Gemeente Texel .txl

Behoort bij besluit van
Burgemeester en Wethouders van Texel,
zaaknummer: 3782945
kenmerk document: bijlage 3/10
namens de burgemeester en wethouders van Texel,

de heer R.J. Nieuwenhuijzen
teamleider Vergunningen, Toezicht & Handhaving a.i.

RAPPORT

Radarinstallaties vuurtorens Waddeneilanden

Constructieve beoordeling Texel

Klant: Rijkswaterstaat Corporate Dienst

Referentie: BI6464-109-VT-WAD-RI-RP-0002
Status: Definitief/01
Datum: 29 september 2023

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85
3068 AX Rotterdam
Netherlands
Industry & Buildings

+31 88 348 90 00 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document:	Radarinstallaties vuurtorens Waddeneilanden
Sub titel:	Constructieve beoordeling Texel
Referentie:	BI6464-109-VT-WAD-RI-RP-0002
Uw kenmerk	
Status:	Definitief/01
Datum:	29 september 2023
Projectnaam:	Radarinstallaties vuurtorens Waddeneilanden
Projectnummer:	BI6464-101-109
Auteur(s):	--- VERWIJDERD ---
Opgesteld door:	--- VERWIJDERD ---
Gecontroleerd door:	--- VERWIJDERD ---
Datum:	29-09-2023
Goedgekeurd door:	--- VERWIJDERD ---
Datum:	02-10-2023

Classificatie
Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderzins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1 Inleiding 1
1.1 Leeswijzer 1
1.2 Bijbehorende documenten 1

2 Constructief systeem 2

3 Belastingen 3
3.1 Belastingen anders dan wind 3
3.2 Windbelasting 3

4 Constructieve beoordeling 4
4.1 Globale stabiliteit 4
4.2 Bovenbouw 4
4.2.1 Stalen kolommen en radarboog 4
4.2.2 Detailberekeningen 5
4.2.3 Onderdelen niet inbegrepen in EE-model 6

5 Conclusies en aanbevelingen 8
5.1 Conclusies 8
5.2 Aanbevelingen 8

Tabellen

Tabel 2-1: Constructief systeem 2
Tabel 3-1: Belastingen anders dan wind 3
Tabel 3-2: Uitvoer bepaling windbelasting op vuurtoren globaal 3
Tabel 3-3: Uitvoer bepaling windbelasting op radarframe 3
Tabel 4-1: Globale stabiliteit; waardes in kNm 4
Tabel 4-2: Netto krachten op fundering 4
Tabel 4-2: Ontwerpwaardes materiaalcapaciteiten 4
Tabel 4-3: Controle verankering kolommen aan betonvloer 6
Tabel 4-4: Controle knikstabiliteit kolommen lichthuis 6
Tabel 4-5: Controle verbinding tussen radarbogen 6
Tabel 4-6: Toename belastingen op lichthuiskuip 6

Figuren

Figuur 4-1: Von Mises-spanning [N/mm^2] in stalen kolommen 5
Figuur 5-1: Aansluiting aan bovenzijde radarframe 9
Figuur 5-2: Voet radarframe 10

Bijlagen

A Fotobijlage visuele inspectie
B Constructief systeem
C Berekening windbelasting
D Berekening globale stabiliteit
E DIANA FEM model
F Aanvullende berekeningen

1 Inleiding

De opdracht betreft het constructief beoordelen van de vervanging van de radarinstallaties op vuurtorens Texel (Eierland), Terschelling (Brandaris), Ameland en Schiermonnikoog (Noordertoren). Dit document beschrijft de beoordeling van vuurtoren op Texel. Gezien het ontbreken van betrouwbare, eerdere berekeningen en met het oog op de toekomst is er gekozen voor een integrale aanpak, waarbij de vuurtoren in zijn geheel constructief wordt beoordeeld. Zodoende kunnen wij, naast het beoordelen van het plaatsen van een nieuwe radarinstallatie, een oordeel vellen wat betreft de capaciteit van de constructie ten opzichte van de huidige normen en regelgeving.

Voorliggend rapport moet worden gelezen in combinatie met *Radarinstallaties vuurtorens Waddeneilanden – Uitgangspunten constructieve beoordeling* (UPR) [1].

In dit rapport wordt gesproken over ‘de beoogde radarinstallatie’. Dit betreft een fictieve installatie waarvan de specificaties zijn afgeleid op basis van verschillende radarinstallaties, welke tot de beoogde categorie radarinstallaties behoren. In de aannames van de specificaties voor deze fictieve installatie zijn wij conservatief geweest. De aangenomen specificaties zijn opgenomen in H4 van het uitgangspuntenrapport [1].

1.1 Leeswijzer

- Hoofdstuk 2 beschrijft het constructieve systeem van de vuurtoren, in de vorm van een samenvatting van de uitgebreide beschrijving uit Bijlage B.
- Hoofdstuk 3 beschrijft de vuurtoren-specifieke belastingen.
- Hoofdstuk 4 beschrijft de constructieve beoordeling van de vuurtoren. De belangrijkste resultaten worden getoond en toegelicht. De (volledige) technische uitwerking van de beoordeling is beschreven in Bijlages C t/m F.
- Hoofdstuk 5 beschrijft onze conclusie(s)

Dit rapport bevat de volgende (deels Engelstalige) bijlages:

A Bijlage A bevat de foto’s van de door RHDHV uitgevoerde visuele inspectie.
B Bijlage B bevat een beschrijving van het constructieve systeem.
C Bijlage C bevat de uitwerking van de berekening van de windbelasting op de vuurtoren.
D Bijlage D bevat een uitwerking van de berekening van de globale stabiliteit van de vuurtoren.
E Bijlage E bevat een documentatie van het vervaardigde eindige-elementen model, inclusief de volledige resultaten van de lineair-elastische berekening.
F Bijlage F bevat een uitwerking van de (op het EE model) aanvullende detailberekeningen.

De Excel-documenten behorend tot Bijlages C & D worden meegeleverd met dit rapport.

1.2 Bijbehorende documenten

[1] Rapport “Radarinstallaties vuurtorens Waddeneilanden – Uitgangspunten constructieve beoordeling”, Royal HaskoningDHV, d.d. 29 september 2023, referentie BI6464-109-VT-WAD-RI-RP-0001
[2] Gecomprimeerde map “Foto’s visuele inspectie”, Royal HaskoningDHV, d.d. 29 september 2023, referentie BI6464-109-VT-WAD-RI-ZIP-0002
[3] Memo “Inventarisatie tekeningen vuurtoren Texel”, Royal HaskoningDHV, d.d. 29 september 2023, referentie BI6464-109-VT-WAD-RI-ME-0002

2 Constructief systeem

In de onderstaande tabel wordt het constructieve systeem van de vuurtoren beknopt beschreven. Een volledige (Engelstalige) beschrijving is opgenomen in Bijlage B.

Tabel 2-1: Constructief systeem

Onderdeel	Eigenschap	Beschrijving
Schacht	Algemeen	Opbouw: rond Globale afmetingen: H= 24,22m x $D_{gemiddeld}$ = 8,02m
	Wanden	Opbouw: Buitenschil: metselwerk + afwerking beton met kristalcement Binnenwand: metselwerk Dikte(s): Buiten: 390 mm Binnen: 1055 mm
	Vloeren	Opbouw: Staal, gietijzer bovenste verdieping: beton Dikte(s): Bovenkant betonnen vloer schacht: 500mm
Bovenbouw	Algemeen	Opbouw: Totale hoogte Globale afmetingen: 9,78m (5,7 kustwacht + 4,08 vuurtoren)
	Kustwachtpost (incl. machinekamer)	Opbouw: Wandmateriaal: Beton Vloermateriaal: Beton Afmetingen: Hoogte: 5,7m Gemiddelde diameter bovenbouw: 5560mm
	Radar frame	Opbouw: Stalen (ronde) buisprofielen Afmetingen: 139,7 x 12 mm
Radarinstallatie*	Antennebalk	Peil: +29,92 m
	Radar frame	Radar Frame kolomhoogte: 2,2m Radius frame: 2,3m
** Afmetingen van de radarinstallatie zijn opgenomen in het uitgangspuntenrapport [1].*		

3 Belastingen

3.1 Belastingen anders dan wind

De blijvende belastingen zijn bepaald aan de hand van NEN-EN 1991-1-1 Artikel 6.3.1 en 6.3.2 en §4.1 van het uitgangspuntenrapport [1]. De tabel hieronder geeft een overzicht van de belastingen welke zijn meegenomen in de constructieve beoordeling.

Tabel 3-1: Belastingen anders dan wind

Beschrijving	Naam belasting in EE-model
Gewicht radarinstallatie	F-z-G-RadarInstallation
** Zie §4.1.1 van het uitgangspuntenrapport [1] voor gewichten van (bouw)materialen.* *** Zie §4.1.2 van het uitgangspuntenrapport [1] voor toelichting van belastingcategorieën.*	

3.2 Windbelasting

De windbelasting op de vuurtoren is bepaald aan de hand van NEN-EN-1991-1-4 en §4.2 van het uitgangspuntenrapport [1]. De tabellen hieronder geven een overzicht van de uitvoer van de bepaling van de windbelasting op de vuurtoren in zijn geheel (voor controle van de globale stabiliteit) en het lichthuis (voor de lineair-elastische berekening). Volledige uitwerking is opgenomen in Bijlage C.

Tabel 3-2: Uitvoer bepaling windbelasting op vuurtoren globaal

Beschrijving	Symbool	Waarde
Eind-effect factor	ψ_λ	0,66
Krachtscoefficiënt zonder eind-effecten	$c_{f,0}$	0,6
Krachtscoefficiënt	c_f	0,47

Tabel 3-3: Uitvoer bepaling windbelasting op radarframe

Beschrijving	Symbool	Waarde
Eind-effect factor	ψ_λ	0,775
Krachtscoefficiënt zonder eind-effecten	$c_{f,0}$	0,6
Krachtscoefficiënt	c_f	0,47

4 Constructieve beoordeling

4.1 Globale stabiliteit

De globale stabiliteit van de vuurtoren (ter hoogte van maaiveld) is getoetst ter indicatie van de staat van het gebouw ten opzichte van de huidige normen en regelgeving. Dit betreft een toets op basis van belasting door wind en zwaartekracht. Voor wind wordt een belastingfactor 1.5 in acht genomen; voor zwaartekracht – welke gunstig werkt m.b.t. stabiliteit – wordt een belastingfactor 0.9 in acht genomen. De uitkomst van deze toetsing is opgenomen in onderstaande tabel. Op het gebied van stabiliteit voldoet de vuurtoren aan Bouwbesluit 2012. Uitwerking van de vervaardigde berekeningen is opgenomen in Bijlage D.

Tabel 4-1: Globale stabiliteit; waardes in kNm

Kantelmoment t.g.v. wind	Weerstandsmoment t.g.v. zwaartekracht	Unity Check
9767 kNm	57626 kNm	0,17

Aanvullend is de bovenwindse zijde van de fundering getoetst op het eventueel optreden van trekbelasting ten gevolge van wind belasting. Gezien het gebrek aan informatie over de fundering, moet trek op dit onderdeel voorkomen worden. Wij constateren dat trekkrachten dan ook niet optreden, zoals samengevat in de tabel hieronder. Uitwerking van de vervaardigde berekeningen is opgenomen in Bijlage D.

Tabel 4-2: Netto krachten op fundering

Spanning in fundering t.g.v. enkel eigen gewicht [MPa]	Spanning in fundering t.g.v. enkel windbelasting [MPa]	Netto optredende spanning bovenwindse zijde fundering [MPa]
-0,37 (druk)	0,18 (trek)	-0,18 (druk)

4.2 Bovenbouw

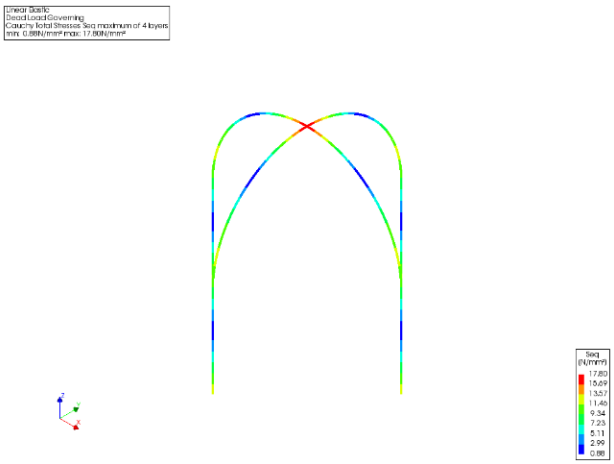
Rapportage van het vervaardigde eindige-elementen model is opgenomen in Bijlage E, evenals de volledige resultaten van de lineair-elastische berekening. De ontwerpwaardes voor de capaciteit van de verschillende materialen zijn opgenomen in de onderstaande tabel.

Tabel 4-3: Ontwerpwaardes materiaalcapaciteiten

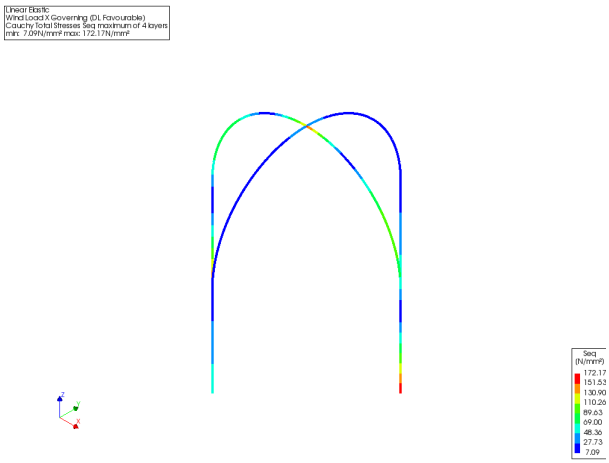
Materiaal	Ontwerpwaarde capaciteit [1]
Staal - Fe360	235 N/mm^2

4.2.1 Stalen kolommen en radarboog

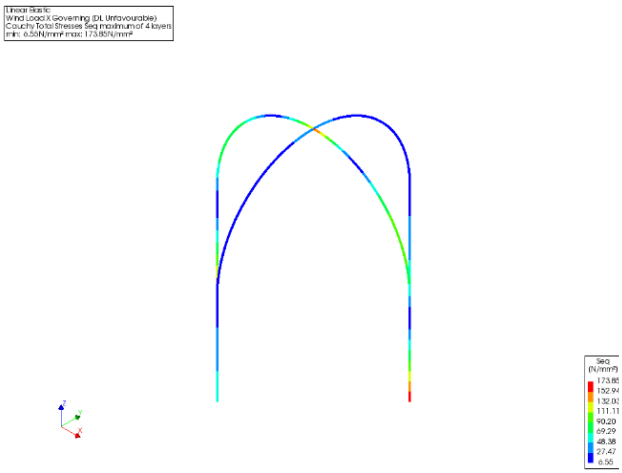
In geen van de belasting gevallen overschrijdt de Von Mises-spanning in de stalen kolommen en ringen de ontwerpwaarde van de staalcapaciteit. Derhalve wordt er geconcludeerd dat de Fe360 kolommen & radarboog voldoende capaciteit bezitten.



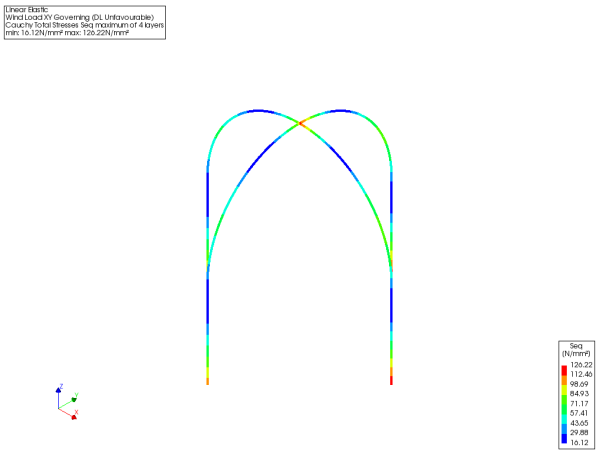
(a) Permanente belasting overheersend



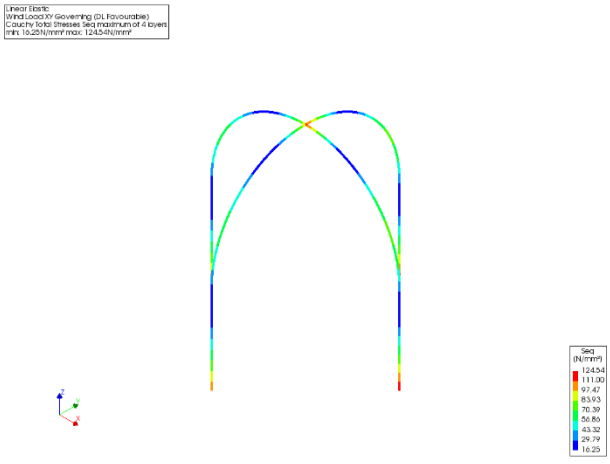
(b) Windbelasting overheersend-X (permanent gunstig)



(c) Windbelasting overheersend -X (permanent ongunstig)



(d) Windbelasting overheersend-XY (permanent ongunstig)



(e) Windbelasting overheersend -XY (permanent gunstig)

Figuur 4-1: Von Mises-spanning [N/mm^2] in stalen kolommen

4.2.2 Detailberekeningen

De volgende detailberekeningen zijn uitgevoerd voor het stalen frame van de vuurtoren te Texel:

- Verankering van de onderkant van de stalen kolommen aan het betonnen bordes
- De knikstabiliteit van de kolommen
- De verbinding tussen de radarbogen (gecombineerde afschuiving en trek EN1993-1-8, tabel 3.4)

De resultaten van bovenstaande berekeningen zijn samengevat in de onderstaande tabellen. Gedetailleerde uitwerking van deze berekeningen is opgenomen in Bijlage F.

Tabel 4-4: Controle verankering kolommen aan betonvloer

Trekkracht/ bout [kN]	Dwarskracht/ bout [kN]	Trekcapaciteit bout [kN]	Dwarskrachtcapaciteit bout [kN]	Gecombineerde trek en dwarskracht UC
12,51	3,432	83,73	50,24	0,86*

*: Dit resultaat is gebaseerd op een ingelijmd anker dat 100mm ingeboord en verlijmd is in een betonnen vloer met een kwaliteit van minimaal C20/25.

Tabel 4-5: Controle knikstabiliteit kolommen lichthuis

Normaalkracht [kN]	Buigend moment uiteinde 1 [kNm]	Buigend moment midden [kNm]	Buigend moment uiteinde 2 [kNm]	Kniklengte [m]	Unity Check
-40,98	0	-6,71	33,07	4,1*	0,839**

*: Lengte radarframeboog met rotatie-stijve verbinding+ kolom (= ((2*π*2.3)/4+2.2m) * 0,7)
**: Toetsing uitgevoerd met kleinere wanddikte (conservatief/veilig) aangezien de toegepaste wanddikte 12mm niet in de doorsnedebibliotheek voorkomt.

Tabel 4-6: Controle verbinding tussen radarbogen

Toegepaste trekbelasting (Ft,Ed) [kN]	Toegepaste schuifbelasting (Fv, Ed) [kN]	Trekcapaciteit bout (Ft,Rd) [kN]	Dwarskrachtcapaciteit bout (Fv, Rd) [kN]	Gecombineerde trek en dwarskracht UC
84,2	19,05	90,4	60,3	0,9*

*: Het maatgevende resultaat bij toepassing van bouten M16 (8.8)

4.2.3 Onderdelen niet inbegrepen in EE-model

Het vervaardigde eindige-elementen model van de directe ondersteuningsconstructie van de radar omvat het frame bestaande uit stalen buizen. De toetsing van deze onderdelen wordt toegelicht in §4.2.1 t/m §4.2.3. De oplegreacties aan de onderzijde van dit model geven inzicht in de krachten die werken aan de bovenzijde van de lichthuiskuip en in het verlengde op de kustwachtpost en vuurtorenschacht. De tabel hieronder beschrijft de maximaal-optredende oplegreacties uit het EE-model voor zowel de huidige situatie als de situatie met de beoogde radarinstallaties.

Tabel 4-7: Toename belastingen op lichthuiskuip

	Huidig	Nieuw
Verticaal – Trek (lokaal) [kN]	4,91	19,60
Afschuiving (globaal) [kN]	6,68	14,02

De toename in totale afschuiving bedraagt 7,34 kN. De constructie welke deze kracht moet opnemen betreft de gewapende beton constructie van de lichthuiskuip en kustwachtpost. Gezien de beperkte toename van de dwarskracht en opbouw van deze constructie, achten wij de capaciteit van deze delen van de bovenbouw ruim voldoende voor het opnemen van deze aanvullende horizontale belasting.

De lokale toename van de verticale trek op de bovengenoemde delen van de bovenbouw is op lokaal niveau getoetst in de voorgaande paragraaf. Op globaal niveau kan de toename in verticale kracht eenvoudig worden gecompenseerd door het eigen gewicht van de betonconstructie.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Royal HaskoningDHV heeft de constructieve veiligheid van de vuurtoren te Texel getoetst t.a.v. het vervangen van de radarinstallatie met een groter en zwaarder exemplaar. Wij trekken de volgende conclusies:

- De beoordeling is uitgevoerd op basis van Bouwbesluit 2012 en de NEN 8700, inclusief de daarin opgenomen aanwijzingen voor het al dan niet uitvoeren van controleberekeningen.
- Wij concluderen dat de schacht van de vuurtoren met betrekking tot stabiliteit (ruim) voldoet aan Bouwbesluit 2012 en voldoende capaciteit bezit voor het ondersteunen van de nieuwe beoogde radarinstallaties.
- Bij onze beoordeling zijn wij geen onderdelen tegengekomen die niet voldoen aan de huidige regelgeving op het gebied van constructieve veiligheid, conform Bouwbesluit 2012 voor bestaande constructies. Derhalve concluderen wij dat het radarframe voldoende capaciteit bezit voor het plaatsen van de beoogde radarinstallatie. Er zijn echter wel diverse aannames gedaan voor gegevens welke we niet hebben kunnen achterhalen uit de tekeningen dan wel bij de inspectie. Daar volgen enkele aandachtspunten uit, zeker wanneer er rekening gehouden wordt met de beperkte restcapaciteit die uit een aantal controles volgt.
- Onze focus lag in het bijzonder op de directe ondersteuning van de radarinstallatie. In het geval van Texel betreft dit een stalen frame, verankerd op een betonnen bordes. Wij concluderen dat ook deze volgens de op dit moment geldende normen voldoende capaciteit bezit voor het weerstaan van wind, gebruik en permanente belastingen (inclusief de beoogde radarinstallatie). Wij gaan er hierbij vanuit dat de constructie naar behoren wordt onderhouden.

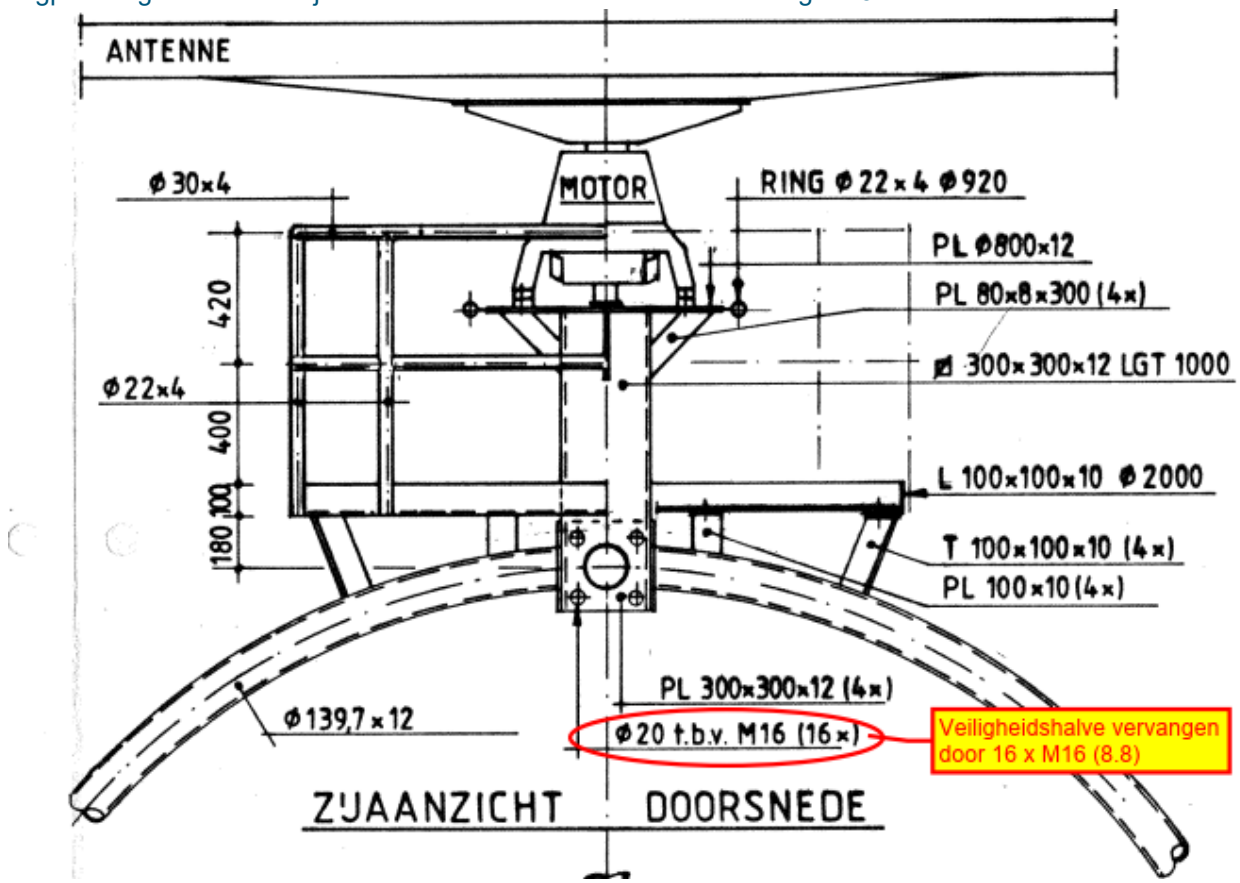
5.2 Aanbevelingen

De windbelastingen op de radar zijn bepaald op basis van een (over-)dimensionering van de afmetingen. De krachten op het radarframe worden grotendeels bepaald worden door de krachten uit de radar. Het verdient de aanbeveling om na een definitieve keuze voor een bepaald type radar de werkelijk optredende belastingen ten gevolge van deze radar goed te vergelijken met de gerekende belastingen uit de fictieve radar.

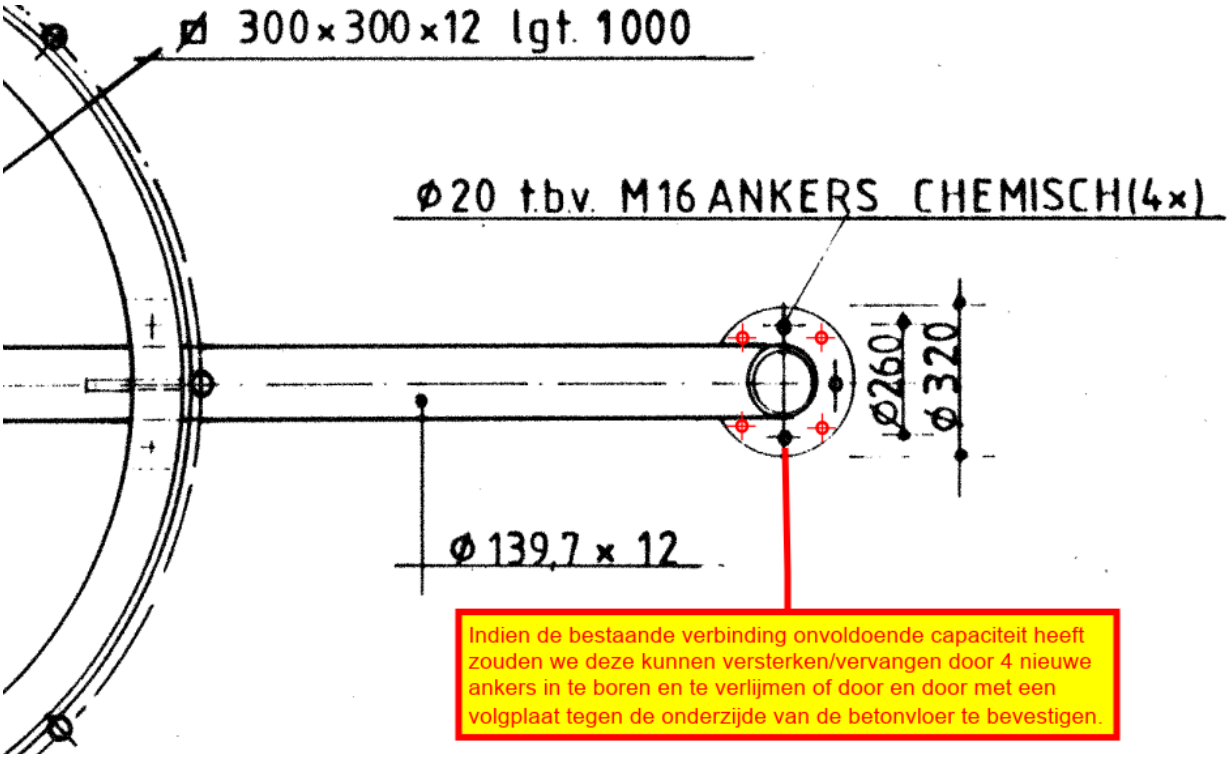
Een van de kritische aansluitingen is de knoop aan de bovenzijde van het radarframe. Op basis van de huidige resultaten dient voor deze aansluiting de boutkwaliteit van de 16 bouten M16 minimaal 8.8 te bedragen. Op basis van de tekeningen is echter niet af te leiden wat de toegepaste kwaliteit is. Het advies luidt dan ook om dit bij de werkzaamheden t.b.v. de nieuwe radarinstallaties te controleren en bij onduidelijkheid/onzekerheid de huidige bouten te vervangen door nieuwe bouten M16 in kwaliteit 8.8. Zie Figuur 5-1.

De tweede kritische aansluiting is de bevestiging met chemische ankers aan de betonvloer. De berekening op basis van een aangenomen betonkwaliteit van C20/25 en aangenomen inboordiepte van 100mm laat zien dat deze verankering net voldoet. De werkelijke inboordiepte van de ankers is onbekend. Deze zou kleiner kunnen zijn, zeker gezien de relatief dunne betonvloer van 150mm waar het radarframe op bevestigd is. Na de aanbesteding van de radar zouden nogmaals de reactiekrachten optredend op deze verbinding bepaald kunnen worden op basis van de werkelijk optredende belastingen, waarna gecontroleerd kan worden of er ook met een kleinere inboordiepte kan worden volstaan. Er kan dan ook worden overwogen of er met een hogere betonsterkte kan worden gerekend: normaliter hard beton nog gedurende lange tijd verder uit waardoor de sterkte toeneemt. Een alternatief/oplossing kan zijn om

nieuwe ankers aan te brengen in de bestaande voetplaten. Hierbij heeft een bevestiging met een volgplaat tegen de onderzijde van de betonvloer de voorkeur. Zie Figuur 5-2.



Figuur 5-1: Aansluiting aan bovenzijde radarframe



Figuur 5-2: Voet radarframe