgend uit het 'Energieakkoord' (september 2013) heeft de provincie Zuid-Holland het Programma Energietransitie Mobiliteit opgesteld. Binnen dit programma is door de DBI het project "Weg van de Energietransitie" gestart. Het doel van dit project is te komen tot een zogenaamde energietransitie bij (grootschalig) beheer en onderhoud van wegen en vaarwegen. In het licht van de doelen van het Energieakkoord voor de periode 1990 tot 2020 richten de inspanningen zich op besparing van het energieverbruik, benutten (en productie) van duurzaam opgewekte energie en reductie van de CO₂-uitstoot.

Tegen deze achtergrond heeft DBI aan Royal HaskoningDHV gevraagd om een nulmeting te verrichten voor wat betreft het energieverbruik bij het groot onderhoud en het dagelijks beheer en onderhoud van wegen en vaste kunstwerken. Deze nulmeting moet inzicht geven in wat het energieverbruik in 2014 is en hoe zich dat verhoudt tot de situatie in 1990. Deze informatie geeft een beeld van de opgave welke er voor de komende jaren tot 2020 nog ligt.

Deze kernopgave leidt tot de volgende deelopgaven:

- Het bepalen van de footprint voor aanleg, beheer en onderhoud in de projecten van DBI in 2014 met een terugblik naar 1990 en een vooruitblik naar 2020.
- Het beschrijven van de maatregelen die voortvloeien uit de footprints. Deze maatregelen moeten leiden tot een vermindering van de footprint voor CO₂ en energie en de benutting van hernieuwbare energie.

De resultaten van de nulmeting vormen mede de basis voor de uitwerking van het project "Weg van de Energietransitie" van DBI, waarbij men wil komen tot een duurzame en innovatieve aanpak bij de uitoefening van de taak. Dit mede in het kader van de deelname van de provincie Zuid-Holland aan de Greendeal Duurzaam GWW. Op de lange termijn wil DBI energietransitie onderdeel laten zijn van het aspect omgevingskwaliteit bij de trajectaanpak voor het grootschalig onderhoud.

In dit rapport doet Royal HaskoningDHV verslag van het onderzoek dat is verricht om invulling te geven aan de voornoemde deelopgaven.

In hoofdstuk 2 wordt een toelichting gegeven op de aanpak welke is gehanteerd. In hoofdstuk 3 wordt uiteengezet welke informatie is verzameld, hoe dit is verwerkt en wat het huidige energieverbruik (2014) is. Hoofdstuk 4 behandelt de situatie in 1990, het uitgangspunt voor de doelstellingen vanuit het Energieakkoord. Hoofdstuk 5 geeft inzicht in de autonome ontwikkelingen tot 2020 welke zullen bijdragen aan de gewenste energietransitie. De resultaten welke volgen uit de hoofdstukken 3 t/m 5 leiden tot het opstellen van een maatregelenpakket voor DBI om te hanteren bij de werkzaamheden. Dit maatregelenpakket is opgenomen in hoofdstuk 6. In hoofdstuk 7 tenslotte, wordt een overzicht gegeven van de bij de uitvoering van het onderzoek gebruikte literatuur.

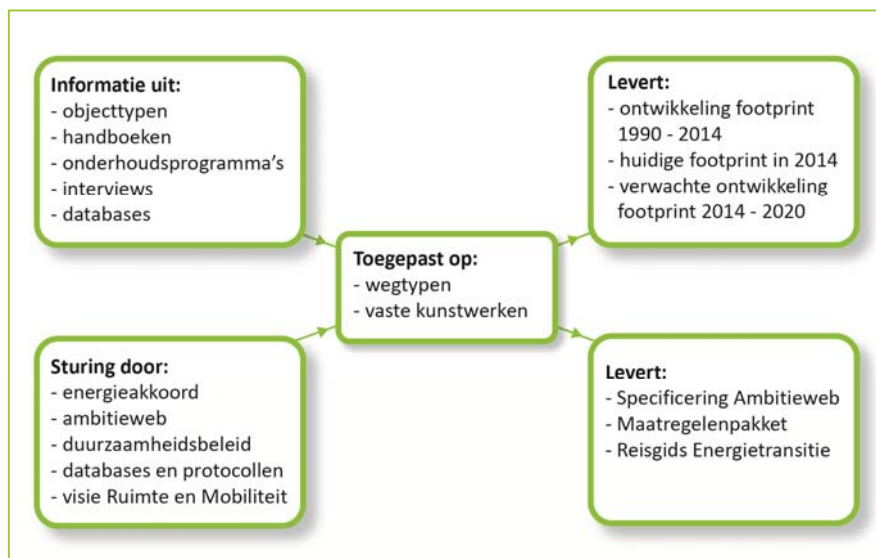
2 AANPAK ONDERZOEK

2.1 Onderzoeksopzet

Het project wordt gefaseerd uitgevoerd waarbij de fasen in elkaar overlopen en iedere volgende fase gebruik maakt van de resultaten uit de vorige fase(n). De verschillende fasen zijn als volgt gedefinieerd:

- Fase 1: Huidig energieverbruik specificeren (CO₂-footprint 2014);
- Fase 2: Ontwikkeling energieverbruik 1990-2014 in kaart brengen (CO₂-footprint 1990);
- Fase 3: Ontwikkeling energieverbruik 2014-2020 in kaart brengen (CO₂-footprint 2020);
- Fase 4: Duurzaam GWW instrument Ambitiweb nader specificeren voor beheer en onderhoud (wordt separaat uitgevoerd)
- Fase 5: Maatregelenpakket ten behoeve van energie-transitie samenstellen

Centraal in onze aanpak staan de wegen en de vaste kunstwerken. Voor het uitwerken van bovengenoemde fasen hebben we informatie verzameld uit onder andere de handboeken van DBI, eigen kennis van de infrastructuur en beleidsstukken. Deze aanpak is in figuur 1 schematisch weergegeven en wordt in onderstaande paragrafen in detail uitgewerkt.



Figuur 1: schematische weergave aanpak

De berekende footprint voor 2014 zegt overigens niets over hoe de wegen in het verleden zijn aangelegd en onderhouden. Met andere woorden, de footprint van de reeds bestaande wegen wordt niet bepaald, maar alleen de wijze waarop de wegen in 2014 zullen worden onderhouden en aangelegd. Het Handboek Ontwerpcriteria Wegen 4.0^[1] van de Provincie Zuid-Holland wordt daarbij als leidraad aangehouden.

De uitkomsten uit fase 1, 2 en 3 laten zien welke materialen, processen en activiteiten een belangrijke bijdrage leveren aan de CO₂-emissie van DBI. Tevens wordt de berekende CO₂-footprint vergeleken met de totale emissie van de provincie zodat zichtbaar wordt welke bijdrage DBI levert aan de totale emissie binnen Zuid-Holland.

De kennis uit de fasen 1 t/m 3 levert de input voor het maatregelenpakket in fase 5.

2.2 Verificatie en validatie

Voor het berekenen van de footprints wordt gebruik gemaakt van aangeleverde gegevens (data provincie Zuid-Holland en CO₂-getallen uit databases) en worden, waar nodig, aannames gedaan om de berekeningen uit te kunnen voeren. De bronnen en aannames worden zoveel mogelijk benoemd en voor zover nodig opgenomen in de bijlagen bij dit rapport. De betrouwbaarheid en toetsbaarheid van berekeningen en de gepresenteerde resultaten zijn uiterst belangrijk om onderhavig rapport en de uitkomsten te kunnen gebruiken. Daarom zijn in het uitvoeringsproces verschillende verificatie- en validatiestappen ingebouwd. De belangrijkste stappen zijn:

1. Toetsing van de door de provincie aangeleverde gegevens, met betrekking tot aantallen en ontwerp van de objecttypen, door deskundigen bij Royal HaskoningDHV.
2. Interne toetsing bij Royal HaskoningDHV van de ontwerpen, programma's en berekeningen door een onafhankelijke collega.
3. Externe toetsing van het proces door KIWA.

De externe toetsing door KIWA heeft op 17 oktober 2014 plaatsgevonden. Belangrijke aandachtspunten zijn het vastleggen van de herkomst van gegevens en de verificatie van de ingevoerde gegevens.

3 ENERGIEVERBRUIK 2014

In dit hoofdstuk (fase 1) wordt voor de hoofdcategorieën wegen en vaste kunstwerken het huidige energieverbruik in beeld gebracht. Dit doen we door het bepalen van de CO₂-emissie bij het beheer en onderhouden van het areaal van DBI. Dit wordt gespecificeerd naar het grootschalig beheer en onderhoud van het object en het dagelijks beheer en onderhoud. Tevens wordt inzichtelijk gemaakt in welke mate het energieverbruik binnen het areaal van DBI aandeel heeft in het totale energieverbruik voor mobiliteit binnen de provincie Zuid-Holland.

3.1 Uitgangspunten

3.1.1 Toelichting gebruik CO₂-footprint

Voor het berekenen van het energieverbruik voor het beheer en onderhoud van de wegen in 2014 is gebruik gemaakt van de CO₂-footprint. Deze methode is algemeen aanvaard bij het bepalen van de footprint voor infrastructurele werken (bijvoorbeeld de CO₂-prestatieladder). Tussen de CO₂-footprint en het energieverbruik bestaat een lineair verband doordat de CO₂-footprint van een element (bijv. de productie van asfalt of het maaien van een berm) nagenoeg volledig te relateren is aan de hoeveelheid energie die nodig is om deze activiteit uit te voeren.

3.1.2 Begrenzing CO₂-footprint

In het afstemmingsoverleg met de opdrachtgever op 16 juli 2014 zijn de volgende systeemgrenzen voor het project vastgelegd.

- Bij het berekenen van de CO₂-footprint is gebruik gemaakt van de beschikbare standaarden zoals het Greenhouse Gas Protocol, de ISO 14040:2006 (Milieumanagement - Levenscyclusanalyse - Principes en raamwerk) en de PAS 2050:2011 (Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services). Bij het verzamelen van de data is gebruik gemaakt van erkende databases zoals de Ecolnvent database, Nationale Milieudatabase en DuboCalc (versie 2.2.3).
- Om te zorgen dat de gebruikte data reproduceerbaar is, is de bron nauwkeurig vastgelegd. In bijlage 3 is een overzicht van de bronnen gegeven in memo 'BD1308_INFRA_NIJM_N006_F1.0, dd. 4 augustus 2014'.
- Rekenschap wordt gegeven aan het energieverbruik (CO₂-footprint) voor de productie van de materialen in de objecttypen, het transport van deze materialen en het energieverbruik van de aan de infrastructuur gerelateerde installaties. Daarbij wordt de CO₂-footprint van de materialen en het transport ervan geëxtrapoleerd naar 1 jaar. Voorbeeld: een betonnen element in een kunstwerk heeft een levensduur van 80 jaar. Dat betekent dat 1/80 deel van de CO₂ uitstoot die vrijkomt bij productie en transport van dit element wordt toegerekend tot de CO₂-footprint. Voor een heel object wordt de CO₂-footprint dus als volgt berekend:

$$\text{CO}_2\text{-footprint object X} = (\text{CO}_2\text{-uitstoot productie en transport materiaal X} / \text{levensduur in jaren}) + (\text{CO}_2\text{-uitstoot productie en transport materiaal Y} / \text{levensduur in jaren}) + (\text{CO}_2\text{-uitstoot productie en transport materiaal Z} / \text{levensduur in jaren}) + \text{jaarlijkse CO}_2\text{-uitstoot door dagelijks energieverbruik}$$

- Van de CO₂-footprints worden uitgesloten de inzet van bouwplaatsmaterieel (draagt zeer gering bij aan het totaal en is sterk afhankelijk van de uitvoeringswijze), beïnvloeding van verkeer tijdens de bouw (is locatie specifiek en afhankelijk van de uitvoeringswijze) en het personenvervoer van DBI-medewerkers gerelateerd aan de projecten.

3.2 Dataverzameling

Voor het berekenen van de footprint is de beschikbare data samengevoegd in een database. Na een afweging van verschillende mogelijkheden is gekozen voor het programma Relatics (<https://rhdhv.relaticsonline.com>) omdat het programma het meest geschikt is voor het verzamelen van dit type data en tevens omdat de Provincie ook gebruik maakt van dit programma. De keuze voor het gebruik van Relatics is nader toegelicht in bijlage 1 (notitie Relatics).

De informatie is in Relatics op 3 niveaus opgenomen. Als eerste zijn de objecttypen geïnterpreteerd. Dit zijn de objecten die binnen de categorieën 'wegen en vaste kunstwerken' vallen. Vervolgens zijn de objecttypen nader gedefinieerd in samenstelling (elementen). De elementen zijn gekoppeld aan materialen.

3.2.1 Objecttypen

Bij het bepalen van de footprint voor de wegen en vaste kunstwerken in 2014 is uitgegaan van de wijze waarop deze in 2014 worden ontworpen en aangelegd. Daarbij is het Handboek Ontwerpcriteria Wegen 4.0^[1] van de Provincie Zuid-Holland als leidraad aangehouden.

In het handboek worden meerdere objecttypen genoemd. Daarnaast zijn enkele objecttypen toegevoegd zoals de vaste kunstwerken en een nadere specificatie van openbare verlichting. In overleg met de opdrachtgever zijn de volgende objecttypen gedefinieerd en meegenomen in de berekening van de footprint:

Tabel 1 Beschrijving objecttypen

Nummer	Objecttype	Onderverdeling
01	Stroomwegen	-
02	Gebiedsontsluitingswegen	02a Wegtype I – 2x2 rijstroken
		02b Wegtype II – 1x2 rijstroken
		02c Wegtype III – 2x1 rijstrook
03	Erftoegangswegen	-
04	Bromfietspaden	-
05	Busbanen	05a Vrijliggende busbaan
		05b Aanliggende busbaan
06	Enkelstrooks rotondes	06a Enkelstrooks rotonde met 3 aftakkingen
		06b Enkelstrooks rotonde met 4 aftakkingen
07	Turborotondes	-
08	Onderdoorgangen	08a Fietstunnel
		08b Verkeerstunnel
09	Viaducten	-
10	Vaste bruggen	-
11	Kruisingen	-
12	Duikers	-
13	Openbare Verlichting (OVL)	-
14	Verkeersregelinstallaties (VRI)	-
15	Pompinstallaties	15a. Pompkelder fietstunnel
		15b. Pompkelder verkeerstunnel

In bijlage 2 zijn datasheets opgenomen waarin de objecttypen nader zijn uitgewerkt en ook in dwarsdoorsnede worden weergegeven.

3.2.2 Elementen

Ieder objecttype is opgebouwd uit elementen. Deze elementen vertegenwoordigen de onderdelen waaruit een object is opgebouwd. Voor een weg zijn elementen bijvoorbeeld het wegdek, de funderingslaag, en de aanleg van de wegbermen. Ieder element is nader gespecificeerd in lengte, breedte en hoogte waardoor het mogelijk is hoeveelheden uit te rekenen. Tevens is per element opgenomen hoeveel van dit element (gerelateerd aan het objecttype) aanwezig is binnen het areaal van de provincie (bijvoorbeeld het aantal rotondes of het aantal kilometer ontsluitingsweg). Met behulp van deze informatie is berekend hoe groot de bijdrage van een objecttype is binnen het areaal van de provincie. Tenslotte is een levensduur voor het element opgenomen waardoor gerekend is met de frequentie waarmee het element vervangen dient te worden.

In overleg met de opdrachtgever is besloten een verrekenfactor te gebruiken, bij het bepalen van de footprint, voor de levensduur van de objecten en elementen. De keuze om de levensduur van een element op te nemen, is ingegeven door de discussie over de definitie van 'aanleg' en 'groot onderhoud'. Het onderscheid bleek vooral te zitten in de levensduur waarop besloten is het onderscheid tussen aanleg en groot onderhoud te laten vervallen en de levensduur mee te wegen in de footprintberekening.

Ook per objecttype is een levensduur opgenomen in het rekenmodel. De verhouding tussen de levensduur van het object en het element is een indicatie met welke frequentie het element vervangen dient te worden tijdens de levensduur van het object. Bijvoorbeeld een element dat een levensduur van 10 jaar heeft in een object dat 80 jaar mee moet gaan, zal 7 keer vervangen worden. De elementen zijn benoemd in overleg met de opdrachtgever en verder uitgewerkt door Royal HaskoningDHV. Bij de beschrijving van de elementen (afmetingen en materiaaltypen) is gebruik gemaakt van het Handboek 4.0^[1] en de kennis en ervaring van Royal HaskoningDHV in een groot aantal projecten die voor de opdrachtgever zijn uitgevoerd.

3.2.3 Materialen

De elementen zijn vervolgens in Relatics gekoppeld aan één materiaal. Voor ieder materiaal is opgenomen wat de CO₂-emissie is (conversiefactor in kg CO₂/ton) en welke omrekenfactor gebruikt is voor het omrekenen van de massa van het materiaal naar het volume van het materiaal (in kg/m³).

3.3 CO₂-footprint 2014

Op basis van de conform bovenstaande aanpak verzamelde gegevens is met behulp van het programma Relatics de CO₂-footprint bepaald voor het jaar 2014. De berekening van de footprint is op meerdere manieren geordend:

1. per materiaal, element en objecttype;
2. per functionele eenheid (bijvoorbeeld strekkende meter wegprofiel of per rotonde);
3. voor het totale areaal per objecttype.

In bijlage 2 is een uitgebreid overzicht van de CO₂-footprint per objecttype te vinden. In onderstaande paragrafen wordt een samenvatting van deze informatie weergegeven.

3.3.1 CO₂-footprint grootschalig beheer en onderhoud (GBO)

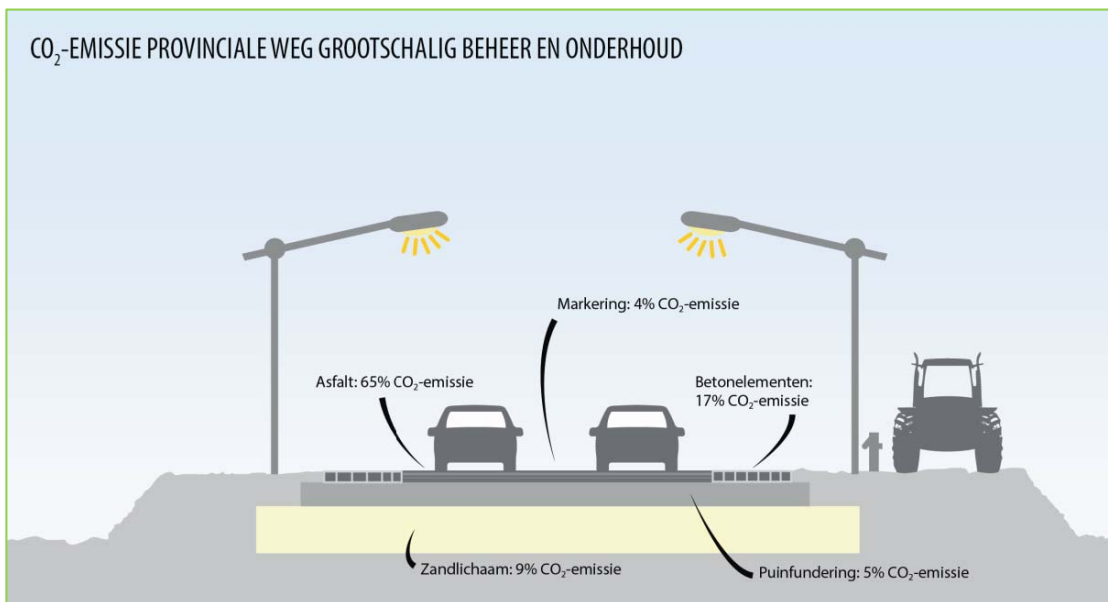
De CO₂-footprint per objecttype is berekend voor een functionele eenheid (FE) van het betreffende object. Voor de lijnobjecten (wegen) is dit per strekkende meter uitgevoerd en voor de andere individuele objecten per stuk (bruggen, rotondes etc.). Voor de berekening van de footprint is uitgegaan van de gehele levensduur van het object (80 jaar). De CO₂-footprint in onderstaande tabel heeft dan ook betrekking op een periode van 80 jaar.

Tabel 2 CO₂-footprint per objecttype – grootschalig beheer en onderhoud (GBO)

Objecttype	Energieverbruik per FE (ton CO ₂)	Totaal areaal (m of stuk)	Energieverbruik totaal areaal (ton CO ₂)
Lijnobjecten1 (functionele eenheid = 1 meter)			
1. Stroomweg 2x2	1,746	5.500	9.603
2a. Gebiedsontsluitingweg 2x2	1,665	32.100	53.447
2b. Gebiedsontsluitingsweg 1x2	0,920	370.700	341.044
2c. Gebiedsontsluitingsweg 2x1	0,934	21.200	19.801
3. Erftoegangsweg	0,527	100.000	52.700
4. Brom- en fietspad	0,179	270.000	48.330
5a. Vrijliggende busbaan	0,882	14.000	12.348
5b. Aanliggende busbaan	0,332	14.000	4.648
Totaal lijnobjecten			541.920

Objecttype	Energieverbruik per FE (ton CO ₂)	Totaal areaal (m of stuk)	Energieverbruik totaal areaal (ton CO ₂)
Individuele objecten (functionele eenheid is 1 stuk)			
6a. Enkelstrooks rotonde (3 tak)	213,170	33	7.035
6b. Enkelstrooks rotonde (4 tak)	256,085	70	17.926
7. Turborotonde ²	1.257,790	52	65.405
8a. Fietstunnel	265,061	81	21.470
8b. Verkeerstunnel	2.198,505	13	28.581
9. Viaduct	643,306	58	37.312
10. Vaste brug	107,257	228	24.455
11. Kruising met VRI	862,324	119	101.427
12. Duiker	42,707	167	7.132
13. Openbare Verlichting (OVL)	0,709	12000	8.508
14. Verkeersregelininstallatie (VRI) ³	5,693	119	677
15a. Pompkelder fietstunnel	14,561	81	1.179
15b. Pompkelder verkeerstunnel	64,027	13	832
Totaal individuele objecten			321.7938
Totaal objecten			863.859

1. De weglengte van de lijnobjecten is gecorrigeerd voor de aanwezige kruisingen en rotondes (zie bijlage 3).
 2. Het betreft 46 turborotondes en 3 kluirotondes (die als een dubbele turborotonde worden gerekend).
 3. De VRI is uitgerekend voor een gemiddeld kruispunt.



Figuur 2: schematische weergave footprint grootschalig beheer en onderhoud (GBO – 2014)

Terugblik	<ul style="list-style-type: none"> • Handboek wegontwerp is de basis. • Gebiedsontsluitingsweg 1x2 40% van footprint. • Turborotonde veel hogere footprint dan gewone rotonde. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bij wegen zijn asfalt en beton bepalend (ca. 85%). • Bij kunstwerken zijn staal en beton bepalend. • Levensduur van grote invloed op CO₂-footprint. • Wegmaking hoogste footprint (kg CO₂/ton).
------------------	---	--

3.3.2 CO₂-footprint dagelijks beheer en onderhoud (DBO)

De CO₂-footprint voor het dagelijks beheer en onderhoud bestaat uit twee delen:

1. Brandstofverbruik (diesel) voor het maaien van de berm en het strooien van de wegen.
- 2.-4. Brandstofverbruik (elektriciteit) voor de verlichting (OVL), pompinstallaties en verkeersregel-installaties (VRI).

1. Maaien berm en strooien wegen

Voor veel maaiwerk in berm worden tractoren van 75-150 kW gebruikt, veelal in combinatie met klepelmaaier en zuigwagen. Deze hebben een maaibreedte van circa 1,5 meter en een lage maaisnelheid. Bij gebruik van het maximale vermogen bedraagt het brandstof verbruik 225-240 gram diesel/kWh¹. Het gevolg is dat het energieverbruik per meter of per hectare hoog kan zijn. De verschillen in brandstofefficiency tussen de verschillende merken zijn 10% tot 15%. Brandstofverbruik is door het toenemende belang van duurzaamheid en het hogere dieselprijsniveau in de afgelopen jaren, een belangrijk criterium geworden in het keuzeprocess. Brandstofkosten bepalen immers gemiddeld 50% van de totale kosten van een tractor.

Voor de berekeningen zijn de maaibreedte, maaisnelheid, maaifrequentie en het brandstofverbruik als uitgangspunt genomen. Een kleine maaibreedte in combinatie met een lage maaisnelheid bepalen het oppervlak dat per uur gemaaid kan worden. Dit is laag voor de lintvormige stukken, zoals wegbermen. Het gevolg is dat het brandstofverbruik per hectare hoog is. De maaifrequentie verschilt per type werk. Tegenwoordig bedraagt de maaifrequentie voor de rijkswegen 1 maal per jaar, provinciale wegen 2 maal per jaar. In het verleden lagen deze frequenties hoger. Tabel 3 geeft een overzicht van de berekende CO₂-emissies op basis van de huidige maaimethoden, brandstofverbruiken en frequenties. Daaruit blijkt dat voor berm die 2 maal per jaar gemaaid worden, zoals van de meeste provinciale wegen, de CO₂-emissie circa 627 kg/ha. bedraagt.

Bovenstaande uitgangspunten geven een gangbare situatie weer en zijn niet alleen van toepassing op het maaiwerk in de provincie Zuid-Holland. In bijlage 4 is een nadere uitwerking opgenomen van de berekening van de CO₂-footprint voor het maaien van berm en sloten. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de jaarlijkse CO₂-emissie voor maaien van berm.

Tabel 3 CO₂-footprint maaien berm

Object ¹	Maaifrequentie (n / jaar)	Areaal (hectare)	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ / ha)	Footprint areaal (ton CO ₂ / jaar)
berm	2	1146	0,3135	718,5
bermsloten ²	1	163	0,5486	89,4
overige objecten ³	-	-	10%	80,8
Totaal 2014				888,7

1. Voor alle objecten is het areel 'stedelijk' en 'landelijk' meegenomen.
2. Gerekend is met de droge en natte slootkant.
3. De berm en bermsloten vormen de grootste groep van objecten. Voor de overige objecten (plantsoenen, middenbermen, groene eilanden etc.) is een toeslag van 10% aangehouden op het aandeel van berm en bermsloten.

Het strooien van de wegen gebeurt circa 30 keer per jaar. Het strooien vindt circa 20 keer preventief plaats (éénmaal per dag) en 5 keer curatief (tweemaal per dag). Voor het strooien van de wegen wordt gebruik gemaakt van een kipwagen en voor de fietspaden wordt een pickup ingezet. De strooiwagen voor de wegen heeft een bereik van circa 12 meter. Dit betekent dat de wegen zonder middenberm in één rit gestrooid worden. Voor de wegen met tussenberm zijn 2 ritten nodig. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de jaarlijkse CO₂-emissie voor het strooien van de wegen.

¹ ING Economisch Bureau / ING Lease Nederland, 25 november 2008. Landbouwmachines. Tractoren en werktuigen in de Nederlandse akkerbouw en veehouderij.

Tabel 4 CO₂-footprint strooien wegen

Object	Strooifrequentie (n / jaar)	Weglengte (km)	Verbruik voertuig (1 : n)	Footprint areaal (ton CO ₂ / jaar)
Wegen ¹	30	713,5	2	33,6
Fietspaden	30	270	5	5,1
Totaal 2014				38,7

1. De wegen met middenberm zijn tweemaal gerekend.

De totale footprint voor maaien en strooien is 888,7 + 38,7 = 927,4 ton CO₂/jaar.

Terugblik		
	<ul style="list-style-type: none"> • Footprint wordt bepaald door dieselvebruik. • CO₂-emissie per kilometer is voor strooien veel lager dan voor maaien. • Maaifrequentie is laag, winst halen in materieel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Overige winst te halen in oplossingen waardoor maaien niet meer nodig is. • Beheer en onderhoud 'overig groen' zijn niet meegenomen.

2. Elektriciteit openbare verlichting (OVL)

Het areaal openbare verlichting (OVL) omvat in 2014 12.000 lichtmasten (opgave provincie Zuid-Holland). Een nauwkeurig overzicht geven van alle typen armaturen en een inschatting geven van het huidige verbruik is een complexe opgave en geeft weinig meerwaarde. Daarom is op basis van de inventarisatie van de provincie Zuid-Holland en onze eigen kennis en ervaring uitgegaan van de in onderstaande tabel aangegeven indeling in armaturen en aantallen. De inventarisatie heeft betrekking op het totale aantal armaturen (circa 12.000) en de variatie in typen armaturen (geschat op basis van praktijkervaring en kennis van het areaal van de provincie).

Tabel 5 CO₂-footprint openbare verlichting

Armatuur ¹	Percentage totaal	Energieverbruik (kW / jaar) ²	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ / jaar) ³
SOX 150W (135W)	10%	1.200 x 150W x 4.200 = 756.000	35,9
SOX 100W (90W)	5%	600 x 100W x 4.200 = 252.000	12,0
SON 108W (100W)	20%	2.400 x 108W x 4.200h = 1.088.640	51,7
SON 163W (150W)	40%	4.800 x 163W x 4.200h = 3.286.080	156,1
CPO 98W (90W)	2%	240 x 98W x 4.200h = 98.784	4,7
CPO 153W (140W)	2%	240 x 153W x 4.200h = 154.224	7,3
LED 128W	8%	960 x 128W x 4.200h = 516.096	24,5
LED 85W	8%	960 x 85W x 4.200h = 342.720	16,3
Overig 55W (50W)	5%	600 x 55W x 4.200h = 138.600	6,6
Totaal 2014 (excl. dimmen)		6.633.114 kW / jaar	315,1
Besparing door dimmen anno 2014 (15%)		994.972 kW / jaar	47,4
Totaal 2014			267,7

1. Een armatuur verbruikt meer energie dan alleen het energieverbruik van de lamp. Een armatuur met een lamp van 100 Watt verbruikt totaal circa 108 Watt.

2. Bij de berekening is uitgegaan van 12.000 armaturen met een gemiddelde brandduur van 4.200 uur per jaar.

3. Bij de berekening is uitgegaan van groene stroom (50% windenergie en 50% zonne-energie) met een conversiefactor van 0,0475 kg CO₂ / kWh (bron: Handboek CO₂-prestatieladder^[2]).

Terugblik		
	<ul style="list-style-type: none"> • Toepassen van LED kan 10 tot 20% emissie besparen. • LED-armaturen hebben langere levensduur en lagere onderhoudskosten (dit is niet verrekend in tabel 5). • Vanuit 'total cost of ownership' (TCO) is het duurzaam om over te stappen op LED. 	<ul style="list-style-type: none"> • Overstap van grijze naar groene stroom grootste bijdrage aan lagere footprint 2014 (t.o.v. 1990). • Dimmen van verlichting vergelijkbaar effect als vervanging door LED.

3. Elektriciteit pompinstallaties

De pompinstallaties zijn grofweg op te delen in fiets- en autotunnels. En dan zijn ook nog kleine pompinstallatie in kelder van beweegbare bruggen. Volgens de 'objectenlijst pompen' van de provincie (d.d. 13 mei 2013) zijn de onderstaande aantallen bekend:

- Autotunnels 30 stuks;
- Fietstunnel 28 stuks;
- Brugkelders 36 stuks (buiten de scope van deze opdracht).

Tabel 6 CO₂-footprint pompinstallaties auto- en fietstunnels

Object	Type installatie	Energieverbruik (kW / jaar)	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ / jaar) ⁴
Autotunnel ¹	4 kW, 100 m ³ / h	30 x 30 h/j x 4 kW/h = 3.600	0,171
Fietstunnel ²	1,5 kW, 20 m ³ / h	28 x 37,5 h/j x 1,5 kW/h = 1.575	0,075
Pompbesturingsinstallaties ³	200 W/h	58 x 8.760h/j x 0,2 kW/h = 101.616	4,827
Totaal			5,073

1. Beregend oppervlak: 3.000 m², regenhoeveelheid jaarlijks: 750 mm: 3.000 x 0,75 = 3.000 m³ (30 bedrijfsuren per jaar).
 2. Beregend oppervlak: 1.000 m², regenhoeveelheid jaarlijks: 750 mm: 1.000 x 0,75 = 750 m³ (37,5 bedrijfsuren per jaar).
 3. De gemaalcomputer en het modem zijn onderdelen die continu aanstaan. Het verbruik wordt geschat op 200 W/h.
 4. Bij de berekening is uitgegaan van groene stroom (50% windenergie en 50% zonne-energie) met een conversiefactor van 0,0475 kg CO₂ / kWh (bron: Handboek CO₂-prestatieladder^[2])

Terugblik	<ul style="list-style-type: none"> • Pompinstallaties zelf hebben een zeer lage CO₂-emissie. • De footprint wordt voor 95% bepaald door de besturingsinstallatie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bij de scope hoort ook de pompkelder (objecttype 15). • Alternatief voor pompkelder en besturingsinstallatie meest rendabele maatregel voor verlagen footprint.
------------------	--	--

4. Elektriciteit verkeersregelinstallaties (VRI)

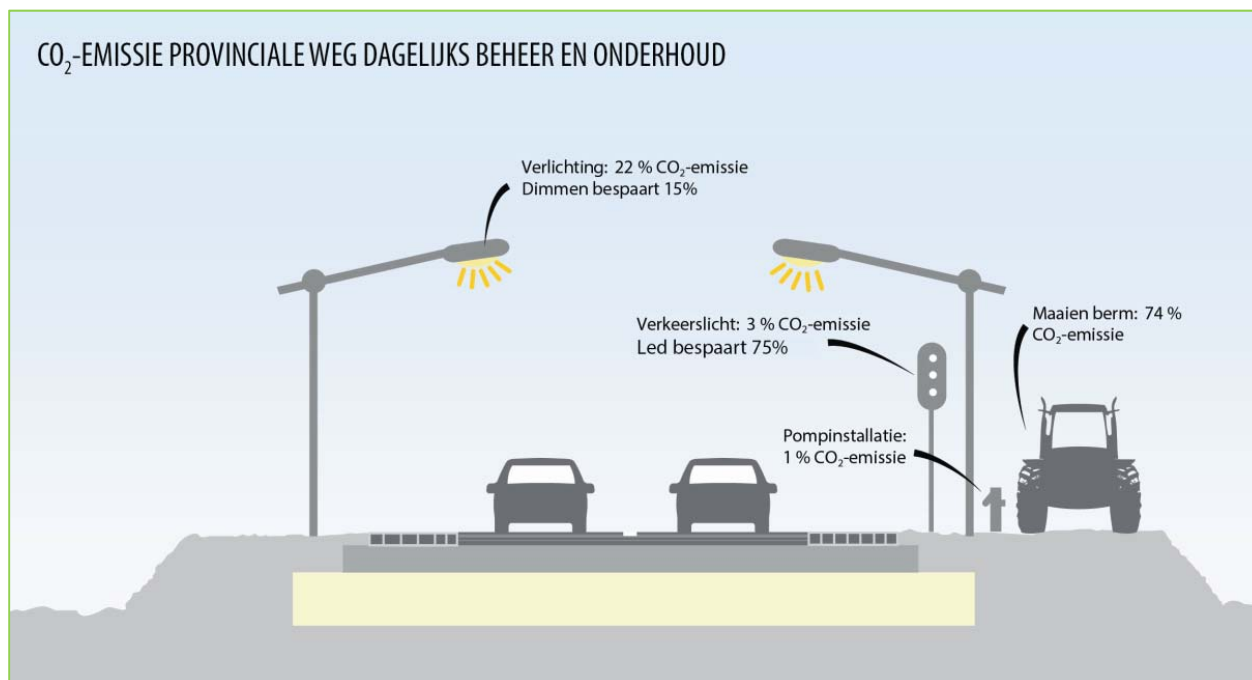
De belangrijkste ontwikkeling op het gebied van het energieverbruik van de verkeersregelinstallaties die in beheer zijn bij de provincie Zuid-Holland is de vervanging van de gloeilamp door LED-lampen. Dit traject is in 2005 ingezet en anno 2014 is ruim 95% van de VRI's voorzien van LED-lampen.

Het aantal VRI's is in 2014 - 125 (incl. 6 turbopleinen met VRI). Nieuwe trend is het online monitoren van de VRI's met een observatiecamera ter plaatse. Deze camera is verbonden met een verkeerscentrale en zorgt voor het nodige energieverbruik.

Tabel 7 CO₂-footprint VRI en observatiecamera

Object	Aantal objecten	Energieverbruik (kW / jaar)	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ / jaar) ⁴
VRI – LED (10W/h) ¹	118 (95%)	118 x 8.760 h x 12 x 3 x 0,01 = 372.126	17,7
VRI – halogeen/krypton (40W/h) ¹	7 (5%)	7 x 8.760 h x 12 x 3 x 0,04 = 88.301	4,2
Observatiecamera (15W/h) ²	125 (100%)	125 x 8.760h x 0,015 = 16.425	0,8
Automaat ³	125 (100%)	125 x 1.500 = 178.500	8,5
Totaal			31,2

1. Een kruispunt bestaat gemiddeld uit 12 signaalgroepen met 3 signaalgevers waarvan altijd 1 lamp brandt.
 2. Een observatiecamera gebruikt circa 15 W/h voor elektriciteit en verwarming.
 3. Verbruik van de automaat is circa 1500 kWh per jaar.
 4. Bij de berekening is uitgegaan van groene stroom (50% windenergie en 50% zonne-energie) met een conversiefactor van 0,0475 kg CO₂ / kWh (bron: Handboek CO₂-prestatieladder^[2]).



Figuur 3: schematische weergave footprint dagelijks beheer en onderhoud (DBO – 2014)

Terugblik	<ul style="list-style-type: none"> Grootste verbetering al bereikt door toepassing LED. Toenemende monitoring (observatiecamera) zorgt voor verhoging footprint. 	<ul style="list-style-type: none"> Automaat bepaalt ruim 25% van de footprint. Overstap van grijze naar groene stroom grootste bijdrage aan lagere footprint 2014 (t.o.v. 1990).
-----------	--	--

3.3.3 Samenvatting CO₂-Footprint 2014

In onderstaande tabel is de CO₂-footprint voor 2014 samengevat.

Tabel 8 Samenvatting CO₂-footprint 2014

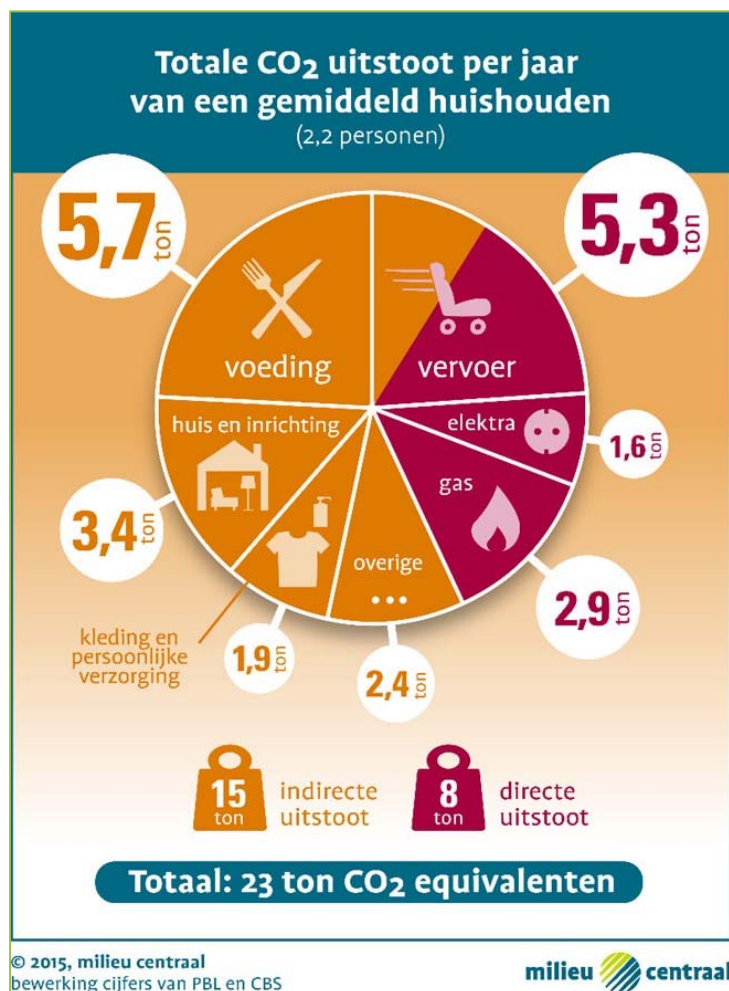
Onderdeel	Tabel	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ / jaar)	Equivalent huishoudens ¹	Aandeel (%)	
Grootschalig Beheer en onderhoud in 2014 ²	2	10.798,2	1.350	89,8	
Dagelijks Beheer en Onderhoud	Maaien bermen en sloten	3	888,7	111	7,4
	Strooien wegen	4	38,7	5	0,3
	Openbare verlichting (OVL)	5	267,7	33,5	2,2
	Pompinstallaties	6	5,1	0,5	0,1
	Verkeersregelininstallaties (VRI)	7	31,2	4	0,3
Totaal		12.029,6	1.504	100	

1. Een gemiddeld huishouden emiteert circa 8 ton CO₂/jaar (directe emissie gas, elektra en mobiliteit – zie toelichting op blz. 13).
 2. Het grootschalig beheer en onderhoud voor 2014 is 1/80^e deel van de totale footprint voor grootschalig beheer en onderhoud uit tabel 2.

Terugblik	<ul style="list-style-type: none"> Het grootschalig beheer en onderhoud is voor 90% verantwoordelijk voor de footprint van DBI. De emissie van DBI staat gelijk aan de directe emissie van 1.500 huishoudens. 	<ul style="list-style-type: none"> Het aandeel van het maaierwerk is opmerkelijk hoog gezien de relatief geringe bijdrage in werkzaamheden. Het aandeel van de openbare verlichting en verkeersregelininstallaties is opmerkelijk laag gezien het continue gebruik van deze objecten.
-----------	---	---

Equivalent huishoudens

De CO₂-emissie per huishouden is als volgt bepaald:



Figuur 4: Totale CO₂-uitstoot per huishouden (bron: Milieucentraal)

3.4 Analyse en conclusie CO₂-footprint

Op basis van de resultaten uit hoofdstuk 3.3 kunnen de volgende conclusies getrokken worden.

1. De CO₂-footprint voor het grootschalig beheer en onderhoud van de weg (tabel 2) is bepalend voor de totale CO₂-footprint van de Dienst Beheer Infrastructuur (DBI) van de provincie Zuid-Holland over het jaar 2014. Circa 90% van de totale footprint wordt bepaald door het grootschalig beheer en onderhoud (tabel 8).

2. De CO₂-footprint voor het beheer en onderhoud van de wegen wordt voor 80% tot 90% bepaald door asfalt en beton (zie tabel 9).

Tabel 9 Wegen: Aandeel asfalt en beton in CO₂-footprint 2014

Onderdeel	% asfalt	% beton	% asfalt + beton
1. Stroomwegen 2x2	76%	8%	84%
2a. GOW 2x2	79%	5%	84%
2b. GOW 1x2	65%	17%	82%
2c. GOW 2x1	64%	16%	80%
3. Erftoegangswegen	61%	23%	84%

Onderdeel	% asfalt	% beton	% asfalt + beton
4. Brom- en fietspaden	72%	0%	72%
5a. Vrijliggende busbanen	68%	17%	85%
5b. Aanliggende busbanen	86%	0%	86%
6a. Enkelstrooks rotonde (3 tak)	63%	21%	84%
6b. Enkelstrooks rotonde (4 tak)	66%	19%	85%
7. Turborotondes ²	54%	35%	89%
11. Kruisingen met VRI	84%	0%	84%

3. De CO₂-footprint voor het grootschalig beheer en onderhoud van de kunstwerken wordt grotendeels bepaald door gewapend beton. De asfaltweg bij het kunstwerk is verrekend onder de objecten wegen. In de berekening in tabel 10 is de bijdrage van de heipalen niet meegenomen om inzichtelijk te maken wat het effect is van het beton en het wapeningsstaal op de totale footprint van het kunstwerk. Opmerkelijk is dat staal en beton ongeveer in gelijke mate bijdragen aan CO₂-footprint van het kunstwerk, maar dat het aandeel in massa sterk verschillend is (staal circa 7% en beton 93%).

Tabel 10 Kunstwerken: Aandeel gewapend beton (per object) in CO₂-footprint 2014

Onderdeel	% beton	% wapening	% beton + wapening
8a. Fietstunnel	33%	37%	70%
8b. Verkeerstunnel	40%	44%	84%
9. Viaduct	41%	45%	86%
10. Vaste brug	19%	22%	41% ¹
12. Duiker	32%	36%	68%
15a. Pompkelder fietstunnel	37%	42%	79%
15b. Pompkelder verkeerstunnel	46%	51%	97%

1. Voor een relatief klein kunstwerk als deze brug is de bijdrage van de heipalen naar verhouding groot. Deze bijdrage is echter buiten deze optelling gelaten om de kunstwerken beter met elkaar te kunnen vergelijken.

4. Het maaien van bermen en sloten heeft een relatief hoge footprint doordat het maaien arbeidsintensief is en gebruik wordt gemaakt van diesel (dat een relatief hoge emissie heeft ten opzichte van bijvoorbeeld elektriciteit).

5. Het dimmen van de verlichting levert een belangrijke bijdrage aan de verkleining van de CO₂-footprint voor de openbare verlichting. Deze bijdrage is in verhouding groter dan de omschakeling naar LED-verlichting. Voor het bepalen van het rendement van LED-verlichting dienen ook de Total Cost of Ownership (TCO) meegenomen te worden. De onderhoudskosten voor LED-verlichting zijn aanzienlijk lager doordat de lamp langer mee gaat.

6. De footprint voor de pompinstallaties in tunnels wordt grotendeels (95%) bepaald door de pompbesturingsinstallatie en niet door het energieverbruik van de pompen zelf. De pompbesturingsinstallatie is continu in bedrijf terwijl de pompen zelf slechts 30 tot 37,5 uur per jaar (0,3 tot 0,4% van het jaar) in bedrijf zijn.

7. Het gebruik van groene stroom levert een grote bijdrage in de verlaging van de CO₂-footprint voor objecten die elektriciteit gebruiken. Afhankelijk van het type groene stroom kan de besparing oplopen van een factor 10 tot 30 ten opzichte van grijze stroom.

3.5 Vergelijking met het totale energieverbruik van de provincie Zuid-Holland

In 2011 bedroeg de CO₂-emissie door de gehele provincie 52,5 Mton^[3]. In bijlage 5 is een overzicht opgenomen van de CO₂-emissies in de provincie Zuid-Holland. Deze emissie heeft betrekking op alle directe broeikasgasemissies op het provinciaal grondgebied (scope 1 van Greenhouse Gas Protocol). Ook inbegrepen is de indirecte CO₂-emissie door (fossiele) energieopwekking die samenhangt met het elektriciteitsgebruik (scope 2 van het Greenhouse Gas Protocol) van de gebouwde omgeving. De indirecte CO₂ emissie door het stroomgebruik van andere sectoren dan de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld de industrie of het openbaar vervoer (trein, tram, metro), zijn dus niet in deze 52,5 Mton

inbegrepen. Noch is de overige indirecte CO₂-emissie (scope 3 van het Greenhouse Gas Protocol) als gevolg van de productie van materialen voor bouw en onderhoud van de objecten (gebouwen, wegen, fabrieken, kabels & leidingen, RWZI's etc.) op het grondgebied van de provincie meegenomen in deze CO₂-footprint.

Van de provinciale CO₂-emissie wordt 12% (6,5 Mton) veroorzaakt door het verkeer en vervoer in de provincie. Binnen de sector verkeer en vervoer wordt 77% veroorzaakt door het wegverkeer (4,8 Mton). De overige 23% voornamelijk door scheepvaartverkeer.

De CO₂-footprint van de wegen en vaste kunstwegen in het areaal van DBI bedraagt in het jaar 2014 0,012 Mton. Daarvan wordt 90% veroorzaakt door de productie en het transport van materialen tijdens groot onderhoud en 10% door het energieverbruik voor dagelijks beheer en onderhoud. In tabelvorm ziet dit er als volgt uit:

Tabel 11 CO₂-footprint Provincie Zuid-Holland

Emissie 2014	CO ₂ -footprint (Mton CO ₂)	Percentage
Totale emissie provincie ¹	52,5	100%
Wegverkeer	4,8	9,1%
Scheepvaart	1,7	3,2%
Projecten DBI	0,012	0,02%

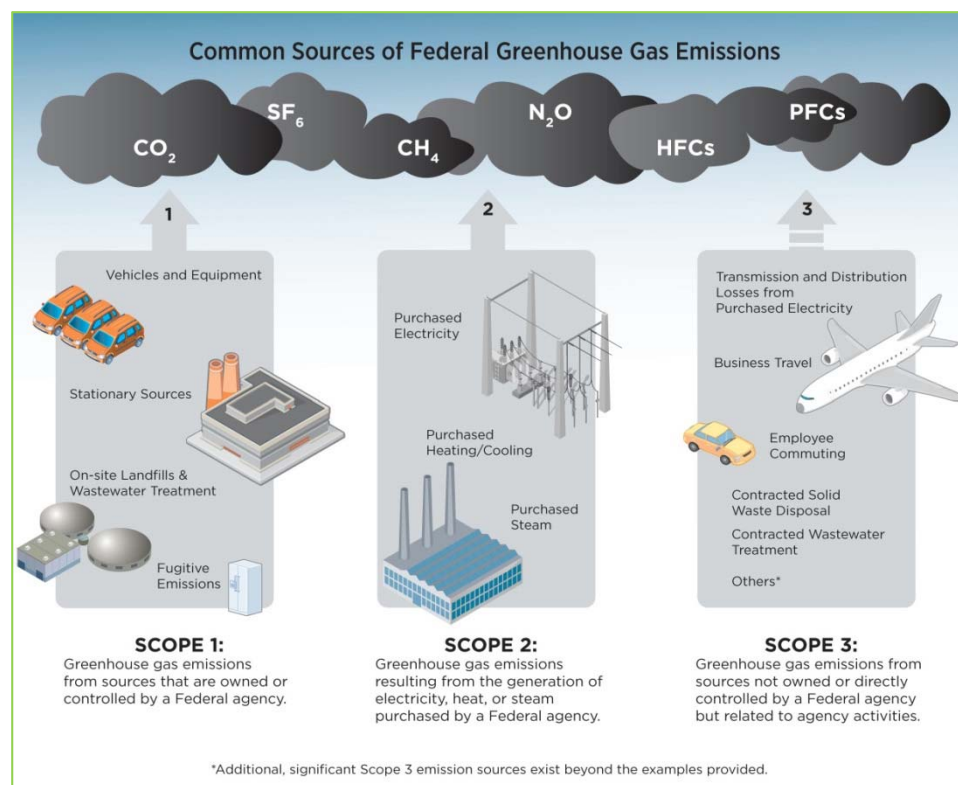
1. Emissiegetal voor 2011.

Bij het vergelijken van de CO₂-emissies van DBI met de totale emissie binnen het grondgebied van de provincie Zuid-Holland, wordt gebruik gemaakt van de uitgangspunten uit het Greenhouse Gas Protocol. Dit protocol maakt onderscheid in 3 verschillende soorten emissies, verdeeld over scope 1 t/m 3 (zie ook figuur 4 op blz. 13):

Scope 1: Alle direct greenhouse gas emissies.

Scope 2: Alle indirecte greenhouse gas emissies.

Scope 3: Overige indirect emissies



Figuur 5: Scope 1 t/m 3 conform het Greenhouse Gas Protocol (bron: C2ES)

De verdeling in figuur 5 heeft voor de provincie Zuid-Holland betrekking op alle emissies binnen het grondgebied van de provincie en niet op alleen de emissies van de eigen organisatie.

Om een eerlijke vergelijking tussen de CO₂-footprint van de wegen en vaste kunstwerken van DBI en die van de gehele provincie mogelijk te maken is alleen het energieverbruik voor dagelijks beheer en onderhoud (scope 1 en 2 van het Greenhouse gas Protocol) meegenomen. Het materieelgebruik uit scope 3 van het Greenhouse gas Protocol is buiten de vergelijking gehouden, omdat deze emissie ook niet in de provinciale footprint is inbegrepen. Hierbij moet opgemerkt worden dat in de provinciale footprint wel dat deel van het transport van de materialen voor groot onderhoud dat op provinciaal grondgebied plaatsvindt is meegenomen en hier in de vergelijking niet voor gecorrigeerd is. Deze correctie is niet gedaan, omdat op basis van expert judgement geschat wordt dat het deel van het transport van de materialen dat op provinciaal grondgebied plaatsvindt beperkt is vergeleken met de totale transportroute en binnen de onzekerheidsmarge valt.

Tevens is er in de vergelijking tussen de CO₂-footprint van DBI en die van de provincie van uitgegaan dat de CO₂-uitstoot van de provincie over het jaar 2014 gelijk is gebleven aan die van 2011. Wegens de actieve klimaatprogramma's in de provincie die tussen 2011 en 2014 hebben plaatsgevonden veroorzaakt deze aanname waarschijnlijk een overschatting van de CO₂-uitstoot van de provincie. Recentere data zijn echter (nog) niet beschikbaar.

Het beheer en onderhoud van de wegen en vaste kunstwerken binnen het areaal van DBI is in 2014 verantwoordelijk voor 0,02% van de totale CO₂-uitstoot van de provincie Zuid-Holland.

3.6 Onzekerheidsanalyse

De gerapporteerde CO₂-data zijn 'best guess waarden'. In de data zitten onzekerheden als gevolg van:

- Gekozen prototype referentiemateriaal: Het is niet altijd exact bekend welk type materiaal in de verschillende objecten gebruikt is. Bovendien kunnen dezelfde type objecten met verschillende typen materiaal zijn uitgevoerd. Zo zijn er diverse typen beton met diverse percentages wapeningsstaal, etc. Er is gekozen voor prototypen materiaal, die het meest voorkomen en waarvan CO₂-data bekend zijn. Deze prototypen kunnen dus afwijken van de werkelijk gebruikte materialen.
- Afmetingen objecten/hoeveelheden materiaal: Van elk object is een standaard uitvoering bepaald met standaard afmetingen en standaard hoeveelheden materiaalgebruik. Voor sommige objecten zal de werkelijkheid niet veel afwijken, omdat er strakke richtlijnen zijn voor bijvoorbeeld diktes van asfaltlagen en breedtes van wegvakken. Voor andere objecten kan de werkelijkheid behoorlijk afwijken, zoals voor kruispunten die er in allerlei soorten en maten zijn. Gemiddeld zullen de afwijkingen van de werkelijkheid elkaar echter wel uitmiddelen.
- Volledigheid materialen: Bij het meerekenen van de toegepaste materialen zijn de materialen met lage impact niet meegenomen in de studie (bijvoorbeeld bermpaaltjes).
- Voor de levensduur van de objecten zijn de gebruikelijke perioden aangehouden. De levensduur van een object is echter afhankelijk van meerdere factoren, die niet meegenomen zijn in de berekening zoals veranderingen in het gebruik van de infrastructuur, nieuwe ontwikkelingen in de omgeving van de infrastructuur etc.
- CO₂ Emissie kentallen zijn geen absolute wetenschap en veranderen met nieuwe inzichten en/of processen. Voor veel processen en materialen zijn verschillende emissiecijfers beschikbaar, door zoveel mogelijk een algemeen geaccepteerde database te gebruiken (ecoInvent & nationale milieudatabase).
- Transport kan op verschillende wijzen gebeuren en met name toelevering vanuit buitenlandse locaties kan veel impact hebben op de CO₂-emissies. Gezien de type materialen is een zeer grote variatie niet te verwachten maar kunnen er wel significante uitzonderingen optreden.
- Uit een studie van CE Delft^[4] blijkt dat de onzekerheid voor deze verschillende factoren tussen de -10% tot +30% ligt waarbij de extremen minder waarschijnlijk zijn. Het onderdeel slooptactiviteiten & bouwwerkzaamheden uit voornoemde studie is voor deze indicatie buiten beschouwing gelaten aangezien deze geen onderdeel zijn van deze footprint.

4 TERUGBLIK FOOTPRINT 1990

In dit hoofdstuk (fase 2) wordt voor de hoofdcategorieën wegen en vaste kunstwerken de CO₂-emissie (footprint) van 1990 in beeld gebracht.

4.1 CO₂-footprint 1990

Voor het berekenen van de CO₂-footprint voor het beheer en onderhoud van de wegen in 1990 is de footprint uit 2014 (fase 1) als basis gebruikt. Vanuit deze basis zijn de verschillen benoemd tussen de footprint van 2014 en 1990 en aan de hand van deze verschillen is de footprint voor 1990 berekend. De opbouw van hoofdstuk 4 is gelijk aan die van hoofdstuk 3.

4.1.1 CO₂-footprint grootschalig beheer en onderhoud (GBO)

De vergelijking van de footprint voor 1990 met de footprint van 2014 is in twee stappen uitgevoerd:

1. Op basis van de ontwerphandleiding uit 1992 (RONA) is afgeleid wat de verschillen tussen het ontwerp uit 1990 en 2014 zijn. De uitkomsten daarvan zijn opgenomen in Relatics en de samenvatting van de berekende resultaten is opgenomen in tabel 12.
2. Op basis van kengetallen over de afname in CO₂-emissie (vanaf 1990) bij de verwerking van grondstoffen en productie van materialen is berekend wat de CO₂-footprint in 1990 is geweest.

1. Vergelijking ontwerp 1990 en 2014

De CO₂-footprint per objecttype is berekend voor een functionele eenheid (FE) van het betreffende object. Voor de lijnobjecten (wegen) is dit per strekkende meter uitgevoerd en voor de andere individuele objecten per stuk (bruggen, rotondes etc.). Voor de berekening van de footprint is uitgegaan van de gehele levensduur van het object (80 jaar). De CO₂-footprint in tabel 13 heeft dan ook betrekking op een periode van 80 jaar.

Om de footprints voor 2014 en 1990 met elkaar te kunnen vergelijken is een analyse uitgevoerd van de wegtypen in 2014 en de (vergelijkbare) wegtypen uit 1990 (zie bijlage 6). In onderstaande tabel is de vergelijking tussen de arealen in 2014 en 1990 opgenomen. De correctie in de rechterkolom heeft betrekking op de verrekening van de kruisingen ten opzichte van de weglengte. Dit is gelijk aan de gecorrigeerde getallen die in tabel 2 zijn gebruikt (kolom; 'totaal areaal') en heeft als doel de dubbeltelling van wegen en kruisingen te voorkomen.

Tabel 12 Vergelijking areaal 2014 en 1990

Objecttype 2014	Categorisering 1990	Lengte (m)	Gecorrigeerde lengte (m)
1. Stroomweg 2x2	II. Stadsautosnelweg	9.060	6.806
	III. Autoweg	13.440	10.096
2a. Gebiedsontsluitingsweg 2x2	IV. Autoweg V. Weg met geheel of gedeeltelijk gesloten verklaring	41.345	31.057
2b. Gebiedsontsluitingsweg 1x2	IV. Autoweg V. Weg met geheel of gedeeltelijk gesloten verklaring	393.171	295.338
3. Erftoegangsweg	VI. Weg met geheel of gedeeltelijk gesloten verklaring	64.305	48.304
	VII. Weg voor alle verkeer		
Totaal		521.321	391.601

In vergelijking met 2014 zijn de volgende wijzigingen doorgevoerd:

- objecttype 2c is niet meegenomen in het overzicht;
- aangenomen is dat in 1990 nog geen busbanen aanwezig waren;
- aangenomen is dat in 1990 nog geen rotondes aanwezig waren;

- aangenomen is dat de rotondes in 1990 een kruising waren;
- circa 50% van de kruisingen was voorzien van VRI;
- aangenomen is dat het areaal fietspaden in 1990 gelijk was;
- aangenomen is dat het areaal tunnels, viaducten, bruggen en duikers gelijk is gebleven;
- aangenomen is dat het ontwerp van OVL en VRI gelijk is gebleven.

Tabel 13 CO₂-footprint per objecttype – grootschalig beheer en onderhoud (GBO)

Objecttype	Energieverbruik per FE (ton CO ₂)	Totaal areaal (m of stuk)	Energieverbruik totaal areaal (ton CO ₂)
Lijnobjecten1 (functionele eenheid = 1 meter)			
1. Stroomweg 2x2	1,512	16.901	25.554
2a. Gebiedsontsluitingweg 2x2	1,441	31.057	44.753
2b. Gebiedsontsluitingsweg 1x2	0,729	295.338	215.301
2c. Gebiedsontsluitingsweg 2x1	0	0	0
3. Erftoegangsweg	0,546	48.304	26.374
4. Brom- en fietspad	0,214	270.000	57.780
5a. Vrijliggende busbaan	0	0	0
5b. Aanliggende busbaan	0	0	0
Totaal lijnobjecten			369.763
Individuele objecten (functionele eenheid is 1 stuk)			
6a. Enkelstrooks rotonde (3 tak)	0	0	0
6b. Enkelstrooks rotonde (4 tak)	0	0	0
7. Turborotonde	0	0	0
8a. Fietstunnel	219,623	81	17.789
8b. Verkeerstunnel	1.814,309	13	23.586
9. Viaduct	533,329	58	30.933
10. Vaste brug	92,280	228	21.040
11. Kruising met VRI	930,920	274	255.072
12. Duiker	36,123	167	6.033
13. Openbare Verlichting (OVL)	0,709	12000	8.508
14. Verkeersregelinstantie (VRI) ³	5,693	137	780
15a. Pompkelder fietstunnel	12,028	81	974
15b. Pompkelder verkeerstunnel	52,812	13	687
Totaal individuele objecten			365.402
Totaal objecten			735.165

Terugblik

- In 1990 werd geen bermverharding (beton) gebruikt. Dit is circa 15% van de footprint van de wegen in 2014.
- Tussen 1990 en 2014 zijn de wegen verbreed. Dit geeft een toename in materiaalgebruik en footprint.

- In 1990 werden hoogovenslakken toegepast als funderingsmateriaal. Hoogovenslakken hebben een iets lager CO₂-footprint per ton, maar een veel hoger soortelijk gewicht.
- Belangrijkste verandering tussen 1990 en 2014 voor de betonnen kunstwerken is de toename in wapening. De hoeveelheid wapening is in 1990 1/3 deel lager dan in 2014.

2. Afname CO₂-emissie na 1990²

In hoofdstuk 3 van deze rapportage zijn de broeikasgasemissies over 2014 vastgelegd. Om inzichtelijk te maken hoe deze emissies zich verhouden tot de emissies in 1990 kunnen de vastgestelde emissies voor 2014 geëxtrapoleerd worden naar 1990 op basis van onder andere de volgende methodes:

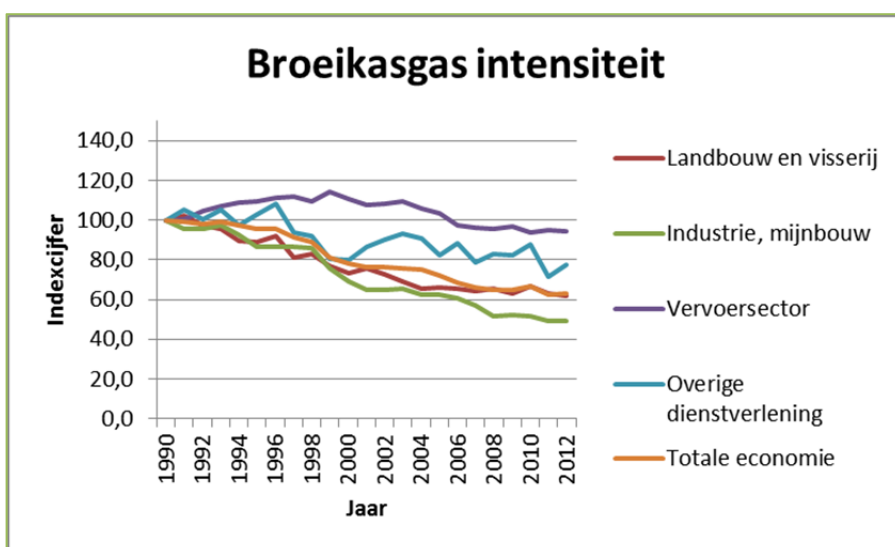
- 1) Vergelijking op basis van alleen grijze stroom;
- 2) Extrapolatie op basis van grijze stroom en het gemiddelde energieverbruik van de industrie;
- 3) Extrapolatie op basis van de IPCC-rapportage (sector Nijverheid);
- 4) Extrapolatie op basis van de intensiteit van de uitstoot van broeikasgassen.

Het grootste nadeel van de eerste 3 methodes is dat ze of erg beperkt in focus zijn en daardoor algemene verbeteringen missen (1) of dat ze de link met economische activiteit niet meenemen in de berekening (2 en 3). Als voorbeeld zijn de directe CO₂ emissies in Nederland volgens de IPCC methode sinds 1990 met meer dan 6 Mt gestegen. Ondanks vele reductiemaatregelen in de industrie is dit dus niet terug te zien in de directe CO₂ emissies. Dit is logisch te verklaren aangezien het BBP in dezelfde periode gegroeid is van 223 miljard euro tot 643 miljard euro.

Om een correcte extrapolatie van de CO₂-emissie tussen 2014 en 1990 te maken is dus een factor nodig die zowel de emissies als de economische activiteit meeneemt. Dit is de laatste genoemde mogelijkheid: broeikasgas intensiteit. Deze factor geeft de CO₂-emissie per eenheid toegevoegde waarde aan en is (CBS): “*een belangrijke indicator voor de milieuefficiëntie van het productieproces met betrekking tot de uitstoot van broeikasgassen*”. Door deze factor te gebruiken wordt dus zowel rekening gehouden met de broeikasgasemissies maar ook met de economische ontwikkelingen. Hierdoor ontstaat een beter totaalbeeld met minder verschuivingen.

Het CBS houdt een indexering bij van de broeikasgasintensiteit waarbij 1990 een index van 100 heeft en 2012 (laatste bekende cijfer) een waarde van 62,9 heeft. Dit betekent dus een daling van 37,1% (100-62,9) in de periode van 1990 tot 2012. Ondanks dat de absolute emissies dus redelijk stabiel zijn gebleven stoten we per euro toegevoegde waarde wel 37,1% minder CO₂ uit vergeleken met 1990.

In figuur 6 zijn de verschuivingen in broeikasgasintensiteit voor de totale economie en verschillende sectoren weergegeven. Doordat de aanleg van infrastructuur uitgebreide ketens betreft, is het baseren op maar één van de sectoren onlogisch. Daarom is er gekozen om uit te gaan van het indexcijfer voor de totale economie. Doordat dit een algemene indicator voor het gehele bedrijfsleven betreft zal er enige onzekerheid in de extrapolatie zitten maar gezien de uitgebreide ketens die betrokken zijn bij de aanleg is de verwachting dat dit een beperktere onzekerheid is dan wanneer voor een specifieke sector wordt gekozen.



Figuur 6: Broeikasgas intensiteit verloop 1990 – 2012 op basis van indexcijfer CBS (bron: CBS)

² Bronnen: <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/> en <http://statline.cbs.nl>

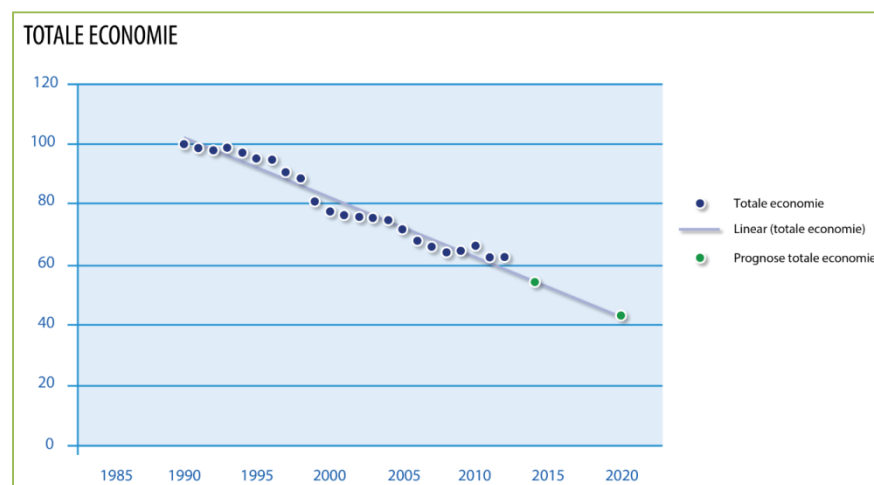
Trendanalyse

Voor het bepalen van de meest waarschijnlijke afname voor 2014 is gebruik gemaakt van trendanalyse. De trendanalyse is uitgevoerd door middel van een lineaire regressie, Alle beschikbare meetjaren van 1990 t/m 2012 zijn gebruikt (zie bijlage 7).

Figuur 6 (zie volgende bladzijde) geeft de meetwaarden en de lineaire regressielijn van de 'totale economie' weer. In tabel 14 zijn de statistische parameters opgenomen. Hieruit blijkt dat de lineaire regressie goed de trend van de meetwaarden weergeeft. De correlatie is namelijk zeer sterk namelijk 0,98 (een correlatie van 1 geeft weer dat dat er een perfecte lineaire samenhang is tussen de waarden). Zowel de richtingscoëfficiënt als beide 95%-betrouwbaarheidsintervallen hebben dezelfde negatieve richting. Dit noemen we een significant dalende trend.

Tabel 14 Resultaten trendanalyse door middel van lineaire regressie

Trendanalyse	Resultaten
Correlatie (R)	0,98
Determinatiecoëfficiënt (R ²)	0,96
Hellingshoek (richtingscoëfficiënt – B)	-1,98
Ondergrens 95%- betrouwbaarheidsinterval (concentratie per jaar)	-2,17
Bovengrens 95%- betrouwbaarheidsinterval (concentratie per jaar)	-1,79
Intercept (snijpunt met de y-as)	4.036,1
Aantal metingen in de reeks (N)	23
Meetwaarde 2014	55,1



Figuur 7: Trendanalyse Broeikasgas Intensiteit Index

Berekening CO₂-footprint GBO 1990

In tabel 11 is de CO₂-footprint voor de provincie Zuid-Holland berekend op basis van de objecttypen uit 1990 maar met de CO₂-kengetallen van 2014. Met behulp van onderstaande vergelijking kan de footprint voor 1990 berekend worden, met behulp van bovengenoemde omrekenfactor.

$$\frac{\text{CO}_2\text{-footprint 1990 (tabel 13)} \times \text{Broeikasgas intensiteit index 1990}}{\text{(Broeikasgas intensiteit index 2014)}} = \frac{735.165 \times 100}{55,1} =$$

1.334.238 ton CO₂ in 1990.

De berekende footprint in bovenstaand kader heeft betrekking op een periode van 80 jaar, uitgaande van het ontwerphandboek uit 1992 (RONA).

Terugblik	<ul style="list-style-type: none"> • De belangrijkste bijdrage aan de verlaging van de footprint tussen 1990 en 2014 betreft de verbetering in het productieproces (energiebesparing fabrikanten en transporteurs). • De footprint wordt voor 95% bepaald door de besturingsinstallatie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bij de scope hoort ook de pompkelder (objecttype 15). • Alternatief voor pompkelder en besturingsinstallatie meest rendabele maatregel voor verlagen footprint.
-----------	--	--

4.1.2 CO₂-footprint dagelijks beheer en onderhoud (DBO)

De CO₂-footprint voor het dagelijks beheer bestaat uit twee delen:

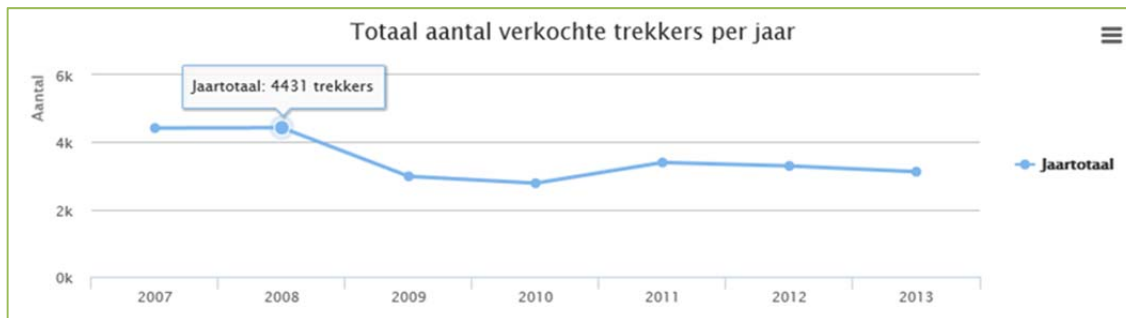
1. Brandstofverbruik (diesel) voor het maaien van de bermen en het strooien van de wegen.
- 2.-4. Brandstofverbruik (elektriciteit) voor onder andere de verlichting (OVL), pompinstallaties en verkeersregelinstallaties (VRI).

1. Maaien bermen en sloten

Getracht is een schatting te geven voor de CO₂-emissies in 1990. Daar is weinig informatie over te vinden, omdat in Nederland tractoren niet worden geregistreerd. Via een omweg is daarom een schatting gemaakt op basis van langjarige verkoopcijfers en brandstofverbruik van tractoren.



Figuur 8. Verkoop landbouwtractoren, 1998-2009 (bron: ING)



Figuur 9. Verkoop landbouwtractoren, 2007-2013 (bron: Fedecom).

Afgeleid is uit CBS data³ dat het brandstofverbruik van landbouwwerktuigen 14 PJ bedroeg in 2012 en 15 PJ in 1990. Rekening moet echter worden gehouden dat het aantal tractoren ook verminderd is (figuren 8 en 9). Op basis van de verkoopcijfers van tractoren^{4,5} is een grove schatting gemaakt van het aantal verkochte tractoren.

³ Zie <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0030-Energieverbruik-door-verkeer-en-vervoer.html?i=6-40>

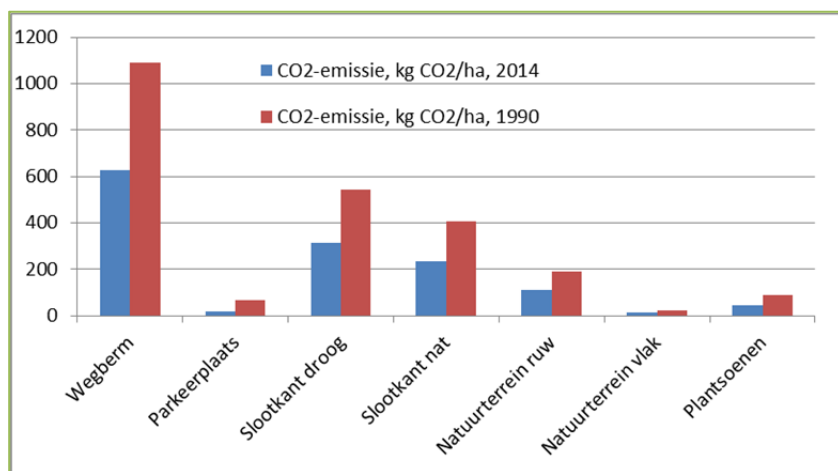
⁴ Zie <http://www.mechaman.nl/trekkerverkoopcijfers/>.

⁵ ING Economisch Bureau / ING Lease Nederland, 25 november 2008. Landbouwmachines. Tractoren en werktuigen in de Nederlandse akkerbouw en veehouderij.

Hieruit kan berekend worden dat over de periode 1998-2013 (waarin verkopen geregistreerd zijn) jaarlijks gemiddeld 58 tractoren minder verkocht zijn. Dit houdt in dat met extrapolatie het aantal in 1990 verkochte tractoren circa 4.470 stuks moet hebben bedragen. Dit is dus een daling met 30% het aantal tractoren in 2013 t.o.v. 1990. Hieruit kan een grove schatting gemaakt worden van de vermindering van het brandstof verbruik per tractor: $14/15 \cdot 30\% = 28\%$ zuiniger. Met dit getal is gerekend.

Verder is rekening gehouden met dat het maai- en oprapmaterieel nog niet zo ver ontwikkeld was als nu het geval is. Tegenwoordig wordt veel gewerkt met maai- zuigcombinaties, terwijl dat in die jaren meer harkwagens waren. Bovendien werden destijds grotere breedtes en oppervlakken gemaaid dan nu het geval is. Dit andere materieel en andere oppervlakken zijn in rekening gebracht door de maaisnelheid in 1990 terug te brengen op 80% van die van nu.

Figuur 10 geeft dit grafisch weer. Tabel 15 bevat de uitgevoerde berekeningen.



Figuur 10. Vergelijking van de CO₂-emissies voor het maaien van bermen en andere terreinen in 1990 en 2014.

Tabel 15 CO₂-footprint maaien bermen en sloten

Object ¹	Maaifrequentie (n / jaar)	Areaal (hectare)	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ / ha)	Footprint areaal (ton CO ₂ / jaar)
berm	2	1146	0,5434	1.245,5
bermsloten ²	1	163	0,9510	155,0
overige objecten ³	-	-	10%	140,0
Totaal 1990				1.540,5

1. Voor alle objecten is het areel 'stedelijk' en 'landelijk' meegenomen.

2. Gerekend is met de droge en natte slootkant.

3. De bermen en bermsloten vormen de grootste groep van objecten. Voor de overige objecten (plantsoenen, middenbermen, groene eilanden etc.) is een toeslag van 10% aangehouden op het aandeel van berm en bermsloten.

In 1990 gold een intensiever strooi beleid dan in 2014. Aangenomen wordt dat de wegen circa 30 keer preventief (éénmaal per dag) en 8 keer curatief (tweemaal per dag) gestrooid werden. Voor het strooien van de wegen wordt gebruik gemaakt van een kipwagen en voor de fietspaden wordt een pickup ingezet. De strooiwagen voor de wegen heeft een bereik van circa 12 meter. Dit betekent dat de wegen zonder middenberm in één rit gestrooid worden. Voor de wegen met tussenberm zijn 2 ritten nodig. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de jaarlijkse CO₂-emissie voor het strooien van de wegen.

Tabel 16 CO₂-footprint strooien wegen

Object	Strooifrequentie (n / jaar)	Weglengte (km)	Verbruik voertuig (1 : n)	Footprint areaal (ton CO ₂ / jaar)
Wegen ¹	46	571,3	2	41,2
Fietspaden	46	270	5	7,8
Totaal 1990				49

1. De wegen met middenberm zijn tweemaal gerekend.

De totale footprint voor maaien en strooien is 1.540,5 + 49 = 1.589,5 ton CO₂/jaar.

Terugblik	<ul style="list-style-type: none"> In 1990 werd vaker gestrooid dan in 2014. 	<ul style="list-style-type: none"> Na 1990 zijn de gebruikte vrachtauto's efficiënter geworden in brandstofverbruik.
-----------	---	---

2. Elektriciteit openbare verlichting (OVL)

Het areaal openbare verlichting (OVL) omvatte in 1990 circa 12.000 lichtmasten (opgave provincie Zuid-Holland). Een nauwkeurig overzicht geven van alle typen armaturen en een inschatting geven van het huidige verbruik is een complexe opgave. Op basis van de inventarisatie van de provincie Zuid-Holland en onze eigen kennis en ervaring, houden we de uitgangspunten in onderstaande tabel aan.

Tabel 17 CO₂-footprint openbare verlichting

Armatuur ¹	Percentage totaal	Energieverbruik (kW / jaar) ²	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ / jaar) ³
SOX 150W (135W)	50%	6.000 x 150W x 4.200 = 3.780.000	1.890
SOX 100W (90W)	20%	2.400 x 100W x 4.200 = 1.008.000	504
SON 163W (150W)	10%	1.200 x 163W x 4.200h = 821.520	410,8
HD Kwik 225W (250W)	5%	600 x 250W x 4.200h = 630.000	315
HD Kwik 135W (150W)	5%	600 x 150W x 4.200h = 378.000	189
Overig 90W (100W)	10%	1.200 x 100W x 4.200h = 504.000	252
Totaal 1990		7.121.520 kW / jaar	3.560,8

1. Een armatuur verbruikt meer energie dan alleen het energieverbruik van de lamp. Een armatuur met een lamp van 100 Watt verbruikt totaal circa 108 Watt.

2. Bij de berekening is uitgegaan van 12.000 armaturen met een gemiddelde brandduur van 4.200 uur per jaar.

3. Bij de berekening is uitgegaan van grijze stroom met een conversiefactor van 0,500 kg CO₂ / kWh (bron: Handboek CO₂-prestatieladder^[2]).

Terugblik	<ul style="list-style-type: none"> Doordat in 1990 nog grijze stroom werd ingekocht was de footprint destijds aanmerkelijk hoger. In 1990 hadden de armaturen gemiddeld een hoger energieverbruik (7%) dan in 2014. 	<ul style="list-style-type: none"> Het dimmen van de verlichting heeft een grotere bijdrage geleverd (15%) aan de verlaging van het energieverbruik dan de vervanging van de armaturen.
-----------	---	--

3. Elektriciteit pompinstallaties

Aangenomen wordt dat het areaal en het verbruik van de pompinstallaties en besturingssystemen gelijk is gebleven.

4. Elektriciteit verkeersregelinstallaties (VRI)

Voor de CO₂-footprint van 1990 worden de volgende aannamen gedaan:

- Door het ontbreken van rotonden in 1990 is het aantal VRI-geregelde kruisingen aanmerkelijk groter (137 in 1990, 119 in 2014).
- In 1990 waren alle signaalgevers voorzien van 40W-lampen.
- In 1990 waren nog geen observatiecamera's geplaatst.

Tabel 18 CO₂-footprint VRI en observatiecamera

Object	Aantal objecten	Energieverbruik (kW / jaar)	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ / jaar) ³
VRI – halogeen/krypton (40W/h) ¹	137	137 x 8.760h x 12 x 3 x 0,04 = 1.728.173	864,1
Automaat ²	137	137 x 1.500 = 205,500	102,8
Totaal			966,9

1. Een kruispunt bestaat gemiddeld uit 12 signaalgroepen met 3 signaalgevers waarvan altijd 1 signaalgever brandt.
2. Verbruik van de automaat is circa 1500 kWh per jaar.
3. Bij de berekening is uitgegaan van grijze stroom met een conversiefactor van 0,500 kg CO₂ / kWh (bron: Handboek CO₂-prestatieladder^[2]).

Terugblik	<ul style="list-style-type: none"> • Het energieverbruik van de VRI-installaties in 1990 was circa 75% hoger dan in 2014. • De verlaging van het energieverbruik komt door het vervangen van de halogeen / krypton lampen door LED. 	<ul style="list-style-type: none"> • Naast het hogere energieverbruik is ook de inkoop van grijze stroom een belangrijk verschil tussen de footprint van 1990 en 2014.
-----------	---	---

4.1.3 CO₂-Footprint 1990 - 2014

In onderstaande tabel is de CO₂-footprint voor 1990 en 2014 bepaald.

Tabel 19 Samenvatting CO₂-footprint 1990 - 2014

Onderdeel	2014		1990		Verschil (%) 1990 -> 2014
	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ / jaar)	Aandeel (%)	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ / jaar)	Aandeel (%)	
Grootschalig beheer en onderhoud	10.798,2	89,8	16.677,8	73,2	-34,5
Dagelijks beheer en onderhoud:					
Maaien bermen en sloten en strooien	937,4	7,7	1.589,5	7,0	-41,0
Openbare verlichting (OVL)	267,7	2,2	3.560,8	15,6	-92,5
Pompinstallaties	5,1	0,1	5,1	0,0	0
Verkeersregelinstallaties (VRI)	31,2	0,3	966,9	4,2	-96,8
Totaal	12.029,6	100	22.800,1	100	-46,6

4.2 Analyse CO₂-footprint

Op basis van de resultaten uit hoofdstuk 4.1 kunnen de volgende conclusies getrokken worden.

1. De CO₂-footprint in 2014 is bijna 50% lager dan in 1990. Dit komt voornamelijk door een lagere emissie in de productieketen en door de inkoop van groene stroom.
2. In 1990 is het aandeel dat grootschalig beheer en onderhoud (GBO) op de totale CO₂-footprint heeft aanmerkelijk lager dan in 2014. Dit komt voornamelijk doordat in 1990 het gebruik van grijze stroom relatief zwaar meeweegt.
3. De algehele vermindering van de uitstoot van CO₂ tussen 1990 en 2014 zorgt voor een belangrijke verlaging van de CO₂-footprint in 2014 voor grootschalig beheer en onderhoud.
4. Door het gebruik van grijze stroom in 1990 is de CO₂-footprint voor elektriciteitsverbruik een factor 13 hoger dan in 2014.
5. De vermindering van het aantal VRI-installaties ten opzichte van 1990 en het gebruik van LED-lampen zorgen voor een sterke verlaging van het elektriciteitsverbruik in 2014 voor de verkeersregelinstallaties.

4.3 Vergelijking met het totale energieverbruik van de provincie Zuid-Holland

In 1990 bedroeg de CO₂-emissie door de gehele provincie 30 Mton^[3]. Van de provinciale CO₂-emissie wordt 14% (4,2 Mton) veroorzaakt door het verkeer en vervoer in de provincie.

De CO₂-footprint van de wegen en vaste kunstwegen in het areaal van DBI bedraagt in het jaar 2014 0,023 Mton. Daarvan wordt 73,2% veroorzaakt door de productie en het transport van materialen tijdens groot onderhoud en 26,8% door het energieverbruik voor dagelijks beheer en onderhoud. In tabelvorm ziet dit er als volgt uit:

Tabel 20: CO₂-footprint Provincie Zuid-Holland

Emissie 2014	2014		1990	
	CO ₂ -footprint (Mton CO ₂)	percentage	CO ₂ -footprint (Mton CO ₂)	Percentage
Totale emissie provincie	52,5	100%	38	100%
Wegverkeer	4,8	9,1		
Scheepvaart	1,7	3,2		
Projecten DBI	0,012	0,02%	0,023	0,06%

Het beheer en onderhoud van de wegen en vaste kunstwerken binnen het areaal van DBI was in 1990 verantwoordelijk voor 0,06% van de totale CO₂-uitstoot van de provincie Zuid-Holland. In 2014 is dat teruggelopen naar 0,02%, een verlaging met een factor 3. Een belangrijke oorzaak hiervoor is dat de totale footprint van de provincie sterk is toegenomen (van 38 Mton in 1990 naar 52,5 Mton in 2014). Het areaal van de provincie is in deze periode ongeveer gelijk gebleven terwijl de emissie van CO₂ is afgenomen (van 0,023 Mton in 1990 naar 0,012 Mton in 2014).

5 VOORUITBLIK FOOTPRINT 2020

5.1 Prognose 2020

De prognose voor 2020 is gebaseerd op de autonome ontwikkelingen die buiten de invloedssfeer van de provincie plaatsvinden. De basis voor de berekening van de verwachte footprint in 2020 is de footprint uit 2014. Op basis van de verwachte ontwikkelingen in de komende 5 jaren, wordt een footprint uitgerekend.

Tabel 21: Ontwikkeling CO₂-footprint Provincie Zuid-Holland

Beheer en onderhoud	CO ₂ -footprint 2014 (Mton CO ₂)	Maatregel	Verandering ¹	CO ₂ -footprint 2020 (Mton CO ₂)
Grootschalig beheer en onderhoud				
Grootschalig beheer en onderhoud.	10.798,2	- zwaardere constructienormen en overdimensionering constructie bij uitvoering - CO ₂ -arm asfalt en beton (85% van de footprint – zie tabel 9) - verlengen levensduur wegdek (70% van de footprint – zie tabel 9)	+ 2% -10% (-8,5%) - 10% (-7%)	(9.338)
		- autonome ontwikkeling industrie (zie bijlage 7), Broeikasgas Intensiteitsindex van 55,1 in 2014 naar 43,2 in 2020	- 21,5%	7.325 (21,5% van 9.338)
Maaien bermen	888,7	- efficiëntere tractoren - biobased brandstoffen	- 5% - 5%	800
Strooien van wegen	38,7	- efficiëntere voertuigen - biobased brandstoffen	- 5% - 5%	35
Openbare verlichting	267,7	- volledige overstap op LED - dimmen van verlichting - opwekken hernieuwbare energie	- 20% - 10 - 5%	175
Pompinstallaties	5,1	- energiezuinige pompbesturingsinstallatie	- 20%	4
Verkeersregelinstallatie	31,2	- volledige overstap op LED - energiezuinige automaten	- 1% - 20%	25
Totaal	12.029,6			8.350
1. Het getal dat tussen haakjes staat is de berekende verandering (85% van 10% = 8,5%).				

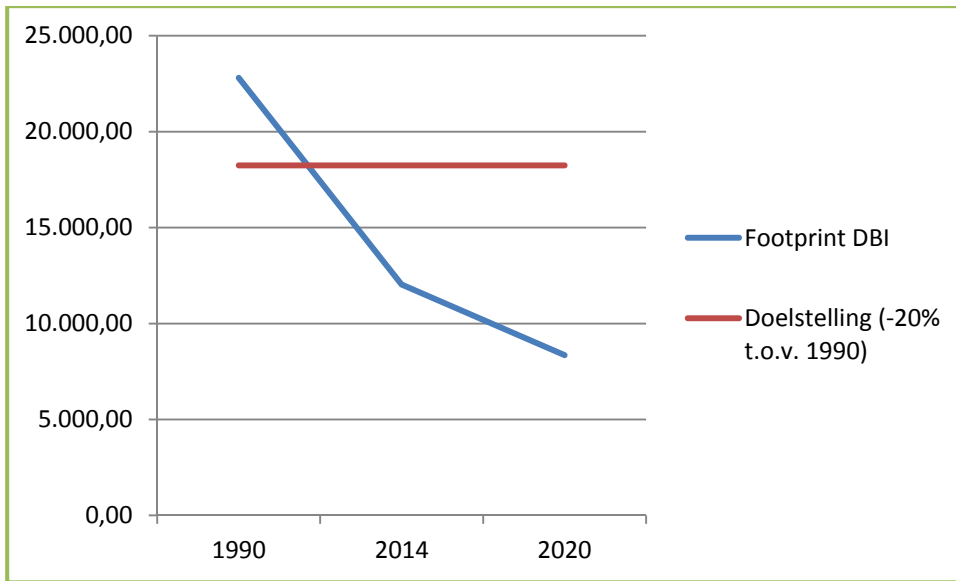
5.2 Overzicht 1990 - 2020

In tabelvorm ziet de ontwikkeling van de CO₂-footprint voor het beheer en onderhoud van wegen in de provincie Zuid-Holland er als volgt uit:

Tabel 22 Samenvatting CO₂-footprint 1990 - 2014

Jaar	CO ₂ -footprint (ton CO ₂ / jaar)	Percentage van 1990
1990	22.800	100%
2014	12.160	53%
2020	8.350	37%

In onderstaande tabel zijn de getallen grafisch weergegeven. Als doelstelling is een reductie van 20% aangehouden ten opzichte van de footprint uit 1990.



Figuur 11. Ontwikkeling CO2-footprint DBI 1990 - 2020

6 UITWERKING MAATREGELENPAKKET

In bijlage 8 is een overzicht opgenomen van maatregelen die genomen kunnen worden om de CO₂-footprint van het beheren en onderhouden van de wegen te verlagen. Dit maatregelenpakket richt zich op de maatregelen die de provincie zelf kan nemen om de CO₂-footprint te verlagen, dus naast de autonome ontwikkelingen zoals in het vorige hoofdstuk geschetst. In dit hoofdstuk wordt per categorie van objecttypen beschreven welke maatregelen het meest rendabel zijn om in te zetten. Bij het bepalen van de meest rendabele maatregelen is uitgegaan van de analyses en conclusies uit hoofdstuk 3.4.

6.1 Wegen en kunstwerken

Het gebruik van asfalt en beton voor het beheren en onderhouden van wegen levert verreweg de grootste bijdrage aan de CO₂-footprint en maatregelen op dit gebied hebben dan ook de grootste impact. In onderstaand overzicht zijn de belangrijkste maatregelen voor het verlagen van de footprint weergegeven op basis van de inventarisatie in bijlage 8, waarbij onderscheid is gemaakt in de fasen van ontwerp, aanleg en beheer en onderhoud

Tabel 23 *Belangrijkste maatregelen verlaging CO₂-footprint*

	Ontwerp	Aanleg	Beheer en onderhoud
Asfalt	<ul style="list-style-type: none"> • Slim ontwerpen in plaats van standaardoplossingen; • Toepassen asfalt met meer dan 50% partiële recycling; • Toepassen van biobased asfalt; 		<ul style="list-style-type: none"> • Levensduurverlengende maatregelen; bv. het sealen van asfalt.
Kunstwerken	<ul style="list-style-type: none"> • Slim ontwerpen met kortere overspanningen; • Optimaliseren samenstelling van beton; • Aanbrengen betere differentiatie in wapening; • Toepassen beton op basis van verbeterde recyclingtechnologie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Langere bouwtijd ten gunste van uitharden beton. 	

Door diverse fabrikanten wordt onderzoek gedaan naar bijvoorbeeld CO₂-zuinigere productieprocessen of nieuwe toelagstoffen die het gebruik van bindmiddel (cement of bitumen) kunnen terugdringen. Het valt echter buiten het kader van deze studie om deze verwachte rendementen te vergelijken met onze berekeningen. Vandaar dat deze maatregelen niet zijn opgenomen in bovenstaand overzicht.

6.2 Maaien en strooien

De footprint bij het maaien en strooien wordt nagenoeg volledig bepaald door brandstofverbruik. Vermindering van het brandstofverbruik of het overstappen op andere (CO₂-zuinige) brandstoffen is een voor de hand liggende oplossing. De belangrijkste maatregel voor het verlagen van de footprint is:

- Minder maaien door slim bermontwerp en bermbeheer;
- Aanbieden van het bermmaaisel voor vergisting en productie van biogas (compensatie CO₂-emissie);

Om het aardgasverbruik van een gemiddeld huishouden te compenseren is het bermgras van circa 3 hectare berm nodig. Eén hectare levert ongeveer 11 ton bermgras per jaar. Middels vergisting wordt dit omgezet in circa 800 Nm³ Biogas (500Nm³ Aardgas)⁶. Het rendement van vergisting is echter wel sterk afhankelijk van droge stofgehalte en voorbereidingstechniek.

⁶ bron; eigen gegevens gras opbrengsten, RVO "Vergisting van grassen" en Milieu centraal

6.3 Elektriciteitsverbruik

Het aandeel van de footprint voor het elektriciteitsverbruik is tussen 1990 en 2014 sterk afgenomen door met name het inkopen van groene stroom en het toepassen van LED-lampen. Verdere maatregelen om de CO₂-footprint te verlagen moeten gezocht worden in het opwekken van elektriciteit door zon en wind en het zuiniger maken van installaties.

De belangrijkste maatregelen (voor reductie / transitie) voor het verlagen van de footprint zijn:

- Toepassen van conventionele zonnepanelen, bijvoorbeeld langs de weg of op een kunstwerk;
- Toepassen van slimme design zonnepanelen, bijvoorbeeld zonnebomen, Smartflower etc.;
- Integreeren van PV-cellen in constructies, bijvoorbeeld PV-cellen in geluidsschermen;
- Toepassen van windturbines, bijvoorbeeld op kunstwerken, windbomen, etc.;
- Minder energieverbruik door slimme schakeling (en dimmen) van verlichting, bijvoorbeeld op tijd, beweging, verkeersintensiteiten en weersomstandigheden;
- Minder elektrische verlichting door toepassen van reflecterende materialen, bijv. reflecterende verharding en reflecterende belijning.
- Toepassen van warmtewinning uit verhardingsconstructies (zonnecollectoren);

Als rekenvoorbeeld wordt een geluidsscherm van 1 kilometer lengte genomen met zonnepanelen van 2 meter hoogte (300 watt piekvermogen). Dit zijn 1.000 zonnepanelen met een opbrengst van (300.000 Wp) circa 262.500 kWh per jaar. Dit staat gelijk aan het elektriciteitsverbruik van ongeveer 75 huishoudens per jaar.

6.4 Overige maatregelen

De maatregelen kunnen gezien worden als aanvulling op de eerdere inventarisatie van mogelijke maatregelen welke door DBI is opgesteld. In deze maatregelenlijst (beschikbaar bij DBI) zijn ook diverse maatregelen opgenomen die niet direct met het beheer en onderhoud van de wegen te maken hebben, maar bijvoorbeeld betrekking hebben op het gebruik van de weg of de eigen werkzaamheden van de provincie.

7 LITERATUURLIJST EN VERWIJZINGEN

1. *Handboek Ontwerpcriteria Wegen* (Provincie Zuid-Holland, versie 4.0 – september 2012).
2. *Handboek CO₂-prestatieladder* (Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden en Ondernemen, versie 2.2 – 4 april 2014).
3. *Jaarrapportage Milieudoelen – resultaten over het jaar 2011* (DCMR Milieudienst Rijnmond – 1 juni 2012).
4. *Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw* (M. Bijleveld, G. Bergsma en M. van Lieshout - 2013).

Bijlage 1: Notitie Relatics

Notitie

Aan : Mirza Milosevic (Provincie Zuid-Holland)
Van : Hans Hoerber
Datum : 23 juli 2014
Kopie : Peter Gosselink, Oscar van Wijk, Jos Schild
Onze referentie : BD1308_INFRA_NIJM_N005_F1.0

**Betreft : Energie 0-meting Provincie Zuid-Holland:
Plan van aanpak Relatics**

Inleiding

Als onderdeel van het Project Energie 0-meting Provincie Zuid Holland heeft RHDHV opdracht voor het bepalen van de CO2-footprints van aanleg, beheer en onderhoud van de objecten in het areaal van DBI. De CO2-footprints worden beschouwd in drie fasen:

- Fase 1: Huidig (2014) energieverbruik met betrekking tot de hoofdcategorieën wegen en vaste kunstwerken en daarbij horende sub-objectcategorieën. Hierbij is gevraagd het energieverbruik te specificeren naar 1) aanleg en grootschalig onderhoud en 2) het dagelijks beheer en onderhoud.
- Fase 2: Ontwikkeling energieverbruik 1990-2014
- Fase 3: Ontwikkeling energieverbruik 2014-2020

Voor de verschillende categorieën objecten (objecttypen) zal de CO2-footprint per fase worden bepaald middels 1) de elementen en hoeveelheden van deze objecttypen en 2) een conversiefactor per element om te komen van hoeveelheden van het element tot een CO2-footprint. Voor het bepalen van deze CO2-footprints heeft RHDHV afgewogen welke tool zich het beste leent voor het bepalen en vastleggen van deze objecttypen, elementen, hoeveelheden, conversiefactoren en footprints. RHDHV heeft in het overleg met de provincie op 16 juli de toepassing van Relatics voorgesteld. In deze notitie wordt toegelicht wat Relatics is, hoe de ontwikkelde template werkt en wat de voordelen van deze tool in Relatics zijn.

Toelichting op Relatics

Relatics is een web-based relationele database die eenvoudig aanpasbaar is. Dit betekent dat de database altijd en overal voor de genodigden benaderbaar is via het internet, afgeschermd met een log-in. De informatie in de database heeft een expliciete onderlinge samenhang doordat informatie 'elementen' aan elkaar gekoppeld kan worden. Binnen Relatics kan voor elk project een aparte omgeving met een projectspecifieke template worden aangemaakt, die aansluit bij de behoeften van het project. Voor dit project hebben wij dan ook een specifieke template ontwikkeld. Meer algemene informatie over Relatics is ook te vinden op:
<http://www.relatics.com/nl/>

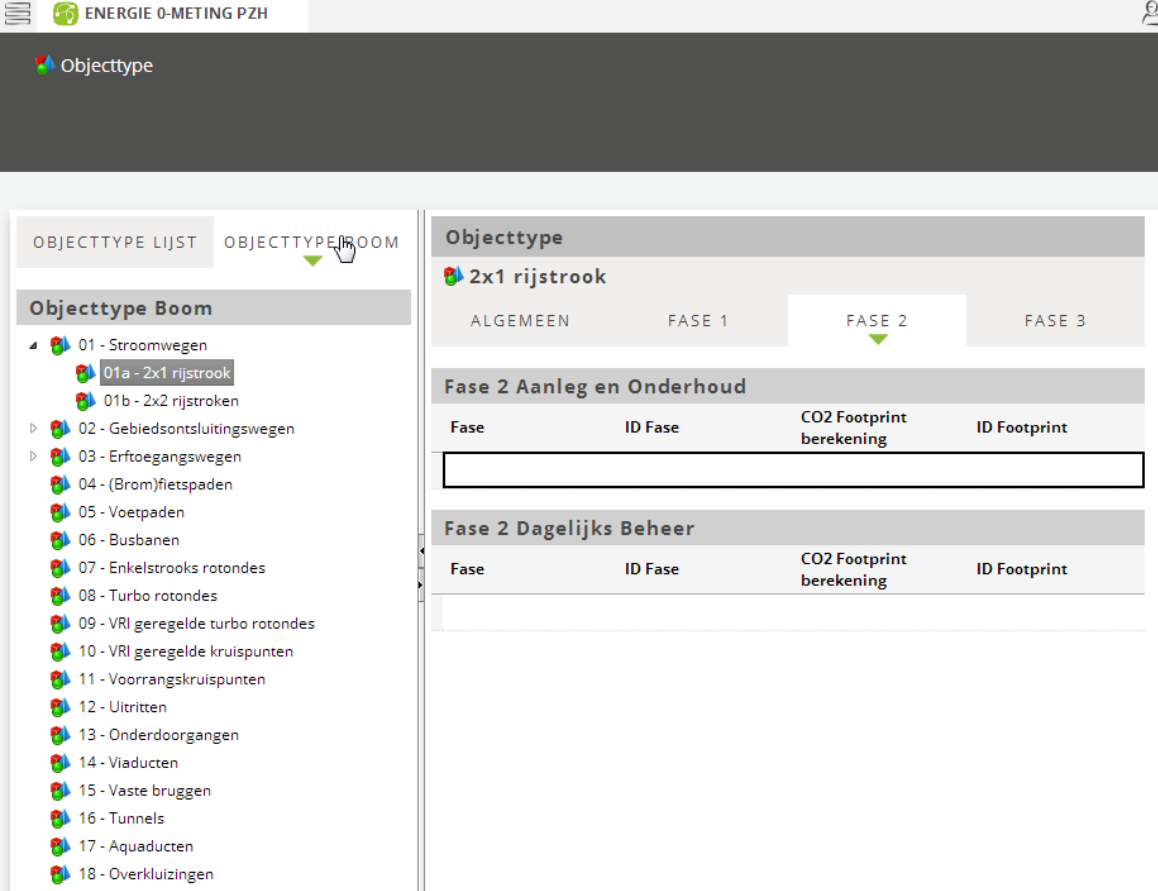
Werking van de template

De in Relatics gemaakte template is ingericht voor het beheren van de volgende informatie:

- objecttypen met algemene kenmerken zoals beschrijving, levensduur, aantal en afbeelding;
- elementen en hoeveelheden en levensduur van deze elementen;

- conversiefactoren voor materiaal en transport;
- CO2-footprints en energiewaarden per fase en met onderscheid naar 1) aanleg en onderhoud en 2) dagelijks beheer.

Er is een online pagina ingericht voor het beheren van de objecttypen en het maken van de bijbehorende CO2-footprint berekeningen met een apart tabblad per fase. Daarnaast is een aparte pagina ingericht voor het beheren van de conversiefactoren. Onderstaande figuur 1 toont een screenshot van de Relatics template.



Figuur 1: Screenshot Relatics omgeving Energie 0-meting PZH

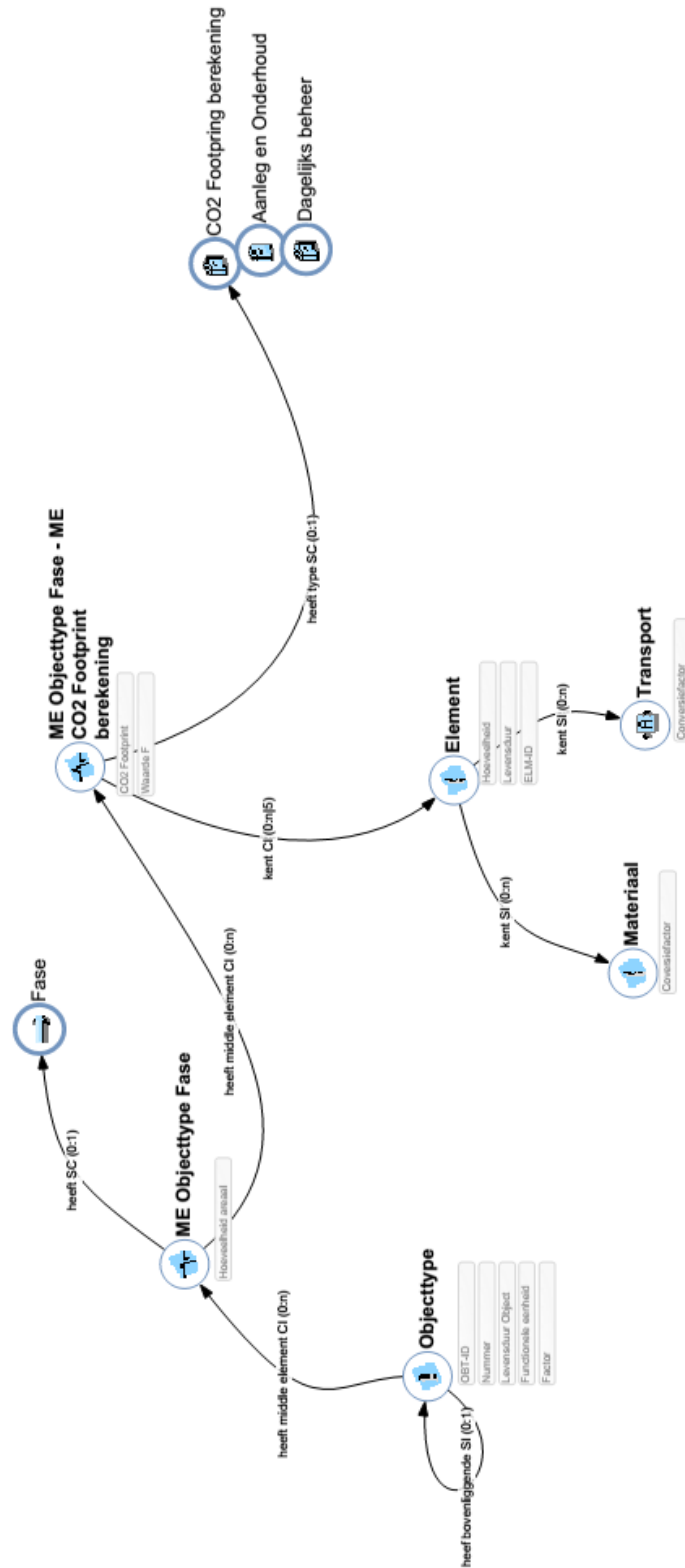
In Bijlage 1 is de formele beschrijving van de ontwikkelde Relatics template toegevoegd.

Voordelen van het gebruik van Relatics

Het gebruik van de projectomgeving in Relatics biedt de volgende voordelen:

- Met meerdere medewerkers tegelijk en op afstand in een online database werken;
- Project specifieke tool die eenvoudig aan te passen en uit te breiden is;
- Gestructureerde invoer met uniforme presentatie van gegevens;
- Geautomatiseerde berekeningen, eenvoudig aan te passen;
- OG kan te allen tijde meekijken in de voortgang;
- Eenvoudig uit te breiden met extra objecttypen;
- Verschillende uitdraaien van de informatie te definiëren (Excel, Word rapportage);
- Toekomstige koppeling met GIS-systeem mogelijk;

Bijlage 1: Formele beschrijving Relatics template Energie 0-meting PZH

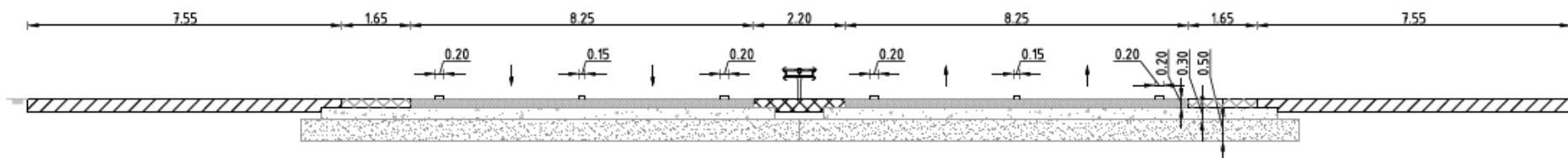


Bijlage 2: Datasheets objecten

Objecttype: 1. Stroomwegen – wegtype I (2x2 rijstroken)

Rekenjaar: 2014

CROW publicatie 331, Handboek wegontwerp 2013



	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	16,5 x 0,035	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	789,1
2	asfaltverharding onderlagen	16,5 x 0,17	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	530,5
3	halfverharding berm	3,3 x 0,12	grasbetontegel	1,238	79	4,4	25	130,9
4	puinverharding	21,8 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	87,1
5	zandcunet	24 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	140,6
6	markering	1,1 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	67,9
Areaal provincie: 5.500 meter			Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹			Footprint objecttype (per 1 FE): 1.746 (kg CO₂ /80 jaar)		

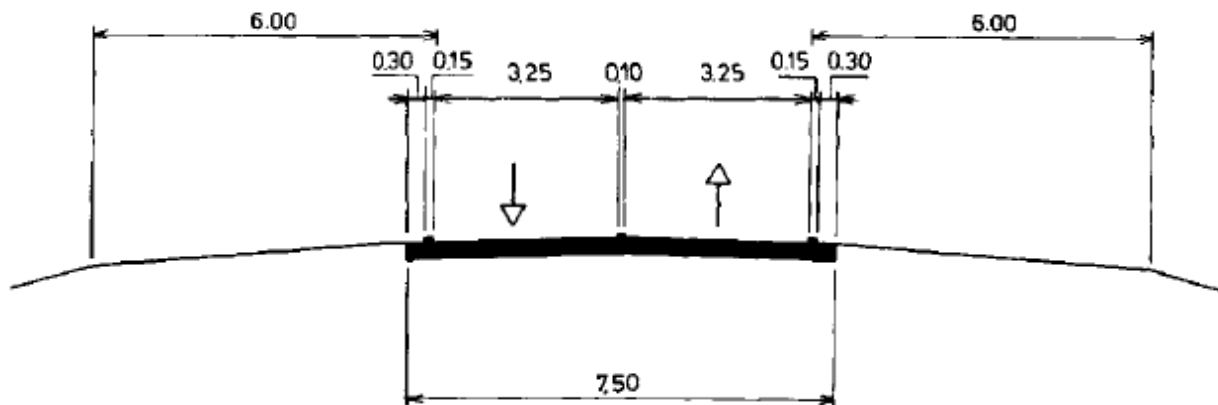
Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 1. Stroomwegen (2x2 rijstroken) – wegtype II (Stadsautosnelweg) en III (Autoweg)

Rekenjaar: 1990

Richtlijnen voor het ontwerpen van niet-autosnelwegen (1989)



(principeschets wegtype III, betreft geen 2x2 rijstroken)

	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	15 x 0,04	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	819,8
2	asfaltverharding onderlagen	15 x 0,16	asfalt STAB 022	2,4	35	4,4	40	453,9
3	puinverharding	16 x 0,25	hoogovenslakken	3,3	2,36	4,4	80	89,2
4	zandcunet	17 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	99,6
5	markering	0,8 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	49,4
Areaal provincie: 16.901 meter			Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹		Footprint objecttype (per 1 FE): 1.512 (kg CO₂/80 jaar)			

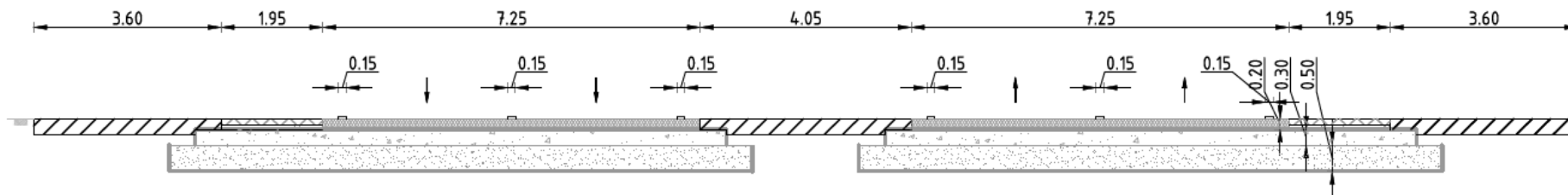
Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 2a. Gebiedsontsluitingswegen – wegtype I (2x2 rijstroken)

Rekenjaar: 2014

Handboek Ontwerpcriteria Wegen (versie 4.0) – hoofdstuk 2



	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	16,5 x 0,035	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	789,1
2	asfaltverharding onderlagen	16,5 x 0,17	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	530,5
3	halfverharding berm	1,95 x 0,12	grasbetontegel	1,238	79	4,4	25	77,3
4	puinverharding	20,4 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	81,5
5	zandcunet	22,4 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	131,2
6	markering	0,9 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	55,5
Areaal provincie: 32.100 meter			Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹			Footprint objecttype (per 1 FE): 1.665 (kg CO₂ /80 jaar)		

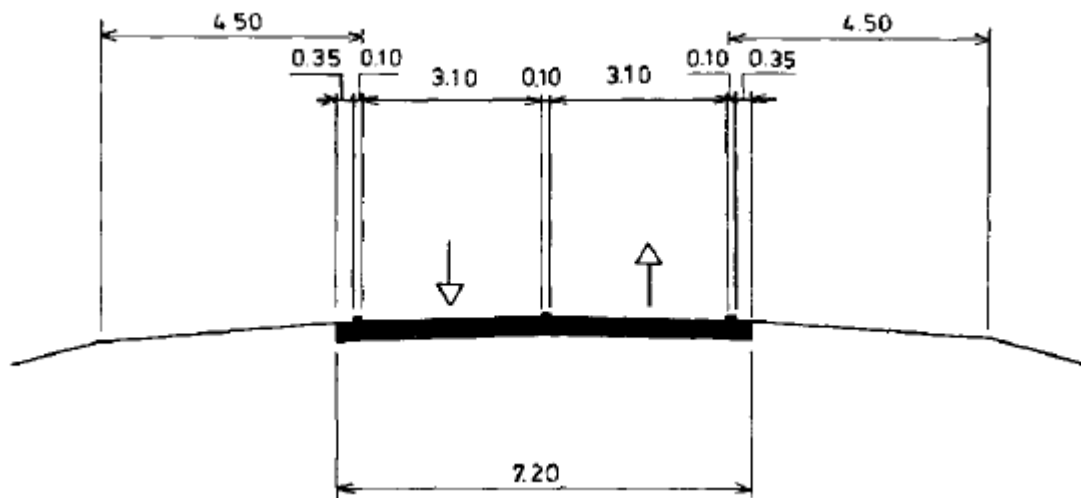
Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 2a. Gebiedsontsluitingsweg (2x2 rijstroken) – wegtype IV (Autoweg) en V (Weg met gesloten verklaring)

Rekenjaar: 1990

Richtlijnen voor het ontwerpen van niet-autosnelwegen (1989)



(principeschets wegtype IV en V, betreft geen 2x2 rijstroken)

	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	14,4 x 0,04	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	787,0
2	asfaltverharding onderlagen	14,4 x 0,16	asfalt STAB 022	2,4	35	4,4	40	435,7
3	puinverharding	15,4 x 0,25	hoogovenslakken	3,3	2,36	4,4	80	85,9
4	zandcunet	16,4 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	96,1
5	markering	0,6 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	37,0
Areaal provincie: 31.057 meter			Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹			Footprint objecttype (per 1 FE): 1.441 (kg CO₂ /80 jaar)		

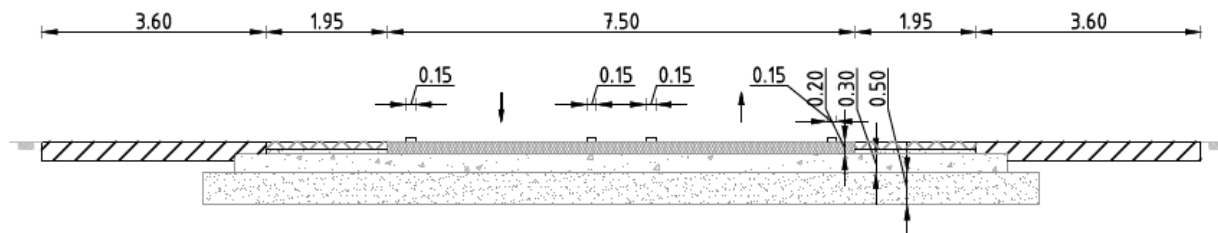
Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 2b. Gebiedsontsluitingswegen – wegtype II (1x2 rijstroken)

Rekenjaar: 2014

Handboek Ontwerpcriteria Wegen (versie 4.0) – hoofdstuk 2



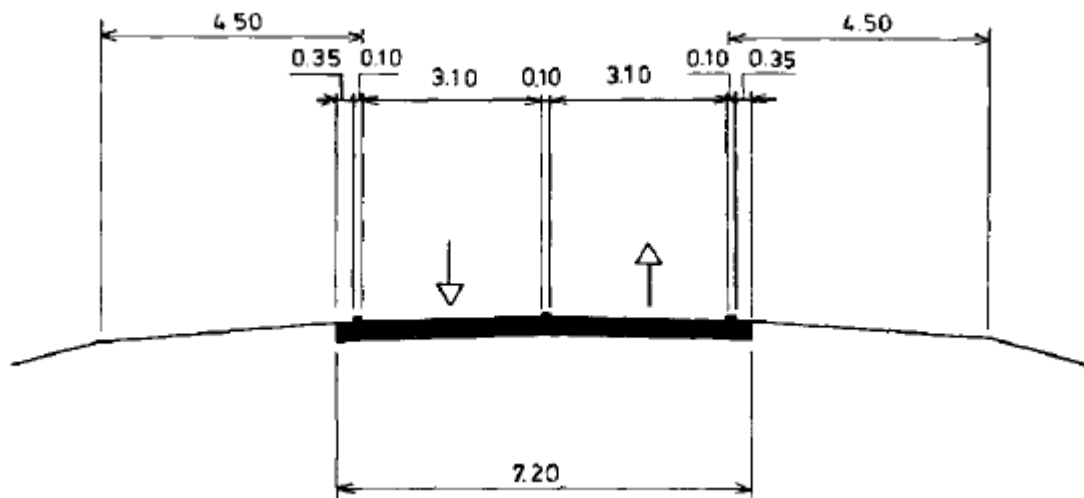
	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	7,5 x 0,035	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	358,7
2	asfaltverharding onderlagen	7,5 x 0,17	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	241,1
3	halfverharding berm	3,9 x 0,12	grasbetontegel	1,238	79	4,4	25	154,6
4	puinverharding	12,4 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	49,6
5	zandcunet	13,4 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	78,5
6	markering	0,6 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	37,0
Areaal provincie: 370.700 meter			Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹		Footprint objecttype (per 1 FE): 920 (kg CO₂ /80 jaar)			

Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 2b. Gebiedsontsluitingsweg (1x2 rijstroken) – wegtype IV (Autoweg) en V (Weg met gesloten verklaring) Rekenjaar: 1990

Richtlijnen voor het ontwerpen van niet-autosnelwegen (1989)



(principeschets wegtype IV en V)

	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	7,2 x 0,04	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	393,5
2	asfaltverharding onderlagen	7,2 x 0,16	asfalt STAB 022	2,4	35	4,4	40	217,9
3	puinverharding	8,2 x 0,25	hoogovenslakken	3,3	2,36	4,4	80	45,7
4	zandcunet	9,2 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	53,9
5	markering	0,3 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	18,5
Areaal provincie: 391.601 meter			Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹		Footprint objecttype (per 1 FE): 729 (kg CO₂ /80 jaar)			

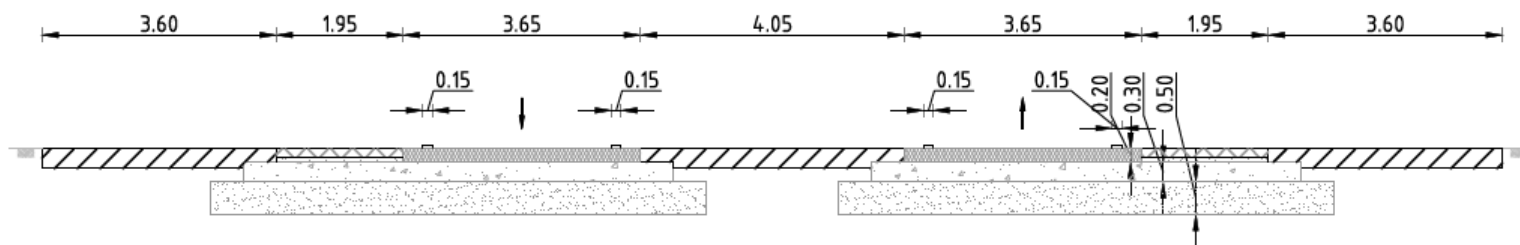
Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 2c. Gebiedsontsluitingswegen – wegtype I (2x1 rijstroken)

Rekenjaar: 2014

Handboek Ontwerpcriteria Wegen (versie 4.0) – hoofdstuk 2



	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	7,5 x 0,035	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	358,7
2	asfaltverharding onderlagen	7,5 x 0,17	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	241,1
3	halfverharding berm	3,9 x 0,12	grasbetontegel	1,238	79	4,4	25	154,6
4	puinverharding	13,2 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	52,7
5	zandcunet	15,2 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	89,0
6	markering	0,6 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	37,0
Areaal provincie: 21.200 meter			Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹			Footprint objecttype (per 1 FE): 934 (kg CO₂ /80 jaar)		

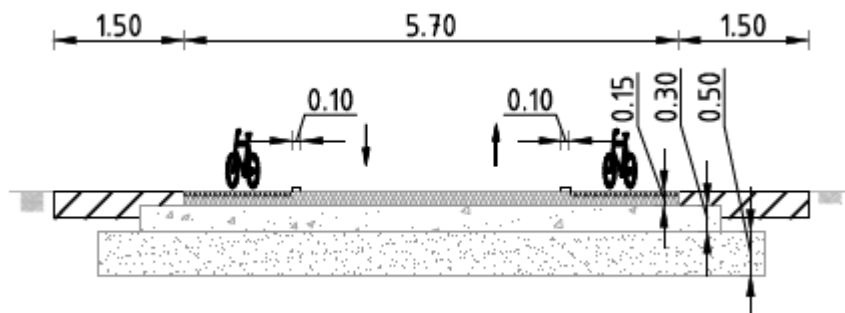
Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 3. Erftoegangswegen – (> 4,5 meter met fietsstroken)

Rekenjaar: 2014

Handboek Ontwerpcriteria Wegen (versie 4.0) – hoofdstuk 3



	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	5,7 x 0,025	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	194,7
2	asfaltverharding onderlagen	5,7 x 0,12	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	129,4
3	halfverharding berm	3,0 x 0,12	grasbetontegel	1,238	79	4,4	25	118,9
4	puinverharding	6,7 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	26,8
5	zandcunet	7,7 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	45,1
6	markering	0,2 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	12,3
Areaal provincie: 100.000 meter			Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹			Footprint objecttype (per 1 FE): 527 (kg CO₂ /80 jaar)		

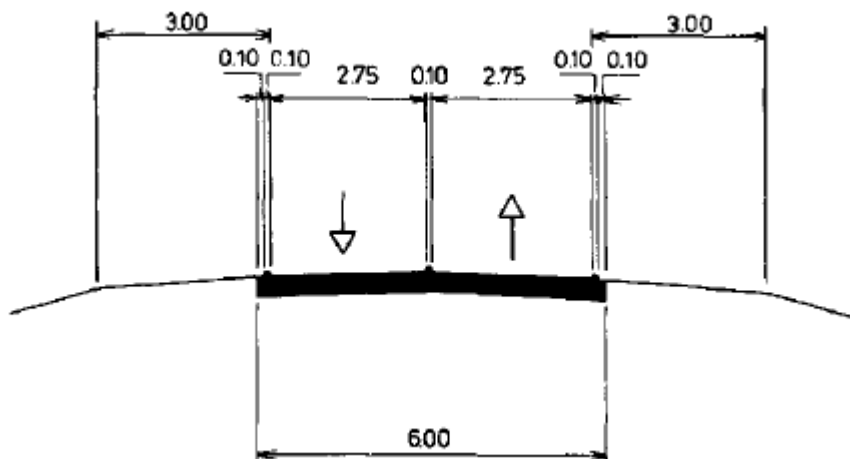
Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 3. Erftoegangswegen – wegtype VI (Weg met gesloten verklaring) en VII (Weg voor alle verkeer)

Rekenjaar: 1990

Richtlijnen voor het ontwerpen van niet-autosnelwegen (1989)



(principeschets wegtype VI)

	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	6 x 0,04	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	327,9
2	asfaltverharding onderlagen	6 x 0,10	asfalt STAB 022	2,4	35	4,4	40	113,5
3	puinverharding	7 x 0,25	hoogovenslakken	3,3	2,36	4,4	80	39,0
4	zandcunet	8 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	46,9
5	markering	0,3 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	18,5
Areaal provincie: 48.304 meter			Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹		Footprint objecttype (per 1 FE): 546 (kg CO₂ /80 jaar)			

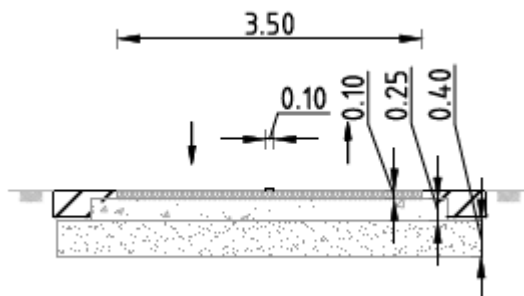
Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 4. Brom- en fietspaden

Rekenjaar: 2014

Handboek Ontwerpcriteria Wegen (versie 4.0) – hoofdstuk 4

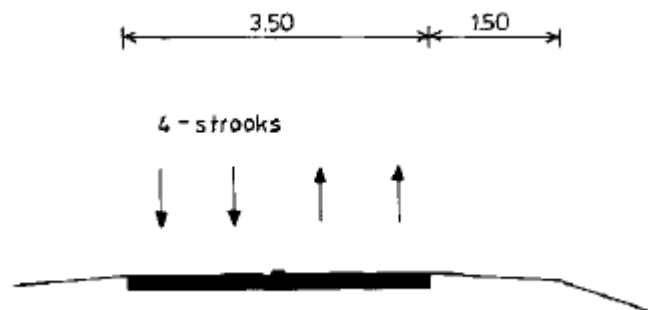


	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	3,5 x 0,025	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	79,7
2	asfaltverharding onderlagen	3,5 x 0,075	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	49,6
3	puinverharding	4,1 x 0,25	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	13,7
4	zandcunet	4,9 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	28,7
5	markering	0,1 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	6,2
Areaal provincie: 270.000 meter			Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹			Footprint objecttype (per 1 FE): 179 (kg CO₂ /80 jaar)		

Objecttype: 4. Brom- en fietspaden

Rekenjaar: 1990

Richtlijnen voor het ontwerpen van niet-autosnelwegen (1989)



(principeschets fietspad, in 2 richtingen bereiden)

	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	3,5 x 0,025	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	119,6
2	asfaltverharding onderlagen	3,5 x 0,06	asfalt STAB 022	2,4	35	4,4	40	39,7
3	puinverharding	4,1 x 0,2	hoogovenslakken	3,3	2,36	4,4	80	18,3
4	zandcunet	5,1 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	29,9
5	markering	0,1 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	6,2
Areaal provincie: 270.000 meter			Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹			Footprint objecttype (per 1 FE): 216 (kg CO₂ /80 jaar)		

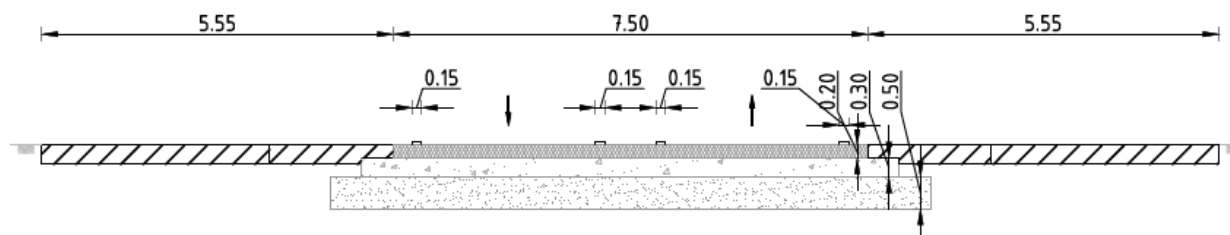
Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 5a. Vrijliggende busbaan

Rekenjaar: 2014

Handboek Ontwerpcriteria Wegen (versie 4.0) – hoofdstuk 13

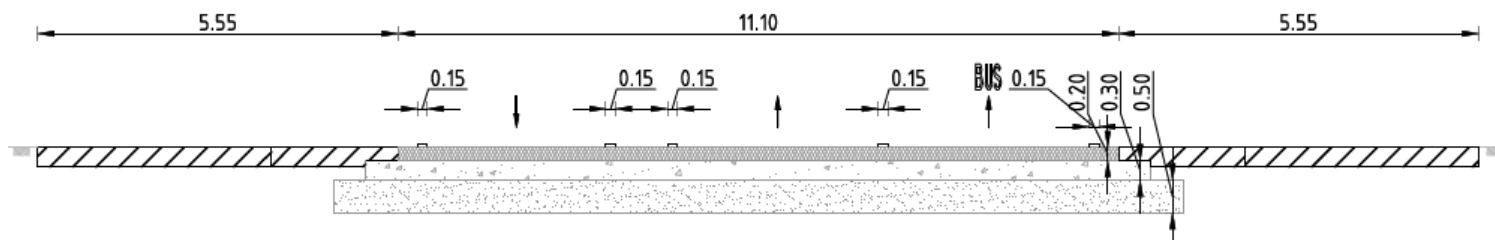


	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	7,5 x 0,035	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	358,7
2	asfaltverharding onderlagen	7,5 x 0,17	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	241,1
3	halfverharding berm	3,9 x 0,12	grasbetontegel	1,238	79	4,4	25	154,6
4	puinverharding	8,5 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	34,0
5	zandcunet	9,5 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	55,6
6	markering	0,6 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	37,0
Areaal provincie: 14.000 meter			Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹			Footprint objecttype (per 1 FE): 882 (kg CO₂ /80 jaar)		

Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 5b. Aanliggende busbaan Rekenjaar: 2014
 Handboek Ontwerpcriteria Wegen (versie 4.0) – hoofdstuk 13



	objectelement	afmeting (bxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	3,6 x 0,035	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	172,2
2	asfaltverharding onderlagen	3,6 x 0,17	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	115,7
3	puinverharding	3,6 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	14,4
4	zandcunet	3,6 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	21,1
5	markering	0,15 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	9,3

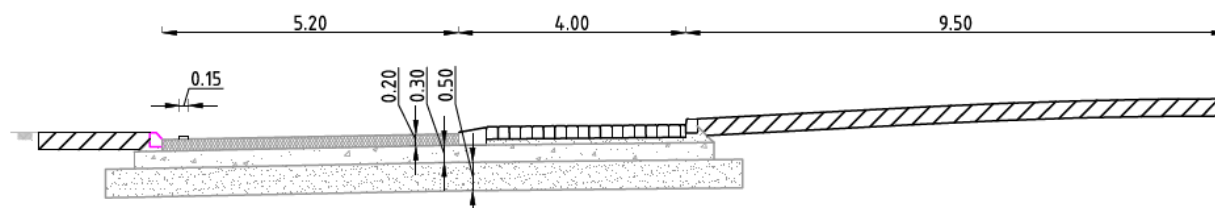
Areaal provincie: 14.000 meter **Functionele Eenheid: lengte = 1 m¹** **Footprint objecttype (per 1 FE): 332 (kg CO₂ /80 jaar)**

Toelichting: voor objecttype 5b is alleen de toegevoegde busbaan doorgerekend en niet de naastgelegen weg.

Objecttype: 6a. Enkelstrooksrotonde (3-taks)

Rekenjaar: 2014

Handboek Ontwerpcriteria Wegen (versie 4.0) – hoofdstuk 13



	objectelement	hoeveelheid (lxbxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding rotonde toplaag	101 x 5,2 x 0,025	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	17.969
2	asfaltverharding rotonde onderlagen	101 x 5,2 x 0,18	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	17.906
3	asfaltverharding takken toplaag	1.458 x 1 x 0,025	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	49.805
4	asfaltverharding takken onderlagen	1.458 x 1 x 0,18	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	49.633
5	puinverharding rotonde	88,6 x 10,2 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	3.611
6	puinverharding takken	1.710 x 1 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	6.833
7	rammelstrook midden rotonde	72,26 x 4 x 0,2	betonnen klinker	2,475	79	4,4	25	38.184
8	eiland per tak	105 x 1 x 0,1	betonnen klinker	2,475	79	4,4	25	6.936
9	zandcunet rotonde	88,6 x 11,2 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	5.813
10	zandcunet takken	1.800 x 1 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	10.544
11	markering rotonde	101 x 0,15 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	936
12	markering takken	135 x 0,6 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	4.999

Areaal provincie: 33 stuks	Functionele Eenheid: 1 stuk	Footprint objecttype (per 1 FE): 213.170 (kg CO₂ /80 jaar)
-----------------------------------	------------------------------------	--

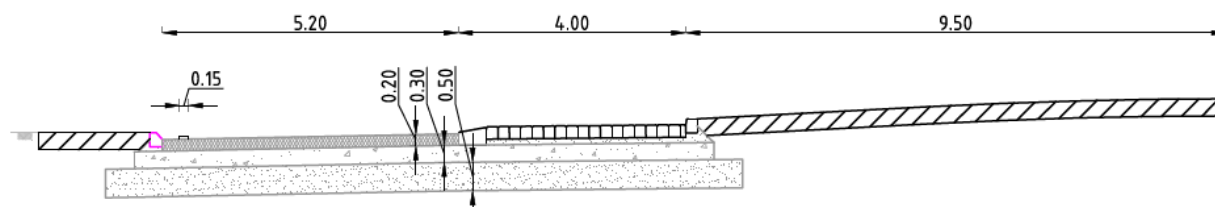
Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 6b. Enkelstrooksrotonde (4-taks)

Rekenjaar: 2014

Handboek Ontwerpcriteria Wegen (versie 4.0) – hoofdstuk 13



	objectelement	hoeveelheid (lxbxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding rotonde toplaag	101 x 5,2 x 0,025	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	17.969
2	asfaltverharding rotonde onderlagen	101 x 5,2 x 0,18	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	17.906
3	asfaltverharding takken toplaag	1.944 x 1 x 0,025	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	66.407
4	asfaltverharding takken onderlagen	1.944 x 1 x 0,18	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	66.177
5	puinverharding rotonde	88,6 x 10,2 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	3.611
6	puinverharding takken	2.280 x 1 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	9.111
7	rammelstrook midden rotonde	72,26 x 4 x 0,2	betonnen klinker	2,475	79	4,4	25	38.184
8	eiland per tak	140 x 1 x 0,1	betonnen klinker	2,475	79	4,4	25	9.247
9	zandcunet rotonde	88,6 x 11,2 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	5.813
10	zandcunet takken	88,6 x 11,2 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	14.058
11	markering rotonde	101 x 0,15 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	936
12	markering takken	180 x 0,6 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	6.665

Areaal provincie: 70 stuks	Functionele Eenheid: 1 stuk	Footprint objecttype (per 1 FE): 256.085 (kg CO₂ /80 jaar)
-----------------------------------	------------------------------------	--

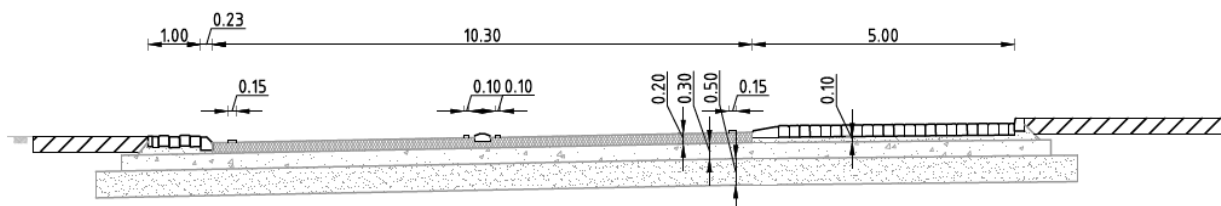
Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 7. Turborotonde

Rekenjaar: 2014

Handboek Ontwerpcriteria Wegen (versie 4.0) – hoofdstuk 8



	objectelement	hoeveelheid (lxbxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding rotonde toplaag	1.250 x 1 x 0,025	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	42.700
2	asfaltverharding rotonde onderlagen	1.250 x 1 x 0,18	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	42.552
3	asfaltverharding takken toplaag	8.620 x 1 x 0,025	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	294.459
4	asfaltverharding takken onderlagen	8.620 x 1 x 0,18	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	293.438
5	puinverharding rotonde	1.680 x 1 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	6.713
6	puinverharding takken	12.096 x 1 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	48.336
7	rammelstrook midden rotonde	390 x 1 x 0,2	betonnen klinker	2,475	79	4,4	25	51.521
8	eiland per tak	2.720 x 1 x 0,2	betonnen klinker	2,475	79	4,4	25	359.327
9	zandcunet rotonde	1.770 x 1 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	10.368
10	zandcunet takken	12.880 x 1 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	75.445
11	markering rotonde	132 x 0,5 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	4.073
12	markering takken	668 x 0,7 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	28.857

Areaal provincie: 52 stuks
Functionele Eenheid: 1 stuk
Footprint objecttype (per 1 FE): 1.257.790 (kg CO₂/80 jaar)

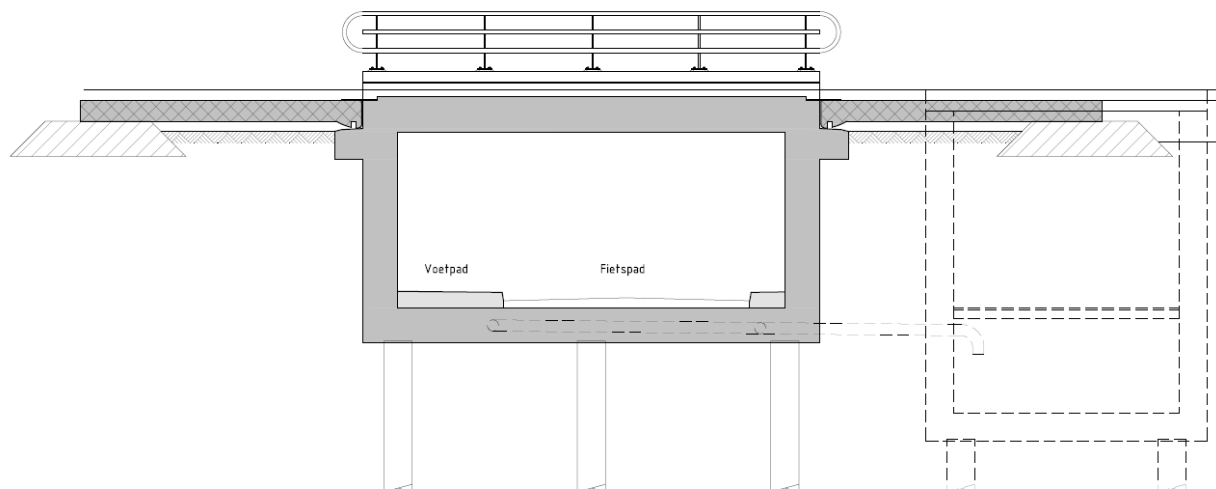
Toelichting: veel hoeveelheden zijn digitaal bepaald (tekening). Daardoor is voor verschillende elementen een fictieve breedte van 1 meter aangehouden.

Bijlage 2: Datasheets Objecten

 Weg van de energietransitie
 BD1308

Objecttype: 8a. Onderdoorgangen - fietstunnels

Rekenjaar: 2014



	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	586	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	87.792
2	wapening constructie	13,44	staal	7,93	908	4,4	80	97.243
3	beton heipalen	240	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	35.956
4	wapening heipalen	5,5	staal	7,93	908	4,4	80	39.794
5	overig staal	0,15	staal	7,93	908	4,4	80	1.085
6	zandcementverharding	51	zandcementmengsel	1,85	32,4	4,4	80	3.191
Areaal provincie: 81 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk		Footprint objecttype (per 1 FE): 265.061 (kg CO₂/80 jaar)				

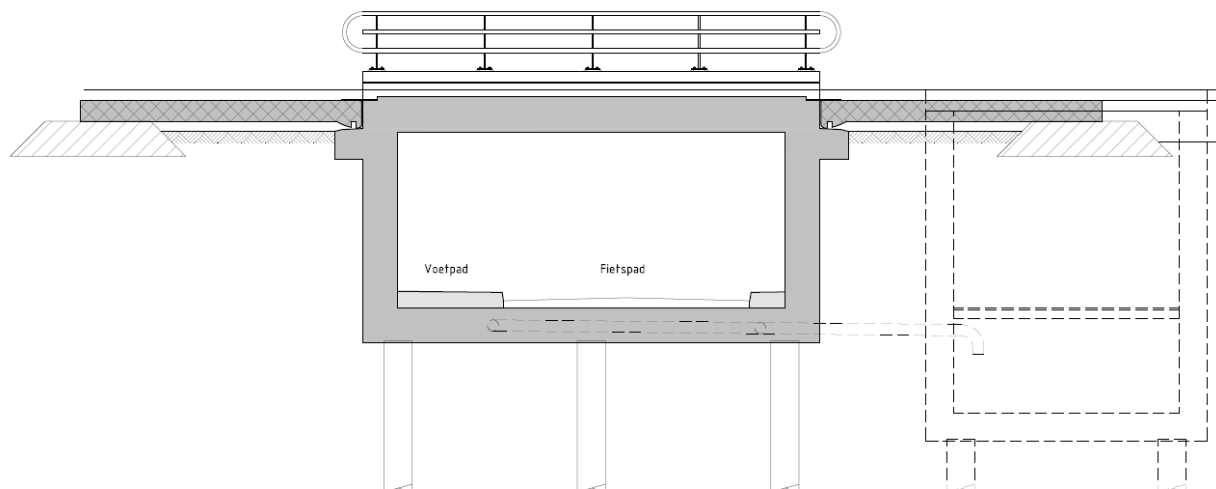
Toelichting: het wegdek (asfalt, markering) is meegenomen bij de footprint van de wegen.

Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 8a. Onderdoorgangen - fietstunnels

Rekenjaar: 1990



	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	586	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	87.792
2	wapening constructie	8,96	staal	7,93	908	4,4	80	64.829
3	beton heipalen	240	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	35.956
4	wapening heipalen	3,7	staal	7,93	908	4,4	80	26.771
5	overig staal	0,15	staal	7,93	908	4,4	80	1.085
6	zandcementverharding	51	zandcementmengsel	1,85	32,4	4,4	80	3.191
Areaal provincie: 81 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk		Footprint objecttype (per 1 FE): 219.623 (kg CO₂/80 jaar)				

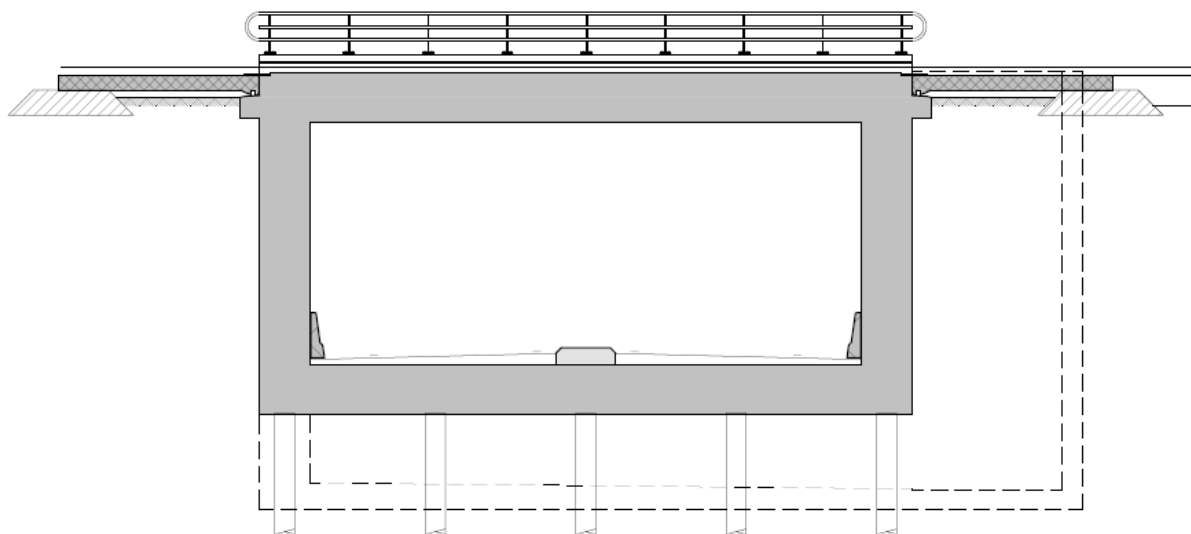
Toelichting: het wegdek (asfalt, markering) is meegenomen bij de footprint van de wegen.

Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 8b. Onderdoorgangen - verkeerstunnels

Rekenjaar: 2014



	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	5.830	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	873.427
2	wapening constructie	133,7	staal	7,93	908	4,4	80	967.364
3	beton heipalen	1.104	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	165.396
4	wapening heipalen	25,3	staal	7,93	908	4,4	80	183.054
5	overig staal	0,26	staal	7,93	908	4,4	80	1.881
6	zandcementverharding	118	zandcementmengsel	1,85	32,4	4,4	80	7.382
Areaal provincie: 13 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk			Footprint objecttype (per 1 FE): 2.198.505 (kg CO₂/80 jaar)			

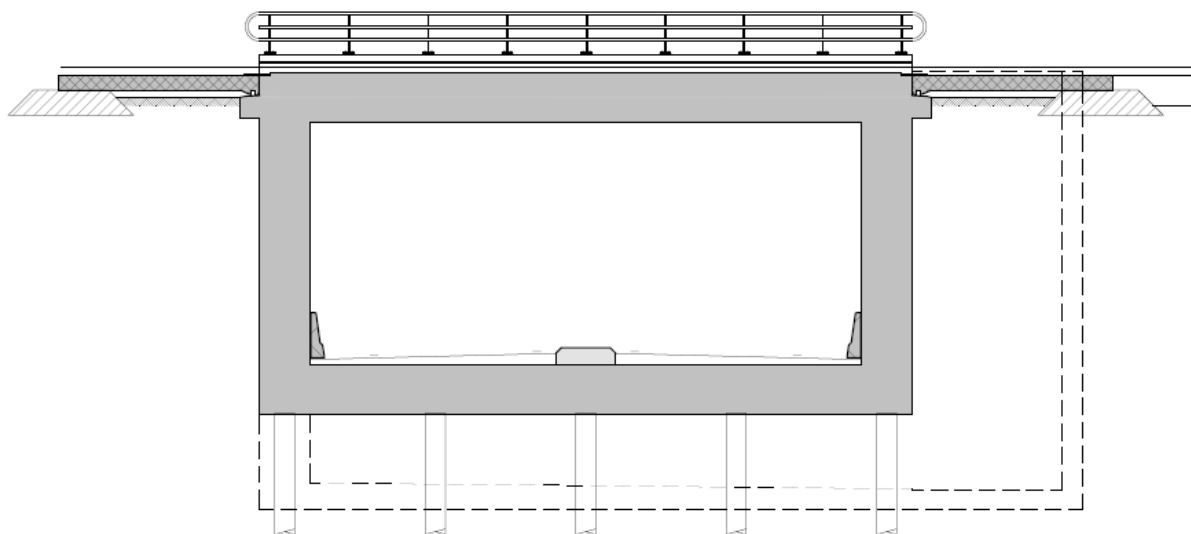
Toelichting: het wegdek (asfalt, markering) is meegenomen bij de footprint van de wegen.

Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 8b. Onderdoorgangen - verkeerstunnels

Rekenjaar: 1990



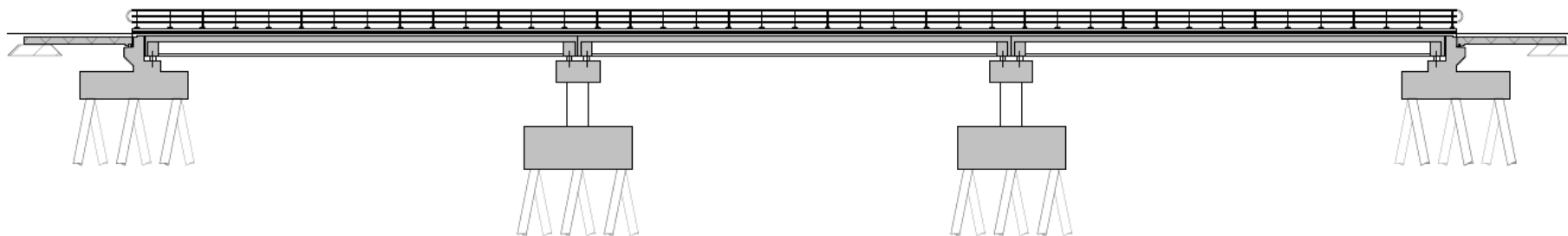
	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	5.830	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	873.427
2	wapening constructie	89	staal	7,93	908	4,4	80	643.945
3	beton heipalen	1.104	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	165.396
4	wapening heipalen	16,9	staal	7,93	908	4,4	80	122.277
5	overig staal	0,26	staal	7,93	908	4,4	80	1.881
6	zandcementverharding	118	zandcementmengsel	1,85	32,4	4,4	80	7.382
Areaal provincie: 13 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk			Footprint objecttype (per 1 FE): 1.814.309 (kg CO₂/80 jaar)			

Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 9. Viaducten

Rekenjaar: 2014

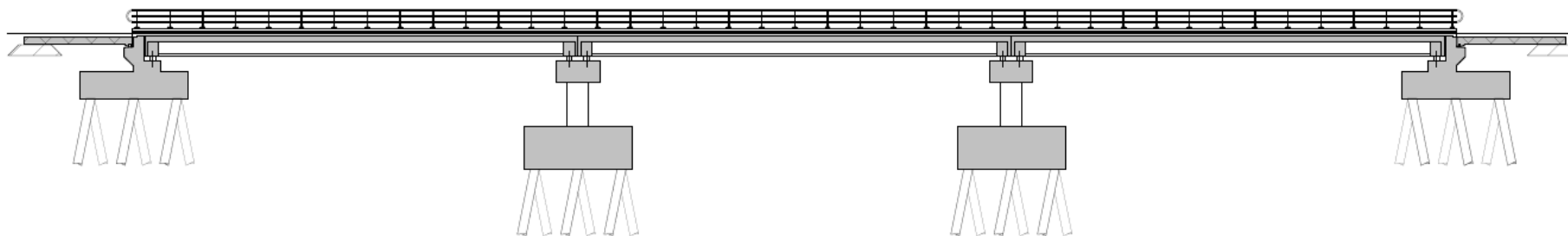


	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	1.752	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	262.478
2	wapening constructie	40,2	staal	7,93	908	4,4	80	290.860
3	beton heipalen	240	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	35.956
4	wapening heipalen	5,5	staal	7,93	908	4,4	80	39.794
5	overig staal	1,64	staal	7,93	908	4,4	80	11.866
6	zandcementverharding	37,6	zandcementmengsel	1,85	32,4	4,4	80	2.352
Areaal provincie: 58 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk			Footprint objecttype (per 1 FE): 643.306 (kg CO₂/80 jaar)			

Toelichting: het wegdek (asfalt, markering) is meegenomen bij de footprint van de wegen.

Objecttype: 9. Viaducten

Rekenjaar: 1990

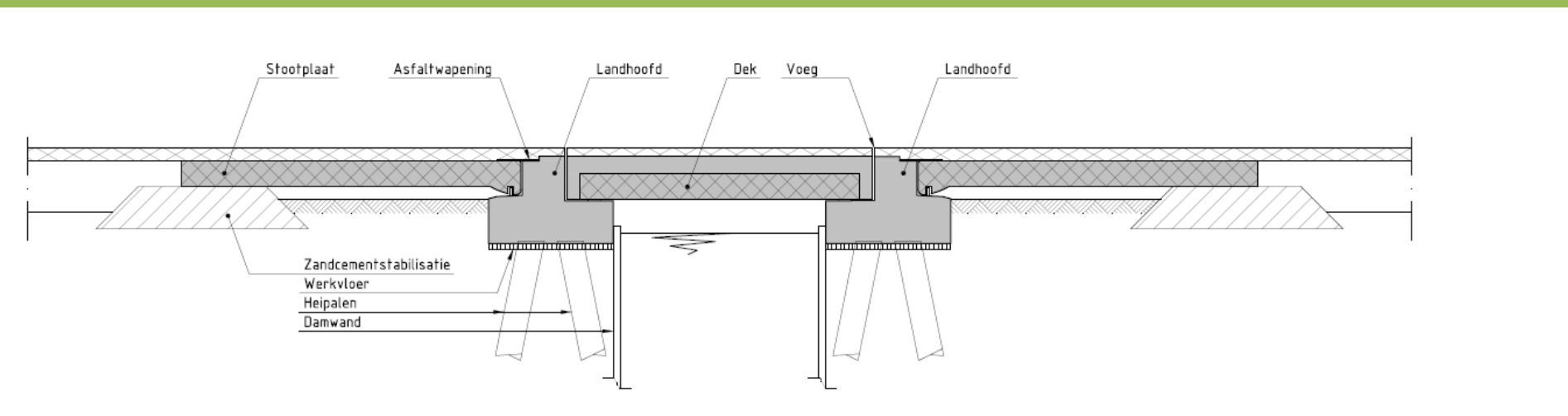


	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	1.752	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	262.478
2	wapening constructie	26,8	staal	7,93	908	4,4	80	193.907
3	beton heipalen	240	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	35.956
4	wapening heipalen	3,7	staal	7,93	908	4,4	80	26.771
5	overig staal	1,64	staal	7,93	908	4,4	80	11.866
6	zandcementverharding	37,6	zandcementmengsel	1,85	32,4	4,4	80	2.352
Areaal provincie: 58 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk			Footprint objecttype (per 1 FE): 533.329 (kg CO₂/80 jaar)			

Toelichting: het wegdek (asfalt, markering) is meegenomen bij de footprint van de wegen.

Objecttype: 10. Vaste bruggen

Rekenjaar: 2014



	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	139	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	20.824
2	wapening constructie	3,2	staal	7,93	908	4,4	80	23.153
3	beton heipalen	131	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	19.626
4	wapening heipalen	3	staal	7,93	908	4,4	80	21.706
5	overig staal	2,8	staal	7,93	908	4,4	80	20.259
6	zandcementverharding	27	zandcementmengsel	1,85	32,4	4,4	80	1.689

Areaal provincie: 228 stuks	Functionele Eenheid: 1 stuk	Footprint objecttype (per 1 FE): 107.257 (kg CO₂ /80 jaar)
------------------------------------	------------------------------------	--

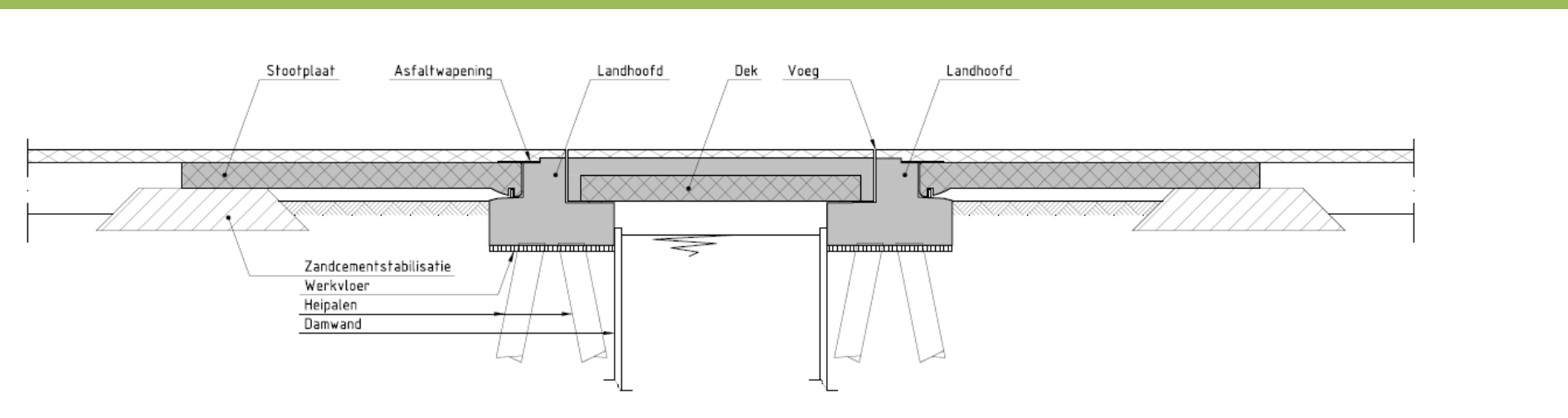
Toelichting: het wegdek (asfalt, markering) is meegenomen bij de footprint van de wegen.

Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 10. Vaste bruggen

Rekenjaar: 1990



	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	139	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	20.824
2	wapening constructie	3,2	staal	7,93	908	4,4	80	15.411
3	beton heipalen	131	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	19.626
4	wapening heipalen	3	staal	7,93	908	4,4	80	14.471
5	overig staal	2,8	staal	7,93	908	4,4	80	20.259
6	zandcementverharding	27	zandcementmengsel	1,85	32,4	4,4	80	1.689

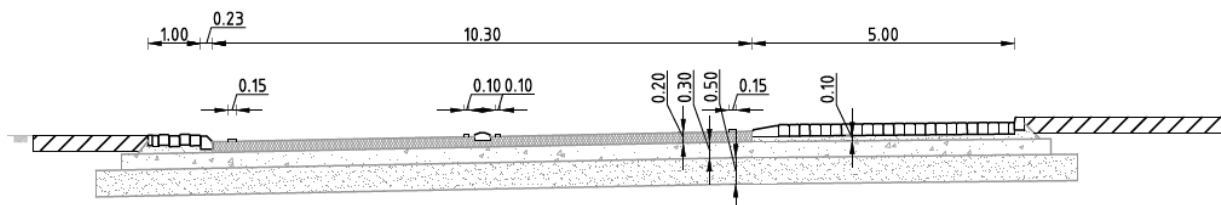
Areaal provincie: 228 stuks

Functionele Eenheid: 1 stuk

Footprint objecttype (per 1 FE): 92.280 (kg CO₂/80 jaar)

Toelichting: het wegdek (asfalt, markering) is meegenomen bij de footprint van de wegen.

Objecttype: 11. Kruising met VRI Rekenjaar: 2014
 Handboek Ontwerpcriteria Wegen (versie 4.0) – hoofdstuk 10



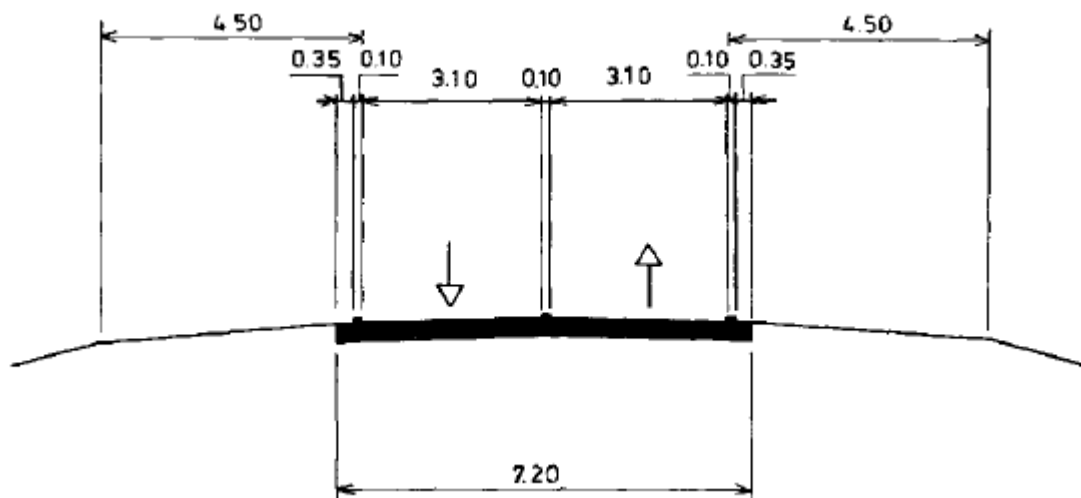
	objectelement	hoeveelheid (lxbxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	5.815 x 1 x 0,035	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	278.097
2	asfaltverharding onderlagen	5.815 x 1 x 0,17	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	186.955
3	asfaltverharding combi toplaag	2.356 x 1 x 0,05	asfalt SMA 0/11 met beton	2,4	89	4,4	12	176.040
4	asfaltverharding combi onderlagen	2.356 x 1 x 0,16	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	71.290
5	puinverharding	9.785 x 1 x 0,3	ongebonden menggranulaat	1,85	2,8	4,4	80	39.101
6	zandcunet	10.315 x 1 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	60.420
7	markering	817 x 1 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	50.420
Areaal provincie: 119 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk		Footprint objecttype (per 1 FE): 862.324 (kg CO₂ /80 jaar)				

Toelichting: veel hoeveelheden zijn digitaal bepaald (tekening). Daardoor is voor verschillende elementen een fictieve breedte van 1 meter aangehouden.

Objecttype: 11. Kruising met VRI

Rekenjaar: 1990

Handboek Ontwerpcriteria Wegen (versie 4.0) – hoofdstuk 10



(Kruising met VRI is gebaseerd op wegtype IV en V)

	objectelement	hoeveelheid (lxbxh)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	asfaltverharding toplaag	8.171 x 1 x 0,04	asfalt SMA 0/11	2,4	81	4,4	12	446.594
2	asfaltverharding onderlagen	8.171 x 1 x 0,16	asfalt AC22	2,4	35	4,4	40	247.248
3	middengeleider	1.085 x 1 x 0,1	betonnen klinker	2,475	79	4,4	25	71.667
5	puinverharding	9.785 x 1 x 0,3	hoogovenslakken	3,3	2,36	4,4	80	54.570
6	zandcunet	10.315 x 1 x 0,5	landzand	1,65	2,7	4,4	80	60.420
7	markering	817 x 1 x 0,003	thermoplast	1,2	2.567	4,4	12	50.420
Areaal provincie: 274 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk		Footprint objecttype (per 1 FE): 930.920 (kg CO₂ /80 jaar)				

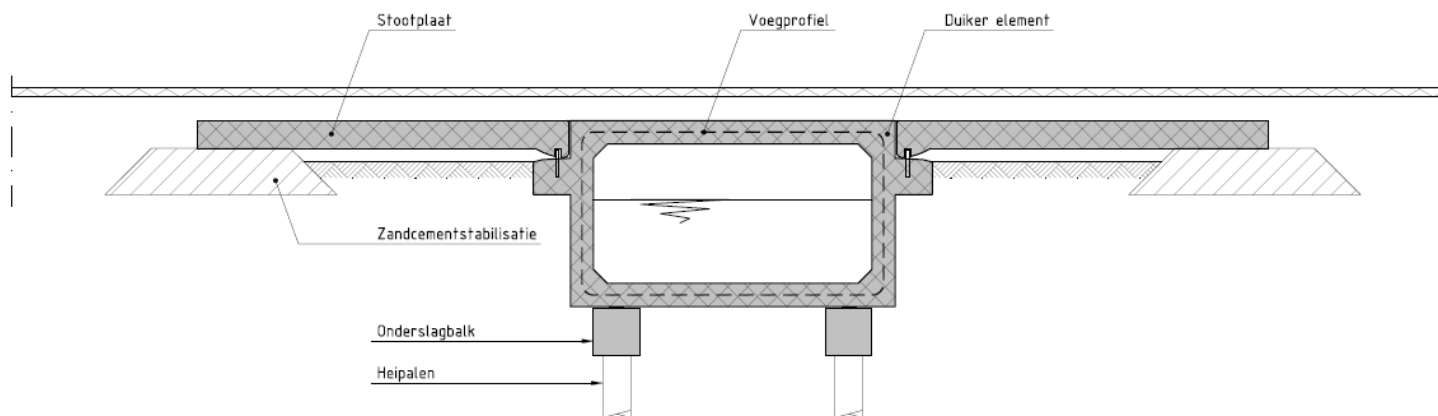
Toelichting: veel hoeveelheden zijn digitaal bepaald (tekening). Daardoor is voor verschillende elementen een fictieve breedte van 1 meter aangehouden.

Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 12. Duikers

Rekenjaar: 2014

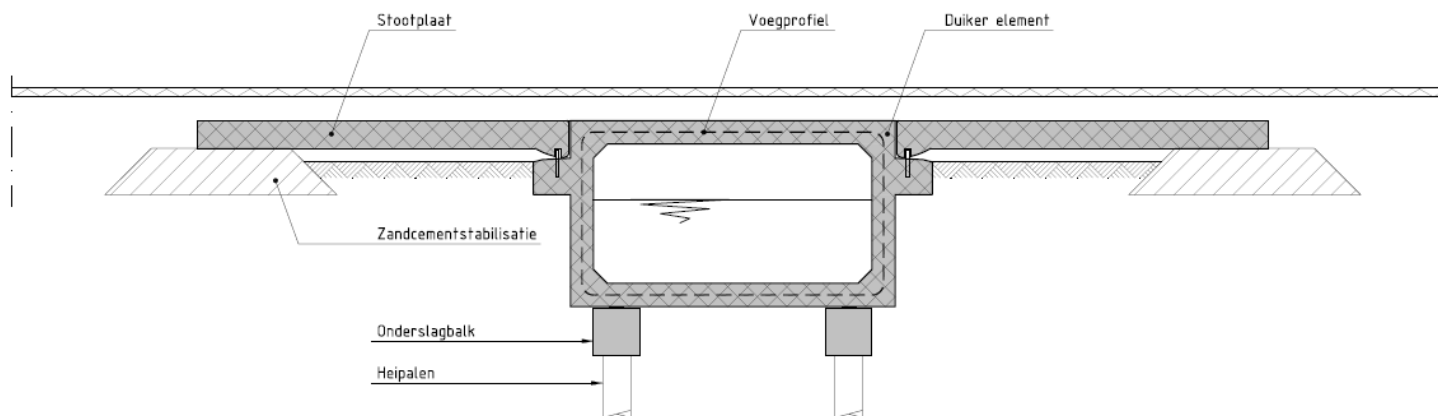


	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	92,1	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	13.798
2	wapening constructie	2,1	staal	7,93	908	4,4	80	15.194
3	beton heipalen	27	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	4.045
4	wapening heipalen	0,62	staal	7,93	908	4,4	80	4.486
5	overig staal	0,63	staal	7,93	908	4,4	80	4.558
6	zandcementverharding	10	zandcementmengsel	1,85	32,4	4,4	80	626
Areaal provincie: 167 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk			Footprint objecttype (per 1 FE): 42.707 (kg CO₂/80 jaar)			

Toelichting: het wegdek (asfalt, markering) is meegenomen bij de footprint van de wegen.

Objecttype: 12. Duikers

Rekenjaar: 1990

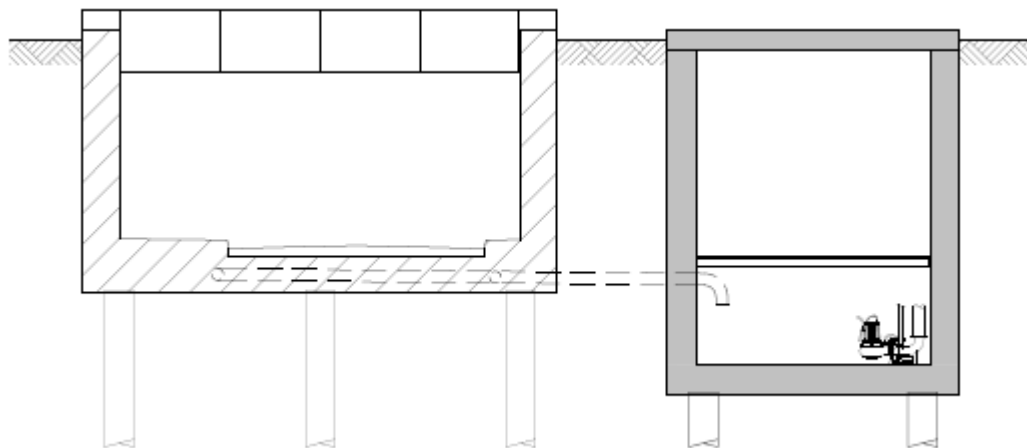


	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	92,1	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	13.798
2	wapening constructie	1,4	staal	7,93	908	4,4	80	10.129
3	beton heipalen	27	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	4.045
4	wapening heipalen	0,41	staal	7,93	908	4,4	80	2.966
5	overig staal	0,63	staal	7,93	908	4,4	80	4.558
6	zandcementverharding	10	zandcementmengsel	1,85	32,4	4,4	80	626
Areaal provincie: 167 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk			Footprint objecttype (per 1 FE): 36.123 (kg CO₂/80 jaar)			

Toelichting: het wegdek (asfalt, markering) is meegenomen bij de footprint van de wegen.

Objecttype: 15a. Pompkelder - fietstunnel

Rekenjaar: 2014

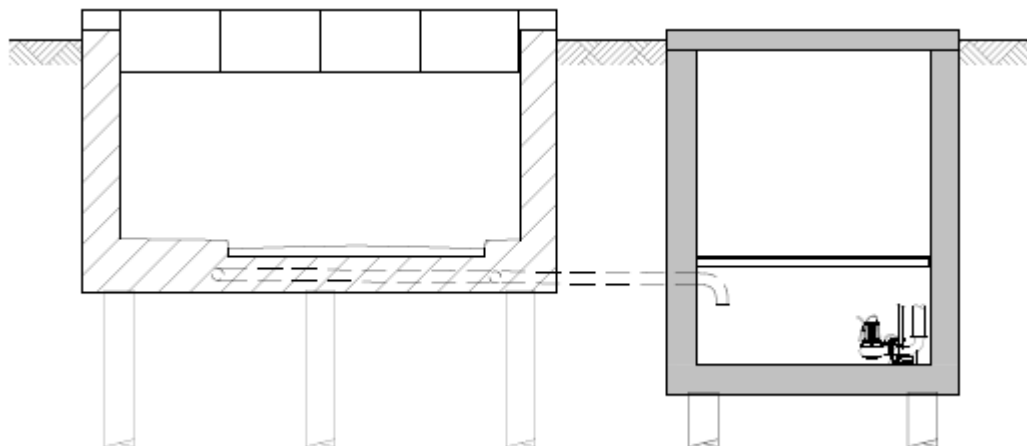


	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	36,4	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	5.453
2	wapening constructie	0,84	staal	7,93	908	4,4	80	6.078
3	beton heipalen	9,6	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	1.438
4	wapening heipalen	0,22	staal	7,93	908	4,4	80	1.592
Areaal provincie: 81 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk			Footprint objecttype (per 1 FE): 14.561 (kg CO₂/80 jaar)			

Toelichting: de pompkelder is berekend als een aanvulling op een fietstunnel.

Objecttype: 15a. Pompkelder - fietstunnel

Rekenjaar: 1990

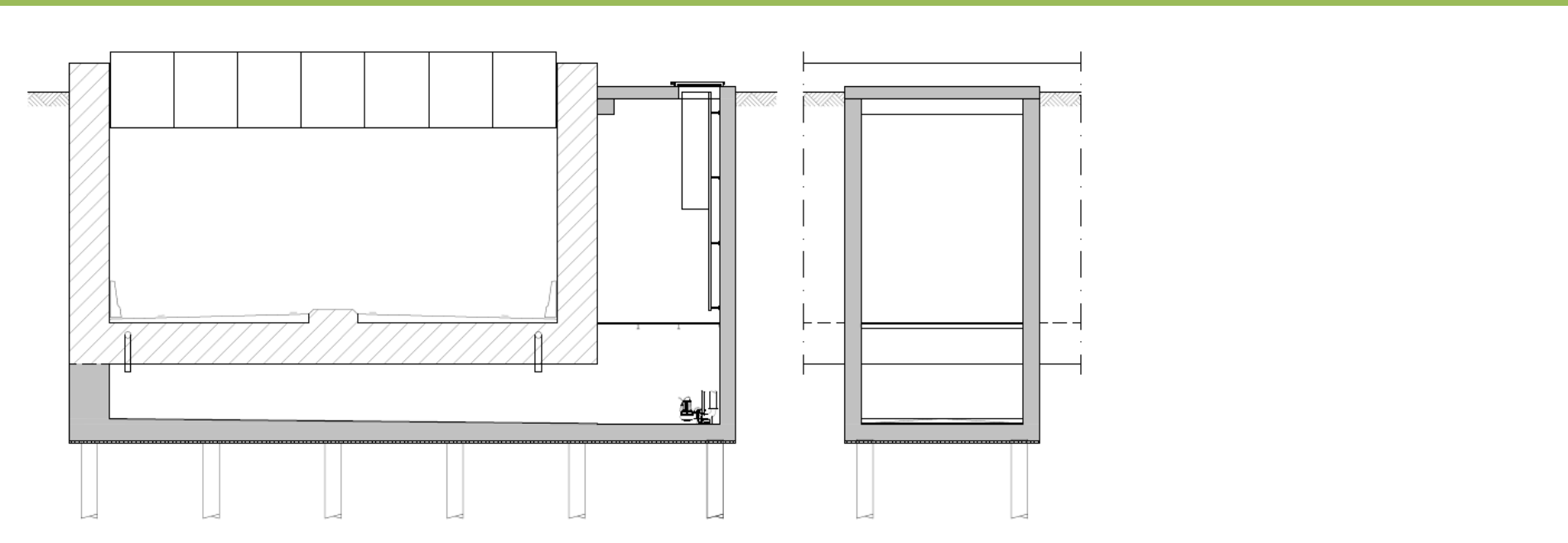


	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	36,4	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	5.453
2	wapening constructie	0,56	staal	7,93	908	4,4	80	4.052
3	beton heipalen	9,6	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	1.438
4	wapening heipalen	0,15	staal	7,93	908	4,4	80	1.085
Areaal provincie: 81 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk			Footprint objecttype (per 1 FE): 12.029 (kg CO₂/80 jaar)			

Toelichting: de pompkelder is berekend als een aanvulling op een fietstunnel.

Objecttype: 15b. Pompkelder - verkeerstunnel

Rekenjaar: 2014



	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	198	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	29.664
2	wapening constructie	4,54	staal	7,93	908	4,4	80	32.848
3	beton heipalen	4,8	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	719
4	wapening heipalen	0,11	staal	7,93	908	4,4	80	796
Areaal provincie: 13 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk			Footprint objecttype (per 1 FE): 64.027 (kg CO₂/80 jaar)			

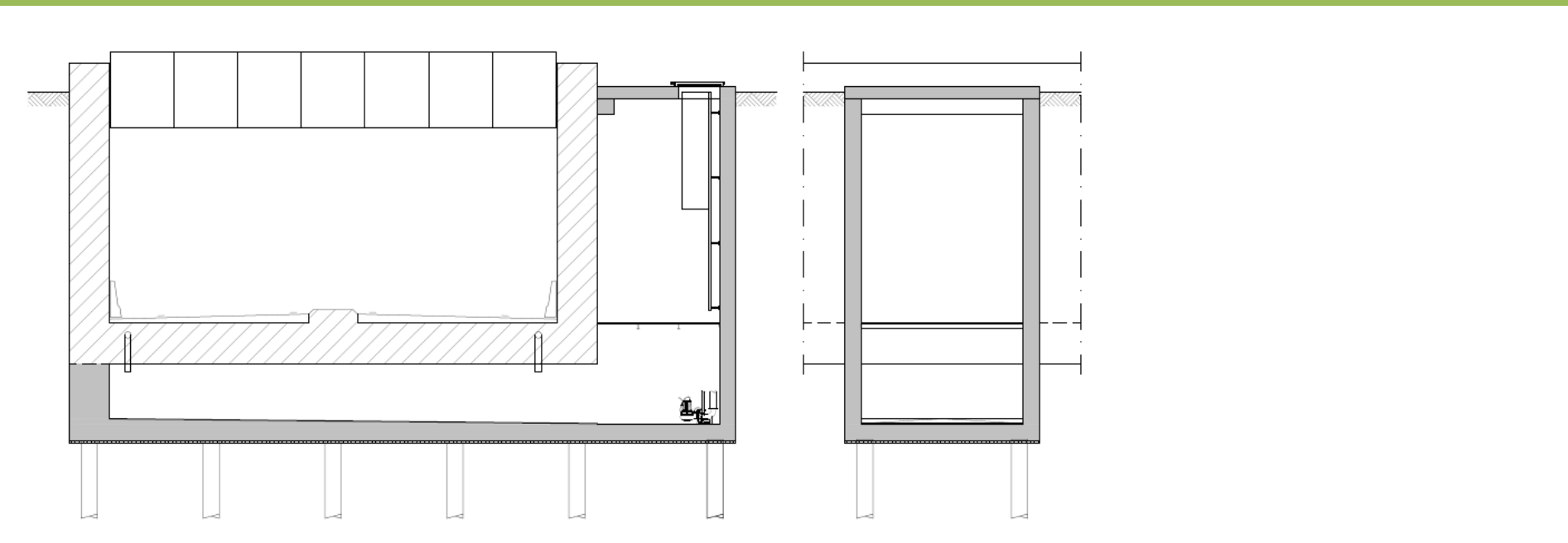
Toelichting: de pompkelder is berekend als een aanvulling op een verkeerstunnel.

Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Objecttype: 15b. Pompkelder - verkeerstunnel

Rekenjaar: 1990



	objectelement	hoeveelheid (m ³)	materiaaltype	soortelijke massa (ton/m ³)	footprint (kg CO ₂ /ton)		levensduur (jaar)	totaal kg CO ₂ /80 jaar
					materiaal	transport		
1	beton constructie	198	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	29.664
2	wapening constructie	3,03	staal	7,93	908	4,4	80	21.923
3	beton heipalen	4,8	betonmortel C30 (CEMIII)	2,44	57	4,4	80	719
4	wapening heipalen	0,07	staal	7,93	908	4,4	80	506
Areaal provincie: 13 stuks		Functionele Eenheid: 1 stuk		Footprint objecttype (per 1 FE): 52.812 (kg CO₂/80 jaar)				

Toelichting: de pompkelder is berekend als een aanvulling op een verkeerstunnel.

Bijlage 2: Datasheets Objecten

Weg van de energietransitie
BD1308

Bijlage 3: Berekening weglengtes 2014

Areaal	Stavaza 2014 Lengte [km]	lengtes zonder kruisingen	
Stroomweg 2x2		6,6	5,5
N206cd		3	
N440a		1,6	
N470a		2	
Stroomweg 2x1		0	
GOW 2x2		38,5	32,1
N207f		8,6	
N209a		3	
N211d		5	
N213ab		3,3	
N217e		3	
N218a		4,3	
N470a		2,9	
N470c		2,6	
N492a		5,8	
GOW 2x1		25,4	21,2
N208a		1,6	
N215a		6	
N222a		5,3	
N470b		8,8	
N471b		3,7	
GOW 1x2		444,5	370,7
ETW type 1		100	
Fietspad		270	
Busbaan		28	
VRI's		119 aantal	
Enkelstrooks rotondes drietaks		33 aantal	
Enkelstrooks rotondes viertaks		70 aantal	
Turborotondes viertaks		46 aantal	
Turbo-kluifrotondes		3 aantal	
VRI turboplein		6 aantal	
Bermen	650ha		
Bomen	ntb		
Beplanting	84ha		
Sloot	ntb		

Ongeveer 28km busbaan, waarvan:

1x2rijstroken/vrijliggend in twee richtingen: 9km bij de N218, 3,5km bij de N217 en 1,5km bij de N207, totaal dus 14km
Overige 14 km is enkelstrooks langs de hoofdrijbaan

VRI kruising bedraagt 470 meter van rijbaan	Totaal km Stroomweg en GOW:	515
Rotonde bedraagt 140 meter van rijbaan	Totaal km kruising	16,66
Rotonde bedraagt 140 meter van rijbaan	Totaal km rotonde	4,62
Turborotonde bedraagt 430 meter van rijbaan	Totaal km rotonde	9,8

515/(16.66+4.62+9.8)=

16,6 procent van de wegen is kruising/rotonde

Bijlage 4: CO₂-footprint maaiwerk

Berekening CO2-footprint maaierwerk per type grasland.
 Aldert van der Kooij - 24 oktober 2014

Type grasland	Type maaier	Werkbreedte (m)	Maaisnelheid (km/u)	Gemaaid opp. (m ² /u)	Brandstofverbruik, l/u	Brandstofverbruik, l/ha	CO2-emissie, kg CO2/ha	Bronnen
Wegberm	Klepelmajaier met zuiger	1,5	0,8	1.200	20,8	173,33	543,40	www.farmphoto.com
Parkeerplaats	Zitmaaiier	1,8	6,4	11.520	6,3	5,47	17,14	www.deere.nl
Slootkant droog	Klepelmajaier	1,5	0,8	1.200	20,8	173,33	543,40	comwww.farmphoto.com
Slootkant nat	Maaikorf op kraan	2	0,8	1.600	20,8	130,00	407,55	Schatting obv farmphoto.com
Natuurterrein ruw	Klepelmajaier met zuiger	2	2,4	4.800	29,2	60,83	190,71	Schatting obv veeteeltforum.nl
Natuurterrein vlak	Trekker met maaier en harkwagen	3	5,6	16.800	12,5	7,44	23,33	Schatting obv veeteeltforum.nl
Plantsoenen	Zitmaaiier	1,5	6,4	9.600	4,6	4,79	15,02	www.deere.nl

CO2-emissie diesel 3135 g CO2/l diesel
 (handboek CO2-prestatieladder versie 2.2)

Informatie afkomstig uit genoemde bronnen en op basis van vermeldingen op fora.

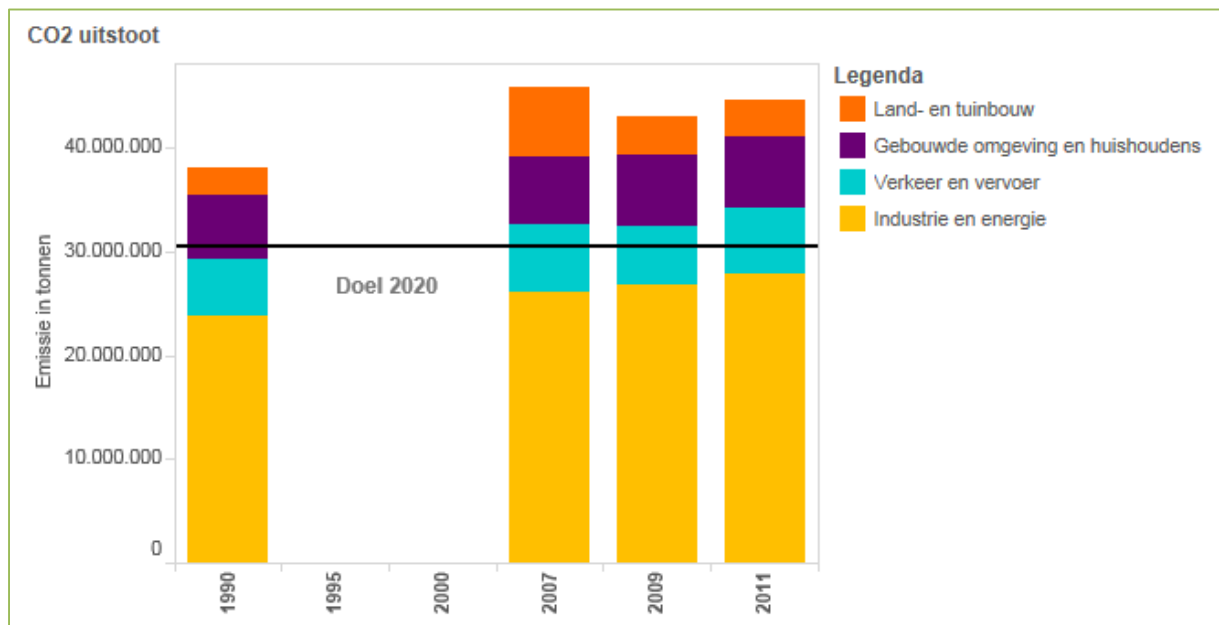
Bijlage 5: Toelichting CO₂-emissie provincie Zuid-Holland

De CO₂-uitstoot is een belangrijke graadmeter voor het behalen van de energiedoelen. In internationaal (Kyoto) en Europees verband zijn er afspraken gemaakt over het reduceren van broeikasgassen¹, in het bijzonder CO₂. Voor Nederland is er de Europese verplichting te voldoen aan het energiedoel voor 2020 van 20% CO₂-reductie ten opzichte van 1990. De provincie wil waar mogelijk een bijdrage leveren aan deze doelstelling. Zij monitort de ontwikkelingen tweejaarlijks vanaf 2007. De laatste monitoringgegevens betreffen het jaar 2011.

Voor de CO₂-uitstoot worden vier sectoren onderscheiden:

- Industrie en energie. Betreft alle grote bedrijven, zoals die in de haven van Rotterdam, waaronder alle bedrijven die onder de verplichte Europese emissiehandel vallen (ETS).
- Verkeer en vervoer. Betreft alle modaliteiten: wegverkeer, scheepvaart, railverkeer en vliegverkeer. Emissies van het elektrisch deel van het railverkeer vallen hier buiten.
- Gebouwde omgeving. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar woningen, en 'niet-woningen' (MKB, gemeentelijke gebouwen en overige gebouwen).
- Land- en tuinbouw. Hierbij is de glastuinbouw -voor de CO₂-uitstoot een belangrijke sector- onderscheiden van de overige land- en tuinbouw.

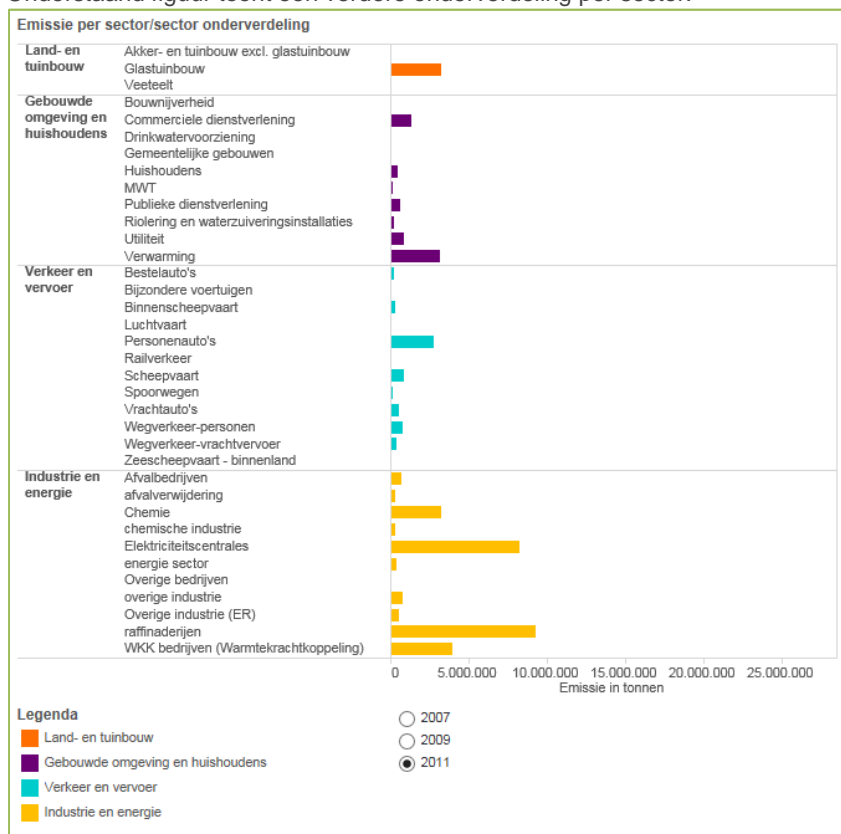
De onderstaande figuur toont de totale CO₂-uitstoot voor de provincie Zuid-Holland met onderscheid naar de 4 sectoren.



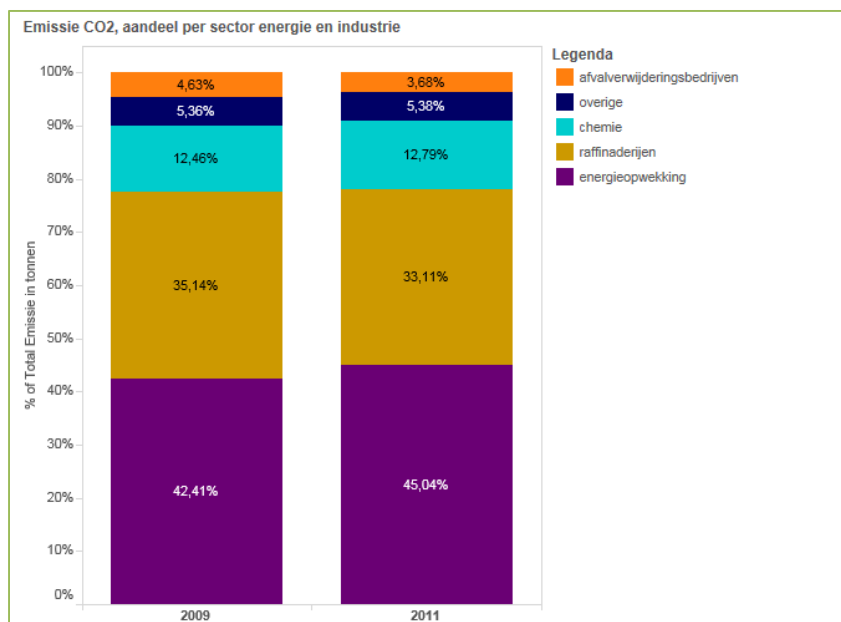
Na een daling in 2009 ten opzichte van de eerste meting in 2007 is de uitstoot licht gestegen van 43 Megaton (43.000.000.000 kg.) in 2009 naar 44,6 Megaton in 2011. Bij de gebouwde omgeving en land- en tuinbouw is een kleine afname zichtbaar. Bij industrie en verkeer een stijging. Het aandeel van de industrie & energie sector is met 63% veruit het grootst.

¹ Andere belangrijke broeikasgassen naast CO₂ zijn methaan, lachgas, en een aantal fluorwaterstofverbindingen (HFKs). Deze worden vaak uitgedrukt in CO₂-equivalenten.

Onderstaand figuur toont een verdere onderverdeling per sector.



Voor de sector energie en industrie is een aparte figuur opgenomen met daarin een uitsplitsing naar subsectoren. Onderstaande figuur toont het aandeel van elke subsector binnen de sector energie en industrie over 2009 en 2011.



De energie-subsector is in 2011 met een aandeel van 45% het grootst. Het aandeel van deze sector is gestegen ten opzichte van 2009. Bij de afvalverwijdering en de raffinaderijen is sprake van een daling. Het aandeel van de overige subsectoren is min of meer gelijk gebleven.

Bron: Energiemonitor Zuid-Holland 2011, van december 2013

Bijlage 6: Berekening weglengtes 1990

Bijlage 7: Trendanalyse 2014 en 2020

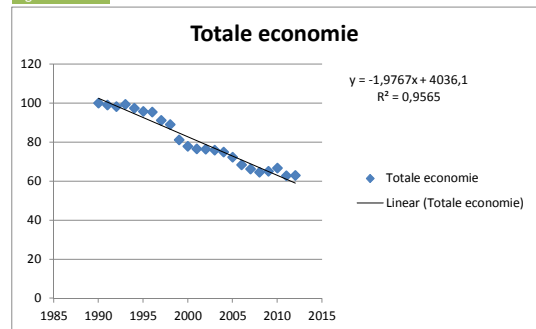
Bij lineaire regressie wordt door de meetwaarden een lineaire regressielijn getrokken volgens $Y = a.X + b$, waarbij Y de concentratie, X de tijd, b de intercept en a de hellingshoek ofwel de richtingscoëfficiënt weergeeft. De hellingshoek geeft de richting (daling of stijging) en de grootte van de concentratieverandering aan. Tevens worden ook de 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de hellingshoek bepaald. Er is sprake van een significante trend als zowel de richtingscoëfficiënt als beide 95%-betrouwbaarheidsintervallen dezelfde positieve of negatieve richting heeft.

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics					
Multiple R	0,977990722				
R Square	0,956465852				
Adjusted R Square	0,954392797				
Standard Error	2,927522312				
Observations	23				

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	3954,20464	3954,20464	461,3799461	8,95751E-16
Residual	21	179,9781246	8,570386886		
Total	22	4134,182765			

Figuur 1:



Tabel 1:

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	4036,144107	184,1447885	21,91831841	5,96187E-16	3653,194055	4419,094158	3653,194055	4419,094158
X Variable 1	-1,97669341	0,092025875	-21,47975666	8,95751E-16	-2,168071695	-1,785315126	-2,168071695	-1,785315126

voorspelling totale economie		
concentratie	jaar	
55,1	2014	
43,2	2020	

Correlatie

	Totale economie	Jaar
Totale economie	1	
Jaar	-0,977990722	1

Jaar	Landbouw en visserij	Industrie, mijnbouw	Vervoersector	Overige dienstverlening	Totale economie
1990	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1991	102,2	95,9	100,3	105,2	99,1
1992	97,7	95,8	104,4	100,7	98,3
1993	95,8	97,1	107,3	105,5	99,3
1994	89,6	92,7	109,0	97,3	97,4
1995	89,2	86,7	109,6	102,6	95,8
1996	92,2	86,7	111,3	108,3	95,4
1997	81,1	86,6	111,7	93,5	91,2
1998	83,2	86,0	109,4	92,3	89,1
1999	77,1	75,5	114,2	80,8	81,2
2000	73,4	69,4	110,5	79,9	77,9
2001	75,8	65,0	107,6	86,4	76,6
2002	72,9	65,1	108,1	90,1	76,4
2003	69,0	65,3	109,7	93,2	76,0
2004	65,7	62,2	105,8	90,9	75,0
2005	65,8	62,8	103,5	82,4	72,3
2006	65,2	60,5	97,3	88,4	68,3
2007	64,3	56,8	96,1	78,7	66,3
2008	65,4	51,9	95,8	82,8	64,6
2009	63,2	52,1	97,0	82,2	65,1
2010	66,5	51,7	93,6	87,9	66,7
2011	62,8	49,0	94,8	71,2	62,8
2012	62,0	49,5	94,4	77,6	62,9

Bijlage 8: Maatregelenpakket

MAATREGELENPLAN ENERGIETRANSITIE B&O WEGEN EN VASTE KUNSTWERKEN (QUICK WINS)

- Schatting potentiële CO2-reductie meer dan 10%
- Schatting potentiële CO2-reductie meer dan 5%
- Geringe CO2-reductie

MAATREGEL	THEMA AMBITIEWEB	RELEVANTE FASE	EFFECT OP ENERGIE / CO2	TOEPASBAARHEID	WIJZE VAN FACILITEREN PZH
Slim ontwerp van asfaltverhardingen = geen standaard profielen	Materialen	Ontwerp	CO2-reductie > 20% (Duurzaam Avontuur)	Ontwerpkeuze	Loslaten van standaardprofielen, waarden in EMVI
Toepassen van asfalt met > 50% PR	Materialen	Ontwerp	N.t.b.	Diverse beproefde producten in de markt	Voorschrijven of waarden in EMVI
Toepassen van laag temperatuur asfalt	Materialen	Ontwerp	CO2-reductie 5 tot 10% (Duurzaam Avontuur)	Diverse beproefde producten in de markt	Voorschrijven of waarden in EMVI
Toepassen van bio-based asfalt (asfalt o.b.v. lignine)	Materialen	Ontwerp	CO2-reductie 15% (CROW)	Lynpave (Dura Vermeer)	N.t.b.
Toepassen van zelfherstellend asfalt	Materialen	Beheer en onderhoud	N.t.b.	RWS / In onderzoek	N.t.b.
Toepassen van dunne inlagen bij onderhoud	Materialen	Beheer en onderhoud	CO2-reductie 8% (Duurzaam Avontuur)	Beproefde onderhoudsmaatregel	Voorschrijven bij aanbesteden
Sealen van asfalt (toepassen van mulsiebehandeling of verjongingsolie)	Materialen	Beheer en onderhoud	CO2-reductie 10 tot 20% (Duurzaam Avontuur)	Beproefde onderhoudsmaatregel	Voorschrijven bij aanbesteden
Toepassen van asfalt met een lage rolweerstand	Materialen	Gebruik	Minder energie-/brandstofverbruik verkeer	RWS / In onderzoek	N.t.b.
Slim ontwerp van betonconstructies = bouwen met kortere overspanningen	Materialen	Ontwerp	Minder materiaal, CO2-reductie > 20%	Ontwerpkeuze	Beschouwen als variantkeuze, waarden in EMVI
Optimaliseren samenstelling van beton (toepassen bindmiddeltesten)	Materialen	Ontwerp	Minder cement, CO2-reductie 10 tot 20%	Diverse beproefde producten in de markt	Voorschrijven of waarden in EMVI
Optimaliseren pakingsdichtheid van beton	Materialen	Ontwerp	Minder cement, CO2-reductie 5 tot 15%	Green Deal Beton / In onderzoek	N.t.b.
Betere differentiatie in wapening	Materialen	Ontwerp	Minder materiaal, CO2-reductie 10 tot 20%	Ontwerpkeuze	N.t.b.
Toepassen van cementvervangers zoals geopolymeer en CSA-beliet	Materialen	Ontwerp	CO2-reductie 10 tot 20%	Green Deal Beton / In onderzoek	N.t.b.
Toepassen van vliegias als cementvervanger	Materialen	Ontwerp	CO2-reductie < 5%	Beproefde techniek voor niet zichtvlakken	Voorschrijven of waarden in EMVI
Toepassen van beton o.b.v. verbeterde recyclingtechnologie	Materialen	Ontwerp	CO2-reductie 5 tot 15%	Green Deal Beton / In onderzoek (Slim Breken, ADR)	N.t.b.
Toepassen van grindvervangers in beton	Materialen	Ontwerp	CO2-reductie < 5%	Beproefde techniek	Voorschrijven of waarden in EMVI
Toepassen van langere uithardingstijden	Materialen	Bouwproces	Minder CEM I, CO2-reductie 5 tot 10%	Planning	Opnemen in planning, voorschrijven, waarden in EMVI
Toepassen van energiezuinige armaturen	Energiereductie	Beheer	Minder energie, CO2-reductie	Beproefde techniek	Voorschrijven of waarden in EMVI
Toepassen van automatische lichtschakeling in tijd, schemer of beweging	Energiereductie	Beheer	Minder energie, CO2-reductie	Beproefde techniek	Voorschrijven of waarden in EMVI
Inkoop van groene stroom	Energietransitie	Beheer	Gebruik van hernieuwbare energie uit externe bron	Inkoop via regulier electriciteitsnetwerk	Afspraken maken met energieleverancier
Toepassen van windturbines	Energietransitie	Beheer	Opwekking van duurzame energie	Beproefde techniek, ontwerpkeuze	Voorschrijven of waarden in EMVI
Toepassen van geïntegreerde zonnecellen in	Energietransitie	Beheer	Opwekking van duurzame energie	Diverse technieken beproefd en in ontwikkeling	Voorschrijven of waarden in EMVI
Toepassen van warmtewinning uit de verhardingsconstructie (warmtecollectoren)	Energietransitie	Beheer	Opwekking van duurzame energie	Beproefde techniek (Ooms), ontwerpkeuze	Voorschrijven of waarden in EMVI
Toepassen van kortdurende wegafzettingen en korte omleidingsroutes	Energiereductie	Bouwproces	Minder energie-/brandstofverbruik verkeer, CO2-reductie	Ontwerpkeuze, fasering en planning	Voorschrijven of waarden in EMVI
Optimaliseren bouwlogistiek	Energiereductie	Bouwproces	Minder energie-/brandstofverbruik bouwverkeer, CO2-reductie	Ontwerpkeuze, fasering en planning	Voorschrijven of waarden in EMVI
Transport over water	Energiereductie	Bouwproces	N.t.b. (projectspecifiek)	Ontwerpkeuze, fasering en planning	Voorschrijven of waarden in EMVI
Toepassen van schoner bouw- en transportmaterieel	Energiereductie	Bouwproces	Minder energie-/brandstofverbruik bouwverkeer, CO2-reductie	Bedrijfsvoering	Toepassen CO2-Prestatieladder bij aanbesteden
Het Nieuwe Rijden en Het Nieuwe Draaien	Energiereductie	Bouwproces	Minder energie-/brandstofverbruik bouwverkeer, CO2-reductie	Bedrijfsvoering, gedrag	Toepassen CO2-Prestatieladder bij aanbesteden
Toepassen van rijplaten op werkwegen	Energiereductie	Bouwproces	Minder energie-/brandstofverbruik bouwverkeer, CO2-reductie	Beproefde techniek	N.t.b.