

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

ANTENNEDRAAGCONSTRUCTIES

Auteur : A.T.G. Willeboordse, PAØATG.
Status : definitief.
Vrijgegeven : 11 - 10 - 1996.
Wijzigingen : 06 - 05 - 2003.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

INHOUDSOPGAVE

INHOUDSOPGAVE	2
1. INLEIDING.	3
2. NORMEN EN REGELS.	4
MACHINERICHTLIJN 1995.....	4
3. BEREKENING.	5
SITUATIE.....	6
WIND.....	6
MATERIALEN.....	7
VERBINDINGSMIDDELEN.....	7
BESCHERMING.....	8
ANTENNE.....	8
MASTEN.....	8
FUNDATIE.....	10
TUIEN.....	10
BLIKSEMBEVEILIGING.....	10
4. BIJLAGEN.....	11
5. HET BEREKENEN VAN EEN ANTENNEMAST.....	12
DE ROTORPIJP.....	12
<i>Belasting van de rotorpijp.....</i>	<i>12</i>
<i>Belastingaannee.....</i>	<i>13</i>
<i>Momenten, spanningen en reacties.....</i>	<i>13</i>
DE ANTENNEDRAAGCONSTRUCTIE.....	14
<i>Belastingaannee.....</i>	<i>15</i>
<i>Momenten, spanningen en reacties.....</i>	<i>16</i>
DE DIVERSE DRAAGMASTEN.....	16
DE ZWIEPMAST.....	16
DE KANTELMAST.....	16
DE SCHUIFMAST.....	16
DE TOREN- OF VAKWERK-MAST.....	17
GETUIDE DRAAGCONSTRUCTIE.....	17
HET FUNDATIEBLOK.....	17
GEBRUIKTE AFKORTINGEN.....	18
<i>Literatuurlijst:.....</i>	<i>18</i>

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

1. INLEIDING.

Over antennes en stralingswaarden zullen we het in dit artikel niet hebben daar is al genoeg over geschreven. Maar over de antennedraagconstructie voor amateur-gebruik staat maar weinig informatie op papier. Hoewel dit geen totaal overzicht is geeft het toch een hoeveelheid informatie die, in de huidige samenleving, belangrijk is. Het is geen "DOE HET ZELF"-handleiding voor het berekenen en/of construeren van een antennedraagconstructie. De in de loop der jaren, door mij, berekende situaties waren telkens zo verschillend dat een invulberekening niet te geven is. Laat altijd een deskundige de berekening maken of controleren, er kunnen mensenlevens op het spel staan. De bedoeling van dit schrijven is toekomstige bouwers te waarschuwen over de op ons afkomende Europese regelgeving. We behandelen dus alleen de antennedraagconstructie en niet het zendstation dat een eigen CE-markering (vrijstelling) bezit.

Elke nieuwe antennedraagconstructie moet worden geleverd volgens de TGB.

We hebben een machtiging behaald of een luisternummer gekregen en wat nu.

Die vraag was natuurlijk reeds gesteld toen we aan de studie voor de machtiging begonnen maar is vaak naar de achtergrond verdrongen.

Het belangrijkste is vast te stellen wat je wilt bereiken met de installatie die je gaat aanschaffen. En niet voor dit ogenblik maar, gezien de prijs, voor enige jaren. Het is dus een lange termijn beslissing die je moet maken.

We hebben alle componenten van de installatie aangeschaft en/of gemaakt en nu willen we laten horen dat we er zijn en dat eenieder met ons rekening dient te houden. Als we dit signaal ver in de omtrek willen laten horen dan moet de antenne op een daarvoor geschikte hoogte staan want aan het vermogen zal het niet liggen dat hadden we al maximaal. Maar hoe krijgen we onze antenne op een voor ons doel geschikte hoogte en hoe houden we hem daar? Daar gaat het volgende verhaal over.

Een mast dient om het stralend element van onze zend en/of ontvanginginstallatie op een zo hoog mogelijke plaats te brengen en te houden. Of het een hulpmast op een hooggebouw is of een vrijstaande constructiemast in de polder is doet niets af aan de functie van de constructie, het op hoogte brengen en houden van de antenne.

Van begin tot eind is de constructeur er nu verantwoordelijk voor. Hij moet in een gebruikershandleiding aangeven hoe de gebruiker veilig met de mast kan werken en aan welke specificatie de gebruiker moet voldoen. Teneinde alle tegenstanders van onze antennedraagconstructie de mond te kunnen snoeren moeten we zorgdragen voor een zo volledig mogelijke documentatie waarin wordt aangetoond dat we alle risico's hebben beperkt en dat er veilig met de installatie te werken is.

Hier biedt de CE-markering uitkomst want artikel 4 lid 1 luidt: De lidstaten mogen het in de handel brengen en **in bedrijf stellen**, op hun grondgebied, van machines die voldoen aan de bepalingen van deze richtlijn, niet verbieden, beperken of verhinderen.

CE betekent Conformité Européenne en houdt in dat de 'machine' voldoet conform de Europese eisen voor veiligheid en gezondheid. Dus als je zorgt voor een CE-markering kan de overheid het, voor wat betreft de veiligheid, niet tegenhouden.

Onder deze EG-verklaring vallen uiteraard ook de laagspannings- en de EMC-richtlijn.

Je moet uiteraard zelf weten wat je met deze informatie doet en er zal veel weerstand tegen zijn maar het is niet meer terug te draaien. Elke rotorinstallatie en lierconstructie valt onder de Machinerichtlijn.

De omwonenden, die de mast weg willen hebben, zullen de situatie aangrijpen om hun doel te bereiken. Zij weten immers wel wat er gaande is en hopen dat je niet aan de Machinerichtlijn voldoet.

Als gebruiker moet je weten wat je wel en vooral wat je niet mag doen met je installatie. Zonder CE-markering trek je in conflictsituaties aan het kortste eind. Als er iets gebeurt vraagt de Arbo Dienst als eerste naar de risicobeoordeling van de installatie en vervolgens naar de gebruiksinstructies, dus zorg dat alles in orde is.

CE is geen garantie maar een aanduiding dat de meeste optredende gevaren onderzocht en verwerkt zijn.

Ook voor de luisteramateurs die signalen uit de verre omtrek willen beluisteren geldt dit verhaal. Zelfs een parasolarm heeft tegenwoordig een CE-markering dus waarom een antenne-installatie dan niet?

Dat er tot nu toe geen reacties geweest zijn komt door de onwetendheid van de ambtenaren. En waarschijnlijk zijn er gelukkig geen ernstige ongelukken met antennedraagconstructies geweest. Dat is alleen maar gunstig want de eigenaar van de mast is en blijft ten alle tijden verantwoordelijk voor de installatie.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

Jij moet zorgen dat de mast in prima conditie is en blijft. Na de levering en het plaatsen van de mast wordt deze omgebouwd tot een roterende antennedraagconstructie waarvoor jij verantwoordelijk bent. Jij als gebruiker mag de mast niet aan andere gevaren blootstellen dan die welke in het ontwerp zijn voorzien. Je kunt je nergens achter verschuilen, we staan, in deze, niet boven de wet.

2. NORMEN EN REGELS.

De nieuwe TGB1990 NEN 6702, 6770, 6771 en 6772 is niet anders dan de voorgaande. De benadering van de berekening is alleen grondiger dan vroeger. De veel gehoorde kreet van de mast is volgens DIN en dus veel sterker dan nodig in Nederland, is onzin. De mast is dan berekend volgens variabelen beschreven in de DIN maar soms zijn deze variabelen niet in Nederland van toepassing en dus is de berekening volgens de Nederlandse wetgeving niet bruikbaar. Er moet dan een herberekening plaatsvinden volgens de TGB 1990.

CE-markering.

- Zolang de mast zich beperkt tot een zwiepmast of een vaste constructiemast, *zonder* rotorinstallatie, dan valt de mast niet onder de CE-markering (Artikel 1 lid 3 van de Machinerichtlijn).

De mechanische aandrijving van de antenne of de kantel- of schuif installatie van de mast, is een hijsmachine die wel onder de CE-markering valt en waarvoor een risicobeoordeling moet worden geschreven. De gekochte rotor (die niet onder de CE-markering valt, met fabrikantenverklaring IIB) wordt immers door de "fabrikant" omgebouwd tot een antennedraaiinrichting en dan gaat de rotor wel onder de CE-markering vallen.

Bij de huidige CE-markering wordt de constructeur aangesproken op zijn verantwoordelijkheid m.b.t. de veiligheid van de installatie. **De installatie moet veilig zijn voor mens en dier.**

De CE-markering kost geen geld en is ook geen waarborg voor de constructie. Het is slechts een wettelijke regeling over de verantwoordelijkheden met betrekking tot de constructie.

De constructeur moet dus een *risicobeoordeling* maken van de installatie. Een risicobeoordeling is een document waarin de gezondheidsrisico's van de machine en/of installatie, m.b.t. de werking, staan vermeld, inclusief de genomen maatregelen. Deze risicobeoordeling maakt deel uit van het TKD en wordt bij een ongeval geraadpleegd om te zien of het bewuste ongeval op de juiste wijze is ingeschat en beoordeeld.

Machinerichtlijn 1995.

De machinerichtlijn is een wet die voorschrijft aan welke eisen, m.b.t. veiligheid en gezondheid, een machine moet voldoen. Vanaf 1 jan. 1995 mag er geen machine of instrument, volgens de machinerichtlijn als 'machine' gekarakteriseerd, in de handel worden gebracht of in gebruik worden genomen, zonder te voldoen aan de voorwaarden die de machinerichtlijn stelt. In de richtlijn wordt onder 'machine' verstaan een samenstel van onderling verbonden onderdelen of organen waarvan er ten minste één kan bewegen (Artikel 1 lid 2).

Dus:

- De mast uitgerust met een rotor en een fysiek of mechanisch bediend lierwerk valt onder de CE-markering. De lier moet worden aangeschaft onder de fabrikantenverklaring IIA.

- De mast **zonder** lierwerk met een door fysieke energie aangedreven antennerotor valt **niet** onder de CE-markering. Ook als je een mast voor eigengebruik maakt is de "fabrikant" van de mast verantwoordelijk voor de veiligheid. Maak dus altijd een GS en een GH t.b.v. de toekomstige gebruikers. Niet de gebruiker maar de fabrikant is verantwoordelijk voor het veilig gebruiken van de installatie. Hij moet middels een GH aangeven hoe de machine **veilig** gebruikt **moet** worden. De gebruiker heeft zich juridisch te houden aan de GS/GH.

De kantel- of schuifmast is een hijsconstructie die er voor zorgt dat de antenne op een bepaalde hoogte wordt gebracht en gehouden. Het is dus een hijsconstructie welke onder de CE-regels valt.

Na 1-1-1996 is het verboden om onveilige machines en/of installaties te verhandelen of in gebruik te hebben. In 1997 moeten de bestaande machines en installaties eveneens een CE-markering bezitten.

Volgens de CE bepalingen is een machine een samenstelsel van aan elkaar gekoppelde onderdelen waarvan er minimaal één kan bewegen (rotorpijp en/of mast deel).

Iedere mastbezitter heeft er dus mee te maken en dient er rekening mee te houden.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

Maak dus een volledig technisch constructiedossier. Dit TKD, dat minimaal 10 jaar bewaard moet blijven, dient te bevatten:

Een *samenstellingstekening* van de installatie en alle foto's en schetsen die gebruikt zijn bij de fabricage van de draagconstructie.

Alle *technische specificaties* van de samengevoegde onderdelen.

Alle *materiaalspecificaties*.

De *berekening en detailberekeningen* volgens NEN.

De *gebruikersspecificatie*.

Het *onderhoudsschema*.

De *gebruikershandleiding, in het Nederlands!*

De *risicobeoordeling*.

De CE-markering en boordeling beperkt zich tot het algemene vlak en geeft slechts aan dat er veilig met de installatie binnen Europa te werken is. **De draagconstructie als zodanig valt bij privé gebruik niet onder het Besluit Arbeidsmiddelen. Maar gezien de ernst en omvang van de constructie zou ik toch maar zorgen voor een gedegen dossier.** Er moet een verklaring worden opgesteld over de veiligheid van de machine / installatie. Dus de constructeur moet voldoende veiligheid inbouwen en de documentatie verzorgen t.b.v. de gebruiker. Ook al ben jezelf constructeur, fabrikant en/of gebruiker, en ook al is de masthoogte tot 5m vrij van vergunning, het ontslaat je niet van de plicht te zorgen voor een veilige draagconstructie. Een bouwvergunning en een CE-markering zijn twee verschillende zaken.

Ga na of er m.b.t. de antennedraagconstructie nog andere normen op de installatie van toepassing zijn, (b.v. NEN-EN 982pr + 983pr – Hydrauliek / Pneumatiek voor een hydraulische mast).

3. BEREKENING.

Inleiding.

Waar moeten we opletten als we een antennemast noodzakelijk achten.

Maak eerst een schets van de te plaatsen antennes, afstralinghoogte, onderlinge afstanden en/of bewegingsrichting.

Verzamel alle informatie welke je kunt vinden over de te gebruiken antennes, rotoren en kabels.

Als de informatie in buitenlandse eenheden wordt verstrekt deze omrekenen naar de ISO-eenheden of de gebruikelijke Nederlandse eenheden.

Laat een deskundige bepalen in welk stuwdrukwaardegebied de antennemast komt te staan.

Laat hem bepalen of de antennemast in bebouwd of onbebouwd gebied staat (turbulentie intensiteit).

Wat is de antennehoogte boven het omliggend terrein.

Hoe wordt de antennemast geplaatst t.o.v. de heersende windrichting.

Zijn er hoge bouwwerken in de directe omgeving van de mast.

Als dit alles op papier, of in de computer, staat dan gaan we kijken naar de situatie op de plaatsingslocatie van de mast.

Is er voldoende werkruimte voor het aanvoeren van de benodigde materialen en gereedschappen?

Hoe groot is de ruimte voor het antennegrondvlak (draaicirkel)?

Op wat voor ondergrond wordt de mast geplaatst?

Liggen er leidingen en/of kabels in het grondvlak?

Kunnen er tuien geplaatst en/of bevestigd worden?

Hoe is het ruimte profiel rondom de mastlocatie?

Hoe is het grondwaterniveau ter plaatse van de mast (blikseminslaggevaar)?

Is er kantelruimte en in welke richting (N,O,Z of W)?

Wat is de hoogte van de belendende percelen?

Heeft de verzekering nog aanvullende eisen m.b.t. de uitvoering of stabiliteit?

Al deze informatie zetten we op papier of in de computer. We zorgen dat het technisch constructiedossier zo volledig mogelijk wordt.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

We gaan nu ook langzaam aan nadenken over de vorm en constructie van de mast.

Elke antennesituatie is uniek. Een invulberekening is daarom niet te geven.

Als je zelf een berekening maakt zorg er dan voor dat alle krachten en gewichten in het zelfde stelsel worden uitgedrukt, dus alles in b.v. N/m² of kg/cm².

Vertaal lbs per mile per hour in Newtons per km per uur, 1kg = 9,81 N, 1 lbs = 4,448 N en 1 MPH = 1,852 km/h = 0,514444 m/s.

Vertaal en herschrijf een buitenlandse berekening naar een berekening volgens de NEN.

Een buitenlandse berekening geeft de controlerende instantie veel werk en daar zitten ze vaak niet op te wachten. De controlerende instantie heeft vaak moeite met de vertaling van de buitenlandse variabelen en weet niets van de omstandigheden waarop deze variabelen betrekking hebben. En onthoudt in Duitsland wordt niet zwaarder geconstrueerd dan in Nederland. Ook daar kost elke kg materiaal veel geld.

Toon in de berekening aan dat de machine / installatie voldoet aan de eisen gesteld in NEN 6702, 6770, 6771 en 6772 en dat de stabiliteit tijdens het gebruik, ten alle tijden gewaarborgd is.

Vooraf bij kantelmasten moet de gekantelde situatie duidelijk in de berekening worden aangegeven en gecontroleerd.

Geef voldoende achtergrond informatie over de toegepaste formules.

Verzamel alle informatie die je te pakken kunt krijgen over de te gebruiken materialen en onderdelen.

Stop al deze informatie in het TKD en bewaar dit op een plaats waar het direct toegankelijk is.

De berekening moet de werkelijke situatie omvatten.

Maak een belastingsschema van de mast waarop duidelijk elke antenne met zijn plaatsingshoogte staat aangegeven. De hoogte aangeven t.o.v. het maaiveld. Aan de hand van dit schema berekent de constructeur de mast en eventueel bepaalt hij de mastdeling t.b.v. de fabricage.

Behalve de verticale belasting van de installatie door het eigengewicht en in beperkte mate door sneeuwbelasting, is de belangrijkste belasting op de mast de wind.

Het eigengewicht gaat pas goed meetellen als de uitbuiging t.g.v. de wind dermate groot wordt dat het zwaartepunt van de antennes buiten het fundatieoppervlak valt.

Verder vormt de gehele berekening een voortdurend vergelijken van de optredende momenten, t.g.v. de belastingen en de toelaatbare maximum momenten uit de sterkte van de profielen, waarbij de veiligheidsfactor de grens vormt.

SITUATIE.

Voor de berekening is het belangrijk te weten in welke regio jouw antenne staat, t.w.:

I = langs de kust,

II = in de kuststrook,

III = in het gebied er achter (de rest van Nederland, bijvoorbeeld ook afdeling 54).

De windbelasting wordt bepaald voor de plaatsing van de antenne in een bebouwd of onbebouwd gebied. Bebouwd gebied is een dorp of stad. Onbebouwd gebied is een landelijk gebied met hier en daar bebouwing, in de polder dus.

Maak een duidelijke schets van de plaats waar de antenne komt te staan, eventueel met foto's van de situatie ter plaatse. Indien er getuid moet worden ook schetsen of foto's van de bevestigingsplaatsen maken. Let er op dat bij draaibare antennes deze niet te veel boven andermans grondgebied komen (vogel-shit en regendruppels).

Laat overlast bij draaibare antennes altijd schriftelijk vast leggen. Stel je verder op de hoogte van de plaatselijke verordeningen en regels, laat je grondig voorlichten daarover. Probeer te weten te komen wat het bestemmingsplan van de gemeente voor jouw gebied is. Wat is de aanvaardbare antenne hoogte m.b.t. jouw situatie en bestemmingsplan. Probeer de antenne zodanig te plaatsen dat hij enigszins gecamoufleerd wordt door de omgeving, wat niet weet wat niet deert! Plaats de mast, zo goed als mogelijk is, in het centrum van je grondgebied opdat omlaag vallende onderdelen binnen de omheining van dat gebied blijven. Moet je over daken lopen of er op afsteunen neem dan voorzorgen om lekkage te voorkomen en vraag toestemming.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

WIND.

Wind is de belangrijkste belasting op de mast.

Plaats de mast zodanig dat bij vakwerkmasten het grootst mogelijke drukvlak op de fundatie wordt aangeboden. Hoe groter dit drukvlak des te kleiner de drukspanning (scheuren of brokkelen van het beton). Drukspanning in de randstaven van de vakwerkmast is altijd gevaarlijk. Maak open pijpinden dicht want ze gaan fluiten in de wind. Zorg er voor dat regenwater en condens kunnen weglopen. Ze zijn de oorzaak van kortsluiting en corrosie en bij vorst breekt de boel kapot t.g.v. de uitzetting. De windtrilling veroorzaakt ook materiaalmoetheid en uiteindelijk materiaalbreek. Ook langdurige vorstperioden kunnen door koudbrosheid materiaalbreek veroorzaken. Zorg er voor dat de kabels en draden niet kunnen klapperen ('s nachts erg hinderlijk).

T.b.v. de windbelasting, NEN 6702 - 8.6, moeten we de volgende afmetings- en windvormfactoren bepalen, t.w.:

C_{dim} = is een afmetingsfactor voor de mast (8.6.3) hoogte / breedte verhouding.

C_{index} = is een windvormfactor (8.6.4), afhankelijk van het mastprofiel.

C_{eq} = is een drukvereffeningsfactor (8.6.5) voor de locale windvormfactor.

Φ_1 = is de vergrotingsfactor (8.6.6) voor windbelasting evenwijdig aan de wind.

p_w = is de extreme waarde van de stuwdruk in kN/m^2 (8.6.2).

Afdeling 54 ligt in gebied III volgens NEN 6702 - figuur 22 bijlage A.1

Voor de extreme waarde van de stuwdruk kunnen we voor dit gebied de betreffende kolom raadplegen. Voor hoogten h van 2 tot 150 m in onbebouwde en bebouwde gebieden.

P_{rep} = $C_{dim} \cdot C_{index} \cdot C_{eq} \cdot \Phi_1 \cdot p_w$

F_{index} = $A \cdot P_{rep}$

F_{index} = is de representatieve waarde, van de windkracht op een oppervlak, in kN.

P_{rep} = is de windbelasting door winddruk, windzuiging, windwrijving en over- of onderdruk, in kN/m^2 .

A = is de beschouwde oppervlakte, waarop de windbelasting werkt, in m^2 .

Zoals je ziet, alleen al voor het vaststellen van de windbelasting moet er een complexe berekening worden uitgevoerd en dan moet de eigenlijke berekening nog beginnen. Verder houden we aan, volgens NEN6702, veiligheidsklasse 1 en referentieperiode 15 jaar. Geen sneeuw, echter bij windstilte, kan de sneeuwbelasting op de antenne breukgevaar veroorzaken. Staat de installatie in de luwte van de omliggende bebouwing of vrij in een open gebied waar een windvlaag er vol tegen aan kan botsen? De hoogte boven het aansluitende terrein is bepalend voor de extreme waarde van de stuwdruk. Het aansluitende terrein niet te lokaal zien. Neem dus een ruim gebied rondom de antenne, de wind waait ook niet alleen bij de mast.

MATERIALEN.

Zorg voor materiaal van goede kwaliteit, neem geen sloopmateriaal voor een antennemast, hoe verleidelijk de prijs ook is. Materiaal dat eenmaal over zijn vloeigrens werd belast is niet meer bruikbaar. Het materiaal moet er goed uitzien en geen breukranden, oppervlakte deuken of lasspeters bezitten. Aan de verfladders of roestvorming kun je vaak zien dat de spanning te hoog geweest is. Ook volledig verroest materiaal niet gebruiken want als de roestlaag is verwijderd zal de resterende materiaaldikte zo sterk zijn verminderd dat het voor ons doel niet meer bruikbaar is. Vraag voor je dossier ook een materiaalspecificatie, speciaal voor materialen van buiten Europa.

Materiaalspecificaties volgens DIN 50049-2.1 worden op verzoek van de klant gratis verstrekt.

Gebruik geen gelaste - maar naadloze pijp of koker vervaardigd in b.v. S275JR (St42.2),

S275J0 (St42.3) volgens Euronorm 25 of DIN 59410 of St.35 volgens DIN 2448/1629/3.

Voor de andere profielen minimaal gebruiken:

S235JRG2 (FE235) volgens NEN-EN 10025:1991 of S275N (of NL) (Fe E255) volgens NEN-EU 113:1986 in de kwaliteit KG of KT.

Doorsnedecapaciteit klasse 3.

Met aluminium oppassen het verliest vaak zijn sterkte na het lassen en is slecht corrosie bestendig. Roestvrij staal is niet sterker dan gewoon staal maar wel corrosiebestendiger. Pas op met kunststoffen er kan koudbrosheid optreden en sommige kunnen opzwellen door vocht. Ook de zonlichtinwerking is meestal funest en de meeste kunststoffen kunnen geen drukbelasting verdragen.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

VERBINDINGSMIDDELEN.

Gebruik indien mogelijk altijd roestvrijstalen verbindingsmiddelen. Het is in aanschaf vaak wat duurder maar na enkele jaren zul je blij zijn deze uitgave gedaan te hebben. Bouten, moeren, borg- en sluitplaten volgens NEN of DIN, in de minimum kwaliteit A4-70 (minimum treksterkte, σ_t , van 700 N/mm² en vloeigrens, σ_e , van 450 N/mm²). Als er gelast moet worden zorg dan voor een vakman. Gescheurde of slechte lassen zijn funest. Zorg dat krachtoverbrennende moeren geborgd worden (ze kunnen losraken door windtrillingen).

Controleer regelmatig de installatie op loszittende onderdelen en elementen.

BESCHERMING.

In ons vochtige klimaat is een goede oppervlaktebescherming noodzaak. Zorg voor een grondige roest- verwijdering en een weersbestendige bescherm laag met vervolgens een aflak laag in een voor de omgeving acceptabele kleur. Gebruik in elk geval een goede degelijke zonlichtbestendige verflaag. Kies een lak, in een kleur, welke de constructie enigszins camoufleert t.o.v. de omgeving.

Aluminium tegen corrosieve invloeden beschermen door b.v. anodiseren, eloxeren o.i.d..

Zorg voor adequate waterafvoer.

ANTENNE.

Koop een antenne die er robuust uitziet, hij is vaak wat duurder maar gaat langer mee. Duivendoppen op draadantennes geven extra windoppervlak en dus aanzienlijke trek in de bronzen of litze-antennedraad. Ook de verlengspoelen en aanpassingstrafo's geven een behoorlijke verhoging van gewicht en windoppervlak.

Maak een stevige waterdichte verbinding van de voedingskabel naar de antenne en zorg voor condensafvoer. Gebruik een antennevoedingskabel welke UV bestendig is, dit geldt ook voor de antenne hulpmaterialen.

Let er op dat de GebruikersHandleiding in het Nederlands geschreven moet zijn.

MASTEN.

Voor amateur-gebruik onderscheiden we, globaal gezien, 6 mast soorten.

a) De zwiepmast.

Een zwiepmast is meestal slechts geschikt voor één enkele of lichte antenne('s).

Bij dit soort masten moeten er klisporten zijn aangebracht of er moet een hoogwerker beschikbaar zijn om plaatsing en / of reparaties aan de antenne te kunnen uitvoeren.

b) De getuide mast.

Een getuide zwiepmast kan alweer wat meer verwerken, alleen het grondvlak wordt fors uitgebreid.

De windbelasting wordt via de tuien naar de grond afgevoerd en de mast dient alleen om de antennes op de gewenste hoogte te houden.

c) De kantelbare zwiepmast.

Een kantelmast heeft de zelfde nadelen als een zwiepmast.

Vooraf het draaipunt is hier een aandachtspunt. Via het draaipunt moet zowel het eigengewicht, van de antenne, de mast en het contragewicht, alsmede de windbelasting verwerkt worden.

Als er een lierwerk wordt toegepast moet er een CE-verklaring in het technisch constructiedossier van de mast aanwezig zijn. Let er op dat de hefinrichting (stationaire hijsinrichting) regelmatig onderhouden wordt. Zorg voor een beveiliging tijdens het kantelen.

d) De getuide vakwerkmast.

e) De vaste ongetuide vakwerkmast.

Een constructiemast is uitermate geschikt voor het dragen van omvangrijke antennesystemen.

Bij een vrijstaande constructie mast is er gelegenheid om bovenin de mast te kunnen klimmen en kleine reparaties aan de antennes te kunnen uitvoeren. Een platform bovenin is vaak mogelijk.

f) De inschuifbare vakwerkmast.

Bij inschuifbare masten geldt het zelfde alleen hier moet er weer gezorgd worden voor een CE-verklaring t.b.v. de lierconstructie. Let er op dat de hefinrichting (stationaire hijsinrichting) regelmatig onderhouden wordt.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

Bij aankoop van een gebruikte mast er op letten of de vorige (of eerste) plaatsing in het zelfde stuwdrukgebied is geweest. Raadpleeg een deskundige. De vrijstelling van CE-markering voor radiozendamateurs geldt voor emissies van frequenties en het bouwen van apparaten maar niet voor het oprichten van bouwkundige constructies. Amateurs zijn niet boven de wet geplaatst. Er zijn wat uitzonderingen voor privé-gebruik van toepassing maar voor de rest zullen we aan de wet moeten voldoen. Het is niet zo dat voor de bouw van een amateurshack geen bouwvergunning nodig is en zo ook voor het oprichten van een antennedraagconstructie.

Deze constructies hebben slechts tot doel de antenne op een door ons gewenste hoogte te houden en zijn geen emissie-element. De draagconstructie is immers een bouwkundig verlengstuk van de shack.

Zorg er voor dat de mast toegankelijk is voor montage, onderhoud en inspectie van zowel de mast als de antennes (klimsporten en /of platform). Bij een kantelmast er op letten dat er voldoende mastmateriaal rond het scharnierpunt zit. Vaak is het scharnier robuust uitgevoerd maar ontbreekt er voldoende materiaal rondom, met het gevolg dat de mast bij het oprichten t.p.v. het scharnier buigt door het gewicht van de antennes en het contragewicht. Gebruik een scharnierpuntlager dat geschikt is voor de schommelende beweging van de scharnieras. Gebruik bij voorkeur geen kogellager maar een glij-, kegel-, of tonlager. Gebruik als glijlager geen kunststoflager maar een echt ouderwets bronzen lager.

Bij een schuifmast er op letten dat er voldoende vet zit op de schuifvlakken en/of rollen. Zorg voor geleide strippen en/of rollen die goed aansluiten met weinig speling.

Ook een simpel mastje heeft onderhoud nodig dus zorg dat je er bij kunt. Het gebied rond de afscheiding van maaiveld en lucht is zeer corrosie gevoelig, zorg dus voor een extra goede corrosiebescherming.

Slecht elektrisch contact van de mastdelen kan puntcorrosie veroorzaken in de lagers (op de loopbanen) en daardoor versnelde slijtage (vierkante kogels, rotorpijp en mast over rotor elektrisch doorlussen). Let op scharnierpuntslijtage en scheuren. Vooral als de mast weinig reserve heeft moet je regelmatig de zwaarst belaste delen controleren (zie hiervoor de berekening).

Mast voorzien van hijsogen voor montage en hijsen van antennes. Behalve de huidige CE-markering moet de lier bij aanschaf ook een certificaat van beproeving hebben. De gebruikershandleiding moet uiteraard in de Nederlandse taal geschreven zijn. Dit kost extra geld (vroeger ook al). Maar onder het mom van zendamateurs kunnen hun geld wel beter gebruiken zal dat in de meeste gevallen wel vergeten zijn. We willen immers voor een dubbeltje op de eerste rang zitten en voor veiligheid zijn we verzekerd dus wat kan er gebeuren? Geldt de verzekering ook voor neervallende antenne onderdelen?

Tevens staat er in de publicatie P82 - 1968 (Lieren) van het Directoraat-Generaal van de Arbeid, dat hijslieren een periodieke beproeving moeten ondergaan van $1,5 \times$ de werklast. Hiervan wordt een certificaat uitgeschreven. Zowel hijskabel als lier moeten regelmatig gecontroleerd worden. Meestal wordt de kabel pas vervangen bij breuk, dan is het al te laat. Voorafgaand aan de breuk is er een periode met vezelbreuk aan vooraf gegaan. De kabel is geslagen uit diverse dunne draden en als deze dunne draden breken t.g.v. te grote trekkrachten, kleine kabeltrommels en/of geleide rollen, dan ontstaat er in dat stadium al een forse vermindering van de veilige werklast.

Er is een verhoudingsgetal voor de gebruikte kabeldiameter en de bijbehorende kabeltrommel-, geleiderol- en katrolschijfdiameter.

Zodra er dus 'haren' groeien aan de kabel deze direct vervangen door een nieuwe kabel. Is het niet voor de eigen veiligheid dan toch voor die de omgeving. Hijskabels moeten een veiligheid bezitten van $v=5$. Ook deze kabels goed invetten.

De lier moet te beveiligen zijn tegen losschieten en ondeskundige behandelingen door kinderen. Zorg voor een vergrendeling m.b.v. sloten of omkasting met sloten (vingerdicht).

Maak de voetplaat van de mast niet te klein of te dun. Hij moet goede aanhechting geven naar het fundatieblok. Mastdelen welke t.g.v. de lagering geen of slecht elektrisch contact maken doorlussen of goed isoleren. Op de slechte contactplaatsen tredt anders corrosie op.

Zorg er voor dat kinderen, of onbevoegden, niet in de mast kunnen klimmen of er uitkunnen vallen. Houdt de eerste twee meters vrij van klimsporten of plaats afdekplaten.

Blokkeer de mast in de uiterste en in de eventuele tussenstanden. De mast mag niet op de hijskabel blijven rusten. Zorg voor een valbeveiliging van het schuivend mastdeel.

Tussen voetplaat en mastprofiel bij hoge trekkracht de aanhechting aan de voetplaat verbeteren d.m.v. schotjes.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

FUNDATIE.

Voor al deze masten geldt wat boven het maaiveld uitsteekt (aan gewicht en windbelasting) moet er ook onder aanwezig zijn anders valt de mast om. Het fundatieblok dient niet alleen als bevestigingspunt van de mast maar veel meer als contragewicht. Het fundatieblok is een onderdeel van de gehele mastconstructie en dient om de belasting van de mast t.g.v. het eigengewicht en de wind over te dragen naar de ondergrond.

Maar houdt wel in gedachten dat de toelaatbare gronddruk gemiddeld 50 kN/m² bedraagt. Voor een mast kan je aan houden dat het deel in de grond ongeveer een lengte heeft van 1/6 deel van de lengte boven de grond.

Gebruik de juiste kwaliteit betonmengsel zoals voorgeschreven in de berekening. Als je ankers instort in het fundatieblok zorg er dan voor dat ze lang genoeg zijn om voldoende betonaanhechting te waarborgen en plaats ze niet te dicht aan de rand van het betonblok. Gebruik een mal voor het instorten van de fundatieankers. Minimum randafstand 12 × ankerdiameter.

Lijm- of epoxy-ankers zijn niet geschikt voor het opnemen van **grote** trekkrachten. Gebruik bij voorkeur ook geen ankers met spreidvleugels. Deze ankers kunnen de steen of het beton breken waardoor dit zijn strekte verliest. Vooral siersteen is er gevoelig voor. Fundering op staal of bouwgrond dat maakt een enorm verschil voor de stabiliteit. Geen roestig ijzer in de beton. De onderkant van het betonblok moet minstens 60 cm onder het maaiveld liggen teneinde omhoog vriezen in de winter te voorkomen. In drassige grond kan het blok echter gaan drijven. In beide gevallen loop je kans dat de mast scheef gaat staan. Maak het blok voldoende groot opdat het zwaartepunt, van de antennes, ook bij extreme uitbuiging binnen het fundatievlak blijft.

TUIEN.

Bij gebruik van tuidraden verzorgen deze draden de verbinding tussen mast en aarde voor de afvoer van de krachten uit de windbelasting. De mast heeft bij gebruik van tuien alleen de functie van het op hoogte houden van de antennes.

Lijmankers zijn niet geschikt voor het opnemen van **grote** trekkrachten. Bevestig tuien daarom zodanig dat de ankers altijd op afschuiving belast worden. Let op de randafstand en voldoende muurdikte. Gebruik bij grote trekkracht zonodig platen achter de ankers (oppervlakte vergroting). Houd er rekening mee dat de meeste schoorstenen niet gebouwd zijn om krachten op te kunnen nemen. Er treden snel scheuren op met het gevolg lekkage en verkleuringen van de aansluitende muren. Overleg met de burens als je tuien vast maakt op terrein van de burens of als je dat terrein moet overspannen. Ook halfsteens spouwmuren bieden niet veel houwwast. Er moet zich een flink stuk metselwerk boven de aansluitplaats bevinden om van voldoende speciehechting verzekerd te zijn, anders trek je de steen uit de muur (minimaal 5 steenlagen). Gebruik tuien zonder touwkern en met een toelaatbare trekkracht welke minimaal een veiligheid van 4 t.o.v. de breuksterkte waarborgt. Dit wordt nog wel eens vergeten, maar vóór het CE-gebeuren werd er ook al met een veiligheid van 4 gerekend. Maak geen knopen maar gebruik klemmen en ogen en voor het spannen deugdelijke wartels. Span de tuidraden niet te strak want dan breng je een extra knikkraft op de mast.

Er is tegenwoordig voldoende roestvrijstaal tuimateriaal in de zeil- en watersportwinkels voorradig.

Denk aan windtrilling deze kunnen voor veel overlast zorgen. Zorg voor onderhoud aan tuien en trekkabels speciaal bij schuif- en kantelmasten, zorg voor veel vet op lagere, glijdpunten en in de lierconstructie.

Zorg er voor dat er geen hinderlijk lawaai veroorzaakt wordt door jouw installatie (windtrillingen).

Van tuibevestigingen zijn geen voorbeelden te geven omdat elke situatie weer anders is.

BLIKSEMBEVEILIGING.

Bliksembeveiliging is een vak apart, dus raadpleeg een deskundige op dit gebied en ga niet zelf klooien.

De MachineRichtlijn zegt hierover :

Wanneer tijdens het gebruik van de antenedraagconstructie kans op blikseminslag bestaat, moeten zij zodanige voorzieningen hebben dat de door de bliksem veroorzaakte elektrische ladingen naar de grond worden afgevoerd (Artikel 4.1.2.7).

De MR laat dus ruimte aan de lidstaten om eigen normen te hanteren. Zorg voor een goede aarding van de mast.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

4. BIJLAGEN.

IIA-verklaring.

CE-MARKERING OVEREENKOMSTIGHEIDSVKRLARING

Wij,
(Naam fabrikant)
(Adres)

Verklaren geheel onder eigen verantwoordelijkheid dat de antenne draagconstructie
(Naam, type, serienummer)
waarop deze verklaring betrekking heeft, in overeenstemming is met de volgende normen
of andere documenten:

de bepalingen van de machinerichtlijn 89/392/EEG, gewijzigd door de richtlijn 91/368/EEG,
93/44/EEG en 93/68/EEG

de bepalingen van de volgende andere EG-richtlijn:

- de Laagspanningsrichtlijn 73/23/EEG, gewijzigd door de richtlijn 93/68/EEG

NEN-EN 60204	E-veiligheid van machines	1992
NEN-EN 50081	EMC algemene emissie-eisen	
NEN-EN 55011	EMC grenswaarden en meetmethoden	
NEN 6702	TGB1990 Belastingen en vervormingen	Dec 1991
NEN 6770	Staalconstructies	Dec 1991
NEN 6771	Stabiliteit	Dec 1991
NEN 6772	Verbindingen	Dec 1991
NEN-EN 1050	Risico analyse	
NEN-EN 982pr+983pr	Hydrauliek en pneumatiek	
NEN-EN 626pr	Machines, gezondheidsrisico door emissie	Feb 1992
NEN-EN 614	Machines, ergonomische ontwerpprincipes	Mrt 1992
NEN-EN 292	Basisbegrippen	Aug 1989
NEN-EN 294+811	Veiligheidsafstanden	Dec 1989
P no82	Lieren	1968

(Alleen die normen vermelden welke van toepassing zijn).

(plaats, datum)

(ondertekening door de fabrikant van de mast, ook als je zelf fabrikant en gebruiker bent).

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

5. Het berekenen van een antennemast.

De rotorpijp.

Dit is geen rekenvoorbeeld. De materie is te complex om als rekenvoorbeeld te kunnen dienen. Elke antennesituatie is immers uniek. Haal er daarom altijd een deskundige bij. Jij bent en blijft ten alle tijden verantwoordelijk voor de constructie.

Dit stukje pijp is eigenlijk het belangrijkste en meest kwetsbare onderdeel van de draagconstructie. Maar voor we dat stukje pijp kunnen bepalen of controleren moeten we eerst enkele voorbereidingen treffen.

Ten eerste moeten we weten welke antennes we willen plaatsen en met welk doel?

Ten tweede op welke hoogte willen we deze antennes plaatsen?

Deze werkingshoogte is het belangrijkste fundament voor het bestaansrecht van de antennemast.

Een antennemast is in feite slechts een draagconstructie, een platform met eventueel een mechanisme om de antenne in een bepaald richting te laten wijzen.

De hoogte van de mast wordt, zij het in mindere mate, ook begrenst door de beschikbare oppervlakte waarop de mast geplaatst wordt. Want denk er wel aan, alles wat boven het maaiveld uitsteekt, moet er als massa ook onder zitten.

Belasting van de rotorpijp.

De belasting van de rotorpijp gebeurt door het eigengewicht van de geplaatste antennes en de kracht welke de wind via de bevestigingen van deze antennes op de rotorpijp overbrengt (de z.g. windload).

Het eigengewicht van de antennes is meestal wel vrij nauwkeurig te bepalen.

Met de windbelasting ligt het wat moeilijker.

De windbelasting is afhankelijk van de snelheid van de luchtverplaatsing en de hoogte waarop dit plaats vindt.

De windbelasting wordt altijd berekend over het deel dat boven de omringende aansluitende bebouwing uitsteekt (hoge bomen vangen veel wind, hi). NEN 6702 - Tabel 10.

Opstelling.

Zodra duidelijk is wat we willen gaan plaatsen en op welke hoogte dan maken we eerst een opstellingsschetsje van de rotorpijp met de antennes.

We zetten alle werkhoogten er bij en bepalen de onderlinge afstanden, we geven aan op welke hoogte het steunlager komt en op welke hoogte de rotor geplaatst wordt. Hoe de draagmast er uit komt te zien is op dit ogenblik echt nog niet belangrijk.

Goed we hebben de situatie nu op papier en vervolgens gaan we alle informatie verzamelen die we kunnen vinden m.b.t. de antennes welke we willen gaan plaatsen. Deze informatie wordt ook in het technischproductdossier (TPD) gestopt voor de eventuele latere vergunningaanvraag bij de gemeente.

In dit TPD moet je aantonen dat de installatie geen gevaar oplevert voor toevallige passanten. Vooral tijdens het rond draaien van de antennes en het stoppen kunnen gevaarlijke momenten optreden (vermoeidheid). Ik moet toegeven dat een dakpan vaker naar beneden valt dan een antenneonderdeel maar maak dat die toevallige passant maar eens wijs.

Op dit moment zijn vooral de waarden betreffende windbelasting (windload) met de bijbehorende windsnelheid, het eigengewicht en de maximum te gebruiken draagpijpdiameter belangrijk. Houdt er rekening mee dat ook coax een gewicht heeft. Van de rotor moeten we de maximale toelaatbare verticale belasting, het draaimoment, het buigmoment en het remmoment te weten komen. Verder het gewicht van rotor en steunlager en de maximale diameter van de te gebruiken rotorpijp.

Als we al deze informatie onder elkaar hebben staan zal blijken dat er nog al wat verschillen zitten in de parameters van deze gegevens. We zullen dus eerst alles moeten herleiden tot één set van eenheden.

We rekenen in Nederland met een herhalingstijd voor een extreem uurgemiddelde windsnelheid van 12,5 jaar en een herhalingstijd voor de belasting van 50 jaar (NEN 6702-8.6.2). En als dat voor de bouwconstructies in Nederland aanvaardbaar is waarom zullen wij dan Roomser zijn dan de Paus? Waarom een sterkere toren als de rotorpijp de extreme waarden meestal niet kan verwerken en krombuigt. Dus we vertalen mph of MPH, lbs, in en ft naar km/u, Newton, mm en meters.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

Belastingaanne

Vervolgens gaan we het aangeboden windoppervlak van de antennes bepalen uit de gegevens welke we verzameld hebben. De door de fabrikant opgegeven "windload" is eigenlijk onvolledig omdat de meethoogte of het aangeboden windoppervlak ontbreekt.

De windsnelheid welke bij de antenne is opgegeven rekenen we om naar een snelheid in m/s. De bij deze windsnelheid behorende stuwdruk op de antenne volgt uit $0,5 \times v^2 \times 1,25 \times (h \times 10^{-1})^{0,26}$ (N)

Hierin is h de antennehoogte in meters t.o.v. het maaiveld en v de windsnelheid in m per seconde.

Het aangeboden windoppervlak; A; van de antenne, in m², bedraagt nu: windbelasting (windload in N) $\times (0,5 \times v^2 \times 1,25 \times (h \times 10^{-1})^{0,26} \times C_t)^{-1}$ (m²). De door de antennefabrikant opgegeven windbelasting is bepaald op ca 25,9 m hoogte voor gebied II met bebouwing. (Hy-Gain: 588,6N bij 130 km/h met A=0,47m²).

NEN 6702 – 8.6 Windbelasting

Met dit windoppervlak en de extreme stuwdrukwaarde; (p_w); van de windbelasting (NEN 6702 – Tabel 10) op antenneplaatsingshoogte kunnen we de windbelasting; (p_{rep}); bepalen voor de werkhooft van de antenne.

Voor de extreme stuwdrukwaarde; (p_w); moeten we tevens vaststellen in welk stuwdruk gebied de antenne geplaatst gaat worden en of het omliggende gebied als bebouwd of onbebouwd beschouwd moet worden.

NEN 6702 – Figuur A1.

Gebied I omvat de waddeneilanden en de kop van Noord Holland.

Gebied II omvat de rest van de kustprovincies en Flevoland.

Gebied III is de rest van Nederland.

p_{rep} is het product van $C_{dim} \times C_{index} \times C_{eq} \times \Phi \times p_w$ (kN/m²).

C_{dim} is een factor die de afmetingen van een bouwwerk in rekening brengt en voor belastingcombinaties met lokale windvormfactoren mag $C_{dim} = 1$ aangehouden worden (zie tabel 11 en A.2 –NEN 6702).

C_{index} zijn de windvormfactoren voor externe druk of zuiging, wrijving e.d. Voor de rotorpijp is alleen C_t van belang.

C_t is de windvormfactor voor *matig* gladde cilindrische onderdelen (dus pijp met coax er langs), $C_t = 1,2$ en $C_{index} = 1,2$.

C_{eq} is de drukvereffeningsfactor, voor ons niet van toepassing dus $C_{eq} = 1$.

Φ is de vergrotingsfactor welke de dynamische invloed van de wind, in de windrichting, op het bouwwerk in rekening brengt, $\Phi = 1$ voor bouwwerken met $h < 50$ m en $h/b < 5$, dus juist voor onze mast (NEN 6702 – A.4).

Hierin is h de totale masthoogte t.o.v. het maaiveld en b de totale mastbreedte.

En vervolgens wordt $F_{index} = A \times p_{rep}$, (kN), als de representatieve waarde van de windkracht op het antenneoppervlak.

Aan de schetstekening van de rotorpijp wordt nu voor elke antenne de berekende windbelasting; F_{index} ; als een horizontale belasting en het eigengewicht als een verticale belasting (in kN) toegevoegd.

Verder wordt de afstand van elke antenne naar het steunlager aangegeven. Neem deze afstand zo groot mogelijk (energie verlies door metaal massa van de toren). Vergeet vooral de wind op de rotorpijp niet.

Momenten, spanningen en reacties

Verticaal wordt de rotor belast door het totaal gewicht van alle antennes en het gewicht van de rotorpijp. De toelaatbare verticale belasting van de rotor moet daar tegen bestand zijn.

De reactiekrachten op het steunlager en de rotor volgen uit:

$$R_{rotor} = (\Sigma(F_{index;ant} \times l_{ant}) + l_{top} \times F_{index;pijp} \times l_{top} \times 2^{-1}) \times l_{rotor}^{-1} \text{ (kN)}, \text{ en}$$

$$R_{steunlager} = (\Sigma(F_{index;ant} \times (l_{ant} + l_{rotor})) + (l_{tot} \times F_{index;pijp} \times l_{tot} \times 2^{-1}) \times l_{rotor}^{-1} \text{ (kN)}.$$

Hierin is:

l_{ant} = de afstand van steunlager tot de antennebevestiging,

l_{top} = de pijplengte boven het steunlager in meters,

l_{rotor} = de pijplengte tussen rotor en steunlager in meters,

l_{tot} = de totale lengte van de pijp, van rotor tot top..

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

Voor $F_{index;pijp}$ de pijpdiameter van $D_{max;rotor}$ (m) aanhouden, $q_{wind;pijp} = D \text{ (m)} \times p_{rep} \text{ (kN/m}^2\text{)} = \text{kN/m}^1$.
 $F_{index;pijp} = 0,5 \times q_{wind;pijp} \times l^2 \text{ (q = N/m}^1\text{)}$.

Het buigmoment t.p.v. het steunlager volgt uit:

$$M_{stnlgr} = \gamma \times (\sum (F_{index;ant} \times L_{ant}) + l_{tot} \times F_{index;pijp} \times ((l_{tot} \times 2^{-1}) - l_{rotor})) \text{ (kNm)}$$

Dit buigmoment is belangrijk niet alleen bij een of twee antennes direct op de rotor maar ook bij een complexe installatie met meerdere antennes en steunlager. Het is bepalend voor de pijpdiameter van de rotorpijp en de stabiliteit van de installatie. γ is de belastingsfactor voor de uiterste grenstoestand en bedraagt 1,5 tot 1,3.

Het benodigd weerstandsmoment tegen buiging van de rotor pijp volgt nu uit:

$$W_{pijp} = M_{stnlgr} \times (\gamma \times \sigma_e^{-1}) = \pi \times (D^4 - d^4) \times (32 \times D)^{-1} \text{ in (cm}^3\text{)}. \sigma_e \text{ is de vloeispanning voor S235JRG2 en bedraagt } 0,235 \text{ kN/mm}^2$$

$$I_{pijp} = W_{pijp} \times (D \times 2^{-1}) \text{ in (cm}^4\text{)}.$$

Hierin is D = de uitwendige rotorpijpdiameter en d = de inwendige rotorpijpdiameter (beide in cm).

De aldus berekende waarde vergelijken we met die welke in de profielenboeken te vinden zijn, altijd naar boven afronden van de keuze. Er zal blijken dat er verschillende pijpdiameters en wanddikten te vinden zijn voor de berekende waarde.

De uitbuiging van de mast o.i.v. de windbelasting volgt uit:

$$u = ((159 \times (\sum F_{index;ant} \times L_{ant}^3)) + (59,5 \times F_{index;pijp} \times l_{top}^3)) \times I_{pijp}^{-1} \text{ (mm) en moet kleiner zijn dan } 2 \times l_{top} \times 10^3 \times 333.$$

Elke uitbuiging van de installatie zal een onbalans veroorzaken in de totale constructie, denk daar aan.

Zoals je ziet is e.e.a. vrij complex, dus voor je er mee aan de slag gaat eerst even overleggen met een deskundige. De rotorpijp altijd eerst berekenen en daarna pas aanschaffen.

Plaats de rotorpijp centrisch op de bevestigingsteun van de rotor. Gebruik, eventueel, een drukplaat onder de pijp om er voor te zorgen dat de druk van de pijp overal gelijkmatig verdeeld wordt.

Zorg er voor dat het steunlager en de rotor perfect op elkaar zijn uitgelijnd. Doorlussen van de rotorpijp naar de rotorsteun om elektrische spanningen niet via de lagere te laten lopen (vonkcorrosie).

Top van de pijp afdichten om fluiten in de wind te voorkomen. Denk na over en zorg voor waterdichte en stormvaste kabelaansluitingen en bevestigingen. Gebruik rvs-verbindingselementen, wel iets duurder maar terug te verdienen bij reparaties of demontage van de antennes en/ of masten.

Vermeld expliciet in de TPD dat de bevestigingsmiddelen in rvst zijn uitgevoerd.

De rotor moet uiteraard de berekende krachten en momenten kunnen verwerken. In de uitvoering met steunlager zullen de meeste rotoren daar geen problemen hebben met deze krachten en momenten.

Zo dit was alvast een klein stukje over de rotorpijp, het eigenlijke werk moet nog gaan beginnen.

Hoe je de installatie opbouwt is jouw beslissing maar met de fysieke waarden van de onderdelen en de formules uit de mechanica zal moeten worden aangetoond dat jouw keuze van onderdelen gerechtvaardigd is.

Schakel in elk geval op tijd de verzekering in. De verzekeringsmaatschappij kan n.l. aanvullende eisen stellen m.b.t. de constructie welke bepalend kunnen zijn.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

De antennedraagconstructie.

Na de rotorpijp komen we nu aan de mast zelf. We moeten *nu* echter wel een beslissing nemen over de vorm van de mast.

Grof weg hebben we de keuze uit zes masttypes.

- Een zwiepmast.
- Een getuide zwiepmast
- Een kantelmast.
- Een schuifmast.
- Een vakwerkmast.
- Een getuide vakwerkmast.

In feite is de berekening van de draagmast identiek aan die voor de rotorpijp. We behoeven echter de belasting door de antennes niet meer te bepalen. Dat zijn nu de reacties t.p.v. het steunlager en de rotorpijp geworden. Wel moeten we rekening houden met de windbelasting op de mast en het eigengewicht van de mast en eventuele personen. T.b.v. deze personen zorgen voor voldoende bevestigingspunten voor de klimgordel en klimgordel.

De veranderlijke windbelasting bedraagt gelijkmatig vanaf het maaiveld tot de hoogte van het omringende terrein en vervolgens oplopend voor de volledige hoogte van de draagmast.

Kies met zorg voor een goede corrosiebestendige oppervlaktebescherming welke bestand is tegen een electrolytische aantasting door vocht en zonlicht. Tijdens regenbuien kan er veel water langs de mast omlaag komen, denk er aan.

Geldt, in mindere mate, ook voor de coaxkabel.

Belastingaanname.

Ook voor de draagmast gaan we het aangeboden windoppervlak bepalen uit de gegevens welke we verzameld hebben. We bepalen de hoogte van de mast t.o.v. het omringende terrein en maken een nauwkeurige schatting van het aangeboden windoppervlak van de draagmast (eventueel in uitgeschoven en ingeschoven stand).

NEN 6702 – 8.6 Windbelasting.

Met dit windoppervlak en de extreme stuwdrukwaarde; (p_w); van de windbelasting (NEN 6702 – Tabel 10) uit de mastplaatsingshoogte kunnen we de windbelasting; (p_{rep}); bepalen.

Voor de extreme stuwdrukwaarde; (p_w); bepaling hebben we vastgesteld in welk stuwdruk gebied de antenne geplaatst gaat worden en of het omliggende gebied als bebouwd of onbebouwd beschouwd moet worden.

NEN 6702 – Figuur A1.

Gebied I omvat de waddeneilanden en de kop van Noord Holland.

Gebied II omvat de rest van de kustprovincies en Flevoland.

Gebied III is de rest van Nederland.

p_{rep} is het product van $C_{dim} \times C_{index} \times C_{eq} \times \Phi \times p_w$ (kN/m²).

C_{dim} is een factor die de afmetingen van een bouwwerk in rekening brengt.

C_{dim} volgt uit de formule $(1+7I \times \sqrt{B}) \times (1+7I)^{-1}$ en ≤ 1 , hierin is

$B = 1 \times (0,94+0,021 h^{\frac{2}{3}}+0,029 b^{\frac{2}{3}})^{-1}$, hierin is h = de getalswaarde van de verticale afmeting en b = de getalswaarde van de gemiddelde breedte, loodrecht op de windrichting.

$I_{(h)} = 1 \times \left(\ln \left(\frac{h}{0,2} \right) \right)^{-1}$; de turbulentie intensiteit op hoogte h in m.

(zie tabel 11 en A.2 –NEN 6702).

C_{index} zijn de windvormfactoren voor externe druk of zuiging, wrijving e.d. Voor de mast is alleen C_t van belang.

C_t is de windvormfactor voor matig gladde cilindrische onderdelen (dus pijp met coax er langs), $C_t = 1,2$ als

$Re \leq 3.10^5$. anders bedraagt $C_t = 0,7$.

Re (Reynolds-getal) volgt uit de formule $0,7 \times 10^5 \times \sqrt{1,6 p_w} \times d_m$, (d_m = gemiddelde diameter in m).

$C_t = 1,2$ voor ruwe pijp met veel ribben (coax) in langsrichting.

$C_t =$ voor driehoekige of vierkante dwarsdoorsneden 2,2, respectievelijk 2,0.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

C_{eq} is de drukvereffeningsfactor, voor ons niet van toepassing dus $C_{eq} = 1$.

Φ is de vergrotingsfactor die de dynamische invloed van de wind, in de windrichting, op het bouwwerk in rekening brengt, $\Phi = 1$ voor bouwwerken met $h < 50$ m en $h/b < 5$, dus juist voor onze mast (NEN 6702 – A.4).

Hierin is h de totale masthoogte t.o.v. het maaiveld en b de totale mastbreedte.

En vervolgens wordt $F_{index} = A \times p_{rep}$ (kN), als de representatieve waarde van de windkracht op het mastoppervlak.
 A = Aangeboden windoppervlak van de mast.

Momenten, spanningen en reacties.

De momenten, spanningen en reacties moeten vervolgens m.b.v. een cremona, of een 3D-rekenprogramma, berekend en gecontroleerd worden. Dit vergt veel inzicht en ervaring, begin er dus niet zomaar aan.

De berekening dient vervolgens door de constructeur ondertekend te worden.

De diverse draagmasten.

De zwiepmast.

Een zwiepmast is een vaste draagconstructie waarbij we de antennes naar bovenbrengen door in de mast te klimmen of m.b.v. een hoogwerker. Als we er inklimmen moeten we de pijp voorzien van klimsporten en hulpkatrollen. De eerste twee meter geen klimsporten aanbrengen om ongewenst klimmen in de mast tegen te gaan. De totale hoogte wordt meestal beperkt door het mastprofiel terwijl er door de zwiep veel energie verloren kan gaan. De mast is zeer geschikt voor lichte antenneconstructies tot een hoogte net boven de omringende daken.

Met een berekening moet worden aangetoond dat de mast voldoende capaciteit heeft om de belasting door de antennes, de wind en de monteur te weerstaan en dat de uitbuiging, t.g.v. de wind, de stabiliteit niet beïnvloed.

Ook het fundatieblok moet voldoende groot en stabiel zijn.

Zorg voor hulpgereedschap om tijdens de montage van de antennes de rotorpijp te ondersteunen als de rotor zelf nog niet geplaatst is. De monteur moet in elk geval geen last van hoogtevrees hebben.

De mastbelasting bestaat grofweg uit het eigengewicht, van de mast, vermeerderd met het gewicht van de antennes en de inklimmende monteur, de windbelasting op de mast en de antennes.

De kantelmast.

Een kantelmast is een niet mobiele, hand- of mechanisch aangedreven, hijsconstructie waarbij de mast, t.b.v. de montage of inspectie, om een rotatiepunt kantelt naar een horizontale positie. We kunnen de antennes op de grond aan de mast bevestigen. Er inklimmen is dus niet nodig. De totale hoogte wordt beperkt door de constructie van het rotatiepunt. Let op de plaats van rotor en steunlager i.v.m. de rotorpijp en antennes in de gekantelde positie. Zorg er voor dat de aandrijving van de kantelconstructie soepel (zonder schokken) verloopt. Juist door deze schokken kunnen er antenedelen afbreken of los raken. De kantellierconstructie afschermen tegen onbedoeld ingrijpen.

Met een berekening aantonen dat de mast voldoende capaciteit heeft om de belasting door de antennes en de wind in verticale positie te weerstaan en dat de uitbuiging de stabiliteit niet beïnvloed. Tevens moeten we ook in de horizontale stand van de gekantelde mast aantonen dat er geen gevaarlijk situaties ontstaan en dat de trekkracht op lier en kabel veilig kan worden verwerkt en de remconstructie voldoende is om de mast in elke positie vast te houden. De kantelmast zodanig construeren en balanceren dat er een minimale trekkracht overblijft voor het kantelen van de mast. Het lagerpunt moet geschikt zijn voor het veilig en afdoende afleiden van de reacties, t.g.v. de wind e.d., naar de fundatie. Dit lagerpunt is en blijft, naast de rotorpijp, het gevaarlijkste onderdeel van de installatie. Ook het fundatieblok moet voldoende groot en stabiel zijn. Een nadeel is dat het kantelen veel ruimte vraagt, de gehele mastlengte komt immers horizontaal.

Er voor zorgen dat de mast elektrisch naar de fundatie wordt geaard. De leverancier van de mast, zonder rotorinstallatie moet een CE-verklaring opstellen en afgeven aan de gebruiker.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

De schuifmast.

Een schuifmast is eveneens een niet mobiele, hand- of mechanisch aangedreven, hefconstructie waarbij we de antennes bij ingeschoven stand van de mast aan de mast kunnen bevestigen. Er inklimmen is dus alleen nodig voor het onderste deel van de mast (eventueel een werkbordes). Er is geen andere beperking van de masthoogte dan die van de constructie. Zorg er voor dat de aandrijving van de uitschuifconstructie soepel (zonder schokken) verloopt. Juist door deze schokken kunnen er antennedelen afbreken of los raken. De lierconstructie afschermen tegen onbedoeld ingrijpen. Met een berekening aantonen dat de mast voldoende capaciteit heeft om de belasting door de antennes en de wind in verticale positie te weerstaan en dat de uitbuiging de stabiliteit niet beïnvloed. Tevens moeten we ook in ingeschoven stand van de mast aantonen dat er geen gevaarlijk situaties kunnen ontstaan en dat de trekkracht op lier en kabel veilig kan worden verwerkt en de remconstructie voldoende is om de mast in elke positie vast te houden. Ook het fundatieblok moet voldoende groot en stabiel zijn. Zorg er voor dat de eerste twee meter van de mast niet door onbevoegden kan worden beklommen. Zorg er ook voor dat er tijdens de uit- of inschuifbeweging geen onbevoegden onder de bewegende delen kunnen komen. Zorg er voor dat de vergrendelingen van de schuifstukken zo zijn uitgevoerd dat de stukken elektrisch door verbonden zijn. Als je dat niet doet gaat elk stuk op zijn eigenfrequentie stralen en beschadigen in de corrosiebescherming gaan corroderen door de overslagspanningen.

De toren- of vakwerk-mast.

De gehele constructie is zonder bewegende stukken, behalve de rotorpijp. We kunnen nu overwegen om boven in de mast een werkplatform aan te brengen (extra windbelasting). De monteur moet in elk geval geen last van hoogtevrees hebben. Plaats de mast, t.o.v. de heersende wind, zodanig dat er zoveel mogelijk poten de optredende drukkracht opvangen. Een poot kan meestal wel veel trekkracht verwerken maar weinig druk. De kniklengte van de poten kort houden. Ook hier wordt de totale hoogte beperkt door de constructie. Met een berekening aantonen dat de mast voldoende capaciteit heeft om de belasting door de antennes, de wind en de monteur te weerstaan en dat de uitbuiging de stabiliteit niet beïnvloed.

Getuide draagconstructie.

Tuien of stabiliteitsdraden zorgen er voor dat de mast in de positie blijft waarin wij hem hebben willen. Juist door deze tuien kan de mastconstructie lichter uitgevoerd worden. Een nadeel is dat we meer plaats nodig hebben en de tuiaanhechtingen ook berekend en geconstrueerd moeten worden. De tuien zodanig bevestigen dat er zowenig mogelijk spankracht in de tuien aanwezig is. Dus niet te strak spannen anders komt de tui, tijdens die ene zware storm, over zijn maximale trekkracht en breekt (veiligheidscoëfficiënt = 4). Zorg er voor dat je de tuien in een corrosie bestendige uitvoering aanschaft en dat je de draden regelmatig (kan) controleren. Zorg voor voldoende aanhechting en massa aan de bevestigingspunten in de grond. Denk er aan er komt veel water langs de draden naar omlaag. Ook de bevestiging aan de mast moet natuurlijk constructief verantwoord zijn. Als je een tui aan een bewoond object vast maakt er rekening mee houden dat er via de tui veel lawaai het object kan binnen dringen. De tuien elektrisch doorverbinden naar de mast.

Het fundatieblok.

Het fundatieblok is i.v.m. de toelaatbare gronddruk ter plaatse aan een minimum afmeting gebonden. Maar je kunt het blok, t.o.v. zijn oppervlak, ook weer niet te zwaar maken want dan blijft het zakken. Heien voor een antennemast, hoe verzin je het. In ieder geval moet de basis van het betonblok onder de vorstgrens liggen (minimaal 60 cm diep), dan vriest het blok niet omhoog of scheef. Het minimum blokkoppervlak is gelijk aan de uitbuiging rondom. Een "staal" laag is natuurlijk perfect maar meestal niet voorhanden. Ook in de beton moeten de stalen delen afdoende corrosiebestendig zijn uit gevoerd. Vooral op de grens van beton en lucht kan snel roestvorming ontstaan. Corrosievorming doet de beton verbrokkelen waarna het gevaar bestaat dat de verankering uit het blok getrokken wordt. Gebruik in elk geval een goede kwaliteit beton zoals aangegeven in de berekening. Voor de gehele constructie is het fundatieblok het belangrijkste onderdeel. Dit blok zorgt voor de stabiliteit van de antennedraagconstructie. 1:2:3-beton heeft een s.g. van ca 2,4 ton per m³. Dus als je de trekkracht op het blok weet, weet je ook hoeveel beton er nodig is voor evenwicht. Let er op dat de reacties uit de mast voldoende en veilig aan het blok worden doorgegeven. Let op dat er voldoende aanhechtingsoppervlak via de ankerbouten en wapening voorhanden is.

Amateur Radio Station PAØATG

Licentie houder sinds 31 Mei 1965: Adriaan T.G. Willeboordse, E-mail: pa0atg@amsat.org
BeNeLux QRP Club #067, DIG #2294, WWLoc: JO21hn, QSL Regio R07

Het verdient zeer zeker aanbeveling van te voren een Arboscheck (RI&E) uit te voeren op de antennedraagconstructie. Je weet dan in elk geval zeker dat je de meeste gevaren onderkend hebt.

Maak foto's van soortgelijke constructies en constructie details en voeg deze toe aan het TPD. Doet het goed bij de vergunningaanvraag.

Voor het berekenen van een antennedraagconstructie zijn geen rekenmodellen te geven. Elke antennesituatie is immers uniek en dat zal m.b.v. de algemeen aanvaardbare rekenregels uit de machine- en werktuigbouw aangetoond moeten worden.

Gebruikte afkortingen.

a.h.w.	= als het ware	b.v.	= bijvoorbeeld
ca	= circa	DIN	= Deutsches Institut für Normung
e.d.	= en dergelijke	e.e.a	= een en ander
GH	= Gebruikers Handleiding	GS	= Gebruikers Specificatie
i.v.m.	= in verband met	m.b.t.	= met betrekking tot
m.b.v.	= met behulp van	MR	= Machinerichtlijn
NEN	= Nederlandse Normalisatie	o.i.d.	= of iets dergelijks
t.b.v.	= ten behoeve van	TGB	= Techn. Grondslagen vr Bouwconstr.
t.g.v.	= ten gevolge van	TKD	= Techn. Constructiedossier
t.o.v.	= ten opzichte van	t.p.v.	= ter plaatse van
TPD	= Techn. Product Dossier	t.w.	= te weten
s.g.	= soortelijk gewicht	z.g.	= zo genaamde

Literatuurlijst:

NEN 6700	Staalconstructies TGB 1990, Basiseisen.
NEN 6702	Belastingen en vervormingen TGB 1990
NEN 6770	- Staalconstructies.
NEN 6771	- Stabiliteit.
NEN 6772	- Verbindingen.
DIN 4131	Antennentragwerke aus Stahl. Richtlijnen voor de berekening van buisconstructies uit Bouwen met staal 1978. Stahl im Hochbau. Vechten tegen de wind uit Electron 1983.
CE	Community legislation on machinery Ed. 1993.
Pno82	- Lieren.
Machinerichtlijn	1995.
NEN 2018	Hijskranen, Belastingen en belastingscombinaties.