



# Inventarisatie kunstwerken

(bruggen, tunnels en viaducten)

26 september 2007



# Inventarisatie kunstwerken

(bruggen, tunnels en viaducten)

26 september 2007

---

.....

## Colofon

**Uitgegeven door:** Rijkswaterstaat

**Informatie:** Rijkswaterstaat Bouwdienst  
Telefoon:  
Fax:

**Uitgevoerd door:**

**Opmaak:**

**Datum:** 26 september 2007

**Status:** definitief

**Versienummer:** 6

---

# Inhoudsopgave

.....

## **1. Inleiding 5**

## **2. Historisch perspectief 7**

- 2.1 Ontwikkeling verkeer 7
- 2.2 Ontwikkeling bouwtechnologie 8
  - 2.2.1 Verkeersbelasting 8
  - 2.2.2 Ontwerp betonconstructies 9
  - 2.2.3 Ontwerp stalen bruggen 10

## **3. Resultaat inventarisatie betonnen bruggen, viaducten en tunnels 11**

- 3.1 Inleiding, fasering onderzoek 11
- 3.2 Type draagconstructie bruggen en viaducten 12
- 3.3 Aanpak inventarisatie 18
- 3.4 Resultaten analyse 18
- 3.5 Betekenis resultaten 19
- 3.6 De tweede fase van het onderzoek 19

## **4. Stand van zaken stalen bruggen 21**

- 4.1 Constructieve en verkeersveiligheid 21
- 4.2 Opties aanpak vermoeiingsproblematiek 21
- 4.3 Leerpunten toepassing HSB 21

## **5. Monitoring en inspectie 23**

**Bijlage A Overzicht categorieën Weigh In Motion metingen 25**

**Bijlage B Overzicht 12 stalen bruggen met ernstige vermoeiingsverschijnselen 26**

**Bijlage C Ontwikkeling massa vrachtverkeer (Bron RDW) 27**

**Bijlage D Figuren 29**



# 1. Inleiding

## Aanleiding voor het onderzoek

Nederland heeft, evenals veel andere landen, in haar wegennetwerk een groot aantal kunstwerken (bruggen, viaducten, tunnels), dat in de jaren zestig en zeventig of zelfs eerder is gebouwd. Deze kunstwerken zijn gebouwd met de bouw- en materiaalkennis van dat moment en berekend op de toentertijd geldende ontwerpnormen, beschikbare verkeersprognoses en voertuigbelasting. Op basis daarvan werden de kunstwerken zodanig ontworpen, dat deze ten minste 60 tot 80 jaar mee zouden moeten kunnen.

Sinds de bouw van deze kunstwerken is de verkeersintensiteit sterk toegenomen. Bovendien is zowel het gewicht als de asbelasting (het gewicht per as van het voertuig) van vrachtwagens door de jaren heen toegenomen, met als gevolg een grotere druk op de weg en op de kunstwerken. Daarnaast zijn ook de (veiligheids)eisen voor kunstwerken, zowel nationaal als internationaal de afgelopen decennia verder aangescherpt en is meer bekend over hoe gebruikte materialen (staal en beton) zich in de loop van de tijd gedragen.

Om de conditie van de kunstwerken op niveau te houden, zijn deze sinds jaar en dag onderworpen aan een regulier inspectie- en onderhoudsprogramma. Daarnaast zijn de afgelopen jaren in het kader van het ZSM (Zichtbaar, Slim en Meetbaar)-programma diverse spitsstroken aangelegd. In die gevallen waarin dat gevolgen had voor de kunstwerk of het gebruik daarvan (bijvoorbeeld een extra rijstrook), heeft vooraf een meer gedetailleerde constructieve beoordeling plaatsgevonden. Deze beoordelingen hebben meer gedetailleerde informatie opgeleverd over de ontwikkeling van de levensduurverwachting van de oudere kunstwerken.

Het is de combinatie van toegenomen verkeersintensiteit, voertuigbelasting en veiligheidsvoorschriften, tezamen met de ervaringen uit het reguliere onderhoudsregime en bevestigd door de meer diepgaande constructieve beoordelingen in het kader van ZSM, die voor Rijkswaterstaat aanleiding zijn geweest om eind 2006 een omvangrijk onderzoek te starten. Dit onderzoek moet antwoord geven op de vraag of de kunstwerken nog de (resterende) levensduur hebben zoals bij het ontwerp is gedacht of dat extra levensduurverlengende maatregelen noodzakelijk zijn of wellicht zelfs versnelde vervanging aan de orde is.

Op deze wijze ontstaat duidelijkheid over de maatregelen die noodzakelijk zijn en de daarmee gepaard gaande kosten. Het betreft de kunstwerken waarvoor thans geen plannen bestaan voor aanpassing van het kunstwerk zelf, of aanpassing van het gebruik ervan, zoals bijvoorbeeld de aanleg van extra rijstroken. De veiligheid van de kunstwerken bij het huidige gebruik is niet in het geding, behalve bij de Hollandse Brug. Het onderwerp van het onderzoek is hoe lang een kunstwerk nog mee kan.



In dit rapport wordt achtereenvolgens een historisch perspectief geschetst, waarin de ontwikkeling van het verkeer en de daardoor veroorzaakte belastingen worden beschreven. Ook wordt de ontwikkeling van normen en richtlijnen weergegeven en hoe hier in de ontwerppraktijk op is ingespeeld. Vervolgens zijn de resultaten van de uitgevoerde inventarisatie opgenomen. Het vervolgonderzoek wordt kort beschreven. Tenslotte wordt een overzicht gegeven van het monitoring- en inspectieregime voor bruggen en viaducten.



## 2. Historisch perspectief

De mogelijk kortere levensduur van bruggen en viaducten kan worden geplaatst in een historisch perspectief. De ontwikkeling van het verkeer, de ontwikkeling van de bouwtechnologie en de wijze waarop Rijkswaterstaat hierop heeft ingespeeld, zijn daarbij van belang. De mijlpalen zijn samengevat weergegeven in figuur 1.

### 2.1 Ontwikkeling verkeer

Het Hoofdwegennet inclusief de autosnelwegen heeft zijn oorsprong 80 jaar geleden. In 1927 werd het eerste Rijkswegenplan vastgesteld. Het Rijkswegenplan omvatte een over het hele land vertakt netwerk van bestaande en nieuw aan te leggen wegen. Anders dan voorheen werden de nieuw aan te leggen wegen slechts opengesteld voor het gemotoriseerde verkeer. Het autoverkeer kreeg na 1960 een massaal karakter. In dat jaar reden er een half miljoen auto's. In de decennia daarna steeg dit aantal tot 7 miljoen nu.

Met de groei van het wagenpark nam ook het aantal wegen spectaculair toe. In 1960 was het snelwegennet 351 kilometer lang, halverwege de jaren '90 2200 kilometer en in 2007 2400 km (figuur 2). De grootste bouw golf was in de jaren '60 en '70 van de vorige eeuw.

Van de in totaal 7 miljoen auto's zijn er ruim 1 miljoen bedrijfsauto. In de categorie bedrijfsauto's vallen personenauto's voor zakelijk gebruik, vrachtauto's, bestelauto's, en speciale voertuigen. Hierna wordt de ontwikkeling in de periode 1995 tot 2005 beschreven (Mobiliteitsbalans 2007).

Het aantal bedrijfsauto's groeit veel sterker dan het autopark in zijn geheel (zie figuren 3 en 4). In de periode 1995-2005 is er bijna sprake van een verdubbeling. Het aantal vrachtauto's is daarbij toegenomen met ruim 10% in 10 jaar. In 2007 zijn er 146.000 vrachtwagens geregistreerd met een Nederlands kenteken. Het laadvolume en gewicht per vrachtwagen is toegenomen. Daarnaast is er sprake van een toename van de beladingsgraad, alsmede van een toename van het aantal vrachtwagens met buitenlands kenteken dat in Nederland rijdt. De zware vrachtwagens zijn maatgevend voor de belasting op de kunstwerken en de slijtage ervan.

De ontwikkeling vanaf 1960 tot nu kan als volgt worden samengevat (zie bijlage 4).

- Tussen 1960 en 1970 is er een toename in zowel de aslasten (van 8 naar 10 ton) als het totaalgewicht van een vrachtauto. Het gewicht van de zwaarste gebruikelijke combinaties bestaand uit een trekkend voertuig met oplegger neemt toe van 32 naar 36 ton. Combinaties met het maximaal toegestane totaalgewicht van 50 ton komen in deze periode nog weinig voor.
- In de volgende twee decennia heeft de toename van het totaalgewicht zich voortgezet, veroorzaakt door technologische ontwikkeling (luchtvering en breedbanden). Trekker-oplegger combinaties worden de meest voorkomende categorie zware vrachtwagens en gaan in gewicht van 36 naar 40 ton. Het



aandeel 50 tons combinaties neemt dan sterk toe.

- In de periode 1990 tot 2000 groeit het aantal zware enkelvoudige voertuigen, vrachtauto's zonder aanhanger of oplegger, met 3, 4 of 5 assen explosief. Dat betekent dat de voertuigcombinaties niet alleen zwaarder zijn geworden, maar tegelijk korter.
- In het huidige vrachtverkeer zijn trekker-oplegger combinaties met een gewicht van 46 ton gangbaar, is het gewicht van 4-assige voertuigen bijna 50 ton en dat van de 5-assige 50 ton.

Naast het reguliere vrachtverkeer bestaan er voor bijzondere transporten vergunningen, die worden afgegeven door de RDW. Voertuigen tot 100 ton kunnen een permanente vergunning krijgen. Voertuigen boven de 100 ton kunnen alleen per transport een vergunning krijgen. Bij de permanente vergunningen kunnen overigens beperkende voorwaarden worden opgelegd, bijvoorbeeld een verbod om bepaalde routes te gebruiken. Bij de vergunning per transport gebeurt dit altijd. Wat deze ontwikkeling van het verkeer betekent voor de verkeersbelastingen, wordt in de volgende paragraaf behandeld.

## 2.2 Ontwikkeling bouwtechnologie

De ontwerppraktijk van bruggen en viaducten laat een samenspel zien tussen belasting en benodigde sterkte. Over de periode 1950 tot heden bestaat een lange lijst met normen, voorschriften en aanvullende bepalingen vanuit de Rijkswaterstaat. Drie verhaallijnen worden er hier uitgelicht: de toenemende verkeersbelasting, ontwikkeling van inzicht in betonconstructies respectievelijk in staalconstructies.

### 2.2.1 Verkeersbelasting

De bruggen en viaducten, die tussen 1938 en 1962 zijn gebouwd, zijn ontworpen met verkeersbelastingen conform VOSB 1938 (Voorschriften voor het Ontwerp van Stalen Bruggen). De bruggen uit deze periode hadden smalle rijstroken en geen vluchtstrook. Het volledige rijdek werd belast met verkeer.

In de periode 1962 – 2002 zijn de verkeersbelastingen conform de VOSB '63 gehanteerd. De VOSB '63 biedt de mogelijkheid om de belasting te optimaliseren door rekening te houden met de rijstrookindeling bij bruggen met bredere rijstroken en vluchtstroken. In de regel is voor de betonnen bruggen en viaducten de verkeersbelasting volledig aangehouden tussen de geleiderails. Bij stalen bruggen is de belasting verder gereduceerd, door te rekenen met een niet of nauwelijks bereiden vluchtstrook.

Sinds 2002 wordt de Europese norm voor de verkeersbelasting gehanteerd. Elk land is daarbij vrij om een zwaartecategorie te kiezen (met een zogenaamde National Application Document). In Nederland wordt de zwaarste categorie aangehouden. De norm gaat uit van belasting van het volledige brugdek door verkeer, onafhankelijk van





de huidige rijbaanindeling. Recente metingen hebben aangetoond dat het toepassen van de zwaarste categorie in overeenstemming is met het verkeer in Nederland.

Een rechtstreekse vertaling van aantallen en categorieën voertuigen naar belasting van kunstwerken is niet zondermeer mogelijk. Daardoor is een historisch overzicht van de werkelijk opgetreden belastingen niet te geven. In de huidige praktijk wordt de verkeersintensiteit op een groot deel van het Hoofdwegennet gemeten en wordt op een zestal meetlocaties de aslasten en gewichten van de passerende vrachtwagens gemeten. De voor de metingen onderscheiden configuraties zijn weergegeven in bijlage A. De eerste metingen van verkeersbelastingen in Nederland dateren van 1998. Het beeld dat uit deze metingen naar voren komt is dat ruim 7% van de aslasten hoger is dan 11,5 ton en een kwart van de vrachtauto's in de zwaarste categorie van 50 ton en hoger valt. De waarden die groter zijn dan wat algemeen wettelijk is toegestaan, worden veroorzaakt door voertuigen die overbeladen zijn of voertuigen waarvoor een ontheffing is afgegeven (bijzondere transporten). Kunstwerken ontworpen met de Europese norm voor verkeersbelastingen van 2002 zijn hierop berekend.

### **2.2.2 Ontwerp betonconstructies**

De eerste ontwerpvoorschriften voor gewapend beton dateren van 1912 (GVB 1912). Geleidelijk zijn deze voorschriften geëvolueerd van kennisdocumenten van vakgenoten tot formele ontwerpnormen.

Een belangrijke wijziging van inzicht werd rond 1974 in de normen vastgelegd: het vermogen van beton om dwarskracht in het beton zelf op te nemen werd aanzienlijk lager ingeschat dan voorheen. Dwarskrachten zijn de krachten die loodrecht en verticaal staan op de as van bijvoorbeeld de brug. Deze krachten worden in de betonconstructie deels door het beton opgenomen en deels door het staal. Als er onvoldoende staal (wapening) in de constructie aanwezig is om deze krachten op te nemen, dan wordt de levensduur aanzienlijk bekort (dit leidt namelijk tot scheurvorming en corrosie) en uiteindelijk kan de constructie zelfs bezwijken. Om de dwarskracht op te nemen moet daarom vanaf 1974 meer wapening worden aangebracht.

De materiaaleisen van vóór 1974 in combinatie met toegenomen verkeersbelastingen, zijn dus de oorzaak van de beperkte restlevensduur van de oudere betonnen bruggen en viaducten.

In het project ZSM (aanleg spitsstroken) zijn in de periode 2002-2005 in totaal 654 bruggen en viaducten uit alle leeftijdscategorieën beoordeeld op veiligheid en duurzaamheid. Daarbij bleek 21% van de kunstwerken niet te voldoen aan het (veranderde) gebruik. Betreffende kunstwerken zijn of worden thans aangepast of versterkt. Omdat deze 654 kunstwerken al beoordeeld zijn, zijn deze niet meegenomen de inventarisatie beschreven in hoofdstuk 3.



### 2.2.3 Ontwerp stalen bruggen

Een aantal van de grotere vaste bruggen en de brugkleppen van alle beweegbare bruggen in het Hoofdwegennet heeft een stalen rijdek. Omdat bij grote bruggen optimalisatie van het ontwerp veel kosten kan besparen tegen een aanvaardbare ontwerpinspanning, is dat ook gebeurd. De gevoeligheid voor een toename in de verkeersbelasting is voor de stalen bruggen daardoor relatief groot. Bijkomend probleem is dat de gevoeligheid voor intensiever en zwaarder verkeer bij staalconstructies veel groter is dan bij betonconstructies, omdat ze gevoelig zijn voor vermoeiingsschade. Mijlpaal in deze ontwikkeling was de ernstige scheurvorming in het nieuwe beweegbare deel van de Van Brienenoordbrug. In 1997 moest het slechts 7 jaar oude brugdeel vervangen worden. Rijkswaterstaat heeft daarna metingen uitgevoerd van de werkelijke verkeersbelastingen en alle stalen bruggen aan een nadere analyse onderworpen. De conclusies waren dat de werkelijke verkeersbelastingen door toegenomen voertuiggewichten en aslasten veel hoger waren dan waarmee gerekend was, de hoge waarden kwamen ook veel frequenter voor (zie ook verkeersbelastingen in paragraaf 2.2.1).



## 3. Resultaat inventarisatie betonnen bruggen, viaducten en tunnels

### 3.1 Inleiding, fasering onderzoek

De betonnen draagconstructies van bruggen en viaducten in beheer bij Rijkswaterstaat en gebouwd vóór 1975 zijn geïnteriseerd. Dit betreft 60% van de betonnen viaducten (zie figuur 5). Volgens de huidige normen zijn deze te licht ontworpen op dwarskracht. Als er niet genoeg staal en beton in de constructie aanwezig is om deze krachten op te nemen dan kan de constructie bezwijken. De analyse beperkt zich niet tot puur dwarskracht. Ook constructieve risico's bij bijvoorbeeld tandconstructies en dunne dekken bij ver uit elkaar liggende liggers, kunnen leiden tot problemen en zijn derhalve meegenomen.

In de inventarisatie zijn alle bruggen en viaducten van Rijkswaterstaat gebouwd vóór 1975 meegenomen:

- met een betonnen hoofddraagconstructie;
- die niet eerder beoordeeld zijn in projecten als ZSM respectievelijk de voorbereiding van de aanpassing van snelwegen;
- met een geregistreerd bouwjaar t/m 1976. Er ontstaat twee jaar overlap met de doelgroep gebouwd vóór 1975, om zeker te stellen dat er geen kunstwerken worden gemist uit deze periode.

Het betreft zowel de bruggen en viaducten van het Hoofdwegennet, zowel in de autoweg als over de autoweg, evenals de bruggen en viaducten over de waterwegen die niet tot het Hoofdwegennet behoren.

De tunnels (6 stuks) uit deze periode zijn al eerder onderzocht

Bepalend voor mogelijk tekort schieten in de resterende levensduur zijn:

- het toegepaste type draagconstructie in combinatie met de dimensionering;
- risicovolle constructiedetails zoals tandconstructies;
- de huidige belasting ten opzichte de belasting waarmee gerekend is in het oorspronkelijk ontwerp.

### 3.2 Type draagconstructie bruggen en viaducten

In totaal worden 23 verschillende typen draagconstructies onderscheiden. Deze laten zich ruwweg indelen in 5 categorieën. Per categorie wordt in het kort aangegeven wat de specifieke constructies binnen de categorie zijn. Ter illustratie is bij elk type een foto en een schematische tekening van de dwarsdoorsnede opgenomen.



Categorie plaat:



Kenmerkende dwarsdoorsneden type plaat

Risicovol zijn de platen van gewapend beton die niet voorgespannen zijn. Dit zijn veelal de oudere constructies in de inventarisatie. Slanke platen, dun ten opzichte van de overspanning, zijn het meest risicovol. Boven een bepaalde slankheid moeten de platen constructief worden beoordeeld. Hoe de plaat precies is uitgevoerd, de hoeveelheid wapening en waar deze is aangebracht is van grote invloed op de te verwachten resterende levensduur.



Categorie liggers (7 typen):



Kenmerkende dwarsdoorsnede type liggers

Dit constructietype bestaat uit dicht naast elkaar geplaatste liggers, waarop een rijdek is gestort. Een groot deel van de liggerconstructies moet constructief beoordeeld worden. De wijze van beoordelen is afhankelijk van het specifieke type ligger. Er zijn 7 typen liggers. Sommige liggers moeten geheel nagerekend worden, andere typen dienen alleen gecontroleerd te worden op de aanwezigheid van dwarskrachtwapening.



Categorie koker:

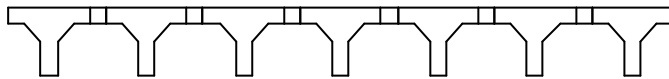


Kenmerkende dwarsdoorsnede type koker

De kokerconstructies komen in de regel voor bij de grotere overspanningen. Deze constructies moeten voor het merendeel nader constructief beoordeeld worden.



Categorie T-profiel:

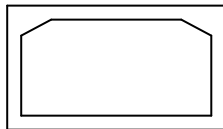


Kenmerkende dwarsdoorsnede type T-profiel

Dit constructietype bestaat uit liggers die op grotere afstand van elkaar geplaatst zijn. Het rijdek verbindt de liggers tot een geheel. Deze constructies moeten allemaal nader constructief beoordeeld worden. Bij dit type is de mate van optimalisatie maatgevend voor de te verwachten resterende levensduur.



Categorie doosvormige constructie:



Kenmerkende doorsnede evenwijdig weg-as type doosvormige constructie

Kleinere tunneltjes en onderdoorgangen zijn volgens dit type gebouwd. Deze constructies zijn in het verleden vaak ver geoptimaliseerd. Dit is volgens de huidige inzichten van grote invloed op de te verwachten resterende levensduur.

Categorie tunnels

De grote verkeerstunnels met mogelijke constructieve problemen met dwarskracht zijn reeds uit een eerdere inventarisatie bekend. De problematiek verschilt van de bruggen en viaducten. De toegenomen verkeersbelasting is namelijk niet het probleem. De maatgevende belasting voor de tunnels is de water- en grondbelasting op het tunneldak. Met het oog daarop zullen 6 grote verkeerstunnels nader beschouwd worden.



### Constructiedetails met grote invloed op de te verwachten resterende levensduur



Zogenaamde tandconstructies in de draagconstructie blijken bij beoordeling met de huidige, zwaardere, ontwerp- en belastingsnormen in meerdere gevallen niet goed gedimensioneerd te zijn. Dit type detail kan daarom een grote invloed hebben op de te verwachten resterende levensduur en moet constructief beoordeeld worden.

#### **3.2.1 Huidige belasting ten opzichte van het oorspronkelijk ontwerp**

Bij de constructieve beoordeling is het huidige gebruik ten opzichte van het oorspronkelijk ontwerp belangrijk voor de nadere beoordeling. Bij de inventarisatie is daarom de huidige rijbaanindeling vastgelegd. Bruggen en viaducten in de zwaarst belaste transportassen vanuit de randstad naar het oosten en zuiden (zie figuur 6) hebben een hogere prioriteit bij nadere beoordeling dan viaducten over de snelweg in secundaire wegen. In deze indeling zijn de volgende 5 categorieën te onderscheiden

Categorie	Kenmerken
HWN, transportas (in RW)	Kunstwerken in de rijksweg in de zwaarst belaste transportassen behorend tot het Hoofdwegennet
HWN, niet transportas (in RW)	Kunstwerken in de rijksweg buiten de zwaarst belaste transportassen behorend tot het Hoofdwegennet
HWN over RW	Viaducten over de rijksweg <u>niet</u> behorend tot het Hoofdwegennet
Vaarwegen/watersystemen	Bruggen over het hoofdvaarwegennet en Hoofdwatersystemen
HWN, naast RW	Kunstwerken behorend tot het Hoofdwegennet naar parkeerplaatsen, werkterreinen RWS, en dergelijke



### 3.3 Aanpak inventarisatie

Als eerste is de scope van te beoordelen objecten bepaald. De basislijst van te beoordelen objecten is samengesteld uit het areaalbestand kunstwerken (DISK, zie ook hoofdstuk 5). Hieruit resulteerde een scope van 2014 kunstwerken. Voor deze scope is een informatieprofiel opgesteld met parameters die relevant zijn voor de inventarisatie, alsmede eventuele berekeningen in een vervolgfase. De parameters waar het onder andere om gaat zijn: de overspanning, het statische systeem, de dikte van het dek, de breedte van het dek en de overspanningslengte.

Genoemde gegevens van de draagconstructies worden normaal gesproken niet gebruikt in het reguliere beheer- en onderhoudsproces. Deze gegevens zijn daarom niet beschikbaar in het informatiesysteem en zijn uit de statische archiefdossiers gehaald. De in de bureaustudie verzamelde parameters zijn middels een verificatie-inspectie gecontroleerd en waar nodig aangepast. Voor de objecten waarvan het archief incompleet bleek, zijn de benodigde gegevens op locatie opgenomen. Er zijn tijdens de inspecties op locatie geen schades geconstateerd die twijfel geven over de constructieve veiligheid.

De inventarisatie is uitbesteed aan marktpartijen. Door zes ingenieursbureaus is in opdracht van Rijkswaterstaat archief doorgenomen om de benodigde gegevens van de draagconstructies te achterhalen. Daar bovenop zijn bij 1826 kunstwerken verificatie-inspecties uitgevoerd. Er zijn daarbij onder andere 13.613 foto's gemaakt om de actuele situatie vast te leggen.

Deze resultaten zijn verwerkt en hiermee is een globaal risicoprofiel per kunstwerk bepaald.

### 3.4 Resultaten analyse

In het totaal zijn 2014 bruggen en viaducten geanalyseerd. Uit de analyse blijkt dat in 1174 bruggen en viaducten draagconstructies voorkomen, die nader constructief beoordeeld moeten worden. Hierbij worden de 6 grote verkeerstunnels opgeteld. In totaal zullen derhalve 1180 kunstwerken in de tweede fase nader beoordeeld worden. Voor 840 kunstwerken wordt nader onderzoek niet nodig geacht. De verwachte restlevensduur is daar niet gewijzigd.

Een overzicht van de voorkomende typen draagconstructies die voor nadere beoordeling in aanmerking komen, ingedeeld naar de categorieën, is weergegeven in onderstaande tabel.



Categorie	Kokers	Liggers	Platen	T-profiel	Doosvormige constructie	Tunnels	Eindtotaal
HWN, transportas (in RW)	14	76	113	43	16	2	264
HWN, niet transportas (in RW)	48	131	312	31	24	4	550
HWN over RW	17	75	159	10	7		268
Vaarwegen/watersystemen	4	9	48	23	8		92
HWN, naast RW	0	0	6	0	0		6
Eindtotaal	83	290	638	108	54	6	1180

Tandconstructies komen bij een klein deel (3,5%) van de nader te beoordelen constructies voor.

### 3.5 Betekenis resultaten

#### Gebruik van de kunstwerken

Op grond van de resultaten van de inventarisatie en de analyse is er geen aanleiding om nu beperkingen op te leggen aan het gebruik van de kunstwerken die in de tweede fase nader moeten worden beoordeeld. Er zijn tijdens de inspecties op locatie geen schades geconstateerd, die twijfel geven over de constructieve veiligheid. Het betreft kunstwerken waarvoor thans geen plannen bestaan voor aanpassing van het kunstwerk zelf of voor het gebruik ervan (bijvoorbeeld aanleg van extra rijstroken). Indien een aanpassing van het kunstwerk daadwerkelijk op de planning staat, is vooraf een constructieve beoordeling noodzakelijk om te kunnen bepalen of er maatregelen nodig zijn, en zo ja welke (bijvoorbeeld verkeersmaatregelen, tijdelijke of permanente versterking).

#### Financiële aspecten

Indien eind 2007 blijkt dat renovatie respectievelijk vervanging van kunstwerken nodig is, zullen additioneel middelen moeten worden vrijgemaakt. Over de hoogte van dit beslag valt, zolang niet specifiek duidelijk is waar het qua maatregelen over gaat, niet veel te zeggen.

### 3.6 De tweede fase van het onderzoek

Het onderzoek in de tweede fase richt zich op het bepalen hoe lang de bruggen en viaducten het verwachte gebruik nog verantwoord aan kunnen.

Omdat het aantal kunstwerken dat geanalyseerd wordt zo omvangrijk is, wordt geïnvesteed in het ontwikkelen van een beoordelingsmethodiek. Deze methodiek wordt als eerste toegepast bij de beoordeling van de bruggen en viaducten in de rijkswegen met de zwaarste verkeersbelastingen en voor de constructietypen, waar het eerst problemen verwacht worden. Het nader onderzoek varieert, afhankelijk van



het type draagconstructie van het kunstwerk, van een beperkte toets op kritieke aspecten tot een diepgaande constructieve beoordeling.

Een team van experts, dat zoveel mogelijk bestaat uit de experts die ervaring hebben opgedaan bij de beoordelingen die de afgelopen jaren zijn uitgevoerd, is hiermee belast.

Eind 2007 zal een technisch rapport gereed zijn, waaruit het het volgende duidelijk wordt: het aantal te verbeteren kunstwerken en in welke periode deze werkzaamheden geprogrammeerd zullen moeten worden. Het verslag van de 2<sup>e</sup> fase zal wellicht nog niet over alle 1180 objecten een definitief oordeel kunnen geven, hetzij omdat de benodigde berekeningen erg complex zijn, hetzij omdat er onvoldoende gegevens over de constructie, het materiaal en de daaruit af te leiden draagkracht beschikbaar zijn. Wel verwacht ik dan aan te kunnen geven wanneer dit inzicht er wel is.

Aan de hand van het rapport dat in december uitkomt zal per kunstwerk bepaald worden: 1) welke maatregelen eventueel noodzakelijk zijn; 2) op welke termijn deze uitgevoerd moeten worden en met het oog op verkeershinder ook uitgevoerd kunnen worden en 3) wat de daarmee gemoeide kosten zijn. Indien blijkt dat renovatie respectievelijk vervanging van kunstwerken noodzakelijk is, zal dit leiden tot een claim op de infrastructuurgelden. Over de hoogte van het beslag valt thans nog niets te zeggen, omdat niet specifiek duidelijk is welke maatregelen genomen moeten gaan worden. Dit totaal inzicht verwacht ik tegen de zomer van 2008 te kunnen bieden.



## 4. Stand van zaken stalen bruggen

### 4.1 Constructieve en verkeersveiligheid

Rijkswaterstaat heeft in totaal 274 vaste en beweegbare bruggen in beheer met een stalen rijdek (stalen bruggen). Vanwege de specifieke eigenschappen van staal, geldt voor deze kunstwerken dat die naarmate de verkeersintensiteit toeneemt, allen te maken kunnen krijgen met vermoeiingsproblemen. Gegeven de verkeersintensiteit speelt dit met name bij de bruggen in het hoofdwegennet. Om dit risico te beheersen, worden hiernaar gerichte inspecties uitgevoerd. Uit deze inspecties is gebleken dat 25 stalen bruggen op dit moment met vermoeiing kampen en bij 12 van deze bruggen in de nabije jaren maatregelen noodzakelijk zijn. Deze bruggen zijn inmiddels onderworpen aan een zeer intensief inspectie- en onderhoudsprogramma en alle noodzakelijke reparaties worden uitgevoerd. Daarmee worden verkeersveiligheidsproblemen voor de korte termijn voorkomen. Op middellange termijn biedt dit echter onvoldoende zekerheid. Deze 12 bruggen, waarvan een aantal onderdeel uitmaakt van belangrijke verbindingen, zullen de komende vijf jaar versterkt of vervangen moeten worden om de verkeersdoorstroming voor alle gewichtklassen te kunnen blijven garanderen.

### 4.2 Opties aanpak vermoeiingsproblematiek

Op basis van de huidige inzichten zijn er in algemene zin slechts twee oplossingsrichtingen denkbaar voor de aanpak van de vermoeiingsproblematiek van stalen bruggen:

1. stalen rijdekken voorzien van Hoge Sterkte Beton (HSB), of
2. vervangende nieuwbouw.

De oplossingsmogelijkheden zijn beperkt, doordat het extra gewicht dat op deze bruggen aangebracht kan worden gering is. Binnen de genoemde twee opties zijn beperkt optimalisaties per brug denkbaar, afhankelijk van de constructie van de brug en toekomstig gebruik. Deze opties moeten per brug worden bekeken en afgewogen.

### 4.3 Leerpunten toepassing HSB

De herstelwerkzaamheden aan de Moerdijkbrug-Oost zijn verricht met HSB. Dit was een methode die voor het eerst in Nederland werd toegepast. Het aanbrengen van een HSB-overlaging is een kritisch proces. Het proces is aanzienlijk gevoeliger dan het aanbrengen van gewoon beton. Uit die ervaring komt een aantal leerpunten naar voren die bij een volgende toepassing van HSB aandacht verdienen, te weten:

- strikte controle op de stabiele kwaliteit van het HSB-mengsel;



- beheersing van de kwaliteit tijdens het aanbrengen door permanent toezicht op de uitvoering;
- extra controle van HSB nadat het is aangebracht.

Voor een aantal problemen, hebben verbeterlagen plaatsgevonden, te weten:

- vlakheid: door zorgvuldiger aanbrengen, is betere vlakheid verkregen. Wanneer de vlakheid dan nog onvoldoende blijkt te zijn, kan het wegdek gefreesd worden;
- stroefheid: door het aanbrengen van een epoxyslijtlaag over de HSB wordt voldaan aan de normen voor stroefheid. Deze slijtlaag moet gedurende de verwachte levensduur van 30 jaar één maal vervangen worden;
- rijcomfort: er wordt voldaan aan de normen voor rijcomfort, echter de beleving van de weggebruiker is nog niet optimaal. In combinatie met het punt vlakheid wordt gekeken naar verdere optimalisatie van het eindresultaat.

### **Restrisico's aanbrengen HSB**

Het aanbrengen van HSB op locatie is voor Nederland een nieuwe techniek. Daarom valt niet met volledige zekerheid te zeggen of het ook in praktijk aan de berekende levensduur van tenminste 30 jaar zal voldoen. Om die reden is het noodzakelijk de ontwikkeling van het aangebrachte HSB in de praktijk goed te monitoren.

### **Conclusie HSB**

Naar aanleiding van de opgedane kennis tijdens de herstelwerkzaamheden kan geconcludeerd worden dat HSB een goede oplossing lijkt voor de vermoeiingsproblematiek van stalen rijdekken, maar:

- dat het aanbrengen van HSB een kritisch proces is, dat veel aandacht en intensieve controle vraagt;
- dat nog niet aantoonbaar is dat de berekende levensduur van 30 jaar ook daadwerkelijk wordt gerealiseerd.



## 5. Monitoring en inspectie

In dit hoofdstuk wordt in het kort geschetst hoe monitoring en inspectie van kunstwerken door Rijkswaterstaat wordt aangepakt en welke informatiesystemen daarbij worden gebruikt.

Inspectie, controle en beoordeling van kunstwerken vindt op de volgende wijze plaats:

- Een schouw door het district van Rijkswaterstaat, dat wil zeggen een visuele opname (dagelijks tot meerdere keren per week) van de toestand van de kunstwerken. Deze schouw richt zich op het signaleren van calamiteiten en afwijkingen van het normale.
- Een toestandsinspectie wordt periodiek uitgevoerd (bijvoorbeeld één tot meerdere malen per jaar, afhankelijk van het soort kunstwerk). Deze is gericht op het toetsen van het functioneren van (onderdelen) van een object en levert input voor het onderhoud voor de komende periode op.
- Een Instandhoudinginspectie wordt uitgevoerd door de Bouwdienst van Rijkswaterstaat. Dit is een “voorspellende” inspectie gericht op de (onderhouds-)investeringen voor de komende jaren. Deze inspectie wordt tenminste één keer per zes jaar uitgevoerd of zo nodig vaker, als dit uit de toestands- en/of schouwinspecties nodig blijkt te zijn.

Dit inspectie- en onderhoudsregime waarborgt dat eventuele tekortkomingen tijdig worden gesignaleerd, zodat waar nodig maatregelen getroffen kunnen worden. Dit programma geeft echter geen uitsluitsel over de te verwachten resterende levensduur van kunstwerken.

De informatie uit de inspecties is alleen waardevol als ze ook beschikbaar is in de juiste vorm, op het juiste moment en bij de juiste personen. Begin jaren tachtig werd dit belang al onderkend en is besloten inspectie en onderhoud te professionaliseren en te ondersteunen met een centraal informatiesysteem voor kunstwerken. Citaat: “In 1978 werd een interne werkgroep, de “Werkgroep Inventarisatie Rijksbruggen” (WIRB), in het leven geroepen. De opdracht van deze werkgroep was het doen van aanbevelingen voor het opzetten van een informatiesysteem voor kunstwerken. Hierbij kon uitputtend gebruik worden gemaakt van internationale ervaringen. De werkgroep heeft eind 1982 een rapport opgesteld naar aanleiding waarvan is besloten de ontwikkeling van dit informatiesysteem door te zetten. Begin 1983 is een projectteam van start gegaan met het hiervoor genoemde doel onder de naam “Data Informatie Systeem Kunstwerken”, afgekort DISK. DISK ging medio jaren tachtig operationeel.”

Kunstwerken staan niet op zich, zij hebben een functie binnen de netwerken waar Rijkswaterstaat verantwoordelijk voor is. Voor de informatievoorziening op netwerkniveau heeft Rijkswaterstaat een Netwerk Informatie Systeem (NIS) ingericht. De ambitie is om alle informatie die gerelateerd is aan de fysieke netwerken hierin



samen te brengen of te ontsluiten, waar het om meer gedetailleerde informatie gaat. Dit betreft informatie over de omvang en aard van het areaal, alsmede de huidige en gewenste toestand van het areaal. Informatie over het gebruik van het areaal en de prestaties voor de gebruikers, over de risico's, zowel functioneel als financieel en over onderhoud, heden, verleden en toekomst. Voor kunstwerkinformatie is DISK gekoppeld aan het NIS.





## Bijlage A Overzicht categorieën Weigh In Motion metingen

WIM-NL vehicle sub-classes		WIM-NL vehicle sub-classes	
sub-class	symbol	sub-class	symbol
B11		T12O1	
B11A1		T12O2	
B11A2		T12O3	
B12		T12O4	
B12A1		T12O11	
B12A2		T12O21	
B21		T12O111	
R11111		T12O1111	
R111111		T21O11	
R11112		V11	
R111121		V11A1	
R11113		V11A2	
R11211		V11A11	
R112121		V11A12	
R1122		V12	
R11221		V12A2	
R1123		V12A11	
R121221		V12A12	
R12211		V13	
R1222		V21	
R12221		V22	
R1223		V22A2	
T11O1		V22A11	
T11O2		V22A12	
T11O3		V111	
T11O4		V112	
T11O11		V211	
T11O21		V1111	
T11O111		O	
T11O1111		(* others *)	

Modified: 24-08-2006



## **Bijlage B    Overzicht 12 stalen bruggen met ernstige vermoeiingsverschijnselen**

Onderstaand volgt een overzicht van de 12 bruggen die momenteel met ernstige vermoeiing te maken hebben. De lijst met bruggen wordt periodiek nagerekend vanuit het aspect levensduur. Dit betekent dat deze lijst dynamisch is. Daarnaast is een inspectieprogramma in gang gezet op basis waarvan de prioriteit steeds wordt herijkt.

- Ewijk (A50);
- Galecopperbrug (A12);
- Gideonsbrug (beweegbaar, A7);
- Moerdijkbrug (West, A16);
- Scharsterijn (beweegbaar, A6);
- Scharberg (A76);
- Boogbrug Geleen (A2);
- Muiderbrug (A1);
- Kreekrakbruggen (A58);
- Harmsenbrug (beweegbaar, A57);
- Suurhoffbrug (vast / beweegbaar, A15);
- Van Brienoordbrug (vast, A16).



### Bijlage C Ontwikkeling massa vrachtverkeer (Bron RDW)

Tijdvak	Ontwikkelingen	Massa trekker oplegger (1)	Massa 3-assig motorvgt (2)	Massa 4-assig motorvgt (3)	Massa 5-assig motorvgt (4)	Aantallen massa 50 t	Opmerkingen
1960-1970	Aslast 8 → 10 t Max. aslasten bij afstand > 2 m	32 → 36 t	22 t	Nvt	Nvt	Gering	Vrachtauto-ahw comb. komen meer voor dan trekker-opl.
1970-1980	Asstellen 24 t	36 → 40 t	23- 24 t	30 t	Nvt	Matig	Introductie breedbanden en luchtvering Verschuiving vrachtauto-ahw → trekker-opl.
1980-1990	Asstellen n x 9 t	40 → 44 t	26 t	32 t	Nvt	Vrij veel	Breedbanden op grote schaal toegepast op getrokken voertuigen
1990-2000	Aangedreven as 11,5 t Max. aslasten bij afstand > 1,80 m	44 → 46 t	26-34,5 t	34-46 t	50 t	Veel	"Explosie" massa solo voertuigen gevolg van spec. NL wetgeving
2000-heden	Tandemstel motorvoertuig 19 t	46 t	27-34,5 t	35-46 t	50 t	Heel veel	

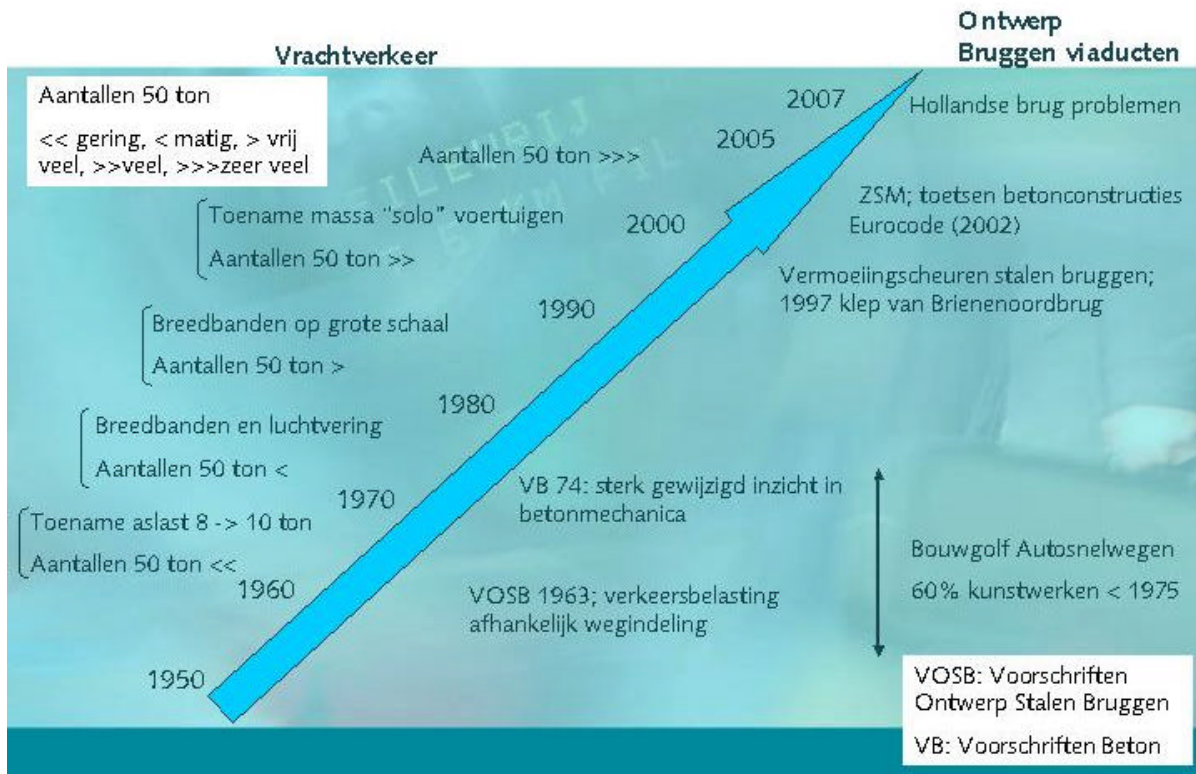
(1) Internationaal in deze periode van 32 naar 40 ton



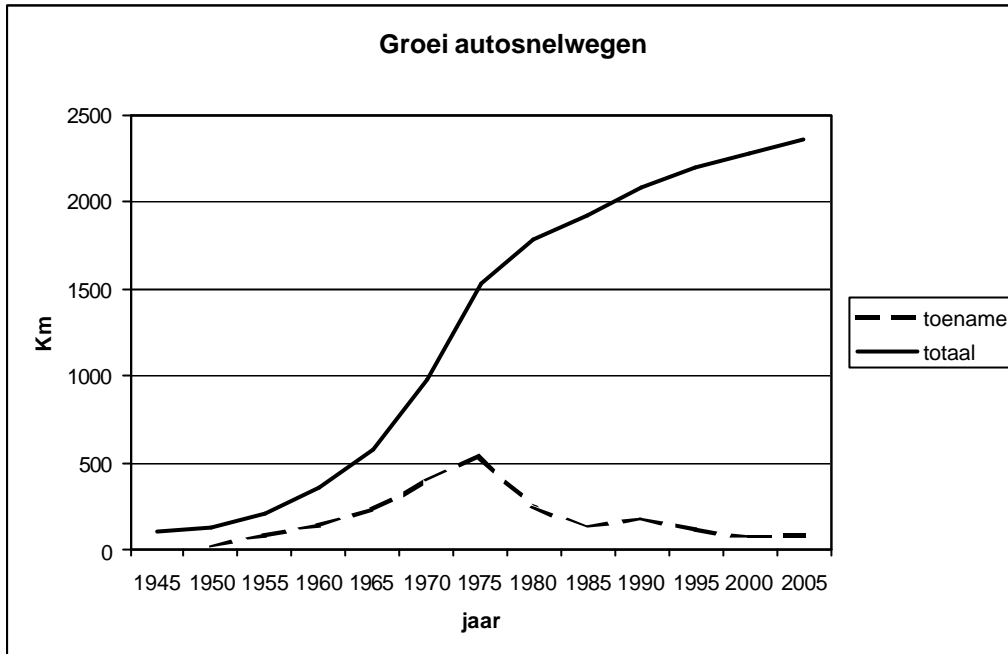


## Bijlage D Figuren

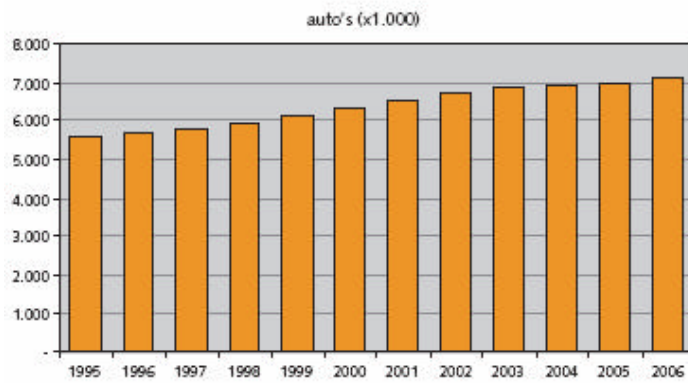
### Ontwikkeling vrachtverkeer en ontwerpnormen 1950 -2007



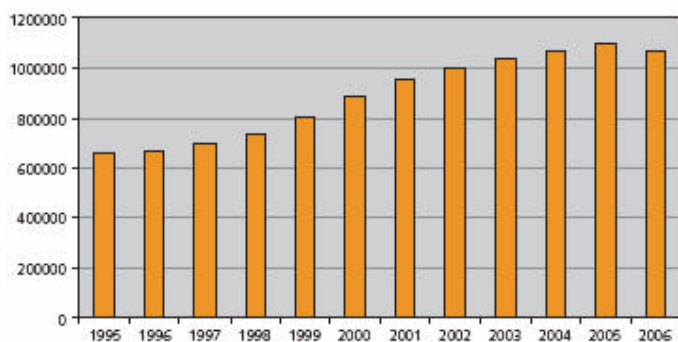
Figuur 1: Ontwikkeling vrachtverkeer en ontwerpnormen 1950 - 2007



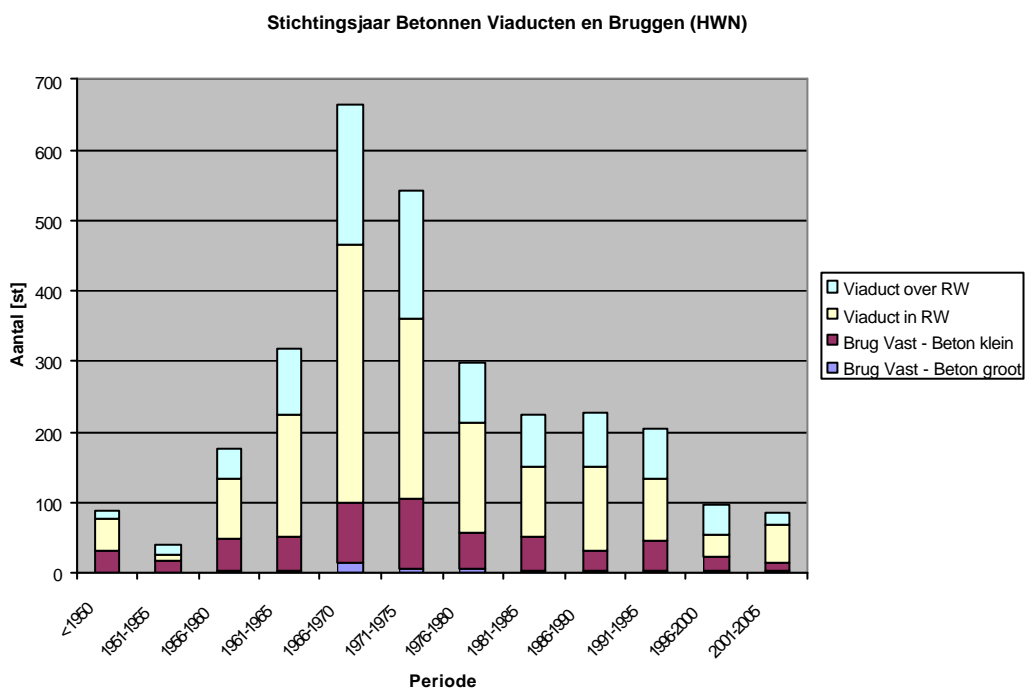
**Figuur 2: Groei autosnelwegen**



**Figuur 3: Aantal motorvoertuigen 1995-2006**  
(bron: CBS Statline)



**Figuur 4: Aantal bedrijfsmotorvoertuigen (bron: CBS Statline)**



**Figuur 5: Stichtingsjaren betonnen bruggen en viaducten**



**Figuur 6: Transportassen**

## Referenties

Kennisinstituut voor mobiliteitsbeleid (2007) Mobiliteitsbalans. Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Galjaard, P. et al. (2007) Vrachtverkeer en weginfra. Invloed groeiend vrachtverkeer. Eindrapportage.