

---

# Traagheidsmoment lineaire units

Klant: Almotion



---

<b>Revisie:</b>	<b>Datum:</b>	<b>Status:</b>	<b>Omschrijving:</b>	<b>Auteur:</b>
0	11-09-2018	Definitief	Eerste uitgave	Jesper Kuhlmann

## Inhoud

1	Symbolenlijst .....	4
2	Probleemstelling.....	1
3	Doelstelling.....	1
4	Randvoorwaarden .....	1
5	Theorie .....	1
6	Resultaten .....	2
6.1	<i>Lt2-Tr-C8</i> .....	2
6.2	<i>Lt2-Tr-S20</i> .....	2
6.3	<i>Lt50-Tr-G8</i> .....	3
6.4	<i>Lt50-Tr-S15</i> .....	3
6.5	<i>Lt55-Tr-S15</i> .....	3
6.6	<i>Lt60S-Tr-S15</i> .....	4
6.7	<i>Lt80S-Tr-S20</i> .....	4
6.8	<i>Lt80-Tr-S20</i> .....	4
6.9	<i>LtY135-Tr-S20</i> .....	5
6.10	<i>LtY180-Tr-S20</i> .....	5
7	Rekenvoorbeelden .....	6
7.1	<i>Belast in de y-richting</i> .....	6
7.2	<i>Belast in de x-richting</i> .....	6
8	Conclusie en aanbeveling .....	7
	Bibliografie .....	8

## 1 Symbolenlijst

Symbool	Eenheid	Toelichting
E	MPa	Elasticiteitsmodulus
I	mm <sup>4</sup>	Traagheidsmoment
E <sub>x</sub>	Nmm <sup>2</sup>	Product van elasticiteitsmodulus en traagheidsmoment om de x-as
E <sub>y</sub>	Nmm <sup>2</sup>	Product van elasticiteitsmodulus en traagheidsmoment om de y-as

## 2 Probleemstelling

Er zijn totaal tien profielsamenstellingen waarvan de  $I_x$  en  $I_y$  berekend moet worden. De samenstellingen bestaan uit aluminium profielen met een stalen rails of as erop gebouwd, gelijmd of geklemd.

## 3 Doelstelling

Er moeten specificaties tot stand komen waarmee de klanten van Almotion de doorbuiging van de geleidingen kunnen berekenen. In overleg met Almotion is besloten dat een  $EI$ -waarde voor elk profiel wordt bepaald waarmee de klant verder kan rekenen.

## 4 Randvoorwaarden

Bij het maken van de berekeningen is een aantal randvoorwaarden tot stand gekomen.

- De klemming van de rails op het profiel door de bouten zorgt ervoor dat er voldoende wrijvingsweerstand ontstaat dan de profielen als één geheel beschouwd kunnen worden. En dat deze niet langs elkaar schuiven tijdens het doorbuigen.
- De wagen op de rails is langer dan 60mm, namelijk 70mm of 80mm, waardoor er nooit tussen de boutverbindingen aan de rails getrokken wordt. Hierdoor kan de rail tussen de boutverbindingen niet loskomen van het aluminium profiel. Daarnaast zitten er altijd twee wagens op de rail met meestal een steek van 150mm of 200mm tussen de wagens.
- Voor de profielen zijn de traagheidsmomenten gebruikt die met Solidworks berekend zijn.

## 5 Theorie

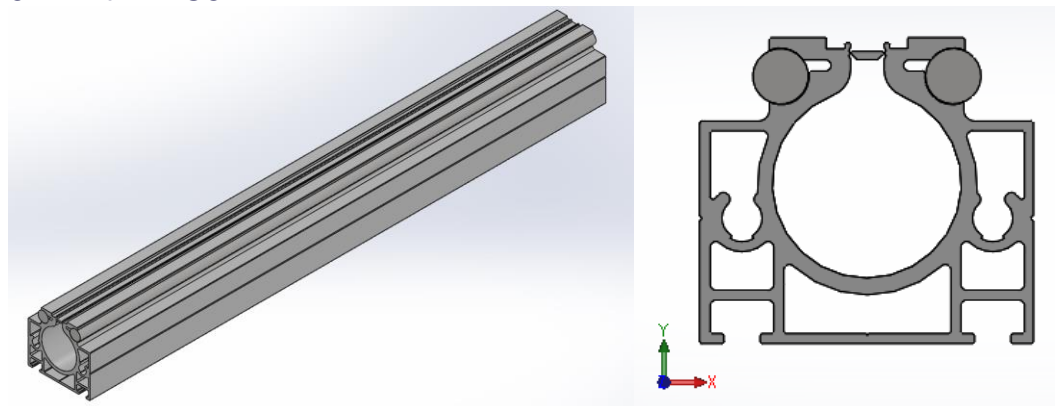
De profielsamenstelling bestaan uit twee of meer onderdelen die verschillen van materiaal. Hierdoor moet rekening worden gehouden met de verschillende elasticiteitsmoduli. Door de profielen om te zetten naar een gelijkwaardig profiel met één  $E$ -modulus kan hier toch mee gerekend worden. Er wordt eerst een  $e$ -modulus gekozen die als uitgangspunt gebruikt wordt. Als deze gekozen is wordt de neutrale lijn van het profiel berekend. Hierbij moet het verschil van de  $E$ -moduli meegenomen worden in de berekening. Vervolgens wordt een nieuw traagheidsmoment berekend die beide profielen leveren om de neutrale lijn. Aangezien het traagheidsmoment nu bekend is en de  $E$ -modulus die hiervoor gebruikt is kan een  $EI$ -waarde bepaald worden. Dit is een product van het traagheidsmoment,  $I$  (hoofdletter  $i$ ), en de elasticiteitsmodulus,  $E$ . Met deze waarde kunnen klanten de doorbuiging van de profielen berekenen. Deze berekening moet voor beide richtingen,  $y$ -richting en  $x$ -richting, worden gedaan. Voor alle profielen wordt dus een  $EI_x$ -waarde en een  $EI_y$ -waarde berekend, waarbij  $EI_x$  de traagheid om de  $x$ -as is en  $EI_y$  de traagheid om de  $y$ -as.

De profielen zullen in de praktijk meer doorbuigen aangezien dit een eerste order benadering is. Controle met een FEM-analyse heeft aangetoond dat deze afwijking onder de 10% blijft maar wel altijd in het nadeel is. In overleg met Almotion is besloten om een veiligheidsfactor toe te passen zodat het profiel in de praktijk altijd stijver is dan wat de berekening. Er is gekozen voor een veiligheidsfactor van 0,75. Op deze manier behoudt het profiel wel nog een groot deel van zijn stijfheid maar buigt deze in de praktijk niet meer door dan berekend.

## 6 Resultaten

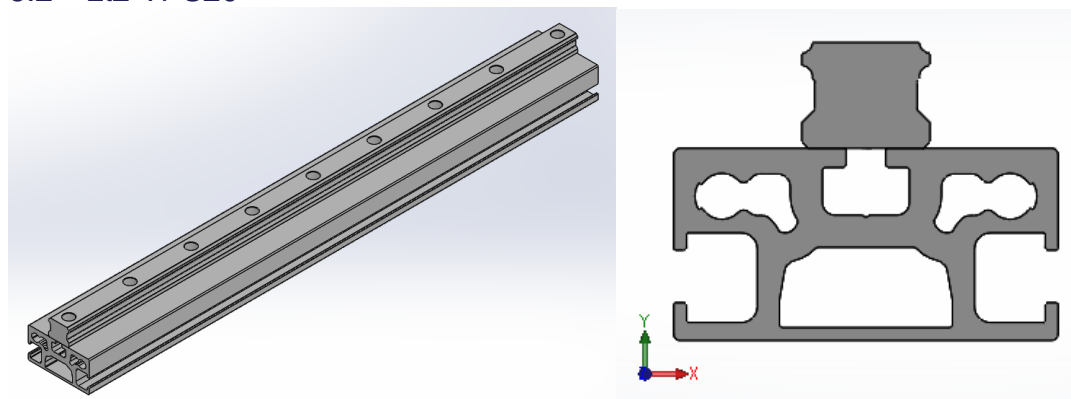
In dit hoofdstuk zijn de resultaten opgesomd van het onderzoek. De  $EI_x$  en  $EI_y$  van elk profiel is berekend. Hierbij de profielen omgezet naar een profiel met de E-modulus van aluminium 6060 T66. Voor elk profiel is ook de positie van de neutrale lijn bepaald ten opzichte van het nulpunt. Het nulpunt ligt altijd links onder in de hoek. Bij onderstaande waarden is de veiligheidsfactor al meegerekend.

### 6.1 Lt2-Tr-C8



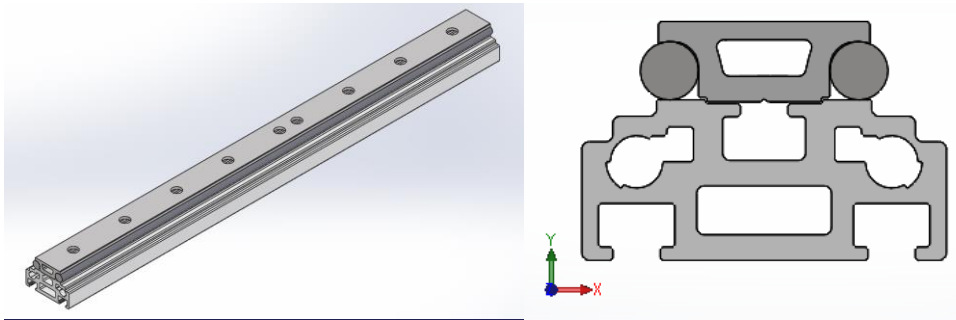
Item	Value	Units
$EI_x$	$2,169 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>
$EI_y$	$2,230 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>

### 6.2 Lt2-Tr-S20



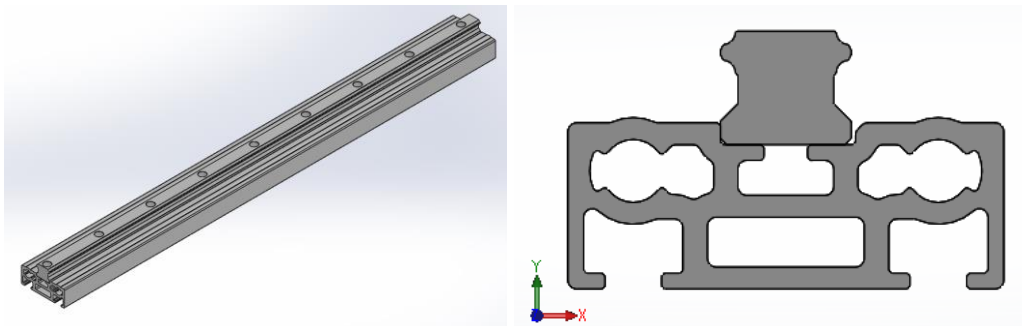
Item	Value	Units
$EI_x$	$1,545 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>
$EI_y$	$1,524 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>

6.3 Lt50-Tr-G8



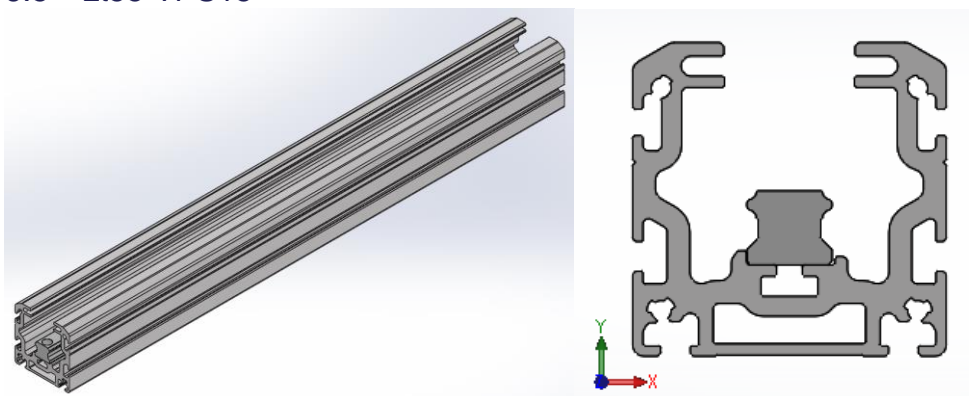
Item	Value	Units
EIx	$4,690 \cdot 10^9$	Nmm <sup>2</sup>
Ely	$8,971 \cdot 10^9$	Nmm <sup>2</sup>

6.4 Lt50-Tr-S15



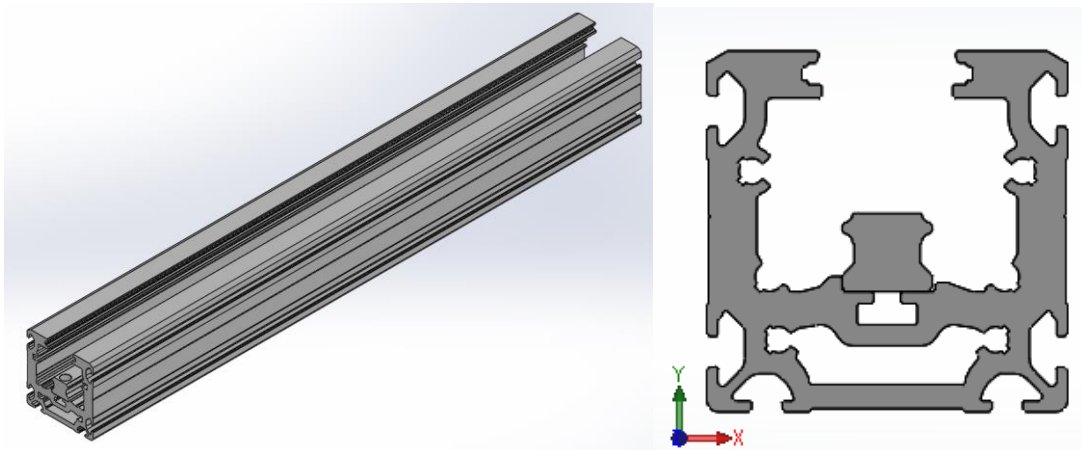
Item	Value	Units
EIx	$3,257 \cdot 10^9$	Nmm <sup>2</sup>
Ely	$5,786 \cdot 10^9$	Nmm <sup>2</sup>

6.5 Lt55-Tr-S15



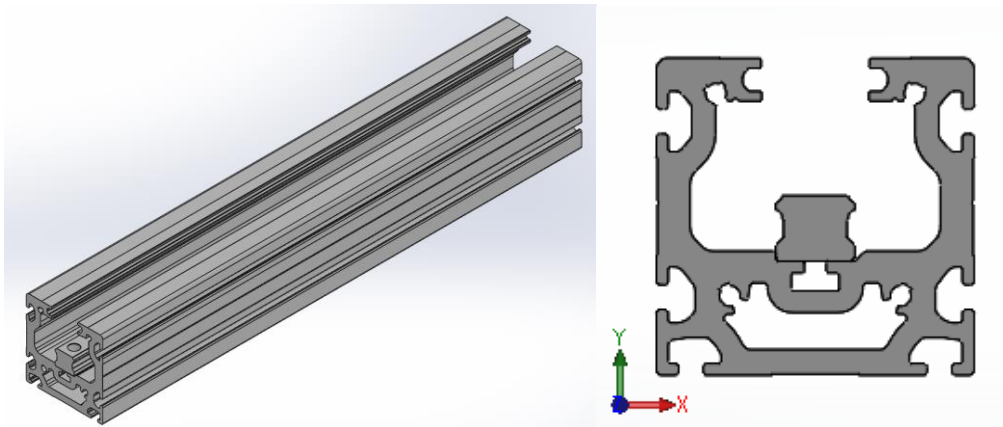
Item	Value	Units
EIx	$1,520 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>
Ely	$1,955 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>

6.6 Lt60S-Tr-S15



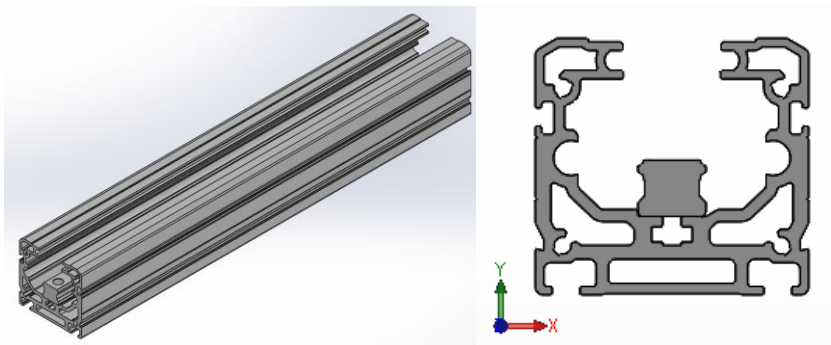
Item	Value	Units
E <sub>x</sub>	$2,489 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>
E <sub>y</sub>	$3,246 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>

6.7 Lt80S-Tr-S20



Item	Value	Units
E <sub>x</sub>	$8,526 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>
E <sub>y</sub>	$1,034 \cdot 10^{11}$	Nmm <sup>2</sup>

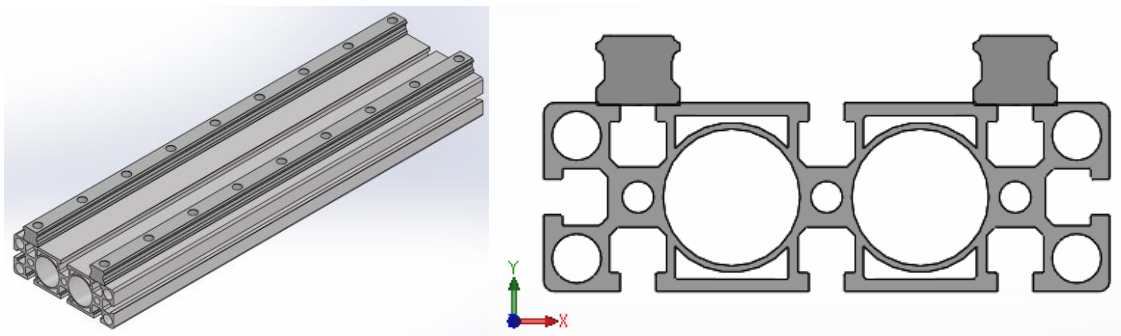
6.8 Lt80-Tr-S20



Item	Value	Units
E <sub>x</sub>	$5,009 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>
E <sub>y</sub>	$7,415 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>

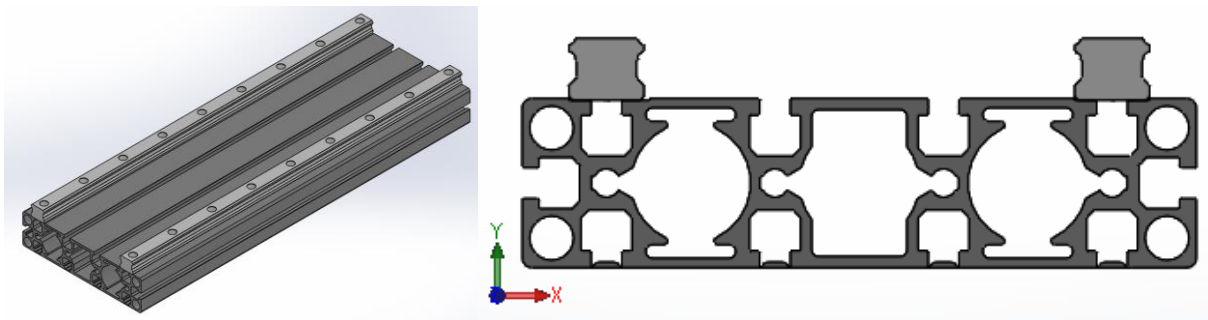


6.9 LtY135-Tr-S20



Item	Value	Units
EIx	$7,046 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>
Ely	$3,759 \cdot 10^{11}$	Nmm <sup>2</sup>

6.10 LtY180-Tr-S20



Item	Value	Units
EIx	$8,586 \cdot 10^{10}$	Nmm <sup>2</sup>
Ely	$8,505 \cdot 10^{11}$	Nmm <sup>2</sup>

## 7 Rekenvoorbeelden

In dit hoofdstuk zijn twee rekenvoorbeelden uitgewerkt om aan te tonen hoe met de geleverde waardes de doorbuiging van de profielen wordt bepaald. Hierbij zijn de standaard formules gebruikt uit de sterkteleer (Hibbeler, 2013).

### 7.1 Belast in de y-richting

Voor dit rekenvoorbeeld is het profiel Lt80S-Tr-S20 gebruikt. Het profiel van 500mm wordt aan een uiteinde ingeklemd en aan het andere uiteinde belast met een puntbelasting van 1000N. Hiervoor geldt de volgende formule.

$$v_{max} = \frac{-PL^3}{3EI}$$

Hierbij is P de kracht van 1000N, L de lengte van 500mm en  $v_{max}$  de maximale doorbuiging. De balk buigt om de x-as dus wordt gerekend met  $EI_x$ . Deze is gegeven op  $6,679 * 10^{10} \text{Nmm}^2$ . Door de waardes in te vullen wordt de volgende doorbuiging bepaald.

$$v_{max} = \frac{-1000 * 500^3}{3 * 6,679 * 10^{10}} = -0,624 \text{mm}$$

De doorbuiging is negatief omdat de balk naar beneden buigt. De balk buigt dus 0,624mm door naar beneden.

### 7.2 Belast in de x-richting

Voor het volgende rekenvoorbeeld is het profiel Lt2-Tr-S20 gebruikt. Het profiel van 500mm wordt aan een kant ingeklemd en in het midden van het profiel belast met een kracht van 2000N. Hiervoor geldt de volgende formule.

$$v_{max} = \frac{5PL^3}{48EI}$$

Hierbij is P de kracht van 2000N, L de lengte van 500mm en  $v_{max}$  de maximale doorbuiging. De balk buigt om de y-as dus wordt gerekend met  $EI_y$ . Deze is gegeven op  $2,033 * 10^{10} \text{Nmm}^2$ . Door de waardes in te vullen wordt de volgende doorbuiging bepaald.

$$v_{max} = \frac{5 * 2000 * 500^3}{48 * 2,033 * 10^{10}} = 1,281 \text{mm}$$

Aangezien de balk nu in de positieve richting wordt belast komt er een positieve doorbuiging uit. De maximale doorbuiging is nu dus 1,281mm in de richting van de kracht.

## 8 Conclusie en aanbeveling

De EI-waardes uit hoofdstuk 6, Resultaten, kunnen door klanten van Almotion worden gebruikt om de doorbuiging te berekenen bij diverse belastingen. De klant moet hierbij kennis van sterkteleer hebben en weten welke formules toegepast dienen te worden bij bepaalde situaties. Ook wordt het profiel middels een dubbele wagen belast: Dus de totale belasting wordt omgezet naar twee karren. Stel dat het gewicht zich niet gecentreerd tussen de wagens bevindt kan het zelf zo zijn dat een kar “omhoog” trekt en de andere “naar beneden” duwt.

Om deze waardes te bereiken zijn de profielen omgezet naar een profielsamenstelling met een gezamenlijke elasticiteitsmodulus, namelijk de elasticiteitsmodulus van aluminium EN AW-6060 T66.

Het weerstandsmoment was in de eerste instantie ook gewenst. Echter is, in overleg met Almotion, besloten dat deze niet nodig is om de doorbuiging te berekenen maar om de maximale spanning in het profiel te bepalen. Daarnaast moet bij het weerstandsmoment ook rekening gehouden worden met de verschillende metalen die gebruikt worden. Hierdoor moet er bij elk profiel en elke belasting goed gekeken worden wat de spanning in het profiel zijn. Mocht Almotion dit willen berekenen dat houdt Protakt zich aanbevolen om dit te doen.

## Bibliografie

Gere, J., & Timoshenko, S. (1999). *Mechanics of Materials*. Cheltenham: Stanley Thornes.

Hibbeler, R. C. (2013). *Sterkteleer*. Amsterdam: Pearson.

Kamerling, M., & Daane, J. (2015). *Het versterken en verstijven van bestaande constructies*. Delft: TU Delft.

Almotion B.V.  
Nijverheidsweg 14  
6662 NG Elst (Gld)

T: +31 085 0491 777  
F: +31 085 0491 770  
E: [info@almotion.nl](mailto:info@almotion.nl)  
Bank: NL47RABO0133974251  
KvK: 09114908  
Btw: NL 809 091 306 B01