

Ladingzekering eenvoudig te berekenen

Krachten versus tegenkrachten (1)

Nu de maximale transportkrachten waarmee rekening gehouden moet worden tijdens het transport van (gevaarlijke) goederen, in de Nederlandse regelgeving zijn vastgelegd, is het eenvoudig geworden een correcte ladingzekering vast te stellen. In dit eerste deel van hun artikel gaan de auteurs in op de transportkrachten. In een volgend deel zullen zij de tegenkrachten berekenen.

Tekst en fotografie: Willy Van Praet en Raf Van Gysel

Krachten zijn universeel aanwezig. Als zij optreden, werken ze in op voorwerpen. Voorwerpen kunnen daarbij in beweging worden gezet. En beweging veronderstelt hier een versnelling van stilstand naar een bepaalde snelheid.

De alom meest bekende kracht is de zwaartekracht. De zwaartekracht wordt veroorzaakt door het natuurkundig verschijnsel dat zware voorwerpen (aardbol) lichtere voorwerpen (alles wat zich op of boven het oppervlak van de aarde bevindt) aantrekken. Deze aantrekkingskracht veroorzaakt een constante versnelling, zwaartekrachtversnelling genoemd, van alle voorwerpen, gericht naar het centrum van de aarde. Gelukkig is het aardoppervlak en – bij uitbreiding naar vrachtwagens en containers – ook de laadvloer stevig genoeg om de invloed van de zwaartekracht op de lading, gewichtskracht genoemd, aan te kunnen.

- ▶ De zwaartekrachtversnelling bedraagt $9,81 \text{ m/s}^2$ of afgerond 10 m/s^2 en algemeen uitgedrukt als 'g'.
- ▶ De gewichtskracht, algemeen 'gewicht' genoemd, die voortvloeit uit de zwaartekrachtversnelling die een massa bij vrije val zou ondervinden, wordt algemeen uitgedrukt als G, met $G = m \cdot g$

Andere dagelijkse krachten zijn spierkracht, windkracht (niet opgenomen als transportkracht, ondanks het feit dat er voorbeelden van zijn, bijvoorbeeld een omgewaaide, lege trailer), magnetische kracht, etc.

Krachten bij het transport

Voor transport zijn specifiek de volgende krachten belangrijk: de remkracht van het voertuig en de centrifugaalkracht.

- ▶ De remkracht van het remsysteem van een aan constante snelheid rijdend voertuig zal het voertuig op een bepaalde afstand tot stilstand brengen. De remafstand wordt dan mee bepaald door de beginsnelheid. Maar de gemeten vertraging zal steeds ongeveer 8 m/s^2 bedragen. Een versnelling van 8 m/s^2 komt bijgevolg overeen met 80% van de gewichtskracht G.
- ▶ De centrifugaalkracht geeft aan dat elk voorwerp dat aan een cirkelvormige beweging wordt onderworpen, een naar buiten gerichte kracht krijgt. Bij vrije beweging zou het voorwerp dan een versnelling van 5 m/s^2 krijgen. De centrifugaalkracht komt bijgevolg overeen met 50% van de gewichtskracht G.

Tegenkrachten

De maximale transportkrachten waarmee rekening gehouden moet worden tijdens het transport van (gevaarlijke) goederen zijn in 2013 vastgesteld (zie later in het artikel). Hiermee is het eenvoudig geworden om de ladingzekering op correcte wijze uit te voeren. Er dient gewoon voldoende tegenkracht aangebracht te worden door alle mogelijke beschikbare tegenkrachten te benutten.

Courant beschikbare tegenkrachten zijn:

- ▶ De wrijvingskracht, afkomstig van het contact tussen gevaarlijke lading en de laadvloer.
- ▶ De tegenduwende materiaalkracht van de wanden van de laadvloer en hulpstukken zoals stangen, latten, borden, e.d. die tussen de wanden geplaatst worden en die de transportkrachten overbrengen naar de wanden.
- ▶ De tegentrekkende materiaalkracht van verbindings-

lijnen, zoals *spanriemen*, kettingen en kabels (LC-waarde).

- ▶ De bijkomende wrijvingskracht die wordt opgewekt door het neersjorren van de gevaarlijke lading op de laadvloer (STF-waarde), bijvoorbeeld d.m.v. *spanriemen*.

We behandelen hier niet het vastklemmen van de lading op de laadvloer, omdat deze tegenkracht voor

Wet- en regelgeving ladingzekering

EN 12195-1:2010 de norm

Voor het vervoer van gevaarlijke stoffen is in ADR 2013 voor het eerst een verwijzing doorgevoerd naar de Europese basisnorm inzake ladingzekering EN 12195-1. Er werd het volgende toegevoegd:

“Er wordt geacht voldaan te zijn aan de voorschriften (van ADR 2013 – Red) indien de lading conform de norm EN 12195-1:2010 gestouwd is.”

Dit betekent dat bij ADR-wegcontrole de chauffeur zich mag beroepen op een uitvoering volgens EN 12195-1:2010 om de correctheid van de wijze van ladingzekering te bewijzen. Niet alleen in Nederland en België, maar ook in alle andere ADR-verdragstaten, m.a.w. ook in Duitsland. Een probleem blijft wel dat de Europese Norm EN 12195-1:2010 enkel in de basistalen van het Europees Normalisatie-instituut CEN beschikbaar is.

Waarde transportkrachten

In de Nederlandse wetgeving werd ladingzekering tot voor kort behandeld in art. 5.18.6 lid 1 Regeling Voertuigen 2009. Op 1 oktober 2013 verscheen in de Staatscourant nr. 26 590 het gewijzigde artikel 5.18.6. Uit deze omschrijving volgt impliciet dat voortaan vooraf kan/moet berekend worden of de ladingzekering de transportkrachten van 0,8 G en 0,5 G kan neutraliseren, zodat er geen significante beweging van de lading meer kan optreden. Deze voorwaarde geldt zowel voor gevaarlijke lading als niet-gevaarlijke lading.

Beladers en chauffeurs zijn echter geen ingenieurs of wiskundigen en voelen zich niet geroepen om bij het beladen berekeningen te gaan maken. Ze werken liefst met vuistregels om de berekeningen te omzeilen. In dit artikel wordt daartoe een zo eenvoudig mogelijke werkwijze voorgesteld om te verifiëren of aan de 0,8 G- en 0,5 G-voorwaarden wordt voldaan.

Best practises

De ‘Europese Richtlijnen voor Beste Praktijken over het Zekeren van Lading voor Wegtransport’ (European Guidelines on Cargo Securing) hebben op zich geen normatieve kracht, maar er kan expliciet naar verwezen worden. België is (voorlopig) het enige land waarbij deze richtlijnen wel een normatief karakter hebben.

In opdracht van en onder toezicht van de Directie Transport van de Europese Commissie is aan een herziening van de Europese Richtlijnen voor Beste Praktijken inzake Ladingzekering gewerkt.

Na goedkeuring van de vertegenwoordigers van alle lidstaten zal deze tekst ook weer gepubliceerd worden in alle talen van de lidstaten. Dus ook in het Nederlands, een niet te versmaden pluspunt.

Privaatrechterlijke regels

Naast de publiekrechtelijke bepalingen zijn er nog de privaatrechtelijke regels die betrekking hebben op het beladen en stuwen van goederen. Het ‘Convention Relative au Contrat de Transport International de Marchandises par Route – (CMR-) Verdrag’ regelt echter niet wie de belading en de stuwning van de goederen moet uitvoeren.

Omdat er op wetgevend niveau een ‘leemte’ bestaat, heeft men vanuit de praktijk getracht hieraan een oplossing te bieden. In Nederland werden de AVC 2002 (Algemene Vervoercondities 2002) opgesteld. Een vervoerder moet er voor zorgen dat de inhoud van deze algemene voorwaarden ‘ter hand gesteld is’ van zijn opdrachtgever. Anderzijds blijft de vervoerder – overeenkomstig art. 9 lid 5 AVC – wel verplicht om de door de afzender uitgevoerde belading en stuwning te controleren. Een vervoerder kan zich baseren op de ‘Europese Richtlijnen voor Beste Praktijken over het Zekeren van Lading voor Wegtransport’ om te voldoen aan zijn plicht om een verkeersveilig transport uit te voeren.

Kracht

Kracht wordt per definitie uitgedrukt als: F (algemene uitdrukking) = $m \cdot a$ (versnelling), met als eenheid 1 Newton (= $1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$).

Voor de zwaartekracht geldt: Gewicht G = massa $m \cdot g$ (met $g = 9,81$ of afgerond 10 m/s^2); het gewicht van 1 kg is bijgevolg: $1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ N}$ (afgerond, want exact $9,81 \text{ m/s}^2$).

Om met eenheden gelijk te blijven wordt het gewicht vaak ook uitgedrukt als daN (deca Newton), zodat 1 kg overeenkomt met 1 daN (afgerond, want exact $0,981 \text{ daN}$). Door deze afronding worden de termen 'massa' en 'gewichtskracht' in de praktijk naast elkaar gebruikt, zonder dat er foute berekeningen worden gemaakt.

gepalletiseerde lading technisch minder haalbaar is. Deze optie is voor gevaarlijke lading alleen in gebruik voor kaders van gasflessen.

De transportkrachten

Tijdens het transport van gevaarlijke goederen kunnen er een aantal krachten optreden die inwerken op de lading en deze kunnen doen schuiven, kantelen of rollen.

In dit artikel beperken we ons concreet tot het aspect 'schuiven'. Bij kantelen zal ook rekening gehouden moeten worden met het 'moment', d.i. het product van de kracht met de afstand tot het zwaartepunt. Maar het verder ontwikkelde principe van tegenkracht blijft, in al dan niet aangepaste vorm, van toepassing op kantelen en rollen van gevaarlijke lading.

De optredende transportkrachten worden in de regelgeving beschouwd in volgende richtingen:

- ▶ voorwaarts
- ▶ achterwaarts
- ▶ zijwaarts
- ▶ opwaarts¹

Met krachten in een andere, schuine richting, waarbij de resultante van voorwaartse en zijwaartse kracht groter is dan de voorwaartse kracht, wordt geen rekening gehouden in de regelgeving.

Zowel de Europese Richtlijnen voor Beste Praktijken over het Zekeren van Lading voor Wegtransport, als de Europese Norm EN12195-1:2010 (en bijgevolg ook het ADR-reglement) stellen de volgende maximaal optredende krachten voor (zie ook kader Wet- en regelgeving ladingzekering):

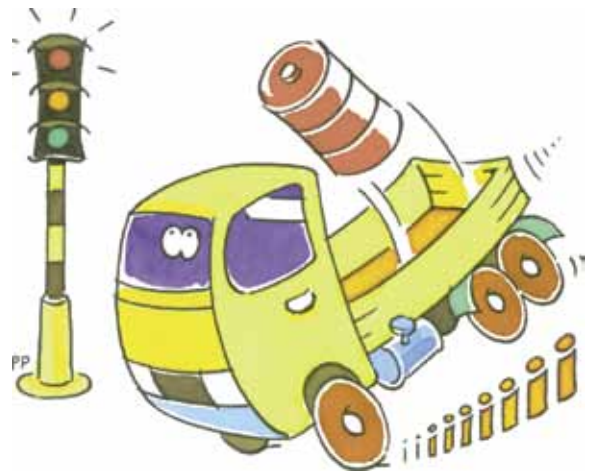
- ▶ Voorwaarts: $0,8 G$

Deze kracht is afkomstig van de remkracht van het voertuig, gecombineerd met de klassieke toplagen van onze wegen. Door de wet van behoud van energie zal

de lading haar snelheid proberen te behouden tijdens het remmen. De vertraging van het voertuig wordt bijgevolg omgezet in een versnelling van de lading op de laadvloer. Het product van versnelling en massa zorgt voor de voorwaartse transportkracht. Deze voorwaartse transportkracht wordt in de vakliteratuur ook 'traagheidskracht' genoemd.

Voor de coherentie van de terminologie houden we echter in dit artikel verder het begrip 'voorwaartse transportkracht' aan

De voorwaartse transportkracht van de lading kan zowel afkomstig zijn van het remmen tijdens het voorwaarts rijden van het voertuig als van het bruusk achteruit rijden.



Afbeelding 1: Noodstop voorwaartse verplaatsing

Berekening voorwaartse kracht

De remkracht van een voertuig veroorzaakt een vertraging bij volremming van 8 m/s^2 . Deze waarde is 80% van de zwaartekrachtversnelling g (= 10 m/s^2).

En kan dus uitgedrukt worden als $0,8 g$.

Aangezien kracht wordt uitgedrukt als een massa waaraan een versnelling wordt opgelegd, of $F = m \cdot a$, kan de voorwaartse kracht die een massa oplegt herschreven worden als $F = m \cdot 0,8 g$ (a in de algemene formule).

De gewichtskracht G is het product van de massa met de zwaartekrachtversnelling g ($m \cdot g$), zodat de transportkracht kan aangegeven worden als $F = 0,8 G$.

- ▶ Achterwaarts: $0,5 G$

In achterwaartse richting is het principe van ontstaan van krachten gelijk als bij de voorwaartse richting. Daar zal de transportkracht evenwel ontstaan als gevolg van het remmen tijdens het achteruitrijden of als gevolg van het bruusk vertrekken.

De vertraging bij deze lagere snelheden is vastgesteld op 5 m/s^2 . Met dezelfde redenering als in de voorwaartse richting, leidt dit tot een achterwaartse transportkracht van $0,5 \text{ G}$

► Zijwaarts: $0,5 \text{ G}^2$

In de zijwaartse richting geldt een andere natuurkundig principe, met name de centrifugaalkracht. Bij het nemen van een bocht zal de lading zich uit het centrum van de cirkelvorm waarin de bocht wordt genomen willen verplaatsen. De grootte van de daarbij opgewekte kracht hangt ook weer af van de massa en vervolgens ook van de snelheid waarmee de bocht wordt genomen alsook de lengte van de bochtstraal.

Beladers en chauffeurs werken met vuistregels om berekeningen te omzeilen

Hoe groter de snelheid en hoe korter de bochtstraal, hoe groter de zijwaartse transportkracht. Dit lijkt een, voor de chauffeur, zeer beheersbare kracht (hij moet gewoon traag de bocht inrijden). Maar bij een bruske remmanoeuvre, wanneer de chauffeur bijvoorbeeld een onverwacht obstakel wil vermijden, wordt vaak ook gecorrigeerd met een snelle bijsturing om het obstakel te ontwijken. Op dat ogenblik is de bochtstraal erg klein en de snelheid nog voldoende hoog en hebben we te maken met een maximale zijwaartse transportkracht.




Afbeelding 2: Zijdelings schuiven van lading

Er dient een kanttekening gemaakt bij de transportkracht die in de Nederlandse regelgeving nieuw is



opgenomen, met name de 'wandelkracht' en verwoord is als *"In aanvulling hierop moet lading zodanig zijn gezekeerd dat deze door opwaartse krachten niet van het voertuig kan vallen."*

Voor deze transportkracht zijn geen referentiewaarden opgegeven. In tegenstelling tot de voorwaartse, zijwaartse en achterwaartse transportkrachten kan hier de noodzakelijk berekening dan ook niet gemaakt worden en is het moeilijk om daarvoor een overtreding vast te stellen. Proeven die zijn uitgevoerd om de orde van grootte van de wandelkracht te kennen geven aan dat het, in vergelijking met de reguliere transportkrachten, over zeer lage waarden gaat. Deze wandelkracht wordt zelfs helemaal geneutraliseerd door antislipmatten met voldoende trillingsdemping.³ 

Noten

- 1 Zie art. 5.18.6 van het Nederlands verkeersreglement, hiervoor is geen richtwaarde aangegeven en is daardoor moeilijk hard te maken.
- 2 Bij hoge lading met een kleine basis wordt voor het kantelrisico een kracht van $0,6 \text{ G}$ aangehouden. Deze situatie komt echter minder voor en wordt binnen dit beperking van dit artikel niet verder uitgewerkt.
- 3 In de nieuwe versie van de 'Europese Richtlijnen voor Beste Praktijken over het Zekeren van Lading voor Wegtransport Europese Richtlijnen, die eerstdaags officieel zal verschijnen, wordt als vuistregel aanbevolen dat de wandelkracht geneutraliseerd wordt door het neersjorren met behulp van 1 spanriem met $\text{STF} = 400 \text{ daN}$ per 4 ton lading, wat zou neer komen op een wandelkracht $F = 0,1 \text{ G}$ voor volledig vrijstaande lading. Deze vuistregel is evenwel niet wetenschappelijk ondersteund.

Ing.-lic. Willy Van Praet, MSc. is afgestudeerd Specialist Gevaarlijke Stoffen bij STC en verzorgt bedrijfsinterne opleidingen ADR en ladingzekering. Raf Van Gysel is advocaat bij Ponet & De Vleeschauwer te Antwerpen.