

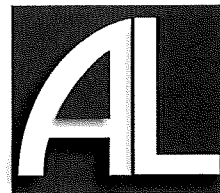
STERKTEBEREKENING VOOR EEN MAST AEROLUX TYPE:

SM 150.2 AER

Aantal schijnwerpers 2

Gebied II bebouwd

Norm NEN EN 40 Lichtmasten

**Kengetallen**

Dtop	0,101 m		
Dbasis	0,266 m		
Dvoet	0,247 m		
Hmast	15 m		
Lmast	17 m		
s1	3 mm		
s2	4 mm		
Mmast	310 kg		
Mopz	24 kg		
Nsw	2		
Msw	14 kg		
Asw	0,15 m^2		
Aopz	0,1 m^2		
Materiaal	St 52-3	Treksterkte fy =	3,55E+08 N/m^2

Berekening van de eigenfrequentie T

De eigenfrequentie wordt berekend met de aanname dat de mast een eenzijdig ingeklemde balk is.

Mastmassa totaal	310 kg
Mastmassa bovengronds	$M_{mast} = M_{mast,totaal} - M_{mast,bodem}$
$M_{mast,bodem}$	$= \pi/4 * (D_{mit}^2 - (D_{mit} - 2*s_2)^2) * (L_{mast} - H_{mast}) * \rho_{staal}$

$D_{gem} = (D_{basis} + D_{voet})/2 =$	0,256 m
$M_{mast,bodem} =$	49,5 kg
$M_{mast} =$	260,5 kg

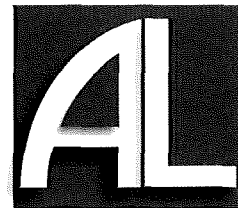
Weerstandsmoment $I_{x,voet}$:	
$I_{x,voet} = \pi/64 * (D_{voet}^4 - (D_{voet} - 2*s_2)^4) =$	2,24E-05 m ⁴

Equivalenten Massa M_{eq} :	
$M_{eq} = 3/8 * M_{mast} + M_{top} =$	149,7 kg

Veerconstante:	
$K = (3 * E * I_{x,voet}) / H_{mast}^3 =$	4187 N/m

Eigenfrequentie:	
$f_e = (1/2 * \pi) * \sqrt{K / M_{eq}} =$	0,84 Hz
Trillingstijd $T = 1/f_e =$	1,19 s

Berekening van de winddruk volgens NEN EN 40-3-1



De mast wordt berekend volgens NEN EN 40-3-1

De extreme stuwdruk:

$$q(z) = \Delta \times \beta \times f \times C_e(z) \times q(10) \quad \text{kN/m}^2$$

delta	Factor voor de mastgroottte	delta=1-0,01*Hmast =	0,85
beta	Factor voor het dynamische gedrag van de mast, wordt bepaald uit figuur 1 in de NEN EN 40-3-1		
	met T =	1,19 s	wordt beta = 1,55
f	Topografiefactor	f =	1
Ce(z)	Blootstellingsfactor, afhankelijk van de terreincategorie		
q(10)	Referentie winddruk, afhankelijk van de geografische standplaats		

In plaats van $C_e(z) \times q(10)$ worden volgens NEN EN 1991-1-4/NB de extreme stuwdrukken uit Tabel NB.4 toegepast.

Voor een hoogte van 15m kan voor gebied II bebouwd een waarde van:

$q_p =$	0,80 kN/m ²	genomen worden.	
(Op 7,5m hoogte	0,58 kN/m ²	en op 5m hoogte	0,58 kN/m ²
$q(z) =$	1,05 kN/m ²		
(Op 7,5m hoogte	0,76 kN/m ²	en op 5m hoogte	0,76 kN/m ²

De horizontale belasting op elk mastdeel volgens NEN EN 40-3-1

$$F = A \times c \times q(z)$$

A	de oppervlakte aangestroomd door de wind
c	de krachtcoëfficiënt

De krachtcoëfficiënt c_{mast} van de mast volgt volgens NEN EN 40-3-1 uit figuur 3.

Voor Reynoldsgetallen $> 4 \times 10^5$ geldt de formule:

$$c_{\text{mast}} = c_{f0} = 1,2 + (0,18 \times \log(10 \times k/D)) / (1 + 0,4 \times \log(Re/10^6))$$

Hiervoor moet het Reynoldsgetal Re berekend worden.

$$Re = V \times D / \nu$$

V	Windsnelheid in m/s = wortel(2*q(z)/rholucht)	
rholuft	de luchtdichtheid =	1,25 kg/m^3
V =	41,1 m/s	
D	gemiddelde mastdiameter in m =	0,174 m
nu	kinematische viscositeit van lucht =	1,51E-05 m2/s
Re =	4,73E+05	
k	is de ruwheidshoogte van verzinkt staal =	0,0002 m

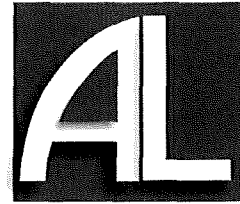
cmast = 0,52

De vormfactor van de schijnwerper:

csw = 0,9

De vormfactor van het opzetstuk wordt aangenomen als:

copz = 1



Resultaat van de belastingen aan de mastvoet:

Deel	A [m ²]	c [-]	h [m]	q(z) [N/m ²]	F [N]	M [Nm]
Mast rechthoekig	1,52	0,52	7,50	764	602	4515
Mast driehoekig	1,09	0,52	5,00	764	434	2169
Schijnwerper	0,3	0,9	15,00	1054	285	4269
Opzetstuk	0,1	1	15,00	1054	105	1581
Totaal					1426	12534

Belastingen door eigengewicht worden vanwege de geringe uitlading verwaarloosd.

Sterkte aan de mastvoet volgens NEN EN 40-3-3

Volgens NEN EN 1990/NB tabel A.1.2(B) moet voor overheersende veranderlijke belasting met een rekenwaarde van $\gamma_f = 1,5$ gerekend worden.

Volgens NEN EN 40-3-3- tabel 2 moet voor het materiaal met een rekenwaarde $\gamma_m = 1,05$ gerekend worden.

De buigvastheid aan de mastvoet volgens NEN EN 40-3-3 formule 2:

$$M_{up} = f_y \cdot \phi_1 \cdot Z_p / \gamma_m$$

f_y de treksterkte = $3,55E+08 \text{ N/m}^2$

ϕ_1 een factor volgens figuur 2 van de NEN EN 40-3-3 met:

$$\epsilon = (D_{voet} / (2 \cdot s^2)) \cdot \sqrt{f_y / E}$$

E de elasticiteitsmodulus van staal = $2,1E+11 \text{ N/m}^2$

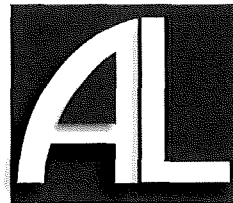
$\epsilon = 1,27$ dus $\phi_1 = 0,84$ volgens figuur 2.

Z_p de plastische modulus van de doorsnede in m^3

$$Z_p = 4 \cdot (D_{voet} / 2)^2 \cdot s^2 = 2,43E-04 \text{ m}^3 \quad \text{volgens NEN EN 40-3-3.}$$

$$M_{up} = 69075 \text{ Nm} > \gamma_f \cdot M = 18801 \text{ Nm} \quad \text{in orde}$$

De sterkte van de deuropeningen volgens NEN EN 40-3-3



De deuropeningen zijn versterkt volgens figuur 6 type 3 van de NEN EN 40-3-3.

De deurafmetingen zijn:

a	de totale lengte van de deuropening
a =	0,600 m
mx	de halve breedte van de deurversterking
mx	0,055 m
my	de halve breedte van de deuropening
my =	0,075
N	de hoekstraal van de deuropening
N =	0,015 m
dw	de breedte van de deurversterking
tw	de dikte van de deurversterking
tw =	0,004 m

De breedte van de deurversterking is 0,11m, maar omdat dw voor de berekening kleiner moet zijn dan mx of 20*tw, nemen wij:

$$dw = 0,055 \text{ m}$$

Voor de buigvastheid van de deuropeningen geldt de formule (7):

$$M_{ux} = (f_y \cdot \phi_6 \cdot Z_{pnr}) / \gamma_m$$

en (8):

$$M_{uy} = (f_y \cdot \phi_6 \cdot Z_{pyr}) / \gamma_m$$

ϕ_6 een factor

$$\phi_6 = (\pi^2 \cdot E) / (\pi^2 \cdot E + f_y (L/v)^2)$$

L de werkzame lengte van de deuropening

$$L = a - 0,43 \cdot N = 0,594 \text{ m}$$

v de traagheidsstraal van de werkelijke deurversterking

$$v = 0,289 \cdot dw = 0,016 \text{ m}$$

$$\phi_6 = 0,81$$

Z_{pyr} de plastische modulus van de doorsnede om de plastische nullijn y-y

$$Z_{pyr} = 2 \cdot (D/2)^2 \cdot s^2 \cdot (1 + \cos \theta + B_y \cdot \sin \theta)$$

D de gemiddelde diameter van de doorsnede

Volgens NEN EN 40-3-3 moet voor elke deuropening de sterkte aan de onderkant en de bovenkant berekend worden.

$$\text{Onderste deur onder op 0,5m } D_{1o} = 0,242 \text{ m}$$

$$\text{Onderste deur boven op 1,1m } D_{1b} = 0,236 \text{ m}$$

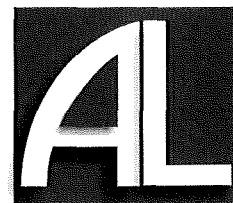
$$\text{Bovenste deur onder op 1,25m } D_{2o} = 0,234 \text{ m}$$

$$\text{Bovenste deur boven op 1,85m } D_{2b} = 0,229 \text{ m}$$

θ halve hoek deuropening

$$\sin \theta = my / (D/2)$$

$\theta_{1o} = 0,669 = 38,4^\circ$
 $\theta_{1b} = 0,689 = 39,5^\circ$
 $\theta_{2o} = 0,694 = 39,8^\circ$
 $\theta_{2b} = 0,716 = 41,0^\circ$



$$B_y = A_c / (D/2 \cdot s^2) \cdot m_{oy} / m_y$$

A_c het werkzame oppervlak van de deurversterking

$$A_c = A_s = t_w \cdot d_w = 2,20E-04 \text{ m}^2$$

m_{oy} de recht op de y-y as gemeten afstand tot het zwaartepunt van de werkelijke deurversterking

$$m_{oy} = 0,0770 \text{ m}$$

$$B_y = 0,467$$

Deur 1 belasting onderkant

Deel	A [m ²]	c [-]	h [m]	q(z) [N/m ²]	F [N]	M [Nm]
Mast rechthoekig	1,46	0,52	7,25	764	582	4219
Mast driehoekig	1,02	0,52	4,83	764	405	1960
Schijnwerper	0,3	0,9	14,50	1054	285	4126
Opzetstuk	0,1	1	14,50	1054	105	1528
Totaal					1377	11833

$$Z_{pyr1o} = 2,42E-04 \text{ m}^3$$

Buigvastheid deur 1 onderkant:

$$M_{uy1o} = 66155 \text{ Nm} > \gamma_f \cdot M = 17750 \text{ Nm} \quad \text{in orde}$$

Deur 1 belasting bovenkant

Deel	A [m ²]	c [-]	h [m]	q(z) [N/m ²]	F [N]	M [Nm]
Mast rechthoekig	1,40	0,52	7,95	764	558	4435
Mast driehoekig	0,94	0,52	5,30	764	373	1975
Schijnwerper	0,3	0,9	15,90	1054	285	4525
Opzetstuk	0,1	1	15,90	1054	105	1676
Totaal					1320	12610

$$Z_{pyr1b} = 2,30E-04 \text{ m}^3$$

Buigvastheid deur 1 bovenkant:

$$M_{uy1b} = 62847 \text{ Nm} > \gamma_f \cdot M = 18915 \text{ Nm} \quad \text{in orde}$$

Deur 2 belasting onderkant

Deel	A [m ²]	c [-]	h [m]	q(z) [N/m ²]	F [N]	M [Nm]
Mast rechthoekig	1,39	0,52	7,88	764	552	4346
Mast driehoekig	0,92	0,52	5,25	764	365	1914
Schijnwerper	0,3	0,9	15,75	1054	285	4482
Opzetstuk	0,1	1	15,75	1054	105	1660
Totaal					1306	12402

Zpyr2o = 2,27E-04 m³

Buigvastheid deur 2 onderkant:

Muy2o = 62031 Nm > gamma_f*M = 18603 Nm in orde

Deur 2 belasting bovenkant

Deel	A [m ²]	c [-]	h [m]	q(z) [N/m ²]	F [N]	M [Nm]
Mast rechthoekig	1,33	0,52	7,575	764	528	3998
Mast driehoekig	0,84	0,52	5,05	764	333	1684
Schijnwerper	0,3	0,9	15,15	1054	285	4311
Opzetstuk	0,1	1	15,15	1054	105	1597
Totaal					1251	11590

Zpyr2b = 2,15E-04 m³

Buigvastheid deur 2 bovenkant:

Muy2b = 58810 Nm > gamma_f*M = 17385 Nm in orde

Oldenzaal, 24-9-2015



drs. ir. A.B.K. Lie

Aerolux Nederland BV
Postbus 413, 7570 AK Oldenzaal
T 0541 585050
F 0541 585058
E info@aerolux.nl
I www.aerolux.nl



AEROLUX
voor beter licht