

Algemene Specificaties

Houten Lichtmasten



Woord Vooraf

Houten lichtmasten worden in Nederland in meeste gevallen gezien als een decoratief product en niet of nauwelijks toegepast als lichtmast in een functionele verlichting. Toch zijn houten lichtmasten, en combimasten (samenstelling van een stalen en houten mastdeel), goed toepasbaar als functionele mast en winnen houten masten op het gebied van duurzaamheid van stalen en aluminium masten.

Door het ontbreken van een productnorm voor houten lichtmasten loopt de kwaliteit van houten lichtmasten erg uiteen en zijn houten masten onderling lastig te vergelijken. Daarnaast blijkt dat de wijze waarop aangetoond wordt dat de lichtmast voldoet aan normen lastig omdat er onduidelijkheid bestaat over de wijze waarop houten lichtmasten berekend en geproduceerd dienen te worden. In deze publicatie worden handvatten gegeven die helpen houten lichtmasten toe te passen op basis van duidelijke uitgangspunten. Door bewust eisen te stellen aan houten lichtmasten en de wijze waarop deze masten geproduceerd, getransporteerd en geplaatst worden wordt teleurstelling na levering en installatie voorkomen.

TOEPASBAARHEID PUBLICATIE

In deze publicatie wordt niet per definitie ingegaan op het actuele aanbod van producten. In beginsel wordt alleen ingegaan op techniek daar waar nodig om kennis te nemen van relevante uitgangspunten. Enige kennis van de materie is gewenst maar niet noodzakelijk.

Vanwege de opsomming van diverse uitgangspunten in deze publicatie is het niet handig om dit document zomaar van toepassing te verklaren als 'standaard'-eisen. Elke opdrachtgever zal op basis van deze uitgangspunten een keuze moeten maken die vervolgens opgenomen wordt in beleidsdocumenten, contracten e.d. Ter ondersteuning is in bijlage B een "Checklist voor het beschrijven en bestellen van houten lichtmasten" opgenomen.

Dit document is opgesteld door Toine Adams Advies in samenwerking met Valmont Nederland.

TOINE ADAMS ADVIES

valmont 
STRUCTURES

OVLNLNL
OPENBARE VERLICHTING NEDERLAND

Inhoud

1	Berekeningsmethodiek houten lichtmasten	2
1.1	Algemeen	2
2	Basismateriaal houten masten	3
2.1	Duurzaam gecertificeerd hout	3
2.1.1	Hout voor lichtmasten	3
2.2	Duurzaamheid, gebruiksklasse en sterkteklasse hout	4
2.2.1	Natuurlijk duurzaamheid hout	4
2.2.2	Gebruiksklasse hout	4
2.2.3	Sterkteklasse hout	5
2.3	Opbouw houten masten	5
2.3.1	Sterkte gelamineerd hout	6
2.4	Toe te passen lijmsort	7
3	Kwasten en noesten	8
4	Conservering van staal	9
4.1	Algemeen	9
4.2	Omgevingklasse coating	9
4.3	Zinklaag	9
4.4	Verfsysteem	10
4.5	Poedercoating	10
4.6	Kantendekking coating	10
5	Conservering van hout	11
5.1	Schimmelvorming (houtrot)	11
5.2	Beitsen / kleur aanbrengen	11
5.3	Werken van hout	12
5.4	Milieubelasting coating	12
6	Onderhoud	13
6.1	Oppervlaktebehandeling (samenvatting)	13
6.2	Onderhoudsprogramma	13
6.3	Omstandigheden voor het uitvoeren van onderhoud	13
6.4	Extreme omstandigheden	13
7	Specifieke eisen	14
7.1	Kabeldoorvoeringen	14
7.2	Montagevoorzieningen spots/armaturen	14
7.3	Verlengen houten lichtmastdeel	14
7.4	Inlijmen houten deel in stalen deel lichtmast	15
7.5	Inrichting lichtmast	15
8	Ontwerp lichtmast en Fabriek Afname Testen licht masten	16
8.1	Ontwerp lichtmast	16
8.2	FAT lichtmasten	16
8.3	Sterktetest	17
9	Transport en opslag	18
9.1	Voor het inpakken	18
9.2	Inpakken voor verzending	18
9.3	Transport	19
9.4	Opslag	19
9.5	Plaatsing	19

1 Berekeningsmethodiek houten lichtmasten

1.1 Algemeen

In de Europese norm EN 40 delen 1 t/m 7, en de afgeleide Nederlandse NEN-EN 40, zijn eisen, die te stellen zijn aan lichtmasten, vastgelegd. Naast een aantal algemene delen zijn sommige delen geschreven voor specifieke materialen. Te denken is aan de delen voor stalen, aluminium, betonnen en glasvezel versterkt kunststof lichtmasten. Een EN 40 deel voor houten lichtmasten is echter tot aan dit moment niet geschreven. Vanwege het ontbreken van dit deel is onduidelijkheid ontstaan over de eisen waaraan een houten lichtmast moet voldoen.

Praktisch gezien houdt dit in dat houten lichtmasten, of samengestelde houten lichtmasten, gezien worden als een bouwwerk en hierdoor moeten voldoen aan de Eurocode (NEN-EN 1990 en NEN-EN 1995) en volgens Eurocode uitgerekend dient te worden. Echter het zondermeer van toepassing verklaren van de Eurocode levert vraagtekens op als het gaat over lichtmast specifieke zaken zoals de toe te passen horizontale uitbuiging, partiële veiligheidsfactoren, inrichting van het mastcompartiment en dergelijke.

Om duidelijkheid te geven aan de beheerder, de installateur en de mastfabrikant wordt geadviseerd onderstaande uitgangspunten te hanteren voor de inkoop van houten lichtmasten. Onderstaande tabel geeft diverse verwijzingen naar de per deel/onderwerp aan te houden normen voor berekening en productie. Voor specifieke eisen wordt verwezen naar de in bijlage B opgenomen "Checklist voor het beschrijven en bestellen van houten lichtmasten"

Onderwerp	Uitgangspunt	Volgens
Gehele houten mast	Voldoet aan norm	Eurocodes
Houten deel	T.b.v. berekenen sterkte en stijfheid	NEN-EN 1995
Stalen deel	T.b.v. berekenen sterkte en stijfheid	NEN-EN 1993
Horizontale uitbuiging	Maximaal 6% (h+w)	NEN-EN 40
Verticale doorbuiging uithouder	Maximaal 2,5% w	NEN-EN 40
Partiële veiligheidsfactoren	Klasse A of B	NEN-EN 40
Mastdeur afmetingen en toleranties	Voldoet aan norm en eisen	NEN-EN 40
Mastcompartiment	Voldoet aan norm en eisen	NEN-EN 40
Stalen voetplaat	Voldoet aan norm en eisen	NEN-EN 1993
Lengte grondstuk	Voldoet aan norm en eisen	NEN-EN 40

Uitgangspunten berekening houten masten

Het overgangsgebied tussen het stalen en houten deel van de lichtmast is niet te vinden in en een Eurocode danwel NEN-EN norm. Deze verbinding wordt gemaakt door middel van een verlijmd inklemming en heeft als functie een voldoende sterkte verbinding tussen beide mastdelen te realiseren. Belangrijkste voorwaarde voor deze verbinding is dat de verbinding voldoende sterk is en dat het indringen van capillair vocht en vuil voorkomen dient te worden (zie par 7.4).

Tot slot wordt benadrukt dat het standaard van toepassing verklaren van deze publicatie niet per definitie leidt tot een goed product. Alle relevante zaken, zoals bij het bestellen van stalen of aluminium lichtmasten zijn van toepassing. Deze lijst wordt aangevuld met diverse specifieke eisen die voor de productie van houten lichtmasten van toepassing zijn (zie Bijlage B: Checklist voor het beschrijven en bestellen van houten lichtmasten).

2 Basismateriaal houten masten

2.1 Duurzaam gecertificeerd hout

Hout is een multifunctionele grondstof die onmisbaar is voor de samenleving. Ondanks een mogelijk negatieve beleving bij het oogsten van bomen kan gesteld worden dat er niets mis is met het oogsten van een boom voor de productie van lichtmasten. Voorwaarde hiervoor is dan dat deze boom afkomstig is uit een duurzaam beheerd en duurzaam bosbeheer bos.

Bij duurzaam bosbeheer wordt een deel van het bos gekapt en binnen een vastgestelde (rust)tijd opnieuw aangeplant. Bij duurzaam bosbeheer bosbeheer zijn er daarom voor oogst en behoud van het bosareaal strenge eisen en criteria vastgesteld. Zolang we maar duurzaam bosbeheer toepassen kunnen we over een onuitputtelijke bron van hout beschikken.

Overheden worden geacht duurzaam in te kopen; hiervoor gelden de eisen voor duurzaam inkopen voor hout. Overheden dienen te verwijzen naar TPAS* en mogen geen merk voorschrijven.* www.tpac.smk.nl



*PEFC keurmerk voldoet aan duurzaam
inkoop eisen overheid (TPAS).*

2.1.1 Hout voor lichtmasten

Hout wat gebruikt wordt voor de productie van lichtmasten moet als standpunt voorzien zijn van een duurzaam geproduceerd keurmerk. Voorbeeld hiervan is duurzaam geproduceerd naaldhout zoals van de *Pinus Sylvestris* die in N-NO Europa (bv Finland) op grote schaal groeit. Daarnaast is naaldhout uit N-NO Europa uitermate geschikt voor de productie van lichtmasten omdat deze bomen slechts enkele maanden per jaar groeien vanwege de lange winters. Hierdoor hebben deze bomen een dichte vaste structuur, door kort op elkaar liggende jaarringen, en groeien deze bomen kaarsrecht richting het licht. Dit in tegenstelling tot dezelfde boomsoort in bijvoorbeeld Nederland.



2 Basismateriaal houten masten

2.2 Duurzaamheid, gebruiksklasse en sterkteklasse hout

De duurzaamheidsklasse van hout vertelt iets over de verwachte levensduur van het hout. De gebruiksklasse van hout vertelt iets over de blootstelling van hout aan vocht en de sterkteklasse van hout vertelt iets over de maximale belastbaarheid van het hout.

2.2.1 Natuurlijke duurzaamheid hout

De natuurlijke duurzaamheidsklasse van hout geeft aan in welke mate het hout weerstand biedt aan hout aantastende organismen zoals insecten en schimmels en grond- en watercontact. In NEN-EN 350 worden vijf klassen beschreven die betrekking hebben op de natuurlijke duurzaamheid van hout tegen schimmels en vijf klassen die betrekking hebben op de Natuurlijke duurzaamheid van hout tegen insecten.

Omdat de technische levensduur van houten masten minimaal 25 jaar moet bedragen wordt elke houten lichtmast behandeld met een of meerder lagen coating (zie hoofdstuk 5) waardoor de van toepassing zijnde klasse volgens NEN-EN 350 niet echt van belang is. In de praktijk blijkt dat diverse fabrikanten van houten lichtmasten hout gebruiken in duurzaamheidsklasse 4 en 3.

Onderwerp	Uitgangspunt	Volgens
1	Zeer Duurzaam	+ 25 Jaar
2	Duurzaam	15-25 Jaar
3	Voldoende/Matig Duurzaam	10-15 Jaar
4	Weinig Duurzaam	5-10 Jaar
5	Zeer Weinig Duurzaam	< 5 Jaar

Duurzaamheidsklasse hout

2.2.2 Gebruiksklasse hout

De omstandigheden waarin het hout verkeert en de mate van blootstelling aan vocht bepalen het risico op schimmelaantasting. In NEN-EN 335 worden vijf klassen gedefinieerd. Onderstaande tabel geeft de indeling weer.

Klasse	Toepassing	Vochtbelasting	Houtvocht gehalte
1	Geen grondcontact, beschut en droog	Permanent droog	Permanent < 20%
2	Geen grondcontact, beschut met geringe kans op nat worden	Incidentele blootstelling aan vocht	Incidenteel, kortdurend* > 20%
3	Geen grondcontact, onbeschut in weer en wind	Regelmatige blootstelling aan vocht	Regelmatig, kortdurend* > 20%
4	In contact met zoet water of grond	Permanente blootstelling aan vocht	Permanent > 20%
5	In contact met zout of brak water	Permanente blootstelling aan zout water	Permanent > 20%

*Kortdurend is gedurende enkele dagen tot een week.

Gebruiksklasse 3 is van toepassing op houten lichtmasten als deze masten geplaatst zijn met een stalen ondergronds deel. Houten lichtmasten, zonder stalen ondergronds deel, vallen in gebruiksklasse 4 of 5.

Gebruiksklasse hout

2.2.3 Sterkteklasse massief hout

Voor bepaling van de sterkte van houten lichtmasten zijn berekeningen volgens de bouwvoorschriften (Eurocode) noodzakelijk. Uitgangspunt hiervoor zijn de sterkteklassen van de desbetreffende houtsoorten en gelamineerd hout. De sterkteklasse voor hout is een belangrijke eigenschap die een goede indicatie geeft van hoe sterk een houtsoort is. Deze sterkteklasse geeft een goed beeld voor welke constructies de houtsoort geschikt is. De sterkteklasse wordt aangeduid met de letter C voor naaldhout en D voor loofhout, gevolgd door een getal (bijvoorbeeld C30), wat overeenkomt met de representatieve waarde voor de buigsterkte evenwijdig aan de vezel. Onderstaande tabel toont een aantal sterkteklassen voor hout volgens NEN-EN 338 (voorbeeld is niet volledig en bedoeld ter informatie).

Voorbeeld van sterkteklassen voor constructiehout volgens de norm NEN-EN 338

Eigenschap	Sterkteklasse					
	Naaldhout			Loofhout		
	C24	C30	C40	D30	D40	D50
Buigweerstand [N/mm ²]	24	30	40	30	40	50
Axiale druksterkte [N/mm ²]	21	24	27	24	27	30
Gemiddelde axiale elasticiteitsmodulus [kN/mm ²]	11	12	14	10	13	14
Gemiddelde volumieke massa [kg/m ³]	420	460	480	640	740	840

1) Lamellen (planken) toe te passen in gelamineerd hout voor lichtmasten, dienen minimaal aan C30 volgens NEN-EN 338 te voldoen.

2) Europees naaldhout (*Pinus Sylvestris*) uit N-NO Europa voldoet aan C30 conform NEN 5499 T3 (sortering).

Sterkteklasse hout

2.3 Opbouw houten masten

Na het kappen van de bomen worden de bomen ontschorst en gezaagd tot planken (lamellen). Deze lamellen worden vervolgens geclassificeerd volgens NEN-EN 338 (zie par 2.2.3). Tijdens de controle worden de mechanische eigenschappen beoordeeld op basis van de dichtheid van de jaarringen, aanwezigheid en grootte van kwasten en andere onvolkomenheden. Na vaststelling van de C-klasse worden de lamellen verlijmd tot balken. Hierbij is het van belang om bij het samenstellen van de balken rekening te houden met de keuze van lamellen (C-klasse) en de richting van de kernzijde van de lamel.

De buitenste lamellen dienen met de kernzijde van het hout naar buiten gericht verlijmd te worden om kromtrekken en scheuren te voorkomen over tijd.

Het maken van lichtmasten uit één stuk, niet gelamineerd hout, wordt niet aangeraden om kromtrekken en het ontstaan van scheuren in het hout te voorkomen.



Gelamineerd hout

2 Basismateriaal houten masten

2.3.1 Sterkte gelamineerd hout

Na het zagen van de lamellen dient een pakket van lamellen verlijmd te worden tot (vierkante) balken die geschikt zijn om verwerkt te worden tot lichtmast. Het lijmen vindt in beginsel plaats op basis van de in NEN-EN 14080 Houtconstructies - Gelijmd gelamineerd hout en gelijmd massief hout" opgenomen eisen.

Deze eisen geven door middel van een GL-aanduiding inzicht in de sterkte van het gelijmde product. Het gelamineerde hout dat gebruikt wordt voor lichtmasten heeft bij voorkeur minimaal sterkteklasse GL28H, conform NEN-EN 14080. Omdat de gelamineerde vierkante balk in veel gevallen op een draaibank rond gemaakt wordt valt een fors deel van de buitenste planken weg en bestaat de kans op het niet voldoen aan gestelde sterkte eisen voor de lichtmast bij toepassing van lamellen in verschillende sterkteklassen. De samenstelling van het gelamineerde hout is te zien aan de laatste letter van de codering.

Voorbeeld:

Bij gelamineerd hout GL28C zal de gecombineerde opbouw bestaan uit geselecteerde lamellen die als een gemiddelde voldoen aan gestelde GL28 sterkte eisen. Het gelamineerde pakket kan bestaan uit lamellen in diverse sterkte klassen in de opbouw van de balk. De "C" staat voor "Combined" gecombineerd hout.

Gelamineerd hout GL28H is opgebouwd uit allemaal dezelfde kwaliteit (sterkteklasse) houten lamellen. De toegevoegde letter "H" staat voor "Homogeen". Ook na het verwijderen van hout tijdens het draaien van de balk zal de sterkte blijven voldoen aan gestelde sterkteklasse (bv GL28H).

Uitgangspunt voor gelamineerd hout is dat lamellen in sterkteklasse C30 gebruikt worden om gelamineerd hout te maken volgens GL28H. GL28H gelamineerd hout kan niet gemaakt worden met lamellen in een lagere klasse dan C28. Lamellen met een hogere sterkteklasse (bv C40) kunnen wel gebruikt worden om gelamineerd hout GL28H te maken.

Onderstaande tabel toont een aantal combinaties zoals opgenomen in NEN-EN 14080 (voorbeeld is niet volledig en bedoeld ter informatie).

Eigenschap	GL28H	GL30H	Eenheid
Buigsterkte	28	30	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus, evenwijdig aan de vezelrichting;bruikbaarheidtoestand	12.600	13.600	N/mm ²
Volumieke massa	460	480	kg/m ³
Treksterkte evenwijdig aan de vezel	22,3	24	N/mm ²
Treksterkte loodrecht op de vezel	0,5	0,5	N/mm ²
Druksterkte evenwijdig aan de vezel	28	30	N/mm ²
Druksterkte loodrecht op de vezel	2,5	2,5	N/mm ²
Schuifsterkte	3,5	3,5	N/mm ²
Afschuivingsmodulus	650	650	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus loodrecht op de vezel	300	300	N/mm ²

Tijdens de productie van de balk dient gekeken te worden naar de richting van de jaarringen zodat na het samenlijmen scheuren, en kromtrekken van de lichtmast voorkomen wordt.

Sterkteklasse gelamineerd hout

2.4 Toe te passen lijmsort

Een verlijming van lamellen met houtlijm komt tot stand doordat het vocht dat in de lijm zit via de houtvezels/houtnerf verdampt. Dit zorgt er voor dat er, bij voldoende druk, een super sterke verbinding tussen de te verlijmen delen ontstaat. Bij een goede lijm verbinding zal de te verlijmen houtverbinding sterker zijn dan het hout zelf. Vanwege de toepassing van houten lichtmasten onder verschillende temperaturen waarbij het vochtpercentage van het hout over tijd veranderd dient een lijmsort type I toegepast te worden.

Toelichting: In de norm EN 301 en EN 302 worden twee lijmtypen beschreven type I en type II. Vanwege gekozen gebruiksclassse 3 (zie par 2.2.3) voor houten lichtmasten kunnen alleen type I lijmsorten toegepast worden.

Omdat bij toepassing van lijm in een donkere kleur een zwarte streep zichtbaar is over de lengte richting van de mast wordt geadviseerd om een transparante danwel witte lijmsort toe te passen.



Productie houten mast (draaibank)

3 Kwasten en noesten

Een kwast ook wel noest of knoest genoemd in hout is de plaats waar een zijtak aan de boom groeide. In een boom heeft een tak een andere richting dan de stam van de boom, waardoor nieuwer hout om deze tak heen moet groeien en in de verdrinking komt. Hierdoor heeft een kwast zowel een andere draadrichting als een andere hardheid dan het omringende hout. Een kwast maakt hout zowel minder sterk als moeilijker te bewerken. Losse kwasten worden dan ook als een houtgebrek aangemerkt en maken het eindproduct minder fraai. Daarnaast bestaat de kans dat kwasten na verloop van tijd gaan bloeden waardoor lelijke plekken ontstaan op de mast.

Tijdens het produceren van houten lichtmasten worden kwasten vanwege voornoemde reden verwijderd en vervangen door "pluggen" die uit dezelfde houtsoort geboord worden. Vastzittende kwasten kunnen in beginsel blijven zitten omdat een kwast vergroeid is in het omliggende hout. Praktisch handvat voor de vaststelling van de esthetische kwaliteit van houten lichtmasten worden gegeven in Nederlandse norm NEN 5466. In deze norm worden vier kwaliteitsklassen: A, B, C en D beschreven. Het meeste hout wordt geleverd in de klassen B en C.



Uitboren kwast en aanbrengen houten plug

4 Conservering van staal

In dit hoofdstuk wordt de conservering van metalen delen (staal) aan houten masten beschreven. Onderstaande conserveringstechnieken worden toegepast op alle masttypen voor zover op dit moment bekend.

Merkmamen van lakken en poedercoating zijn niet opgenomen omdat er veel producten op de markt zijn die gelijkwaardig zijn. Als bepaalde producten een voordeel hebben van andere producten wordt dit voordeel toegelicht.

In onderstaande paragrafen wordt ingegaan op het voorkomen van roest, het aanbrengen van een kleur en het herstellen van beschadigde coating op stalen delen van lichtmasten.



Verzinkt oppervlak staal

4.1 Algemeen

Reden voor het aanbrengen van een coating op stalen delen is het beschermen van het staal tegen atmosferische invloeden van buiten af en het geven van een kleur aan deze delen. Om dit mogelijk te maken dient de coating voldoende dikte en samenhang hebben. In de praktijk wordt dit bereikt door het aanbrengen van een zinklaag (thermisch verzinken volgens NEN-EN-ISO 1461) en coating in een of meerdere lagen.

Door het aanbrengen van een zinklaag en een of meerdere coatinglagen zal de ruimte tussen mastdeuropening (dagmaat) en mastdeur verkleind worden. Er dient rekening gehouden te worden met het bieden van voldoende ruimte om beschadiging van de coating te voorkomen tijdens het openen en sluiten van de mastdeur.

4.2 Omgevingklasse coating

Omdat niet duidelijk is waar welke lichtmast geplaatst wordt dient de coating toegepast te kunnen worden onder redelijk zware omstandigheden. Vanwege deze reden wordt geadviseerd om omgevingsklasse C4 aan te houden volgens EN-ISO 12944-2. Door het stellen van deze eis kunnen lichtmasten geplaatst in stedelijke gebieden en langs de kust. In gevallen dat lichtmasten geplaatst worden direct aan de kust (bijvoorbeeld op een pier, langs een boulevard aan de kust, dient omgevingsklasse C5M van toepassing verklaard te worden. .

4.3 Zinklaag

Het verzinken zorgt voor een beschermende zinklaag op het staal die het staal tegen corrosie beschermt. Groot voordeel van een zinklaag op staal is dat de zinklaag in staat is om kleine beschadigingen, zoals een kras, te repareren door als offeranode te werken op het beschadigde deel.

De laagdikte die door thermisch verzinken op staal aangebracht kan worden is afhankelijk van de staalsamenstelling, de materiaaldikte en de tijd in het zinkbad. In de norm voor het verzinken van staal (NEN-EN-ISO 1461) wordt voor een aantal wanddikten een minimaal gemiddelde en absolute ondergrens voor de aan te brengen zinklaag aangeven. Na een eventuele poetsbewerking vormt deze zinklaag een uitstekende hechtlaag voor verdere nabehandelingen als het aanbrengen van een poedercoating of verfsysteem

Om bij het controleren of de aangebrachte zinklaag aan de gestelde eisen voldoet, conflicten te vermijden, zal in de bestekken en opdrachten naar norm NEN-EN-ISO 1461 moeten worden verwezen.

4 Conservering van staal

4.4 Verfsysteem

Het aanbrengen van een standaard verfsysteem op stalen delen van lichtmasten komt niet veel voor vanwege de schadegevoeligheid. Toch zou vanwege redenen gekozen kunnen worden om een verfsysteem aan te brengen eventueel in combinatie met een maaiveld bescherming. Een relatief milieuvriendelijke verf is poedercoating of poederlak genaamd. De duurzame eigenschappen en vele kleurmogelijkheden hebben toepassing van poederlak populair gemaakt.

4.5 Poedercoating

In veel gevallen worden stalen delen, zoals het ondergrondse deel van de lichtmast en montage materialen voorzien van een poedercoating. Het voordeel van het poederlakken is dat er geen oplosmiddelen vrijkomen en de kantdekking beter is dan bij verfsystemen (mits aangebracht in een dubbellaags systeem).

De combinatie van thermisch verzinkt staal voorzien van een dubbellaags poedercoating levert een zeer duurzame bescherming tegen corrosie en uitstekende bestendigheid tegen extreme weersinvloeden.

4.6 Kantendekking coating

Kantendekking is een standaard aandachtgebied daar waar de coating aangebracht dient te worden op scherpe hoeken zoals bijvoorbeeld bij de mastdeuropening en mastdeur.

Bij toepassing van verfsystemen wordt een goede kantendekking verkregen door het breken van de hoeken (schuren van de scherpe hoeken) en het aanbrengen van een verfsysteem in meerdere lagen. De praktijk leert echter dat het breken van de randen regelmatig niet of onvoldoende aandacht krijgt van de coater.

Omdat na het aanbrengen van een poederlak een vloeifase ontstaat tijdens het moffelen van de coating zal de coating proberen om een zo klein mogelijk oppervlak te creëren; de bolvorm. Echter vanwege een natuurkundig effect zal de bolvorm niet ontstaan over de scherpe hoek maar een verdikking direct naast de randen van het materiaal waardoor er een soort van afronding ontstaat op de scherpe hoek.

Door het aanbrengen van een tweede laag poedercoating zal de ruimte tussen beide verdikkingen gevuld worden en ontstaat een goede laagdikte en kantendekking op scherpe randen.



Aanbrengen poedercoating

5 Conservering van hout

In dit hoofdstuk wordt de conservering van houten masten beschreven. Onderstaande conserveringstechnologieën zijn toepasbaar op alle masttypen voor zover op dit moment bekend.

Merkmamen van lakken, beits en conserveringsmiddelen zijn niet opgenomen omdat er veel producten op de markt zijn die gelijkwaardig zijn. Als bepaalde producten een voordeel hebben van andere producten wordt dit voordeel toegelicht.

In onderstaande paragrafen wordt ingegaan op het voorkomen van schimmelvorming, het aanbrengen van een kleur en het aanbrengen van een (flexibele) toplaag op masten. Bij de meeste houten masten producenten worden meerdere lagen coating aangebracht in een systeem (conservering, primer en toplaag).

5.1 Schimmelvorming (houtrot)

Houtrot of schimmel vormt een bedreiging voor houten masten. De meeste houten lichtmasten zijn gemaakt van naaldhout (bv *Pinus Sylvestrus*) dat in duurzaamheidsklasse 3 tot 4 valt (zie par 2.2.3). Dit betekent dat onder zeer ongunstige omstandigheden het kernhout (niet geconserveerd) maximaal 10 jaar in goede conditie blijft. Het is dus zaak om het hout te conserveren om zo een langere levensduur te bereiken. Uitgangspunt voor veel beheerders is dat lichtmasten minimaal 25 jaar technische levensduur behalen.

Houtrot of schimmel ontstaat bij een houtvochtigheid van meer dan 20 % en een temperatuur van 5 tot 40 graden Celsius. Uiteraard moet er een voedingsbodem zijn, het hout, en er moet ook zuurstof bij kunnen. Hoe langer die vier factoren samen gunstig zijn, des te groter is de aantasting door houtrot, dus de factor tijd speelt ook een rol.

Door het uitschakelen van een of meer factoren zal de kans op houtrot afnemen. Vraag is welke factoren eenvoudig te beïnvloeden zijn. In de praktijk blijkt dat het ongeschikt maken van het hout als voedingsbodem, en het verlagen van het vochtpercentage van het hout, het meest voor de hand liggen.

Om de voedingsbodem (het hout) ongeschikt te maken voor schimmelvorming is het noodzakelijk om de kale ondergrond (geschuurde mast) een of meerdere malen in te strijken met een hout-conserveringsmiddel. Belangrijk hierbij is dat de ondergrond voldoende droog is (vochtgehalte < 18%) om een goede bescherming tegen schimmels/houtrot te bieden. Bij een goed ontwerp worden capillaire naden bij aansluitingen voorkomen of voldoende afgedicht (bv hfdstuk 7.4). Het drogen van het hout spreekt voor zich en wordt verder niet behandeld.

5.2 Beitsen / kleur aanbrengen

Na voldoende droogtijd van de schimmelwerende behandeling(en) kan een, of meerdere kleurlagen op de mast gezet worden. In de praktijk betekent dit dat een of meerdere lagen beits of lak op de mast aangebracht worden. Het aanbrengen van een dekkend laksysteem is mogelijk maar wordt niet verder behandeld in deze publicatie. Reden hiervoor is dat dekkende lakken niet vaak toegepast worden omdat hierdoor de karakteristieke uitstraling van hout verdwijnt.

Uitgaande van twee basisvormen van beits: Niet en wel filmvormende beits wordt een korte toelichting gegeven op de toepassing van beide beitsen. Niet-filmvormende beits kan niet toegepast worden als laatste afwerking vanwege het ontbreken van een membraamfunctie wat scheurvorming in de hand werkt. Voordeel van een niet-filmvormende beits is, dat het een conserverende werking heeft en dat er geen blaarvorming optreedt tijdens het drogen. Hierdoor kan ze in de meest voorkomende gevallen als kleur dragende grondlaag dienen voor volgende kleurlagen en/of filmvormende beitsen en vernissen.

Om deze reden wordt geadviseerd om een filmvormende laag als toplaag te gebruiken op houten lichtmasten. Filmvormende lagen hebben een membraan functie hebben en zijn bij voorkeur vochtregulerend. Voorwaarde voor elke laag is dat de opbouw van verschillende lagen coating voldoende flexibel is om werking van het hout op te vangen en eventueel optredende haarscheuren af te sluiten.

5 Conservering van hout

5.3 Werken van hout

Bij een lichtmast hebben we per definitie te maken met haarscheuren door optredende beweging van de mast in de wind. Deze scheurtjes zorgen voor vochttoetreding in het hout door capillaire werking die vocht als het ware naar binnen trekken. Gevolg hiervan is mogelijk het ontstaan van schimmelplekken, houtrot en een lokale afgrijzing van het hout.

Vanwege voornoemde reden is het van belang om tijdens de keuze voor een coating rekening gehouden wordt met de toepassing van een coating die in meer of mindere mate flexibel is, en blijft, over tijd. Door het toepassen van een flexibele coating worden haarscheuren in de coating opgevangen en wordt het vergrijzen van het hout en/of het inscheuren van het hout tot een minimum beperkt.

5.4 Milieubelasting coating

Door het toepassen van coatings wordt het milieu in meer of mindere mate belast. Vanwege deze reden wordt geadviseerd om coating toe te passen die voldoet aan Europese regelgeving 2004-42-CE "Richtlijn 2004/42/EG Beperking van emissies van vluchtige organische stoffen".

Uitgangspunt voor het coaten van houten lichtmasten is dat coatings water gedragen zijn en dat het de maximale emissie Volatile Organic Products (VOG) lager is dan 100g/l.

Naar verwachting zal de Europese regelgeving in nabije toekomst verdere eisen stellen aan het toepassen van water gedragen coatings en maximale VOG waarden voor toepassing in buitenruimten.



Coaten houten mastdeel

6 Onderhoud

Houten lichtmasten zijn gemaakt met veel aandacht voor het natuurlijke karakter en uitstraling. Het is dan ook van groot belang om het hout te onderhouden zodat de uitstraling blijft zoals bedoeld door de fabrikant. Natuurlijk is het onderhouden van het hout, de coating, belangrijk om een minimale levensduur van 25-30 jaar te kunnen garanderen.

Onderstaande paragrafen gaan in op het onderhouden van houten masten. Hierbij wordt opgemerkt dat een en ander afhankelijk is van toegepaste coating en locatie en omstandigheden waarin de lichtmast geplaatst is.

6.1 Oppervlaktebehandeling (samenvatting)

In de fabriek wordt het hout beschermd tegen schimmels en houtrot door het aanbrengen van een water gedragen coating. De tweede laag is een dunne niet-filmmakende water gedragen beits die de lichtmast kleur geeft. Volgende twee lagen beschermen het hout tegen UV en geven een extra bescherming van het hout tegen schimmels en houtrot. De laatste laag (topcoating) garandeert een goede weerstand tegen weersinvloeden over tijd en beschermd onderliggende lagen coating. Om haarscheuren te voorkomen door het werken van het hout dienen de coatinglagen, en vooral de topcoating, flexibel te zijn.

6.2 Onderhoudsprogramma

Hout is zeer geschikt materiaal om gebruikt te worden als er aandacht is voor duurzaamheid, vormgeving en uitstraling. Voorwaarde om mooi te blijven is het uitvoeren van regelmatig onderhoud. Lichtmasten die niet onderhouden worden vertonen haarscheuren, worden grijs onder UV en door vocht, en verliezen hierdoor uitstraling met uiteindelijk een verkorting van aangegeven levensduur als het hout gaat schimmelen en/of houtrot ontstaat.

Het is overigens goed om te realiseren dat de basiskleur van de houten mast in meer of mindere mate een verlengend danwel verkortend effect heeft op de veroudering door met name UV. Donkere kleuren blijken in de praktijk minder gevoelig te zijn voor UV straling dan licht transparante kleuren. Gemiddeld genomen zullen na een periode tussen drie en zeven jaar de eerste tekenen van veroudering zichtbaar worden afhankelijk van de lokale omstandigheden. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met vandalisme zoals het inkrassen van namen, graffiti en dergelijke.

Onderstaande voorstel wordt gedaan voor het uitvoeren van onderhoud aan houten lichtmasten onder gemiddelde condities en omstandigheden.

1e onderhoud na zeven tot 10 jaar; 2e onderhoud na 14 tot 17 jaar; en 3e onderhoud na 22 tot 25 jaar.

6.3 Omstandigheden voor het uitvoeren van onderhoud

Voor het uitvoeren van onderhoud dient rekening gehouden te worden met de omstandigheden waarin dit onderhoud uitgevoerd wordt. Geadviseerd wordt om herstelwerkzaamheden aan de coating uit te voeren bij een minimale temperatuur tussen 12 en 16 graden Celcius waarbij de luchtvochtigheid niet hoger is dan 80%. De beste resultaten echter worden bereikt bij het aanbrengen van een nieuwe coating bij een temperatuur tussen 23 en 38 graden Celcius en een luchtvochtigheid tussen 50-70%.

Uitgangspunt voor het aanbrengen van een nieuwe coating is dat dit geschiedt elke vijf tot acht jaar na plaatsing onder normale condities. In bijzondere gevallen dient een hogere frequentie aangehouden te worden.

6.4 Extreme omstandigheden

Houten masten die toegepast worden langs bijvoorbeeld de kust krijgen zwaardere omstandigheden te verduren dan lichtmasten die meer landinwaarts geplaatst worden. Om de opbouw van coating sterker te maken wordt geadviseerd om het hout te borstelen voorafgaand aan het moment van het aanbrengen van coating. Door de geribbelde oppervlakte structuur kan de coating op relatief meer oppervlak hechten en ontstaat een hogere bestendigheid tegen zware omstandigheden.

Daarnaast is een bijvangst dat door het borstelen van het hout de zachtere delen van het hout weg geborsteld worden en het hardere hout meer aan de buitenzijde van de lichtmast zit.

7 Specifieke eisen

Onderstaande paragrafen beschrijven een aantal beproefde oplossingen zoals toegepast door diverse fabrikanten. Te denken is aan kabeldoorvoeringen, montage voorzieningen spots/armaturen en het inlijmen van het houten deel in het stalen deel van de lichtmast.

7.1 Kabeldoorvoeringen

Tijdens de productie van het houten deel van de mast wordt een gat over de gehele lengte van het houten mastdeel aangebracht ten behoeve van de aansluitleiding(en) van spots/armaturen.

Ter hoogte van de montage van betreffende spots/armaturen wordt een gat geboord tot in deze centrale schacht. Omdat op dit punt de coating beschadigd wordt tijdens het boren verdient het de voorkeur om deze voorzieningen tijdens de productie, voor het coaten, aan te laten brengen. In het geboorde gat wordt een doorvoerbuis (duplex gecoat) aangebracht die door middel van een schroefdraad gefixeerd wordt in het mastlichaam. Tijdens het aanbrengen van de aansluitleiding kan door middel van een wartel, die bevestigd wordt aan de uitwendige schroefdraad van de invoerbuis, een waterdichte afsluiting gerealiseerd worden.

7.2 Montagevoorzieningen spots/armaturen

Het boren en schroeven ten behoeve van de montage van spots/armaturen is mogelijk maar resulteert ook in een kans op het indringen van vocht. Dergelijke montagewijzen verdienen vanwege deze reden extra aandacht.

Om dit te voorkomen kan besloten worden metalen montagevoorzieningen op het houten mastdeel aan te brengen die gebruikt kunnen worden voor de montage van betreffende spots/armaturen. Tevens wordt op deze wijze een sterkere verbinding gerealiseerd. Om het aanbrengen van aansluitleidingen mogelijk te maken verdient het de aanbeveling om aansluitleidingen aan te laten brengen tijdens productie van de lichtmast.



Plaatsing afwerking, armatuurdrager en uithouder op houten mast (voorbeeld)

7.3 Verlengen houten lichtmastdeel

Tijdens de productie van houten lichtmasten wordt de nominale mastlengte gerealiseerd door het samenvoegen van het stalen deel en houten mastdeel. Als de lengte van het houten mastdeel langer is dan de standaard productielengte van de houten mastdelen worden de houten mastdelen verlijmd. Om maximale sterkte te verkrijgen, dient de verbinding als een verlijmd vingerlas uitgevoerd te worden.



Vingerlas

7.4 Inlijmen houten deel in stalen deel lichtmast

Om een sterke verbinding te realiseren tussen het houten en stalen deel van de mast te realiseren wordt het houten mastdeel verlijmd in het stalen deel van de mast. Deze verbinding dient over een afstand van minimaal 2x de diameter van het houten deel tot stand gebracht te worden (bv houten diameter van 20 cm dient dus over een lengte van 40 cm verlijmd te worden in het stalen deel van de lichtmast).

Om te voorkomen dat water aan de kopse kant van het houten mastdeel capillair aangezogen kan worden dient een minimale afstand van 5 cm aangehouden te worden tussen onderkant mastdeur en bovenkant houten mastdeel. Het is van belang dat het in te schuiven, te verlijmen, mastdeel ook gecoat is!



Inlijmen houten mastdeel

7.5 Inrichting lichtmast

In de montageruimte van de lichtmast, achter de mastdeur, dient een voorziening aanwezig te aangebracht wordt voorzien van voldoende glijmoeren of een aantal montage strips. Het is van belang tijdens de ontwerpfase vast te stellen hoe een en ander uitgevoerd dient te worden!

Belangrijk detail hierbij is de aarding van de lichtmast. Het metalendeel van de lichtmast dient geaard te worden omdat dit deel bij een defect onder (elektrische) spanning kan komen te staan. Het aarden van het stalen mastdeel dient te geschieden door middel van een apart aan te brengen aardingsvoorziening zoals beschreven in de NEN-EN 40-2 en NEN1010.



Voorbeeld inrichting mastcompartment

8 Ontwerp lichtmast en Fabrik Afname Testen licht masten

8.1 Ontwerp lichtmast

Omdat elke mast gemaakt wordt op bestelling is het van belang om vast te stellen of dat de te leveren lichtmast voldoet aan vormgeving, maatvoering en technische uitgangspunten. Praktisch gezien houdt dit in dat de besteller van de lichtmast exact dient aan te geven hoe, wat en waar betreffende lichtmast toegepast en geplaatst gaat worden. Om dit mogelijk te maken dient voorafgaand aan productie een set tekeningen en berekeningen ter acceptatie aan de opdrachtgever aangeboden te worden.

Te controleren zaken zijn:

- Afmetingen.
- Uitvoering mastdeur en aansluitcompartiment.
- Montage materialen.
- Afwerking.
- Voorkomen capillaire naden
- Uitgangspunten sterkte berekeningen (windgebied, terreincategorie, veiligheidsfactoren, aan te brengen materialen etc).

8.2 FAT lichtmasten

Omdat de houten mast bestaat uit een stalen en houten mastdeel ontstaat de vraag in hoeverre een afzonderlijke FAT uitgevoerd dient te worden op het stalen en houten deel van de mast. In beginsel is te denken aan een FAT op het verzinkt stalen product, een FAT op het gecoat stalen product en een FAT op het samengesteld, gereed product.

In de praktijk zal blijken dat het houden van meerdere FAT's op een houten lichtmast kostbaar en onpraktisch is. Vanwege deze reden wordt geadviseerd om een FAT op het gereed product uit te voeren. Tijdens deze FAT dienen zowel het stalen en houten deel van de mast (samengesteld) ge-FAT te worden.

Voor het uitvoeren van de FAT wordt geadviseerd samen met de leverancier de inhoud van de FAT vast te stellen.

Aandachtpunten kunnen zijn:

- Afmetingen mast.
- Afwerking en laagdikte zinklaag en coating stalen mastdeel.
- Afwerking en laagdikte (droge) coating op houten mastdeel.
- Afwerking boorgaten en lijmverbindingen.
- Afwerking en montage montagedelen (uithouders) inclusief aanwezigheid trekkoord.
- Aanwezigheid logo (indien van toepassing)
- Afwerking en inklemming houten mastdeel in stalen mastdeel.
- Inrichting mastcompartiment (glijrail en aardingsvoorziening).

Het uitvoeren van een sterktest dient in overleg afgesproken te worden omdat dit een destructief onderzoek betreft.

8.3 Sterketest

Omdat voor houten lichtmast geen productnorm opgesteld is volgens EN-40 is het lastig om de sterkte van lichtmasten aantoonbaar vast te stellen door middel van berekening (zie par. 1.1). In de praktijk wordt echter wel verwacht dat een lichtmast zich gedraagt als een lichtmast ongeacht toegepaste materiaalsoorten, vormgeving en montageomstandigheden.

Om een en ander inzichtelijk te maken ligt het voor de hand om de sterkte van een houten lichtmast door middel van beproeving aan te tonen. Een en ander zoals beschreven in EN 40-3-2.

De beproeving wordt uitgevoerd door de te testen lichtmast horizontaal in te klemmen en op de punt van de mast (nominale masthoogte) een trekkracht uit te oefenen die overeenkomt met diverse windlasten. Na het uitvoeren van de test dient de lichtmast terug te komen in de oorspronkelijke stand.

Door het nogmaals uitvoeren van de test tot aan het moment dat de lichtmast bezwijkt kan vastgesteld worden in welke mate de lichtmast geschikt is voor overbelasting. In de praktijk blijkt overigens dat het houten mastdeel sterker is dan het stalen mastdeel waarin het houten mastdeel aangebracht is. Op basis van praktijkervaring kan gesteld worden dat houten lichtmasten met een factor $> 2x$ belast kunnen worden voordat het metalen danwel houten mastdeel bezwijkt.

Binnen de norm EN 40-3-3, tabel 1 word overigens uitgegaan van een factor 1,2 of 1,4 afhankelijk van gehanteerde uitgangspunten.



Sterkte test houten lichtmast

9 Transport en opslag

Om houten lichtmasten geschikt te maken voor transport is het van belang om rekening te houden met de wijze waarop lichtmasten ingepakt, getransporteerd, opgeslagen en geplaatst dienen te worden. Een en ander om schade te voorkomen. Onderstaande paragrafen geven een beeld van beproefde methoden en werkwijzen.

9.1 Voor het inpakken

Voor het inpakken is het van belang dat de FAT plaatsgevonden heeft en de afwerking compleet is. Het op later moment uitpakken, bewerken en opnieuw inpakken kost extra tijd en geld naast een kans op schade door het uitvoeren van extra handelingen.

Belangrijk punt is dat de coating van het houten mastdeel voldoende droog is om vastplakken van de verpakking te voorkomen!

Om te voorkomen dat lichtmasten, voorzien van een of meerderede uithouders, in het werk verkeerd behandeld worden dient in de fabriek een of meerderede trekkoorden of aansluitleidingen aangebracht te worden voorafgaand aan het inpakken. Praktisch gezien is het handig om trekkoorden of aansluitleidingen aan te brengen tijdens het monteren van uithouders.

9.2 Inpakken voor verzending

De lichtmast wordt bij voorkeur individueel ingepakt in een kartonnen (ribbel) laag die de mast volledig omsluit. De aan te brengen kartonnen koker wordt vervolgens vastgeplakt door middel van een tape.

Na het inpakken van de mast worden de lichtmasten op een (lange) pallet gelegd in maximaal twee lagen, en vastgezet door middel van spanbanden. Om contactschade te voorkomen dienen tussen beide lagen en als toplaag houten afstand blokken toegepast te worden. Deze afstand blokken dienen voorzien te zijn van een vilt laag daar waar de masten geraakt worden. De uiteinden van de masten dienen aanvullend beschermd te worden door middel van een aanvullende vilt laag en/of krimpplastic.

In de meeste gevallen wordt het geheel als laatste ingepakt met inpakplastic en voorzien van verzend labels.



Inpakken voor transport

9.3 Transport

Lichtmasten worden in meeste gevallen per vrachtwagen getransporteerd. Vanwege praktische reden verdient het aanbeveling om de nominale mastlengte af te stemmen op de maximale lengte van het transport (vrachtwagen). Zeker als de lichtmasten uit het buitenland komen kunnen de transportkosten aanzienlijk zijn als uitgeschoven opleggers gebruikt dienen te worden.



Transport houten masten

9.4 Opslag

Na ontvangst van het pakket door de installateur wordt geadviseerd om het pakket te controleren op transportschade. Uitgangspunt is dat de masten niet uitgepakt hoeven te worden tot aan het moment van montage. Lichtmasten die lang in opslag blijven dienen uit het plastic gehaald te worden om vocht problemen en eventuele blauw/zwartkleuring over tijd te voorkomen. Een en ander dient in overleg met de fabrikant vastgesteld te worden.

9.5 Plaatsing

De lichtmasten worden bij voorkeur op locatie uitgepakt en geplaatst. Het is van belang dat tijdens het plaatsen van de lichtmast rekening gehouden wordt met het voorkomen van schade aan de lichtmast. Te denken is aan het beschermen van de kraantop om schade aan de coating van het houtenmatdeel te voorkomen en het tillen van de mast aan een haak die in het kabelinvoergat geplaatst wordt.

Bijlage A. Verwijzingen

NEN 1010

Elektrische installaties voor laagspanning - Nederlandse implementatie van de HD-IEC 60364-reeks

NEN 5466

Kwaliteitseisen voor hout (KVH 2010) - Op uiterlijke kenmerken gesorteerd Europees naaldhout

NEN 5499

Kwaliteitseisen voor visueel gesorteerd naaldhout voor constructieve toepassingen

NEN-EN 40-1

Lichtmasten - Deel 1: Termen en definities

NEN-EN 40-2

Lichtmasten - Deel 2: Algemene eisen en afmetingen

NEN-EN 40-3-1

Lichtmasten - Deel 3-1: Ontwerp en verificatie - Eisen voor de karakteristieke belastingen

NEN-EN 40-3-2

Lichtmasten - Deel 3-2: Ontwerp en verificatie - Verificatie door beproeving

NEN-EN 40-3-3

Lichtmasten - Ontwerp en verificatie - Deel 3-3: Verificatie door berekening

NEN-EN 40-5

Lichtmasten - Deel 5: Eisen voor stalen lichtmasten

NEN-EN 301

Lijmen voor dragende houtconstructies, polycondensatielijmen op basis van phenolen en aminoplasten - Classificatie en prestatie-eisen

NEN-EN 302

Lijmen voor dragende houtconstructies

NEN-EN 338

Hout voor constructieve toepassingen - Sterkteklassen

NEN-EN 350

Duurzaamheid van hout en houtachtige producten - Beproeving en classificatie van de weerstand tegen biologische agentia, de doorlaatbaarheid van water en de prestaties van hout en houtachtige materialen

NEN-EN 14080

Houtconstructies - Gelijmd gelamineerd hout en gelijmd massief hout

NEN-EN-ISO 1461

Door thermisch verzinken aangebrachte deklagen op ijzeren en stalen voorwerpen - Specificaties en beproevingsmethoden

NEN-EN-ISO 12944-2

Verven en vernissen - Bescherming van staalconstructies tegen corrosie door middel van beschermende verfsystemen - Deel 2: Classificatie van omgevingen

Bijlage B. Checklist houten lichtmasten

Berekening lichtmast:

- Materiaal lichtmast:
- Terreinklasse: categorie I; II; III of IV
- Referentiewindsnelheid: gebied I, II of III;
- Plaatsing op bijzondere punten: ja/nee/op hoogte;
- Partiële belasting factoren: klasse A of B;
- Maximale horizontale uitbuiging: klasse 1, 2, of 3;

Lichtmast algemeen:

- Nominale masthoogte paaltop
- Nominale masthoogte armatuurdragermast
- Uithouderlengte
- Aantal armatuurdragers (stuks)
- Buighoek armatuurdrager
- Nominale lichtpunthoogte (in m) indien afwijkend;
- Lengte ondergronds deel (standaard/verlengd)
- Voetplaat boutgaten
- Afmetingen paaltop armatuurdrager
- Afmetingen opschuif armatuurdrager

Inrichting lichtmast:

- Aantal mastdeuren
- Afmetingen mastdeur 1
- Afmetingen mastdeur 2
- Afmetingen kabelinvoergat
- Glijrailmoeren per deur, indien meer dan twee (stuks per deur)

Aardvoorziening lichtmast:

- Aardbout: positie A of B

Aanvullende eisen (houten) lichtmast:

- Duurzaam geproduceerd hout (TPAS):
- Duurzaamheidsklasse (NEN-EN 350):
- Gebruiksklasse (NEN-EN 335):
- Esthetische klasse (NEN 5466):
- Lijmsoort (NEN-EN 301 en 302):
- GLxxH sterkte klasse;
- Aanvullende oppervlaktebehandeling deel A;
- Aanvullende oppervlaktebehandeling deel B;
- Aanvullende oppervlaktebehandeling deel C;
- Aanvullende maaiveldbescherming: ja/nee;
- Aanvullende grondplaat en/of grondvleugel.

Te plaatsen armatuur:

- Fabrikaat
- Type
- Cxs-waarde
- Gewicht (in kg)
- Aantal op lichtmast (stuks)





Nawoord

Voor inhoudelijke vragen en opmerkingen over dit document kunt u contact opnemen met diverse specialistisch adviseurs, Centrum Hout en leveranciers van houten lichtmasten zoals Valmont of Industrielicht. Ik ga er van uit dat dit document bij elke significante ontwikkeling verder uitgroeit om zo de status te bereiken van 'het naslagwerk' op het gebied van houten lichtmasten.

Ik bedankt iedereen die actief bijgedragen heeft tijdens het gehele proces van inhoudelijk overleg, het schrijven, het leveren van bronmateriaal en tot slot het opmaken van dit naslagwerk. Zonder hen was deze publicatie niet geschreven in deze vorm en in dit tijdsbestek.

Toine Adams

TOINE ADAMS ADVIES

Mail: toine@toineadams.nl

Mob: +31 683236501

De inhoud van dit naslagwerk mag vrij gebruikt worden, op voorwaarde dat de bron vermeld wordt.



Toine Adams Advies
Duizelstraat 30
5043ED Tilburg, NL
T: + 31 (6) 8323 6501
toine@toineadams.nl
www.toineadams.nl

Valmont Nederland B.V.
Den Engelsman 3
6026RB Maarheeze, NL
Postbus 2632
6026ZG Maarheeze
T: +31 (0) 495 59 99 59
info.nl@valmont.com
www.valmont.nl