

TNO-rapport

2008-D-R0102/B

**Vergelijking Trekker-Oplegger-Combinaties en
LZV's-Ecocombi's met betrekking tot de invloed
op kunstwerken.**

T +31 15 276 30 00
F +31 15 276 30 10
info-BenO@tno.nl

Datum	7 april 2008
Auteur(s)	Prof. ir. A.C.W.M. Vrouwenvelder Ir. F.B.J. Gijsbers
Opdrachtgever	Ministerie van Verkeer en Waterstaat Programma Wegvervoer Plesmanweg 1-6 2597 JG 's GRAVENHAGE
Projectnummer	034.87106/01.01

Aantal pagina's 14

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

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

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Werkwijze bij het onderzoek.....	5
3	Vergelijking verschillende berekeningsresultaten.....	6
4	Verdere beschouwingen	9
4.1	Andere aslastconfiguraties	9
4.2	Vergelijking met zand- en asfaltwagens en betonmixers	10
4.3	Ontheffingen.....	10
4.4	Andere overspanningen en brugtypen	10
4.5	Huidige toestand van de bruggen	12
4.6	Bruggen in andere wegsoorten	12
4.7	Levensduur van betonnen kunstwerken	12
4.8	Stalen bruggen en stalen onderdelen	13
5	Conclusie	14

1 Inleiding

Gedurende enige jaren zijn in Nederland proeven gaande met vrachtoertuigen van het type LZV/Ecocombi (hierna genoemd LZV). De verwachting is dat dit type het momenteel veel voorkomende type trekker-oplegger-combinatie (hierna genoemd TOC) voor een deel gaat vervangen. De LZV heeft in vergelijking met de TOC:

- een grotere maximale lengte, namelijk 25,25 m in plaats van 16,5 m;
- een grotere minimale laadlengte, namelijk 18 m;
- een groter maximaal totaal gewicht, namelijk 60 ton in plaats van 50 ton;
- een groter aantal assen, namelijk circa 8 in plaats van circa 5.

In figuur 1 zijn enkele mogelijke LZV-configuraties weergegeven.

LZV configuraties

(meest voor de hand liggende mogelijkheden)

A Trekker - oplegger - middenasaanhangwagen



B Trekker - oplegger (met oplegpunt) - oplegger



C vrachtauto - aanhangwagen



D vrachtauto - dolly - oplegger



E vrachtauto - middenasser - middenasser



Figuur 1: Mogelijke LZV configuraties, waarbij het type D het meest populair is.

Voor de beoordeling of LZV's kunnen worden toegelaten moet ondermeer bekend zijn wat de effecten zijn van LZV's op kunstwerken in de Nederlandse wegen in vergelijking met de effecten van TOC's.

In augustus 2007 heeft Ingenieursbureau Oranjewoud, in opdracht van de vervoersorganisaties TLN, KNV en EVO, een analyse uitgevoerd van enkele kunstwerkconstructies. Deze analyse resulteerde in de conclusie dat een LZV van 60 ton (het toegestane maximum) weliswaar een groter totaal gewicht heeft dan een standaard TOC van 50 ton, maar geringere buigende momenten en dwarskrachten in de

constructies oproepen. Rijkswaterstaat is het daarmee eens voor zover het de momenten betreft maar betwist de conclusie ten aanzien van dwarskracht, al zijn de verschillen klein. Rijkswaterstaat voert daarbij aan dat juist de dwarskrachtsterkte van bruggen en viaducten op dit ogenblik een groot punt van zorg is en dat daarom iedere verhoging van dwarskrachten, hoe klein ook, moet worden vermeden. De zorg voor de dwarskracht is ontstaan in het kader van een onderzoek van RWS naar de conditie van 1184 kunstwerken in Nederland.

Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft TNO opdracht gegeven haar als derde en onafhankelijke deskundige partij in deze zaak te adviseren. Dit rapport betreft het daartoe door TNO uitgevoerde onderzoek. TNO is gevraagd rekening te houden met de normtechnische sterkte van de kunstwerken, de huidige conditie en het daarnaar lopend onderzoek, de invloed op de levensduur van kunstwerken en het argument dat drie of vier TOC's vervangen kunnen worden door respectievelijk twee of drie LZV's.

Voor de begeleiding van het onderzoek is door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat een begeleidingsgroep ingesteld, bestaande uit:

- ing. R. Verschoor, MBA, Rijkswaterstaat
- ir. P.H.J. Ackermans, Oranjewoud

Partijen hebben de gelegenheid gekregen om te reageren op de conceptrapportage van TNO. Met de ontvangen reacties is rekening gehouden bij het opstellen van de definitieve rapportage.

2 Werkwijze bij het onderzoek

Door TNO zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- 1) Een toets van de berekeningen van Oranjewoud en RWS inzake de effecten van 60-tons LZV's als weergegeven in onderstaande ter beschikking gestelde documenten:

[1] Oranjewoud rapport, Impact LZV's op kunstwerken, 29 aug. 2007, 1e versie.

[2] Brief Oranjewoud aan TLN van 2 oktober 2007.

[3] Memo Bouwdienst, Dwarskrachtenproblematiek bij LZV's, aug 2007.

[4] Verdere toelichtingen en correspondentie per e-mail.

- 2) Het geven van een oordeel over de effecten op de kunstwerken van het toelaten van 60 tons LZV's ten opzichte van 50 tons TOC's, waarbij rekening wordt gehouden met:

- zowel de sterkte als de levensduur van kunstwerken;
- de huidige conditie van de kunstwerken en het daarnaar lopende onderzoek;
- het onderscheid tussen betonnen kunstwerken gebouwd voor en na 1975, gegeven het verschillend ontwerp ten aanzien van dwarskracht;
- de gedachte dat twee tot drie 60 tons LZV's in principe qua vervoerscapaciteit drie tot vier 50 tons TOC's kunnen vervangen.

Met betrekking tot de conclusies ten aanzien van de stalen bruggen is door TNO advies ingewonnen van Prof. ir. F.S.K. Bijlaard van de TU-Delft.

- 3) Er is driemaal overleg gevoerd met de opdrachtgever en de begeleidingsgroep, bestaande uit de heren R. Verschoor (RWS) en P.H.J. Ackermans (Oranjewoud). Bij dit overleg waren ook andere experts van RWS of Oranjewoud aanwezig. Bij het laatste overleg was ook de heer A. Smit van TLN aanwezig.

3 Vergelijking verschillende berekeningsresultaten

Beschouwd is een brugconstructie met een breedte van 10 m en een enkele overspanning van 25 m, overeenkomend met de eerste regel, bovenste tabel op blz. 14 van het Oranjewoud-rapport [1]. Evenals in de studies van Oranjewoud en RWS [3] zijn in eerste instantie de effecten vergeleken van:

- een 60 tons ontwerpvrachtwagen (VOSB);
- een 50 tons TOC;
- een 60 tons LZV;

in combinatie met een over het gehele brugdek aanwezige gelijkmatige verdeelde belasting.

De als referentie gebruikte ontwerpvrachtwagen van 60 ton is die volgens klasse 60 uit de VOSB, een afkorting die staat voor Voorschriften Ontwerpen Stalen Bruggen. Met de daarin beschreven verkeersbelasting zijn ook de meeste betonnen bruggen in Nederland ontworpen. Daarbij moet echter worden aangetekend dat de ontwerpbelastingen in het verleden op een aantal punten verschilden van de huidige. Verder zijn er in plaats van op klasse 60 ook nog veel bruggen op basis van de lichtere klasse 45 (45 tons ontwerpvrachtwagen) ontworpen, met name in provinciale wegen. Hierop wordt in dit rapport nog teruggekomen.

Het volledige belastingschema kan als volgt worden beschreven:

- 2 vrachtwagens, naast elkaar, op de ongunstigste positie;
- een uniform verdeelde belasting van 4 kN/m^2 .

De totale belasting wordt conform de VOSB vermenigvuldigd met een reductiefactor 0,80 en een gecombineerde dynamica/belastingfactor factor $C=1,1$ (zie blz 7).

De vrachtwagens voor de drie berekeningen zijn achtereenvolgens:

- VOSB, 60 ton, 3 assen van 200 kN
- TOC, 50 ton, 5 assen van 100 kN
- LZV, 60 ton, 8 assen van 75 kN

De TOC met 5 assen is één van de meest voorkomende vrachtwagentypen van dit moment. De gehanteerde asafstanden [m] in de drie gevallen zijn achtereenvolgens:

VOSB	4,0	1,0					
TOC	3,2	5,7	1,8	1,8			
LZV	3,2	1,5	6,3	1,5	1,5	5,75	1,5

Aslasten en asafstanden kunnen in de praktijk afwijken van deze door Oranjewoud en RWS geïntroduceerde schematiseringen. Hierop wordt in dit rapport nog teruggekomen.

Op basis van deze informatie zijn de volgende gemiddelde plaatmomenten [kNm/m] in de middendoorsnede van de constructie berekend:

Vrachtwagen	Oranjewoud (gemiddeld) [kNm/m]	RWS (gemiddeld) [kNm/m]	TNO (gemiddeld) [kNm/m]
VOSB (60 ton)	943	905	847
TOC (50 ton)	654	685	650
LZV (60 ton)	596	645	614

NB: Door Oranjewoud en RWS zijn ook momenten aan de rand van de plaat berekend.

De verschillen in de gemiddelde plaatmomenten zijn hier en daar aan de forse kant, met name die tussen de berekeningen van Oranjewoud en TNO voor de VOSB-ontwerpbelasting. Afgaande op de gedetailleerde informatie in het berekeningsrapport van Oranjewoud lijkt de waarde van 943 kNm/m echter geen gemiddelde waarde te zijn maar een maximum aan de rand van de plaat. Het door Oranjewoud berekende gemiddelde is in dat geval lager waarmee de verschillen beperkt zijn.

Van belang zijn niet zozeer de absolute getalswaarden als wel de onderlinge verhoudingen. Stellen we de VOSB op 100 % dan vinden we:

Vrachtwagen	Oranjewoud [%]	RWS [%]	TNO [%]
VOSB (60 ton)	100	100	100
TOC (50 ton)	69	76	77
LZV (60 ton)	63	71	72

Uit de laatste tabel zou de indruk kunnen ontstaan dat er nog een aanzienlijke ruimte zit tussen de belastingeffecten van de TOC en de LZV enerzijds en van de 60 tons VOSB-ontwerpbelasting anderzijds. Dit is echter maar ten dele het geval. Zoals al eerder is opgemerkt verschilden de ontwerpbelastingen in het verleden op een aantal punten van de huidige en zijn er ook klasse 45 bruggen die met een lagere verkeersbelasting zijn ontworpen.

Noot met betrekking tot de uitgevoerde berekeningen:

In de TNO-berekening is de VOSB-wagen zo gepositioneerd dat de middelste as in het midden van de overspanning staat. Dit geeft voor een wagen het volgende totale moment in het midden van de doorsnede:

$$M_Q = 850 + 1250 + 1150 = 3250 \text{ kNm}$$

De middelste term volgt eenvoudig uit $QL/4 = 200 \times 25 / 4 = 1250 \text{ kNm}$. De andere twee bijdragen kunnen op soortgelijke wijze worden bepaald. De gelijkmatig verdeelde belasting van 4 kN/m^2 geeft:

$$M_q = qBL^2 / 8 = 4 \times 10 \times 25^2 / 8 = 3125 \text{ kNm}$$

Het totale moment inclusief de reductiefactor van 0,8 en de $C=1,1$ leidt dan tot:

$$M = 0,8 \times 1,1 \times (2 \times 3250 + 3125) = 8470 \text{ kNm}$$

Bij een breedte van $B = 10 \text{ m}$ leidt dit dus tot een gemiddeld plaatmoment van $m_{xx} = 847 \text{ kNm/m}$.

In de RWS- en Oranjewoud-berekeningen is de wagen iets anders geschematiseerd:

- bij RWS als een gelijkmatig verdeelde belasting van 120 kN/m over een lengte van 5 m.
- bij Oranjewoud als een gelijkmatig verdeelde belasting van 200 kN/m over een lengte van 2 m en een lengte van 1 m met een belastingvrije tussenruimte van 3 m.

Deze verschillen kunnen de verschillen in uitkomsten verklaren.

Vervolgens is ook naar dwarskracht gekeken. Dit is door RWS [3] uitgerekend met hetzelfde model en dezelfde positie van de vrachtwagens, namelijk in het midden van de overspanning. In het RWS-rapport is alleen het resultaat voor de maximale waarde genoteerd. Van Oranjewoud [2] is slechts een zeer globale beschouwing van de effecten op dwarskracht beschikbaar. De resultaten daarvan zijn niet bruikbaar voor een goede vergelijking. Door TNO is alleen de gemiddelde plaatdwarskracht berekend. We presenteren hier wederom de relatieve resultaten in procenten:

Vrachtwagen	RWS (maximum) [%]	TNO (gemiddeld) [%]
VOSB (60 ton)	100	100
TOC (50 ton)	87	91
LZV (60 ton)	91	99

RWS heeft ook nog een berekening gemaakt met puntopleggingen. Voor dat geval is het verschil vrijwel vergelijkbaar met het TNO-resultaat voor het gemiddelde. TNO en RWS zijn het er dus over eens dat de 60 tons LZV in de beschouwde situatie een hogere dwarskracht geeft dan de 50 tons TOC. De op deze wijze bepaalde dwarskrachten zijn echter niet maatgevend omdat het hier gaat om een voertuig dat in het midden van de overspanning is gepositioneerd. Voor de maatgevende dwarskracht moet de mobiele belasting echter dicht bij de oplegging van de constructie worden gepositioneerd. De volgende tabel bevat de door TNO berekende verdeelde dwarskracht voor de positie in het midden van de overspanning en voor de positie direct naast de oplegging (verdeelde dwarskracht in kN/m en in %):

Vrachtwagen	TNO			
	In midden overspanning		Naast oplegging	
	kN/m	%	kN/m	%
VOSB (60 ton)	99	100	141	100
TOC (50 ton)	90	91	113	79
LZV (60 ton)	98	99	106	75

De dwarskrachten zijn absoluut gezien 10% tot 40 % hoger bij posities van de vrachtwagen naast de oplegging en dus maatgevend. In de onderlinge vergelijking van de TOC met de LZV valt de naast de oplegging gepositioneerde LZV echter gunstiger uit dan de naast de oplegging gepositioneerde TOC.

De conclusie uit deze berekeningen is dat voor de door Oranjewoud en RWS beschouwde gevallen het vervangen van een TOC van 50 ton door een LZV van 60 ton bij de beschouwde brug voor zowel buiging als dwarskracht geen ongunstige effecten heeft.

4 Verdere beschouwingen

4.1 Andere aslastconfiguraties

In hoofdstuk 3 is uitsluitend gekeken naar voertuigen met gelijkmatig verdeelde aslasten. In werkelijkheid kunnen de aslasten onderling in grootte verschillen. Het Voertuigreglement staat al voor de aangedreven as een hogere maximale aslast toe dan voor niet aangedreven assen (115 kN versus 100 kN). Bij een vijfasser moet dit extra gewicht voor de aangedreven as dus gecompenseerd worden door een lagere waarde voor de andere aslasten. Voor een 50 tons TOC is dus een reglementair mogelijke configuratie (eenheid kN):

85	115	100	100	100
----	-----	-----	-----	-----

In werkelijkheid komt men vaker een verdeling tegen van het type 75-115-90-90-90, leidend tot een totaal gewicht van 460 kN (46 ton). Daar staat weer tegenover dat er incidenteel TOC's met overbelading worden waargenomen tot 700 kN of zelfs 800 kN toe. Om willekeur in de vergelijkingsmaatstaf te vermijden is gekozen voor het wettelijk maximum van 500 kN.

Het maximum toegestane gewicht van LZV's bedraagt 60 ton. Er rijden echter ook veel LZV's met een gewicht dat lager is dan 60 ton. Sommige vervoerders is het namelijk vooral om het grotere laadvolume te doen. Omdat voor een beoordeling van de effecten op kunstwerken het maximaal toegestane totale gewicht van belang is, wordt van 60 ton uitgegaan. Andere parameters, zoals wielafstanden en individuele aslasten, zijn geschematiseerd met een nauwkeurigheid die voor het beoordelen van de effecten op kunstwerken voldoende nauwkeurig wordt geacht. Enkele van de beschouwde aslastconfiguraties zijn daardoor wellicht wat minder realistisch, maar voor de beoordeling van de effecten op kunstwerken is dat niet van belang.

Voor LZV's geldt ook dat de aslasten niet gelijkmatig verdeeld hoeven te zijn. De aslasten kunnen dus afwijken van de aanname in hoofdstuk 3 (8 x 75 kN). Theoretisch kunnen we dus bijvoorbeeld aan de volgende (ongunstige) configuraties denken:

85	115	85	85	85	50	50	45
----	-----	----	----	----	----	----	----

85	115	100	100	100	50	50
----	-----	-----	-----	-----	----	----

75	115	80	80	80	85	85
----	-----	----	----	----	----	----

De tweede en derde configuratie zijn in feite TOC's met een twee-assige aanhanger (7 assen totaal, type A volgens figuur 1).

De maximale dwarskracht door de 50 tons TOC is 80 procent van de dwarskracht door de 60 tons VOSB-ontwerpswagen. Voor de drie getoonde LZV-configuraties is dat respectievelijk 77, 79 en 80 procent. De dwarskracht ten gevolge van de TOC wordt dus nog net niet overschreden door de LZV. Hoewel de verschillen klein zijn, is de LZV niet ongunstig ten opzichte van de TOC.

Bij een kleinere afstand tussen de voor- en achteras van de LZV wordt de situatie ongunstiger. Met onderlinge wielafstanden van bijvoorbeeld 3-7-2-4-2 m wordt de dwarskracht door de LZV 81 procent van de dwarskracht door de VOSB-ontwerpvoertuigen, dus iets hoger dan de 80 procent ten gevolge van de TOC. De afstand tussen voor- en achteras is in dit geval 18 m.

De conclusie is dat de dwarskracht ten gevolge van een 60 tons LZV niet ongunstiger is dan de dwarskracht ten gevolge van een 50 tons TOC, mits het grotere gewicht van de LZV voldoende gespreid wordt over de grotere lengte van de LZV. Dit is het geval indien de afstand tussen de voorste en de achterste as ten minste circa 18 m bedraagt.

Door RWD¹ is gesteld dat bij de nu voorziene LZV-configuraties de afstand tussen de voor- en de achteras steeds groter is dan 18m. Dit betekent dat vervanging van de 50 tons TOC's door de nu voorziene 60 tons LZV-configuraties niet zal leiden tot ongunstige effecten op kunstwerken.

Mocht in de toekomst sprake zijn van LZV-configuraties met afstanden tussen de voor- en achteras die kleiner zijn dan 18 m, dan is compensatie mogelijk door verlaging van het maximale gewicht teneinde ongunstige effecten op kunstwerken te vermijden.

4.2 Vergelijking met zand- en asfaltwagens en betonmixers

Het vervangen van een TOC door een LZV bij de beschouwde brug is blijkens het voorgaande voor zowel buiging als dwarskracht niet ongunstig. Voor de goede orde is het zinvol de resultaten ook te vergelijken met voertuigen van 50 ton (500 kN) met 5 assen op zeer korte afstand (ca 2,0 m) die volgens het huidige Voertuigreglement zijn toegestaan. Men kan hierbij denken aan zand- en asfaltwagens en betonmixers. De gemiddelde dwarskracht kan dan nog oplopen tot 118 kN/m. Ten opzichte van die voertuigen is de TOC 5 % gunstiger en de LZV dus zelfs 10 % gunstiger. Hierbij moet worden aangetekend dat van dit type ten opzichte van de TOC weinig voertuigen op de weg zijn. De kansen op twee wagens achter of naast elkaar is daardoor minder groot.

4.3 Ontheffingen

Om het effect van LZV's op de kunstwerken in perspectief te plaatsen is het ook zinvol erop te wijzen dat er in Nederland op basis van ontheffingen veel voertuigen rondrijden met nog hogere gewichten dan 600 kN. Ook ten opzichte van die voertuigen scoort de LZV die hier is onderzocht gunstig. Afhankelijk van het gewicht kunnen voertuigen met ontheffingen overigens wel beperkingen meekrijgen.

4.4 Andere overspanningen en brugtypen

In het voorgaande is tot nu toe alleen aandacht besteed aan het sterkteaspect van kunstwerken met een korte overspanning. Zoals in de rapporten van Oranjewoud en RWS aannemelijk is gemaakt, gelden de bovenstaande conclusies ook bij bredere bruggen en bruggen met doorgaande liggers/platen over meerdere steunpunten.

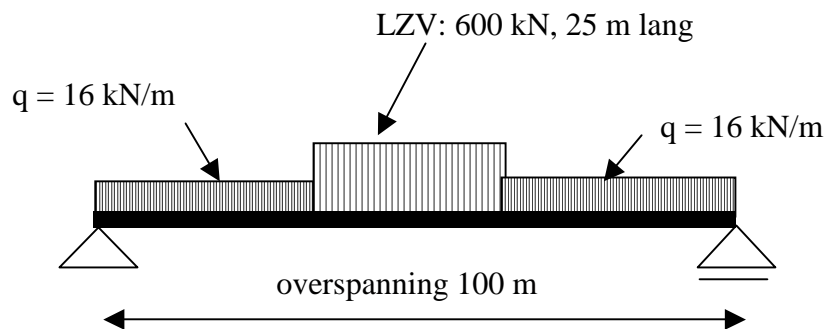
- ¹ Toelichting door A.J. van Loon bij het RDW-rapport Lange en Zware Vrachtautocombinaties, Voorstel regime ervaringsfase (december 2006).

Voor zeer lange bruggen kunnen berekeningen als hierboven beschreven iets anders uitpakken. Midden op een lange brug geeft een 60 tons voertuig nu eenmaal een hoger buigend moment dan een 50 tons voertuig. Het verschil in voertuig lengte doet dan minder ter zake.

Als we eenvoudigheidshalve de berekening volgens hoofdstuk 3 herhalen voor een brug van 100 m overspanning dan vinden we:

Vrachtwagen	TNO (gemiddeld) [%]
VOSB (60 ton)	100
TOC (50 ton)	81
LZV (60 ton)	89

In tegenstelling tot deze eenvoudige schematisering zal in de werkelijkheid de grotere lengte wel tot een vermindering van momenten leiden. Zo geeft een file van 50 tons TOC's een belasting van 30 kN/m en een file van 60 tons LZV 's 24 kN/m en daarmee kleinere momenten en dwarskrachten. Maar ook dit is wellicht niet een erg realistische situatie.



Figuur 2: Positionering van LZV (of TOC) bij een overspanning van 100 m

Uitgaande van de Nederlandse norm en de Eurocode voor brugbelastingen is een redelijke vergelijkingsbasis een rijstrook met een file van 16 kN/m met een 50 tons TOC (16,5 m lengte) in het midden ten opzichte van dezelfde file, maar dan met een 60 tons LZV (25 m lengte) in het midden (zie figuur 2). We vinden dan voor het totale moment ten gevolge van de rijstrookbelasting in het midden van de overspanning:

File + TOC	$M = 25.412 \text{ kNm}$
File + LZV	$M = 24.375 \text{ kNm}$

ofwel een nagenoeg identiek belastingseffect, waarbij de LZV tot een iets lager moment leidt.

Ook voor de langere bruggen zal de vervanging van 50 tons TOC's door de nu voorziene 60 tons LZV-configuraties dus niet tot ongunstige effecten leiden.

4.5 Huidige toestand van de bruggen

De huidige toestand van de bruggen geeft aanleiding tot zorg. Bij gewapend en voorgespannen betonnen bruggen van met name vòòr 1975 geldt dat voornamelijk voor de draagkracht met betrekking tot dwarskracht. De conditie daarvan is aan de lage kant door:

1. de naar huidige inzichten te optimistische dimensioneringsregels vòòr 1975;
2. een aanwezige betontreksterkte die mogelijk lager is dan beoogd;
3. een mogelijke achteruitgang in de sterkte door de Alkali- Silica- Reactie (ASR) waarbij toeslagmateriaal (grind) chemisch blijft doorreageren met cement met scheurvorming tot gevolg.

Een beleidslijn om veranderingen met ongunstige effecten op de kunstwerken tegen te houden is dus te begrijpen. Omdat de vervanging van 50 tons TOC's door de nu voorziene 60 tons LZV-configuraties geen ongunstige effecten heeft op de kunstwerken, is de huidige toestand van de bruggen geen reden om de vervanging tegen te houden.

4.6 Bruggen in andere wegsoorten

Voor klasse 45 bruggen in N-wegen, die nu zijn opengesteld voor 50 tons voertuigen, geldt een zelfde redenering als in paragraaf 4.5. Omdat de vervanging van 50 tons TOC's door de nu voorziene 60 tons LZV-configuraties ook op deze bruggen geen ongunstige effecten heeft, zijn ook deze bruggen geen reden om de vervanging tegen te houden.

4.7 Levensduur van betonnen kunstwerken

Een ander punt is de levensduur: kunnen LZV's bijdragen aan een extra verkorting van de levensduur door:

- aantastingmechanismen (corrosie, ASR);
- toename van de belasting.

De aantastingsmechanismen verlopen in beginsel onafhankelijk van het verkeer. Uitzondering hierop is de extra scheurvorming die kan plaats vinden in betonnen kunstwerken waardoor processen als chloride-indringing en corrosie kunnen versnellen. Aangezien scheurvorming primair gerelateerd is aan de optredende spanningen zal, gelet op de eerder gepresenteerde resultaten, de vervanging van 50 tons TOC's door de nu voorziene 60 tons LZV-configuraties niet leiden tot meer scheurvorming en aantasting.

Meer en zwaarder verkeer leidt naast de genoemde mogelijke extra scheurvorming ook tot:

- grotere kans op piekbelasting per tijdseenheid;
- extra vermoeiing.

De kans op een hoge piekbelasting voor een bepaalde periode (bijvoorbeeld een jaar) is direct gekoppeld aan het aantal voertuigen of het aantal assen. Deze invloed is echter

dermate klein, dat we het voor de vervanging van TOC's door LZV's buiten beschouwing kunnen laten.

Voor vermoeiing geldt dat dit voor betonnen bruggen vrijwel nooit een maatgevend mechanisme is. De spanningen voor zowel moment als dwarskracht lopen terug of blijven gelijk en ook het aantal wisselingen (aantal voertuigen) gaat niet omhoog. De vervanging van TOC's door de nu voorziene LZV-configuraties zal dus geen ongunstige effecten hebben.

4.8 Stalen bruggen en stalen onderdelen

Bij stalen bruggen (en stalen onderdelen in betonnen bruggen zoals voegovergangen) gelden voor de macro-afdracht soortgelijke argumenten als voor de betonnen bruggen. Er is echter een groot verschil: bij stalen bruggen zijn de as- en wiellasten erg belangrijk. Bij vervanging van drie TOC's door twee LZV's worden gemiddeld 15 assen van 100 kN vervangen door 16 assen van 75 kN. De aantallen gaan dus 7% omhoog, de spanningen 25% naar beneden.

Aangezien de vermoeiing evenredig is met het aantal wisselingen tot de eerste macht en met de spanning tot de derde macht heeft de vervanging van TOC's door LZV's geen ongunstig effect. Volgens schattingen kunnen drie of vier TOC's worden vervangen door respectievelijk twee of drie LZV's. In dat geval worden dus ca 20 assen van 100 kN vervangen door ca 24 assen van 75 kN. Ook dan is er geen sprake van een ongunstig effect.

Overigens is de verwachting dat slechts een deel van het huidige bedrijfsvoertuigenpark in Nederland door LZV's vervangen zal worden, namelijk minder dan 2.000, terwijl er nu in de orde van 80.000 TOC's of qua belasting vergelijkbare voertuigen rondrijden. De effecten ten aanzien van vermoeiing blijven dus hoe dan ook marginaal.

Voor voegovergangen zijn wiellasten van belang, zowel qua grootte als aantal. Hiervoor geldt dus dezelfde redenering als voor stalen bruggen. Er is dus ook wat dit betreft geen bezwaar tegen vervanging van 50 tons TOC's door de nu voorziene 60 tons LZV-configuraties.

5 Conclusie

Vervanging van Trekker-Oplegger-Combinaties's van 50 ton door LZV's-Ecocombi's van 60 ton heeft geen ongunstige invloed op kunstwerken, onder de voorwaarde dat het hogere totaal gewicht voldoende gelijkmatig is verdeeld over de grotere voertuiglengte van de LZV-Ecocombi. Dit is het geval indien de afstand tussen de voorste en de achterste as van de LZV-Ecocombi ten minste circa 18 m bedraagt.

Door RDW is gesteld dat bij de nu voorziene LZV-configuraties de afstand tussen de voor- en de achteras steeds groter is dan 18m. Dit betekent dat vervanging van de 50 tons TOC's door de nu voorziene 60 tons LZV-configuraties niet zal leiden tot ongunstige effecten op kunstwerken.

Mocht in de toekomst sprake zijn van LZV-configuraties met afstanden tussen de voor- en achteras die kleiner zijn dan 18 m, dan is compensatie mogelijk door verlaging van het maximale gewicht teneinde ongunstige effecten op kunstwerken te vermijden.