HANDLEIDING

ELEKTROMAGNETISCHE COMPATIBILITEIT (EMC)

Januari 2016

VU VRIJE UNIVERSITEIT AMSTERDAM

Facilitaire Campus Organisatie

HANDLEIDING

ElektroMagnetische Compatibiliteit

Voorkoming onderlinge beïnvloeding van apparatuur

Versie 1.0
Datum: 06-01-2016

Vrije Universiteit Amsterdam
Facilitaire Campus Organisatie/ Projectbureau
in samenwerking met Lambda Engineering B.V.

Contactpersoon VU:

Vrije Universiteit Amsterdam
Facilitaire Campus Organisatie/ Projectbureau
Ing. I. van Genderen
De Boelelaan 1105
1081 HV Amsterdam
020-598.5729
06-505.398.40
i.van.genderen@vu.nl

Samenvatting

In het kader van de Europese Richtlijn 2004/108/EG dienen eigenaren van vaste elektrotechnische- en elektronische installaties te zorgen voor een verantwoorde systeemintegratie ten aanzien van ElektroMagnetische Compatibiliteit (EMC[1]). Dit betekent dat installaties qua toegepaste apparatuur en installatietechniek zodanig worden ontworpen en aangelegd dat de kans op onderlinge beïnvloeding binnen de installatie, maar ook naar systemen van derden, wordt geminimaliseerd.

Deze EMC handleiding omschrijft minimum EMC eisen voor elektrische- en elektronische apparatuur en installatietechniek in gebouwen van de Vrije Universiteit te Amsterdam.

De eisen zijn gebaseerd op een zonering naar elektromagnetische milieu en worden ingedeeld in EMC specificaties van apparatuur en maatregelen voor installatietechniek. De nadruk van de handleiding ligt op het toepassen van de juiste installatiemaatregelen ten aanzien van aarding, bliksembeveiliging potentiaalvereffening, kabelafscherming en –scheiding en toepassing van kabelgoten. De maatregelen hebben betrekking op verschillende technische disciplines inclusief civiele techniek en werktuigbouwkundige installaties.

Het doel van deze handleiding is het voorkomen van storingen van elektromagnetische aard en ongewenste beïnvloeding van elektronische apparatuur en het optimaliseren van de bedrijfszekerheid van elektrische en werktuigbouwkundige installaties op het VU terrein.

De apendices van deze handleiding bevatten een nadere toelichting op de gestelde EMC eisen.

[1] ElektroMagnetische Compatibiliteit (EMC) is het vermogen van een apparaat, systeem of installatie om in zijn elektromagnetische omgeving ongestoord te functioneren, zonder hierbij zelf storingen aan die omgeving toe te voegen.

Copyright © 2016 Vrije Universiteit Amsterdam, Facilitaire Campus Organisatie
This document is property of Vrije Universiteit Amsterdam, Facilitaire Campus Organisatie. All rights reserved. Neither the whole nor any part of this document may be reproduced, stored in any retrieval system or transmitted in any form or by any means (electronic, mechanical, reprographic, recording or otherwise) without the prior written consent of the copyright owner.

Inhoudsopgave

Blz.

Samenvatting 2
1. Toepassingsgebied 4
2. Leeswijzer 4
3. Afkortingen en begrippen 5
3.1. Afkortingen 5
3.2. Begrippen 6
4. Introductie EMC 7
5. Indeling gebruiksruimten en EM-zonering 8
6. Samenvatting EMC maatregelen 10
7. Bliksembeveiliging algemeen 11
8. Civiele techniek 12
9. Werktuigbouwkundige installatie 17
10. Elektrotechnische installatie 19
10.1. Stroomstelsels 19
10.2. Licht- en krachtinstallaties 19
10.3. Aarding en potentiaalvereffening 20
10.4. Kabelgoten en ladderbanen 22
10.5. Kabelklassificering en kabelscheiding 25
11. EM zoneringsmaatregelen 28
12. Ringleiding en vermazing apparatuurruimten 30
13. Aardingsinstallatie medische- en onderzoeksruimten 32
14. Computervloer 34
15. Ontstoormaatregelen werktuigbouwkundige installaties 35
16. Reductiemaatregelen LF magnetisch veld voor medische- en onderzoeksruimten 39
17. Beperking gebruik radiofrequent zenders in apparatuurruimten 41
18. EMC eisen elektrische en elektronische apparatuur 43
18.1. Algemeen 43
18.2. Emissielimieten 43
18.3. Immuniteitseisen 43
18.4. Installatie instructies bij apparatuur 44
18.5. EMC kwaliteitseisen (Performance Criteria) 44
18.6. Testen en inspectie 44
19. Power Quality 45
20. Organisatie van EMC 46
21. Referenties 47

Appendix 1 Geleiders voor aarding/potentiaalvereffening 48
Appendix 2 Voorbeeld EM zonering 49
Appendix 3 Installatievoorbeeld besturingskast technische ruimte 50
Appendix 4 Voorbeeld EMC checklist 51

1. Toepassingsgebied

Deze handleiding beschrijft de technische EMC eisen die worden gesteld aan nieuw te bouwen of te renoveren technische installaties van de Vrije Universtiteit.

De handleiding is van toepassing op elektrische, werktuigbouwkundige en civiele installaties en is derhalve bedoeld voor elektrotechnische, werktuigbouwkundige en civiele aannemers die werkzaamheden op het VU terrein uitvoeren, evenals technische adviesbureaus die bestekken schrijven en adviezen omtrent EMC uitbrengen.

Het toepassingsgebied omvat alle gebouwen van de universiteit en het medisch centrum.

2. Leeswijzer

De technische eisen zijn naar hoofdstuk ingedeeld in de volgende eisen:

Hoofdstuk 5	Het hanteren van een zonering, waarbij verschillende gebruiksomgevingen met ieder een eigen mate van elektromagnetisch stoorniveau worden onderscheiden,
Hoofdstuk 6 t/m 10	Samenvatting van maatregelen (hoofdstuk 6) en een overzicht van algemene (generieke) technische eisen, verdeeld in eisen voor: ■ bliksembeveiliging (hoofdstuk 7), ■ civiele techniek (hoofdstuk 8), ■ werktuigbouwkundige installatie (hoofdstuk 9) en ■ elektrotechnsiche installatie (hoofdstuk 10).
Hoofdstukken 11 t/m 17	Specifieke technische eisen ten aanzien van aarding, ontstoormaatregelen en het gebruik van radiofrequent apparatuur in verschillende gebruiksruimten
Hoofdstuk 18	EMC apparatuureisen
Hoofdstuk 19	Eisen ten aanzien van power quality
Hoofdstuk 20	De organisatie van EMC aspecten inclusief documentatie.

De technische eisen in de bovengenoemde hoofdstukken dienen te worden gehanteerd als minimale maatregel en worden geïllustreerd met typical voorbeelden uit de praktijk. In de appendices worden nadere toelichtingen op de eisen gegeven. Het doel hiervan is om afwijkingen op standaard installatietechnieken te kunnen interpreteren.

Toegepaste symbolen

Aanduiding gebruiksruimte:

= medische ruimte

= onderzoeksruimte

= kantoor

= openbare ruimte

= ICT ruimte

= technische ruimte

= zwaar industriële ruimte

EM zone

1 = laag EM niveau, (zeer) gevoelige apparatuur

2 = residentieel

3 = industrieel

4 = zwaar industrieel

Kabelklasse

KL1 = kabelklasse 1

KL2 = kabelklasse 2

KL3 = kabelklasse 3

Overige symbolen

= aanbevolen maatregel

= incorrecte maatregel

= nadere toelichting

= specifieke aandacht vereist

3. Afkortingen en begrippen

3.1. Afkortingen

CAP	Centraal Aard Punt
CM	Common Mode
CT	Computer Tomografie
DM	Differential Mode
ECG	Elektrocardiogram (signaalniveau typ. 0,1-10mV, f = 0,1-1500 Hz)
EEG	Elektroencephalogram (signaalniveau typ. 10 – 100 μV, f = 0,1-1500 Hz)
EMG	Elektromyogram (signaalniveau typ. 5 – 200 μV, f = 20 Hz -20 kHz)
ELF	Extremely Low Frequency
EM	Elektromagnetisch
EMC	Elektromagnetische Compatibiliteit
EMI	Elektromagnetische Interferentie
EP	Evoked Potentials
ESD	Electro Static Discharge
FR	Frequentie Regelaar
F/UTP	netwerkkabel bestaande uit een overall afscherming van folie (F=Foil) en daar binnen onafgeschermde aderparen (UTP=Unshielded Twisted Pairs), vroeger ook wel FTP genoemd
GBS	Gebouw Beheer Systeem
GRP	Glass Reinforced Plastic
PtPvE	Generiek Technisch Programma van Eisen
HMI	Human Machine Interface
HS	Hoogspanning (≥ 30kV)
ICT	Informatie- en Communicatie Technologie
IEC	International Electrotechnical Commission
LEMP	Lightning Electromagnetic Pulse
LPL	Lightning Protection Level
LPZn	Lightning Protection Zone 1 t/m n
LS	Laagspanning
MER	Main Equipment Room
MRI	Magnetic Resonance Imaging
MS	Middenspanning (10kV)
OSB	Overspanningsbeveiliging
PE	Protective Earth
PEC	Parallel Earthing Conductor
PLC	Programmable Logic Controller
PQ	Power Quality
SER	Satellite Equipment Room (server ruimte)
S/FTP	netwerkkabel bestaande uit een overall afscherming van vlechtwerk (S=Shielded) en daar binnen folie afgeschermde aderparen (FTP=Foil Twisted Pair)
SF/UTP	(vroeger SFTP genoemd) netwerkkabel bestaande uit een overall afscherming van vlechtwerk en folie (SF=Shielded Foil) en daar binnen onafgeschermde aderparen (UTP=Unshielded Twisted Pairs)
UPS	Un-interruptible Power Supply
UTP	Unshielded Twisted Pair
RFID	Radio Frequency IDentification
RVS	Roest Vast Staal
VSA	Voor Schakel Apparaat
WiFi	Wireless Fidelity, draadloos ethernet

3.2. Begrippen

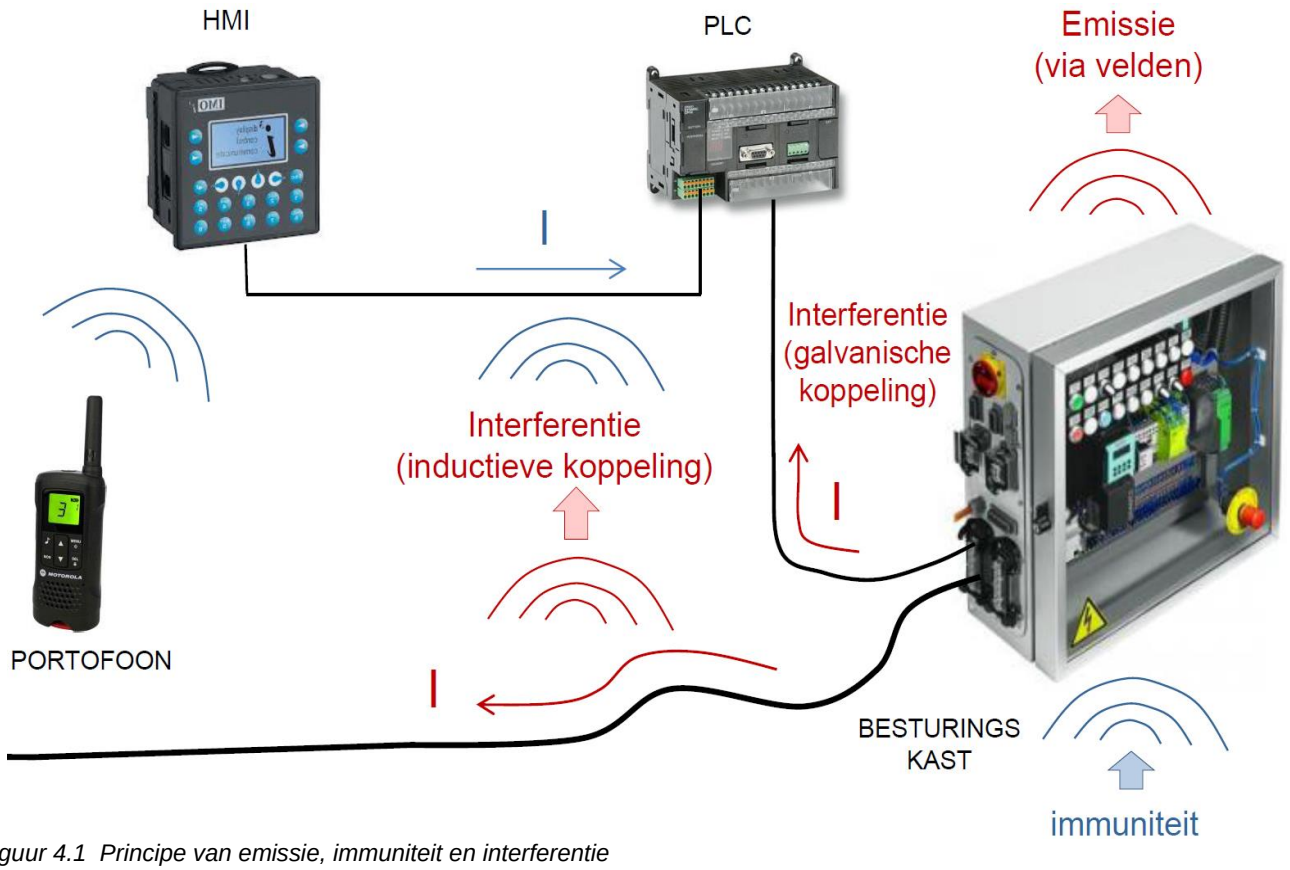
Common mode	Een signaal dat in gelijke mate op zowel de heengaande als de terugkomende signaalleiding staat, veelal ten opzichte van aarde.
Differential Mode	Een signaal dat aanwezig is tussen de heengaande en terugkomende signaalleiding.
EM omgeving	Het totaal van de elektromagnetische verschijnselen dat op een bepaalde locatie aanwezig is.
EM niveau	De mate waarin elektromagnetische verschijnselen aanwezig zijn.
EM zone	Een gebied/ruimte waar apparatuur en systemen van een bepaald EM niveau worden geïnstalleerd.
Gestel	Metalen omhulling/kast van een installatie die voor aanraakveiligheid en EMC wordt geaard.
Potentiaalvereffenings-installatie	Het geheel van elektrische geleiders, dat als doel heeft het onderling en met moeder aarde vereffenen van elektrisch geleidende delen. Door de verbinding(en) met moeder aarde vormt deze installatie het aardnet van het object.
Ringleiding	Onderdeel van de potentiaalvereffeningsinstallatie die rondom langs de ruimte- of gebouwgrens loopt met als doel om overal een korte (laagimpedante) verbinding voor potentiaalvereffening te kunnen aanbieden.
Vermazing	Dwarsverbinding(en) in ringleidingen waarmee het omsloten oppervlak van de ring wordt/worden verkleind (één ring wordt opgedeeld in twee of meer ringen die tezamen hetzelfde oppervlak omsluiten) waardoor een betere stroomverdeling ontstaat. Tevens levert vermazing aan objecten binnenin de ring een mogelijkheid om via een kortere (laagimpedante) verbinding te kunnen worden aangesloten op de potentiaalvereffeningsinstallatie.

4. Introductie EMC

Elektromagnetische Compatibiliteit of EMC is het vakgebied, dat elektromagnetische beïnvloeding in en tussen elektrische en elektronische producten en systemen voorkomt en bestrijdt.

De officiële definitie luidt: EMC (Elektro Magnetische Compatibiliteit) is het vermogen van een apparaat of systeem om ongestoord (zonder degradatie) in een bepaalde omgeving te functioneren zonder daarbij zelf verstoringen van apparaten of systemen in die omgeving te veroorzaken.

Storingen ofwel elektromagnetische interferentie wordt veelal verspreidt via kabels (zie figuur 4.1), waarbij stoorstromen via inductieve koppeling of capacitieve koppeling van het ene naar het andere apparaat, via de kabels, kunnen “oversteken”. Ook kunnen bedoelde radiofrequent bronnen zoals portofoons sterke velden veroorzaken, waardoor stoorstromen in kabels van gevoelige apparatuur worden geïnduceerd (figuur 4.1).



Figuur 4.1 Principe van emissie, immuniteit en interferentie

Een apparaat kan zowel een stoorbron als een potentieel slachtoffer van interferentie zijn. Het beschouwde frequentiegebied is van laagfrequent (DC/50Hz) tot in het GHz gebied.

Zowel apparaten als systemen en installaties vallen onder de wettelijke eisen van de Europese EMC richtlijn 2004/108/EG.

Om EMC te bereiken dienen de volgende maatregelen te worden genomen:

1. De emissie van apparatuur moet beperkt worden door apparatuur te laten voldoen aan emissielimieten die passen bij de gebruiksomgeving. Voor een onderzoeks- of medische omgeving gelden strengere emissie eisen dan voor een industriële omgeving, zie hoofdstuk 5. De beperking van de emissie heeft betrekking op het reduceren van stoorstromen via kabels maar ook de reductie van directe stoorvelden via de behuizing.
2. Apparatuur dient in zekere mate immuun, d.w.z. ongevoelig te zijn voor interferentie van andere apparatuur, die via kabels of direct via velden wordt ingekoppeld.
3. In de installatietechniek dienen algemene EMC maatregelen te worden genomen, zoals aarding van apparatuur, het gebruik van afgeschermde kabels en juiste aansluittechniek van kabelschermen, het scheiden van storende en gevoelige kabels en het toepassen van afschermende kabelgoten.

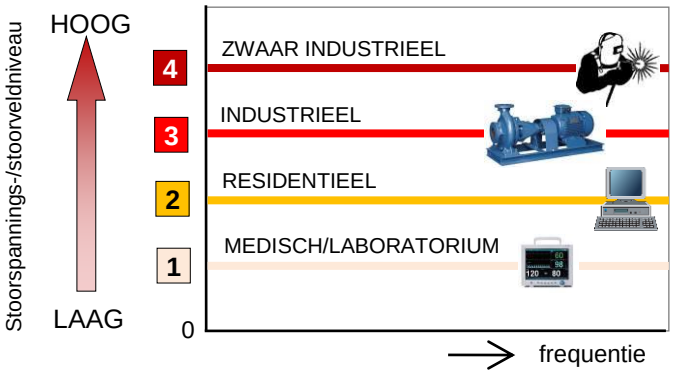
Samenvattend: apparaten moeten voldoen aan (emissie- en immuniteits)normen en er dient een EMC gerichte installatietechniek te worden gevolgd. In deze EMC instructie worden deze maatregelen nader omschreven.

5. Indeling gebruiksruimten en EM-zonering

Conform de werkwijze van NPR-IEC/TR 61000-2-5 [2] en de norm voor bliksembeveiliging NEN-EN-IEC 62305-3 [3] dient het EM-milieu te worden ingedeeld in een aantal EM-zones (LPZ-zones voor bliksembeveiliging), waarbij iedere zone staat voor een zekere mate van elektromagnetische vervuiling (figuur 5.1).

Naarmate het zoneverschil en mate van vervuiling tussen verschillende apparaten groter is, zal de kans op interferentie, bij afwezigheid van de juiste maatregelen, toenemen.

EMC specificaties van apparatuur dienen op de plaatselijke EM zone te zijn afgestemd. Om te voorkomen dat draadgebonden storingen zich van de ene naar de andere zone kunnen verplaatsen dienen op het grensvlak van onderling verschillende EM zones EMC maatregelen te worden getroffen, zoals het aanbrengen van netscheiding (b.v. via separate licht- en krachttransformatoren), kabelschermaansluitingen, kabelscheiding en gebruik van verschillende kabelgoten.



Figuur 5.1 Elektromagnetisch stoorniveau

Appendix 2 beschrijft het principe van EM zonering en te nemen interface-maatregelen op basis van koppelpaden van verstoring van de ene naar de andere EM omgeving.

Het verschil in stoorniveau (stoorspanning, stoorstroom of stoorveld) is 10-15dB per zone. Voorbeeld: tussen EM-zone 1 en -3 is het verschil maximaal 30dB. Dit betekent dat stoorstromen op kabels van een EM-zone 3 apparaat met 30dB (ca. factor 30) gereduceerd moeten worden om te kunnen aansluiten op apparatuur in EM-zone 1. Een toelichting op de dB notatie is gegeven aan het einde va dit hoofdstuk..

Algemeen wordt uitgegaan van vier zones oplopend van zeer gevoelig tot sterk verstoord. In tabel 5.1 zijn de binnen het VU complex gangbare gebruiksruimten ingedeeld naar EM zone. De ruimten zijn ten behoeve van deze handleiding tevens voorzien van een symbool.

EM zone	Ruimte	Symbool	Typical apparatuur
1	Medische ruimte		Onderzoeks- en behandelapparatuur, ECG, EMG, EEG, EP, MRI, CT, specifieke diagnose apparatuur.
1	Onderzoeks-ruimte, laboratorium		Meet- en laboratoriumapparatuur, computers, elektronenmicroscopie, specifieke onderzoeksapparatuur. Eveneens computers en residentiële apparatuur conform EM-zone 2.
2	Kantoor		Computers, beeldschermen, printers, telecommunicatie apparatuur.
2	Openbare ruimte		Brandmeldinstallatie, toegangscontrole/security, omroepinstallatie, liften, automatische deuren, diverse telecommunicatie apparatuur, draadloze excess points.
2	ICT ruimte		MER- en SER ruimten, computers, mainframes storage (UPS systemen staan in technische ruimten)
3	Technische ruimte		Werktuigbouwkundige installaties, MCC's, M&R apparatuur, GBS onderstations, PLC's, kleppen, frequentieregelaars, pompen, UPS.
4	Zwaar industriële ruimte		Ruimten met zwaar industriële apparatuur, hoogspanningsruimten, bijzondere onderzoeksruimten, werkplaats, elektrisch lassen

Tabel 5.1 EM zonering naar gebruiksomgeving

Het merendeel van de installaties zal op basis van toegepaste (generieke) EMC normen (zie hoofdstuk 18) kunnen worden ingedeeld in EM zone 2 (residentieel) of 3 (industrieel).

EM zone 1 (gevoelige omgeving) komt alleen voor in medische- en onderzoeksruimten. Een sterk vervuilde omgeving conform EM zone 4 dient aangemerkt te worden als exceptioneel en komt slechts voor in een hoogspanningsomgeving, in ruimten met zwaar industriële apparatuur of in specifieke onderzoeksruimten.

Er is een optie voor een vijfde, extreme zone, waar bijzonder storende omgevingscondities heersen (b.v. systemen boven in een mast waar directe bliksemontladingen optreden).

De aannemer dient op basis van de plattegronden van de gebouwlocatie en de gebruiksfunctie van ruimten, zoals omschreven in het Bouwbesluit, een EM zonering te bepalen en te documenteren, op grond waarvan EMC apparatuurspecificaties en installatiemaatregelen conform de werkwijze in deze handleiding dienen te worden vastgesteld.

Toelichting logaritmische notatie (dB)

Waarden voor spanning, stroom en elektromagnetische veld worden veelal weergegeven in een logaritmische notatie in dB (decibel) om een groot dynamisch bereik te kunnen aanduiden.

Wanneer de spanning in dB wordt uitgedrukt, dan wordt de logaritme van de spanning t.o.v. een referentiewaarde weergegeven. Voor spanning wordt vaak de μV als referentiewaarde gehanteerd. Wanneer de spanning wordt uitgedrukt in dBμV, dan wordt de spanning bedoeld t.o.v. de referentiespanning U_{REF} = 1 μV, maar dan uitgedrukt in factoren van 10.

Een spanning van 1V wordt dan U_{dB} =20.log(U/U_{REF}) [dBμV] ofwel U_{dB} = 20.log($1/1.10^{-6}$) = 20.log(1.10^{6}) = 20x6 = 120dBμV

Wanneer de demping tussen twee EM zones 15dB bedraagt, dan wordt bedoeld dat de stoorniveaus (b.v. spanning) een factor verschillen ter grootte van $10^{15/20}$ ofwel 5,6.

Veel gebruikte dB waarden en verhoudingen zijn:

20 dB = factor 10
30 dB = factor 31,6
40 dB = factor 100
60 dB = factor 1000
120 dB = factor 10^{6}
-40 dB = factor 1/100

6. Samenvatting EMC maatregelen

De EMC maatregelen zoals beschreven in deze instructie bestaan uit generieke maatregelen, die voor alle locaties van toepassing zijn en specifieke EMC maatregelen die betrekking hebben op de in hoofdstuk 5 genoemde gebruiksruimten.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de uit te voeren maatregelen per locatie.

EMC maatregel		Generiek					Specifiek					
		Bliksembeveiliging	Civiele techniek (C)	Werktuigbouwkundige installatie	Elektrotechnische installatie	EM zoneringsmaatregelen	Ringleiding/ kleinere vermazing	Stervormige Instrumentatie aarde	Computervloer	Ontstoormaatregelen WTB	Reductie LF magnetisch veld	Beperking portable zenders
Locatie	Hoofdstuk	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18
Medische ruimte		■	■	■	■	■		■			■	■
Onderzoeksruimte		■	■	■	■	■		■			■	■
Kantoor		■	■	■	■	■						
Openbare ruimte		■	■	■	■	■						
ICT ruimte		■	■	■	■	■	■		■	■		
Technische ruimte		■	■	■	■	■	■			■		
Zwaar industriële ruimte		■	■	■	■	■	■			■		

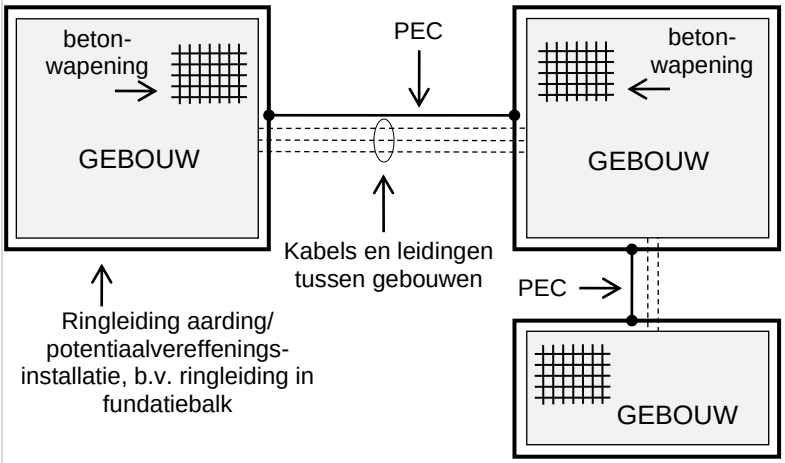
■ = maatregelen in genoemde hoofdstukken zijn van toepassing

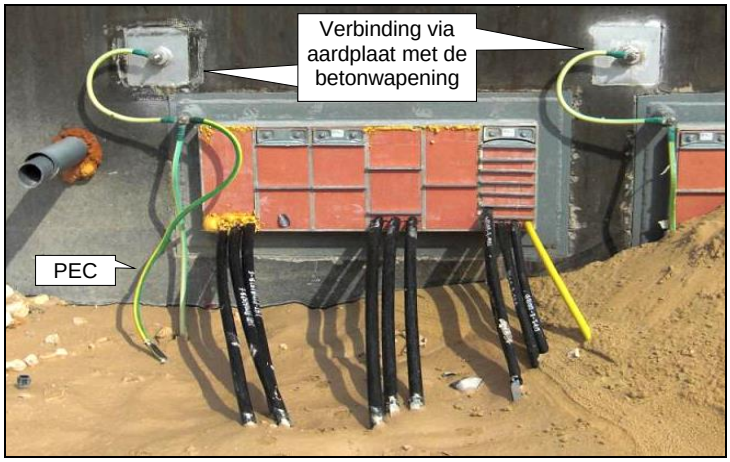
Tabel 6.1 Overzicht EMC maatregelen

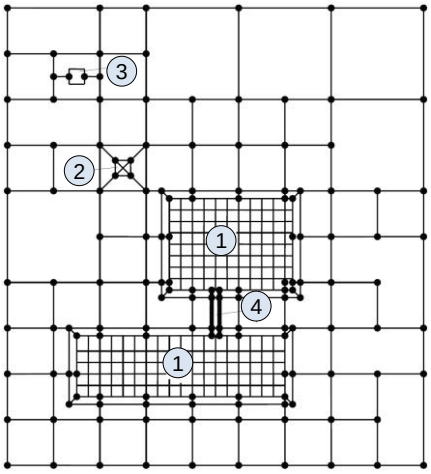
7. Bliksembeveiliging algemeen

Voor de bliksembeveiliging van gebouwen op het VU terrein gelden de volgende eisen:

No.	Maatregelen bliksembeveiliging
7.1	Gebouwen dienen te worden voorzien van een bliksemafleiderinstallatie conform NEN-EN-IEC 62305-3, tenzij op basis van de risicobeoordeling conform NEN-EN-IEC 62305-2 nadrukkelijk bepaald wordt dat bliksembeveiliging niet nodig is (vanwege omvang van het object of beschermhoek van andere objecten).
7.2	Op basis van de uitgangspunten in NEN-EN-IEC 62305-1, onder andere ten aanzien van de grootte van de bliksemstroom, maasgrootte en kans op fysieke schade, dient de installatie minimaal te voldoen aan bliksembeveiligingsklasse LPL II. Voor de maaswijdte van bliksembeveiligingsklase LPLII geldt een grootte van 10m x 10m.
7.3	Gebouwen dienen te worden voorzien van een potentiaalvereffeningsinstallatie conform de eisen zoals beschreven in paragraaf 6.2 van NEN-EN-IEC 62305-3.
7.4	Alle buitenkabels ten behoeve van energievoorziening, (data)communicatie etc. dienen te zijn voorzien van afscherming c.q. armering, die aan beide zijden, bij invoer in het gebouw, wordt vereffenend op de plaatselijke aarding/potentiaalvereffeningsinstallatie, zoals beschreven in hoofdstuk 11 (figuren 11.1 en 11.2).
7.5	Metalen leidingen dienen bij invoer in het gebouw te worden vereffend op de plaatselijke aarding/potentiaalvereffeningsinstallatie.
7.6	Parallel aan de kabels tussen gebouwen dient een PEC (Parallel Earthing Conductor) met een minimale doorsnede van 25mm^2 te worden aangelegd, die aan weerszijden bij invoer van de kabels wordt gekoppeld met de plaatselijke aarding/potentiaalvereffeningsinstallatie van het gebouw (figuur 7.1). De PEC mag, bij installatie van meer dan vijf kabels in de kabelgeul worden vervangen door de kabelarmering mits deze aan beide zijden wordt aangesloten. Indien kabels bovengronds in stalen kabelgoot worden gelegd en de goot één aangesloten geheel vormt, dan mag de goot als PEC worden gebruikt.







Plattegrond met gebouwen en objecten conform NEN-EN-IEC 62305-3

Legenda

1. gebouw met vermaasd netwerk van de betonwapening
2. hoog object (b.v. antennemast) binnen de installatie
3. zelfstandige uitrusting, b.v. apparatuurkast in het veld
4. kabelgeulen

Figuur 7.1 Minimum uitvoering gebouwringleidingen en PEC's

7.7	Overspanningsbeveiliging dient te bestaan uit een grof- en middenbeveiliging (B+C) op de hoofdverdeler. De status (beschikbaarheid) van overspanningsafleiders dient via potentiaalvrije contacten te worden gemeld aan het GBS, zie ook [1]. Het gebruik van aanvullende (fijn)beveiliging dient te worden vermeden door toepassing van de correcte aardings- en potentiaalvereffeningsmaatregelen conform de LPZ-zonering.

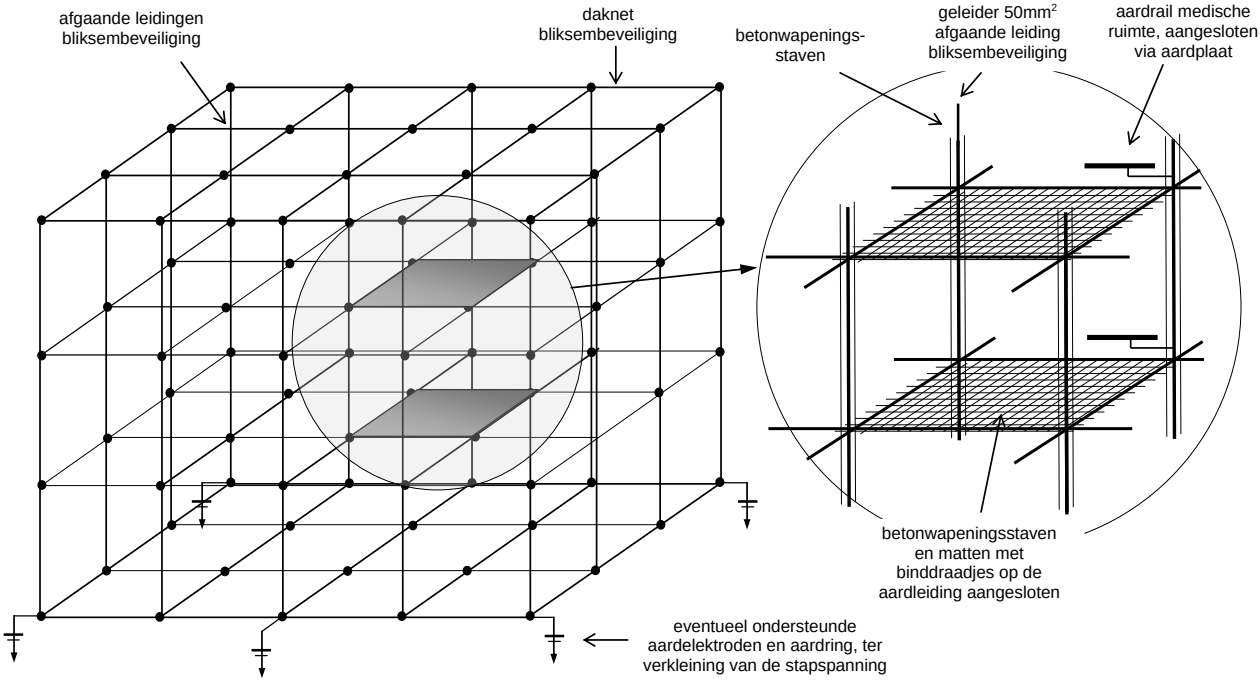
8. Civiele techniek

Metalen constructiedelen van gebouwen zoals betonwapening of het staalskelet dienen te worden toegepast als onderdeel van de bliksemafleiderinstallatie. Hiertoe worden eisen gesteld aan het aantal, de locatie en de kwaliteit van de elektrische verbindingen tussen de constructiedelen en de inwendige aardings- en potentiaal-vereffeningsinstallatie evenals aan de inspectie van deze punten.

Het toepassing van betonwapening en staalconstructies is een integraal onderdeel van de norm NEN-EN-IEC 62305-3 en heeft uit oogpunt van bliksembeveiliging en EMC de volgende voordelen:

- De afgaande leidingen bevinden zich in de kolommen, er is geen noodzaak voor separate afgaande leidingen langs de gevel,
- Fundatiebalken en heipalen fungeren als aardelektroden,
- De gebouwconstructie zelf schermt, vanwege de kleine vermazing, af tegen inductie effecten (LEMP).

No.	Maatregelen betonnen constructies
8.1	Voor nieuwbouwprojecten dient de doorgelaste wapening van betonnen constructies te worden toegepast als onderdeel van de bliksemafleiderinstallatie, conform paragraaf 4.3 van NEN-EN-IEC 62305-3. Voor specifieke eisen die aan de verbindingen met de betonwapening worden gesteld wordt verwezen naar bijlage E4.3 van NEN-EN-IEC 62305-3, Objecten van gewapend beton.



Figuur 8.1 Gebruik betonwapening als onderdeel van de bliksemafleiderinstallatie

8.2	Op regelmatige afstanden van typical 10m dienen aardplaten (b.v. Cadweld platen, zie figuren 8.9 t/m 8.15) te worden aangebracht op de betonwapening om verbindingen te kunnen maken met de aardings/potentiaalvereffeningsinstallatie binnen het gebouw.

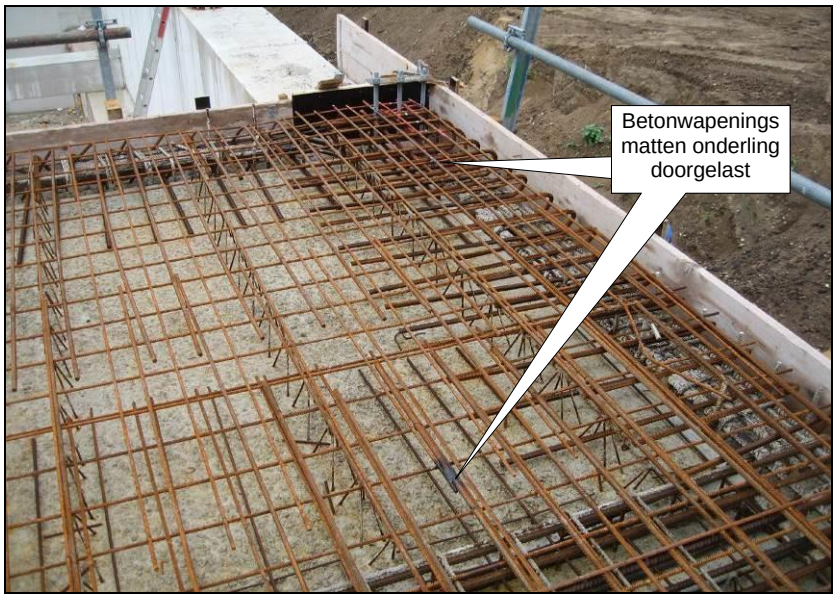
De afstand van 10m geldt zowel in horizontale als verticale richting hetgeen voor de verticale vermazing neerkomt op een onderlinge afstand van 2 verdiepingen.

8.3	Op het dak dienen aardplaten (b.v. Cadweldplaten) te worden aangebracht op de betonwapening om een daknet c.q. potentiaalvereffening met metalen objecten op het dak te kunnen aansluiten.
8.4	De betonwapening van de fundatie en heipalen dient te fungeren als natuurlijke aardelektroden (conform paragraaf 5.4.4 van NEN-EN-IEC 62305-3). Afhankelijk van de gemeten aardverspreidingsweerstand dienen aardplaten (b.v. Cadweldplaten) te worden aangebracht om aanvullende aardelektroden te kunnen aansluiten.
8.5	Ter plaatse van invoerpunten van kabels en leidingen dient binnen een afstand van 1 meter minimaal één aardplaat te worden aangebracht op de betonwapening om een verbindng met de potentiaalvereffening van deze kabels en leidingen te kunnen maken.

De locaties waar verbindingen worden gemaakt tussen de betonwapening en interne aardringleidingen dienen tijdens het ontwerp zorgvuldig te worden gepland.

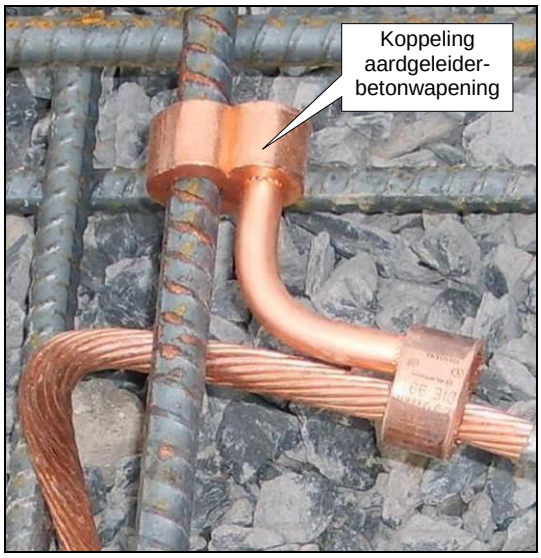
Achteraf, na de bouwfase is het bijna onmogelijk om de ligging en constructie van het wapeningsstaal te bepalen. De verbindingen met het wapeningsstaal dienen derhalve zeer goed te worden gedocumenteerd en te worden geinspecteerd voor het storten van het beton. Dit kan worden gedaan met behulp van tekeningen, beschrijvingen en foto's die tijdens de bouw worden gemaakt.

8.6	Ter plaatse van dilataties dienen bouwdelen op onderlingen afstanden van maximaal 10 meter te worden voorzien van aardplaten en te worden gekoppeld met flexibele aardverbindingen.
8.7	Verbindingen met de betonwapening dienen afdoende te worden beschermd tegen de effecten van corrosie, zie tevens paragrafen 5.5 en 5.6 en bijlage E van NEN-EN-IEC 62305-3, met inbegrip van galvanische werking tussen verschillende materialen.

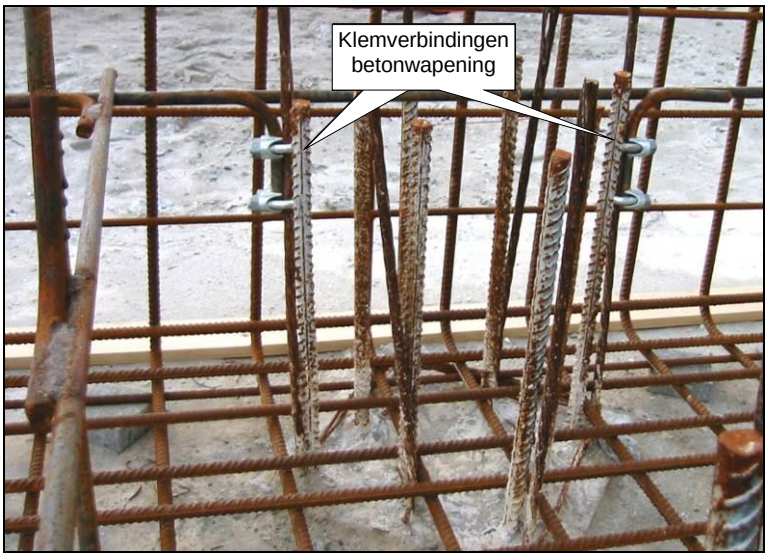


Figuur 8.2

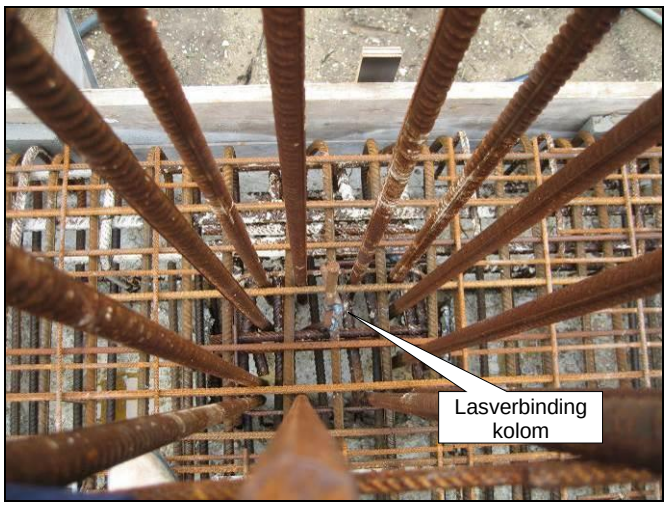
Figuur 8.3



Figuur 8.4

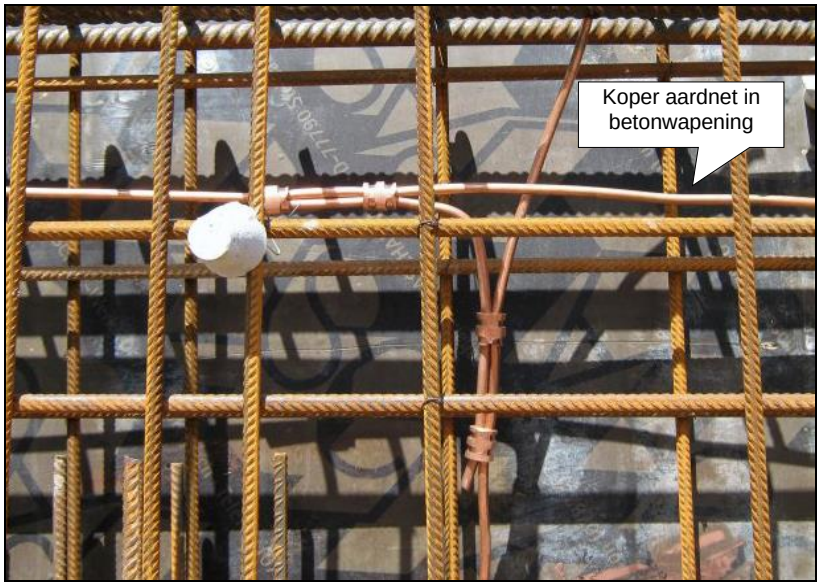


Figuur 8.5



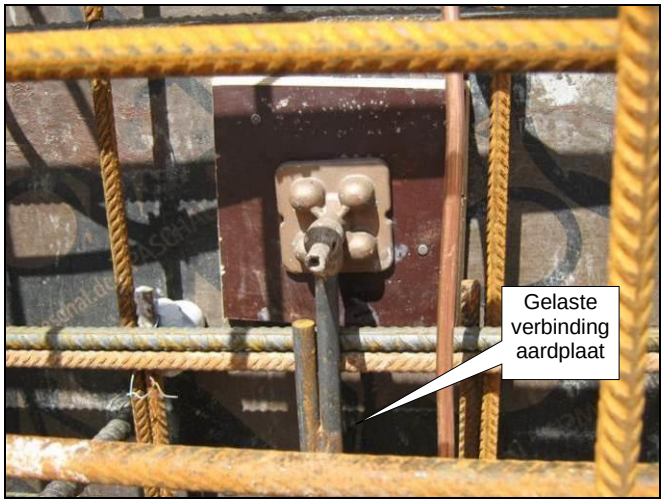
Figuur 8.6

Figuur 8.7

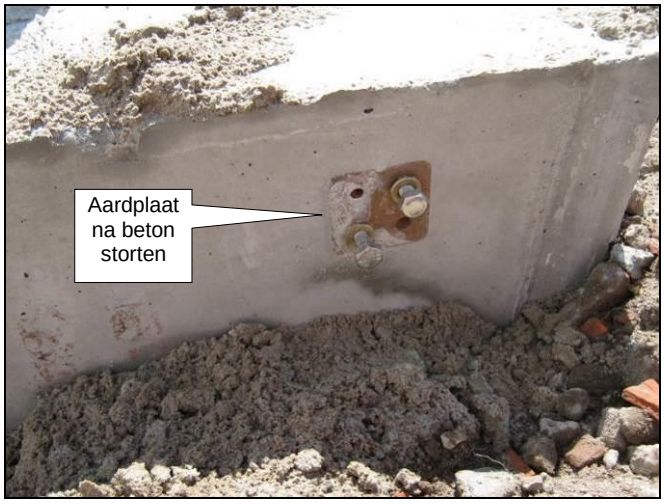


Figuur 8.8

Figuur 8.9



Figuur 8.10

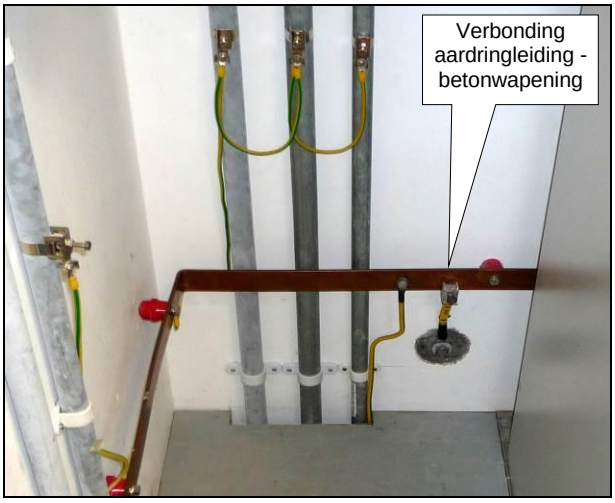


Figuur 8.11

Figuur 8.12

Figuur 8.13

Figuur 8.14

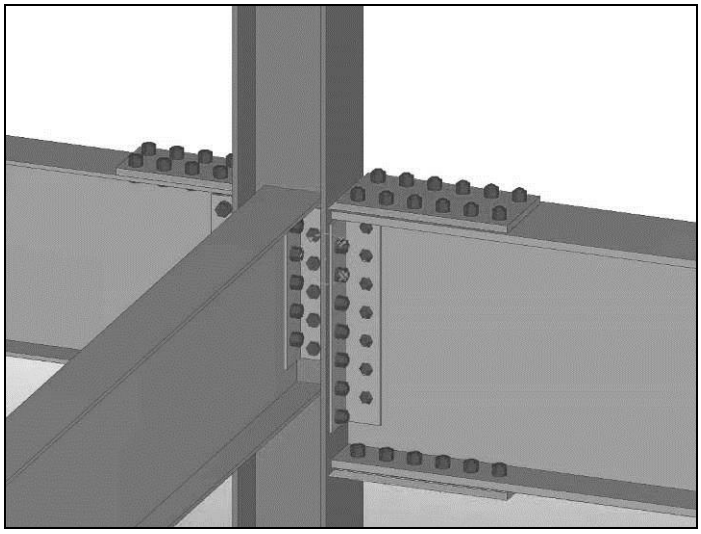


Figuur 8.15

No.	Maatregelen staalconstructies
8.8	Stalen constructiedelen van gebouwen dienen een geleidend geheel te vormen en als een integraal onderdeel van de bliksembeveiliging te worden toegepast, zoals beschreven in paragraaf 5.3.5 en bijlage E4.3 van NEN-EN-IEC 62305-3.
	Bij de constructie van stalen balken, staanders, liggers etc. met boutverbindingen wordt er van uitgegaan dat er een afdoende galvanisch contact ontstaat. Er behoeven derhalve geen extra aardverbindingen tussen constructiedelen te worden aangebracht, mits er geen bewust isolatielagen worden aangebracht. Een voorbeeld van een bedoelde isolatie is de combinatie van carbonstaal en roestvaststaal (b.v. een RVS kabelgoot op een carbon stalen constructie), dat bij direct galvanisch contact zal corroderen en ter bescherming wordt voorzien van b.v. een teflon tussenlaag.
8.9	De staalconstructie dient ter plaatse van staanders met een maximale afstand van 10 meter via aardplaten te worden geaard op de fundatieaarde (onderlinge verticale afstand 2 verdiepingen, zie toelichting bij 8.2).
8.10	Op het dak dienen aardplaten c.q. waterdichte verbindingen tussen het daknet en de staalconstructie van het gebouw te worden aangebracht om metalen objecten op het dak te kunnen aansluiten en vereffenen met de staalconstructie die als afgaande leidingen fungeert.
8.11	Betonnen prefab delen, zoals vloeren of gevelplaten dienen te worden voorzien van aardplaten en met maximale afstanden van 10 meter te worden geaard op de staalconstructie.

Figuur 8.16

Figuur 8.17



Figuur 8.18

Figuur 8.19

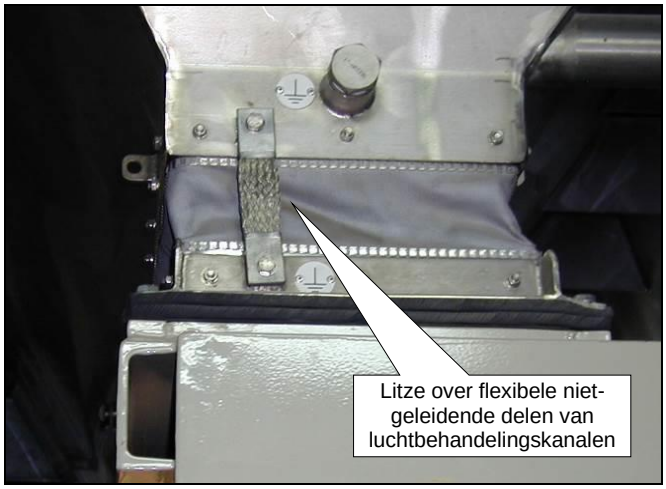
9. Werktuigbouwkundige installatie

Voor werktuigbouwkundige installaties dienen de volgende algemene maatregelen te worden genomen:

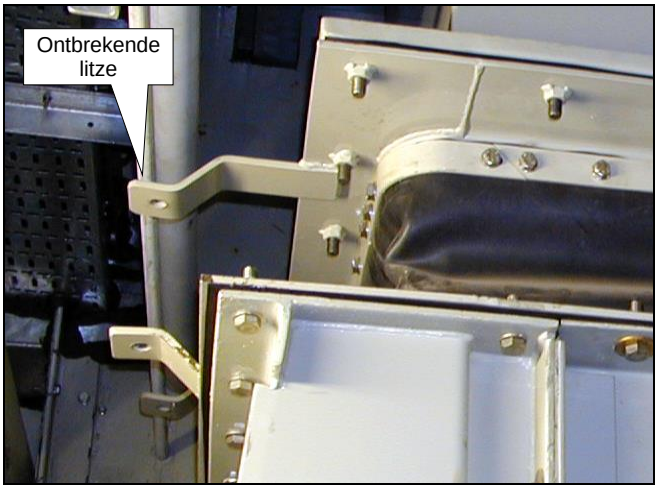
No.	Maatregelen staalconstructies
9.1	Metalen leidingen van buiten dienen bij invoer in het gebouw te worden aangesloten op de aarding/ potentiaalvereffeningsinstallatie van het gebouw. Hiermee worden geïnduceerde spanningen op de leidingen als gevolg van bliksemontladingen vereffend (figuren 9.1 en 9.2).
	Voor de uitvoering van EM zoneringsmaatregelen bij de invoer van kabels van werktuigbouwkundige installaties wordt verwezen naar hoofdstuk 11 EM zoneringsmaatregelen
9.2	Metalen leidingen, luchtbehandelingskanalen en andere metalen delen van de werktuigbouwkundige installatie (zoals luchtbehandelingskasten, pompunits etc.) dienen te worden vereffend met flexibele aardlitze (figuur 9.3). Hiermee wordt een vermazing verkregen, waarmee stoorspanningen op elektronische apparatuur van de werktuigbouwkundige installatie worden gereduceerd.
9.3	Flensen van metalen pijpleidingen, waarvan de elektrische continuiteit niet kan worden gegarandeerd, dienen te worden overbrugd met flexibele aardlitze (figuur 9.5). Een uitzondering vormen ondergrondse delen van pijpleidingen die bewust geïsoleerd dienen te blijven vanwege de geïnstalleerde kathodische bescherming. Over deze geïsoleerde flenzen dient een vonkbrug te worden aangebracht (9.6).
9.4	Metalen serviceleidingen van objecten op het dak dienen bij doorvoer te worden vereffend met het daknet van de bliksemafleiderinstallatie, zoals weergegeven in figuur E.34 van NEN-EN-IEC 62305-3 (figuur WT7).

Figuur 9.1

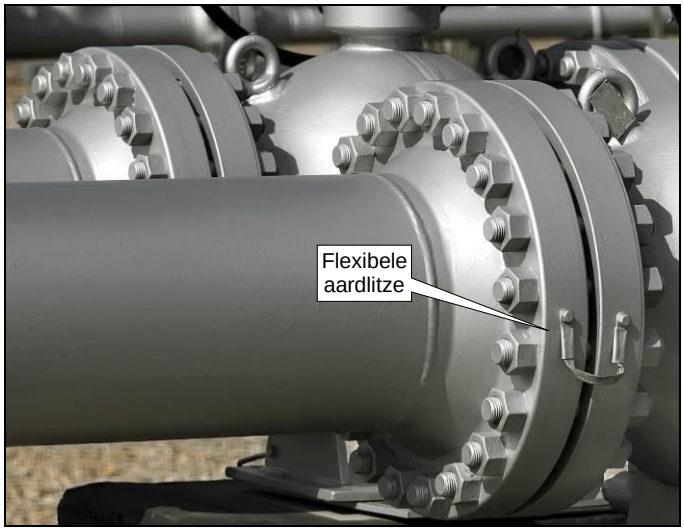
Figuur 9.2



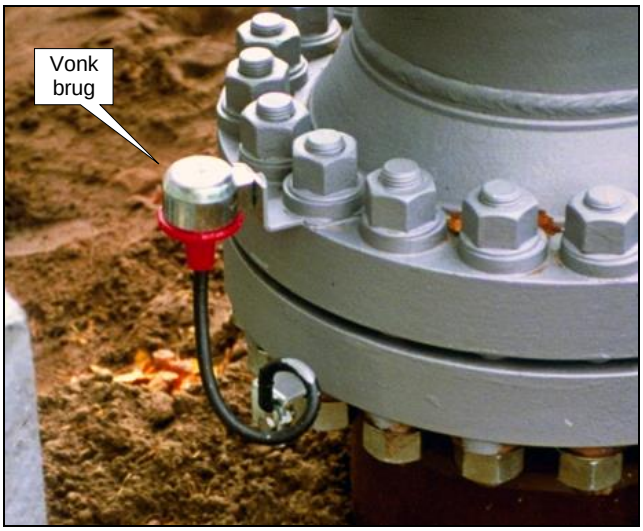
Figuur 9.3



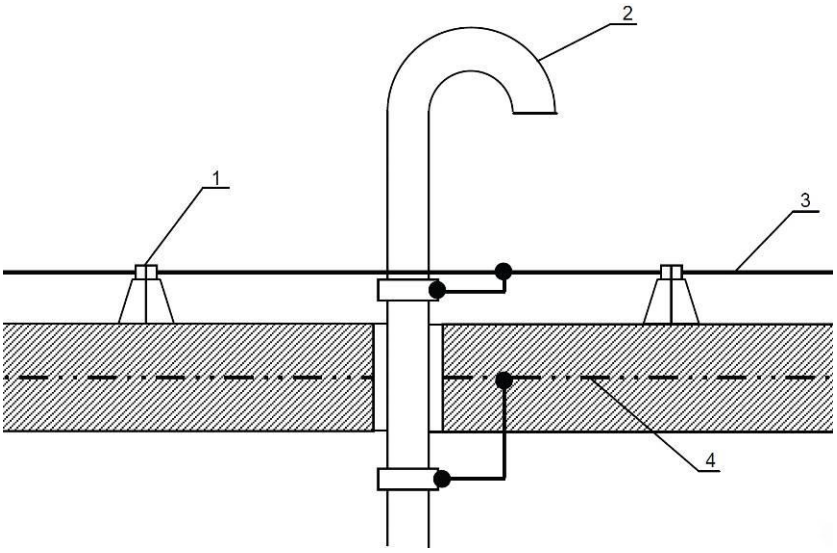
Figuur 9.4



Figuur 9.5



Figuur 9.6 (Bron: Dehn)



Legenda

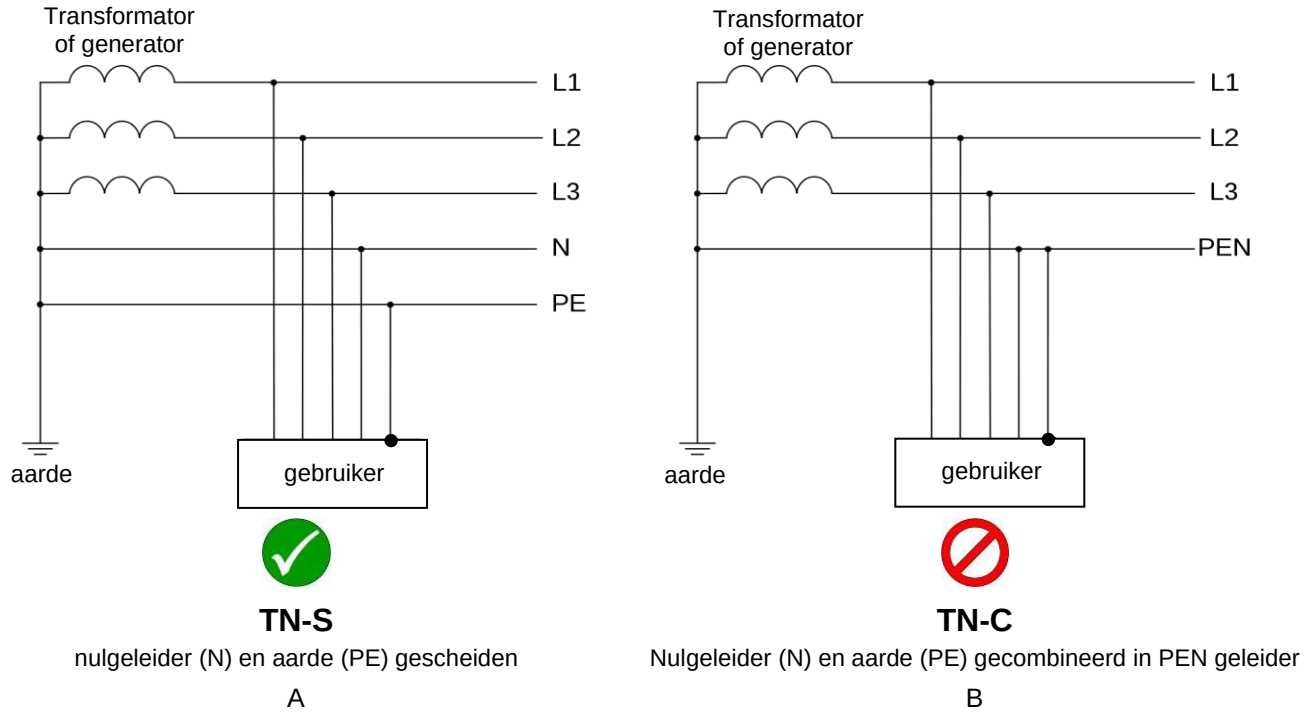
1 bevestiging opvangleiding
2 metalen buis
3 horizontale opvangleiding
4 stalen wapening in het beton

Figuur 9.7 Doorvoer leiding door dak en aansluitingen bliksemafleiderinstallatie (figuur E.34 van NEN-EN-IEC 62305-3)

10. Elektrotechnische installatie

10.1. Stroomstelsels

Elektrotechnische installaties op het VU terrein dienen uitsluitend volgens het TN-S stroomstelsel (figuur 10.1A) te worden uitgevoerd. Dit is een installatie waarbij de nulgeleider en de veiligheidsaarde vanaf de hoofdverdeler met gescheiden geleiders zijn uitgevoerd, d.w.z. de voedingskabels zijn 5-aderig (3 fasen, N en PE). Een TN-C stelsel (figuur 10.1B), waarbij de nulgeleider en de veiligheidsaarde in één gezamenlijke PEN geleider worden gecombineerd, is niet toegestaan.



Figuur 10.1 Stroomstelsels

De geleiders tussen de distributietransformator en de hoofdverdeler wordt veelal uitgevoerd met een gecombineerde nulgeleider-aarde. Deze zogenaamde TN-CS variant is toegestaan, mits deze verbinding kort is (orde enkele tientallen meters).

Diverse internationale normen als EN 50174-2 [7] en IEC 60364-4-44 [4] bevelen het gebruik van een TN-S stelsel aan in gebouwen met ICT-systemen, omdat met dit stroomstelsel de minste EMC problemen voorkomen. In een TN-C stelsel lopen retourstromen van de nulgeleider door de aardingsinstallatie en, via de potentiaalvereffening, door metalen leidingen en betonwapening. Deze stromen produceren laagfrequent magnetische velden die een storende invloed hebben op gevoelige elektronica als medische diagnose systemen en elektronenmicroscopen.

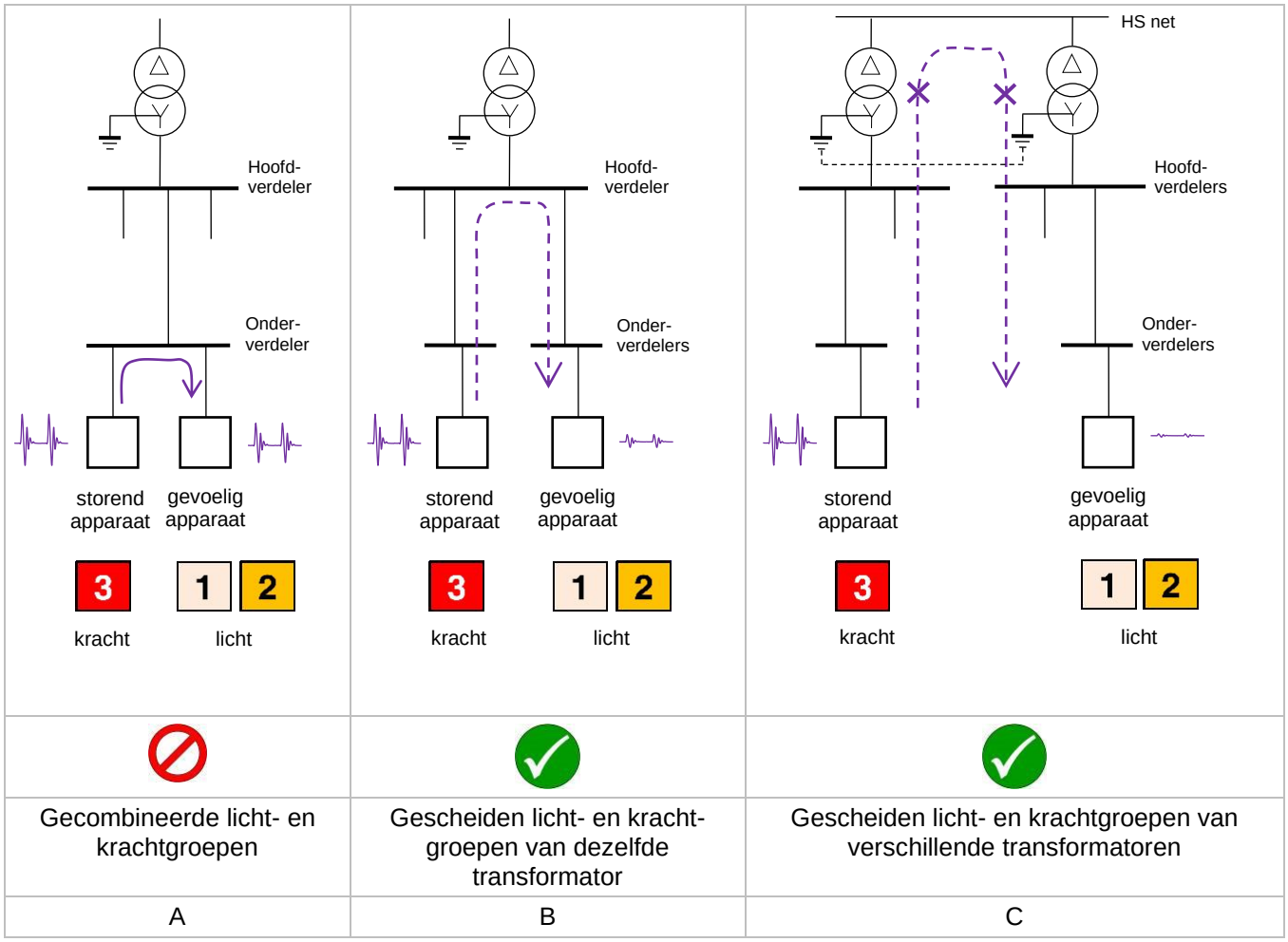
10.2. Licht- en krachtinstallaties

Voor installaties met grote machines voor luchtbehandeling, liften, pompen etc. (welke worden aangeduid met krachtinstallaties, EM-zone 3) en elektronische besturings- en netwerkapparatuur (EM-zone 2) dienen separate voedingsgroepen te worden aangelegd om galvanische koppeling van stooreffecten als transients en geleide stoorspanning van frequentieregelaars via een gemeenschappelijk voedingsnet te voorkomen. In figuur 3 is het principe van installatie opbouw weergegeven:

- figuur 10.2A: storende (EM-zone 3) apparatuur en gevoelige apparatuur (EM zone 1/2) apparatuur worden van dezelfde onderverdeler gevoed, waardoor geleide emissie (stoorspanning) direct via de voeding oversteekt van EM zone 3 naar EM zone 1/2. Deze voedingsverdeling is niet toegestaan.
- figuur 10.2B: bij deze installatie is vanaf de hoofdverdeler onderscheid gemaakt in een licht- en krachtdeel, waar-door stoorspanning van industriële apparatuur (EM zone 3) door kabeldemping wordt gereduceerd. Een typische dempingswaarde van voedingskabels is 5dB/10m kabellengte. Voor de meeste installaties is deze methodiek van netscheiding derhalve toereikend.
- Figuur 10.2C: besturingselektronica en krachtinstallaties worden bij voorkeur vanaf separate voedingstrans-formatoren gevoed. Naast de kabeldemping geven de transformatoren extra demping (typical waarde ≥30dB voor een harskerntransformatoren zonder aardscherm).

Naast het omschreven principe van een indeling naar licht- en krachtinstallaties kan een voedingsscheiding worden verkregen met behulp van:

- een UPS, mits uitgevoerd met filters c.q. scheidingstransformatoren (zie EMC normen in hoofdtuk 18).
- een isolatietransformator voor medische- en onderzoeksruimten. Dergelijke transformatoren worden toegepast om lekstromen te beheersen in verband met patientveiligheid, maar leveren ook demping van geleide emissie.



Figuur 10.2 Principe van netscheiding

Voedingskabels van storende apparatuur (EM zone 3 / kracht) mogen niet in dezelfde goot worden geïnstalleerd als voedingskabels van gevoelige apparatuur (EM zone 2 / licht).

De aarding van verschillende onderverdelers (EM zone 3 / kracht en EM zone 2 /licht) maken deel uit van dezelfde vermaasde aardingsinstallatie, d.w.z. deze worden onderling vereffend.

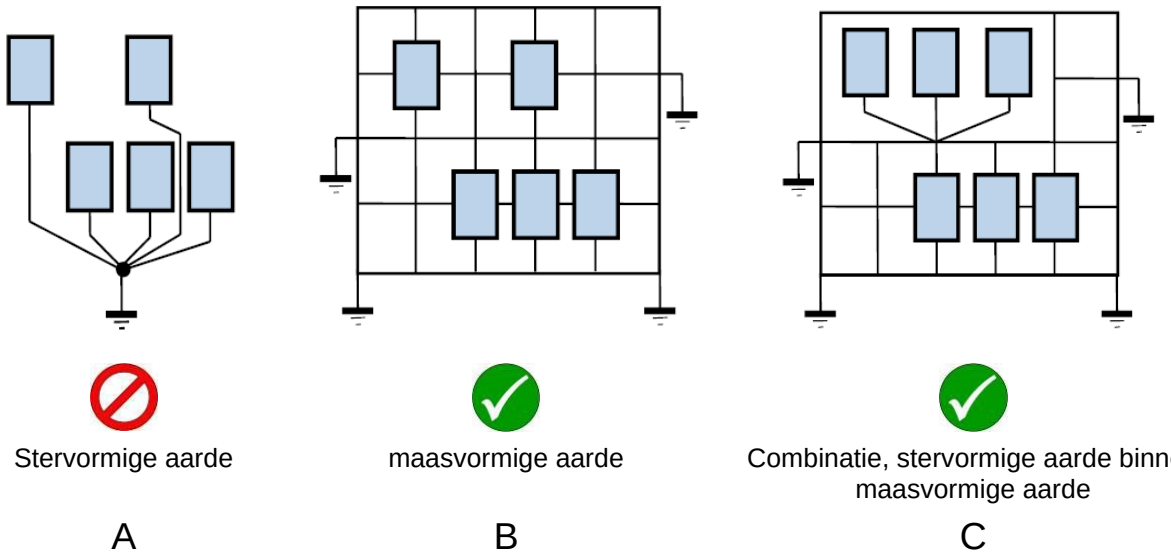
Sterpunten van verschillende transformatoren en (noodstroom)generatoren dienen te worden aangesloten op de gemeenschappelijke aardings- en potentiaalverefeningsinstallatie.

10.3. Aarding en potentiaalvereffening

De basis van de EMC installatiemaatregelen is een aarding- en potentiaalvereffeningsinstallatie, waarvoor de volgende eisen gelden:

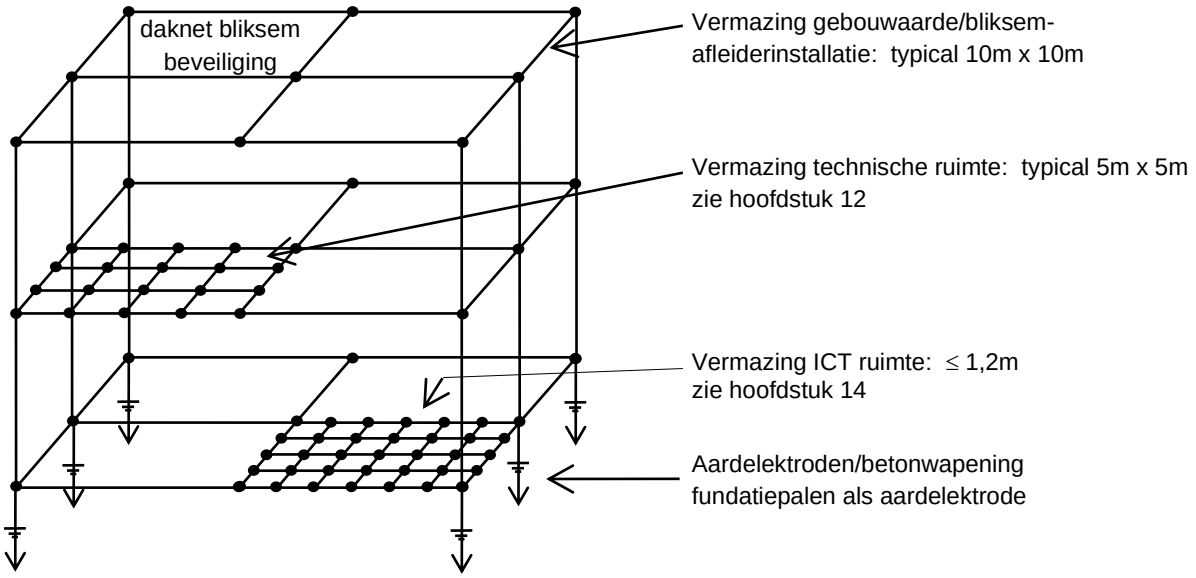
No.	Maatregelen aarding- en potentiaalvereffening algemeen
10.1	Er dient een enkelvoudige aardings- en potentiaalvereffeningsinstallatie te worden aangelegd waarin de aspecten elektrische veiligheid (NEN 1010), bliksembeveiliging (NEN-EN-IEC 62305-3 [5]) en EMC (NPR-IEC/TR 61000-5-2 [2] en IEC 60364-4-44 [4]) worden gecombineerd. De aardings- en potentiaal-vereffeningsinstallatie dient een maasvormige structuur te hebben, zoals weergegeven in figuur 10.3B en –C en in de figuren 10.4 en 10.5. De installatie bestaat uit: ■ Specifiek aangebrachte aardgeleiders, ■ Kabelgootstructuur van galvanisch gekoppelde kabelgoot- en ladderbaansecties, ■ Metalen leidingen voor water, gas, luchtbehandelingskanalen, ■ Betonwapening, ■ Staalconstructie van vloeren en gebouw(delen).

No.	Maatregelen aarding- en potentiaalvereffening algemeen
	De vermazing dient zowel in horizontale richting als in verticale richting typical 10 m x 10 m te bedragen. Metalen leidingen en gootstructuren dienen in de horizontale richting om de maximaal 30 m en in verticale richting om de 10 meter (om de twee verdiepingen) met de aardingsinstallatie te worden vereffend.
10.2	Specifieke stervormige aardingsinstallaties met separate aardelektroden ten behoeve van instrumentatie zijn niet toegestaan (Figuur 10.3A).
10.3	Een stervormige aarding is alleen toegestaan in medische- of onderzoeksruimten, ter voorkoming van LF lekstromen. De stervormige aarding dient echter te worden geïnstalleerd binnen een vermaasd aardnet (Figuur 10.3C).
10.4	De grootte van de vermazing van de aardings- en potentiaalvereffeningsinstallatie in gebouwen wordt bepaald door de bliksembeveiligingsklasse. Op basis van de minimaal vereiste bliksembeveiligingsklasse LPLII dient de vermazing maximaal 10m x 10m te zijn.



Figuur 10.3 Verschillende aardingsconfiguraties

10.5	In apparatuurruimten dient een kleinere vermazing van maximaal 5m x 5m te worden aangehouden, zoals getoond in figuur 10.4.



Figuur 10.4 Vermazing aardingsinstallatie, verfijnde vermazing voor technische- en ICT ruimten

10.6	De kleinere vermazing in apparatuur ruimten kan worden verkregen door het aanleggen van een vermaasd aardnet, door het gebruik van de vloerconstructie als vermazing en/of door het gebruik van stalen kabelgoten als vermazing, zoals verder omschreven in hoofdstuk 12 en figuur 12.3.

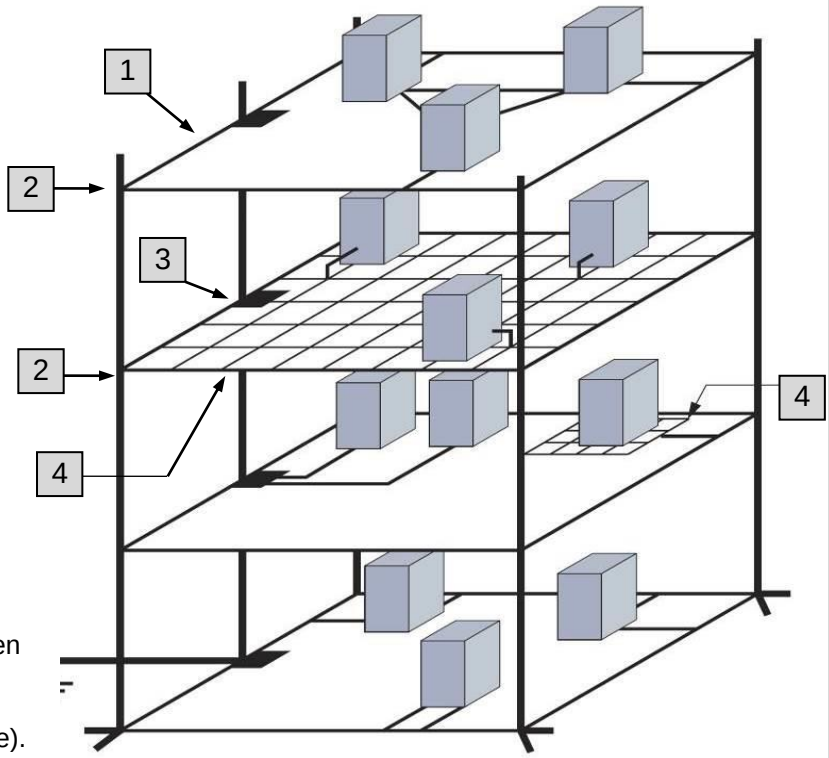
10.7 De combinatie van aardings- en bliksembeveiligingsinstallatie voor een gebouw met meerdere verdiepingen bestaat uit:

1 Ringleiding per verdieping

2 Koppeling met de bliksem-afleiderinstallatie, gekoppeld per 2 verdiepingen. De verticale geleiders van bliksemafleider-installatie kunnen bestaan uit specifieke afgaande leidingen (8mm ∅, 50mm^2) of wapenings-staal in de kolommen van het gebouw (zie hoofdstuk 8, Civiele Techniek).

3 Koppeling ringleidingen via centrale kabel/leidingschacht

4 Fijnere vermazing voor ruimten met hoge concentratie elektronische apparatuur (technische ruimte, ICT ruimte).

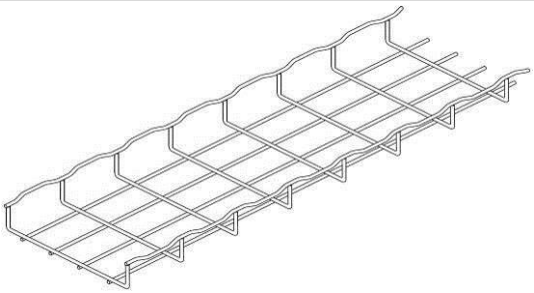
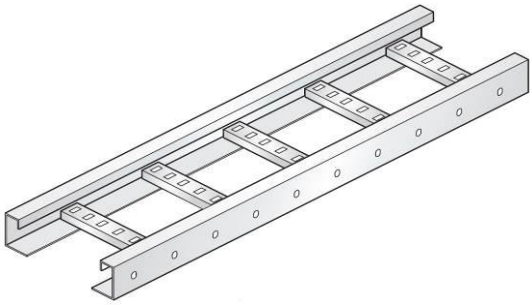
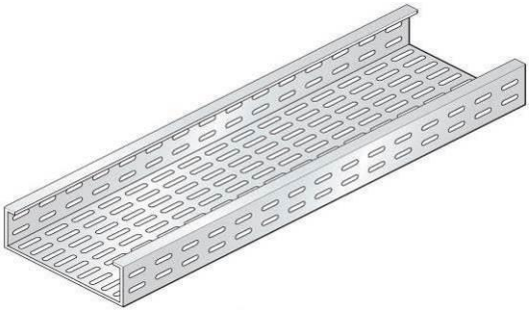
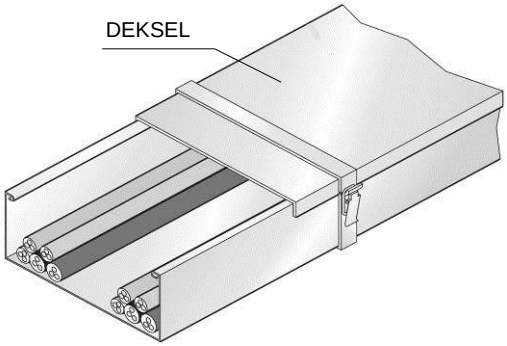


Figuur 10.5 Aardingsinstallatie voor gebouw met bliksemafleiderinstallatie

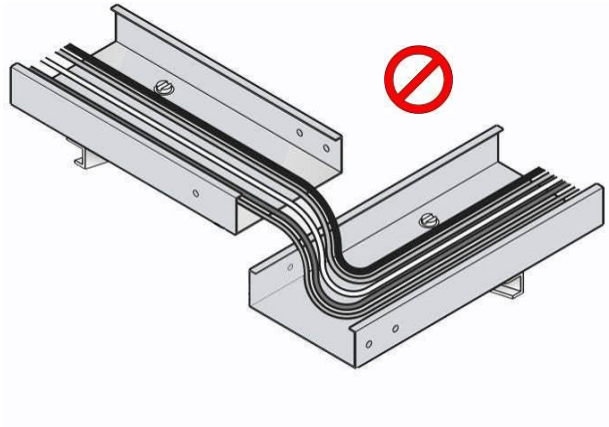
10.4. Kabelgoten en ladderbanen

Kabelgoten en ladderbanen dienen onderdeel te zijn van de aarding/potentiaalvereffeningsinstallatie en dienen te fungeren als PEC (Parallel Earthing Conductor). Hiertoe dienen de volgende maatregelen te worden uitgevoerd.

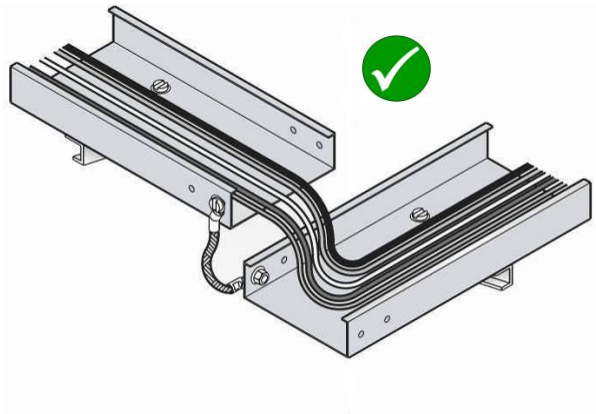
No.	Maatregelen kabelgoten en ladderbanen	Geldig voor
10.8	Kabelgoten en ladderbanen dienen geleidend te zijn, b.v. gegalvaniseerd/thermisch verzinkt staal, zie de voorbeelden in figuur 10.6. Kabelgoot- en ladderbaansecties dienen onderling elektrisch te worden gekoppeld met koppelstukken. Voor overgangen waarvoor geen standaard koppelstukken voorhanden zijn dienen goot- en ladderbaansecties te worden gekoppeld met korte aardlitze (≥16mm^2, lengte <30cm), zie de voorbeelden in figuren 10.7 t/m 10.10.	Alle gebouwen
i	De onderlinge elektrische verbindingen tussen goot- en ladderbaansecties bij gebruik van koppelstukken dienen deugdelijk te zijn. Bij het gebruik van schroef- of klikverbindingen dient de kwaliteit van de elektrische geleiding over gebruiksduur van van het materiaal met de leverancier te worden afgestemd.	
10.9	Gelakte kabelgoten mogen niet worden toegepast met uitzondering van wandgoten in kantoorruimten.	Alle gebouwen
10.10	De goten en ladderbanen dienen op onderlinge afstanden van maximaal 10m te worden geaard op het aardnet van het gebouw.	Alle gebouwen
10.11	Voor technische – en ICT ruimten dienen de goten en ladderbanen op onderlinge afstanden van maximaal 5m te worden geaard op het aardnet van het gebouw.	
10.12	Kabelgoten en ladderbanen dienen bij invoer in een technische ruimte of een ICT ruimte, bij het kruisen van de ringleiding, te worden aangesloten op de aardringleiding (≥16mm^2, lengte <30 cm), zie tevens de voorbeelden in figuur 12.5. Eisen ten aanzien van de aardringleiding en het gebruik van alternatieve geleiders zijn beschreven in 12.1.	
10.13	Kabelgoten en ladderbanen dienen elektrische te worden gekoppeld met apparatuurkasten door gebruik te maken van koppelstukken of korte aardlitze (≥16mm^2, lengte <30cm).	

Type goot	Uitvoering	EMC eigenschappen	
Plastic/GRP kabelgoot		⊘	Ongeschikt als PEC
		⊘	Geen afscherming.
Draadgoot (staal)		✓	Geschikt als PEC wanneer draadgoot-secties onderling zijn gekoppeld.
		⊘	Geen afscherming tussen kabels in draadgoten onderling.
Kabelladder (staal)		✓	Geschikt als PEC wanneer ladder-baansecties onderling zijn gekoppeld.
		⊘	Geringe afscherming tussen kabelladders onderling. Grotere scheidingsafstanden zijn noodzakelijk.
U-vormige geperforeerde kabelgoot (staal)		✓	Geschikt als PEC wanneer gootsecties onderling zijn gekoppeld.
		✓	Afscherming tussen kabelladders onderling.
Gesloten kabelgoot met deksel (staal)		✓	Geschikt als PEC wanneer gootsecties onderling zijn gekoppeld.
		✓	Optimale afscherming

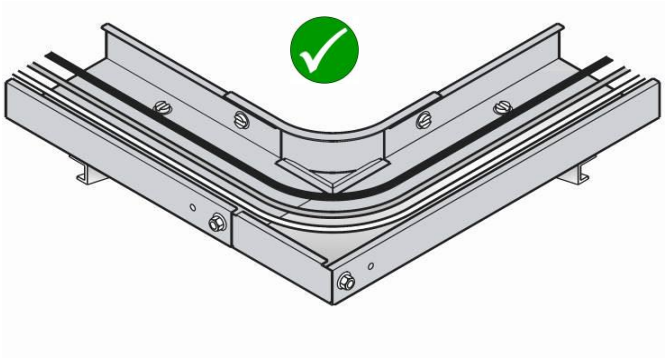
Figuur 10.6 Verschillende type kabelgoten en hun EMC eigenschappen (Bron:Gouda Holland)



A Fout, geen doorverbinding

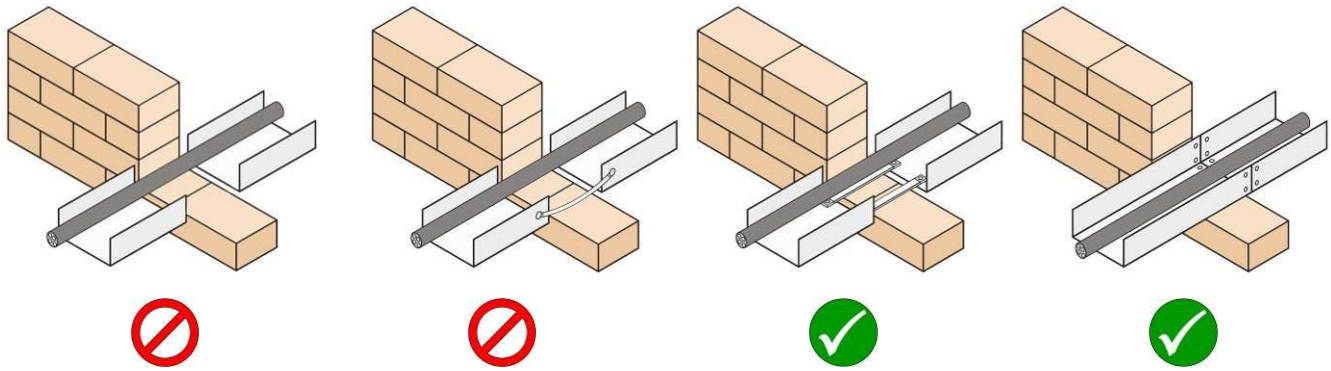


B Minimaal vereist, koppeling met litze of korte aarddraad



C Optimaal, koppeling met koppelplaat

Figuur 10.7 Verschillende overgangen tussen kabelgootsecties (Bron:Gouda Holland)



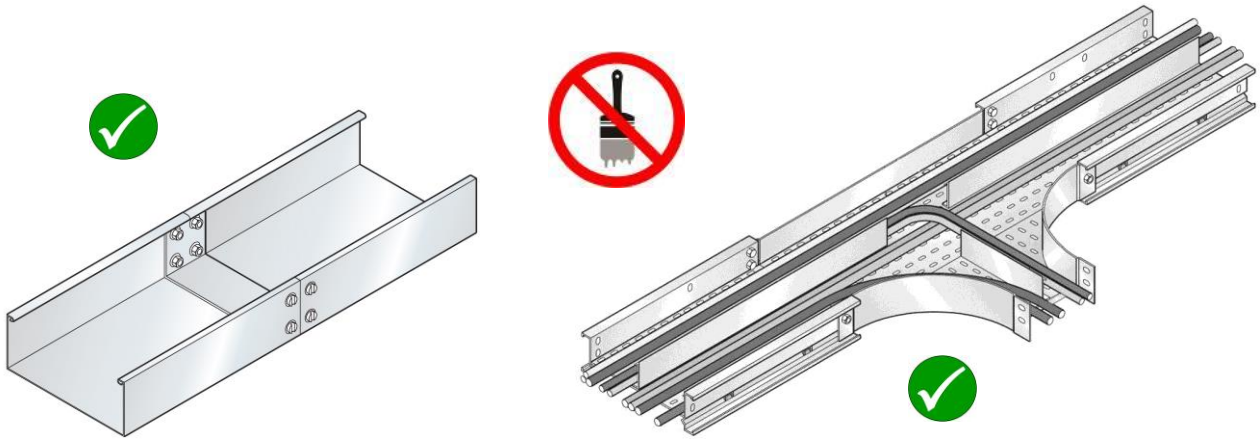
Fout, geen doorverbinding

Fout, doorverbinding met enkele aarddraad

Acceptabel, doorverbinding met dubbele litze

Optimaal, doorverbinding met U-vormig koppelstuk

Figuur 10.8 Koppeling kabelgootsecties bij muurdoorvoer (Bron:Gouda Holland)



Figuur 10.9 Koppeling kabelgootsecties met koppelplaten, onderdelen mogen niet gelakt zijn (Bron:Gouda Holland)

A Koppeling kabelgoot – apparatuurkast

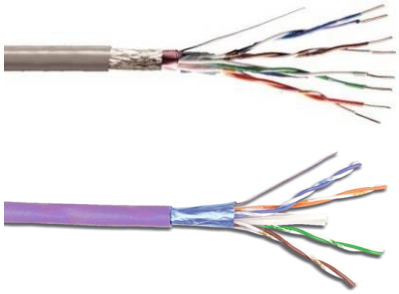
A Koppeling kabelgoot – apparatuurkast

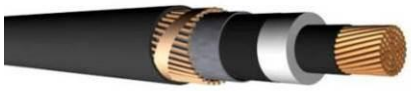
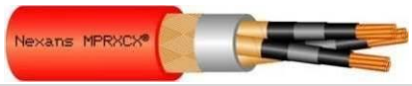
C Koppeling gootsecties bij kruising goten

Figuur 10.10 Praktijkvoorbeelden koppeling kabelgootsecties

10.5. Kabelklassificering en kabelscheiding

Kabels dienen op basis van hun signaal/spannings- en stroomniveau te worden geklassificeerd naar elektromagnetisch (EM) niveau. De indeling van kabels in EM niveaus dient in overeenstemming te zijn met NPR-IEC/TR 61000-5-2, waarbij het aantal kabelklassen mag worden gereduceerd tot 3 klassen (figuur 10.11):

Afk.	EM klassificering	Type kabel	Voorbeeld
KL1	gevoelig	▪ instrumentatiekabels ▪ meldingslussen brandmeld installatie ▪ data kabels ▪ veldbussen (KNX, DALI, BACnet e.d.) KNX = open STANDAARD voor huis- en gebouwenautomatisering DALI = Digital Addressable Lighting Interface BACnet = Building Automation and Control Network	
		▪ coaxiale kabel voor CCTV, ▪ radiofrequent kabels met uitzondering van “leaky coax” antenne kabels, welke aan de buitenkant van kabelgoten worden gemonteerd)	
		▪ signaalkabels (afgeschermd, niet/afgeschermd, brandmeld/ installatie, omroep)	

Afk.	EM klassificering	Type kabel	Voorbeeld
KL2	Indifferent	▪ voedingskabels verlichting, algemeen ▪ voedingskabels solenoids/kleppen met ontkoppeling ▪ voedingskabels t.b.v. apparatuur volgens emissienorm NEN-EN-61000-6-3	
KL3	Storend	▪ motorkabels frequentieregelaars ▪ voedingskabels solenoids/kleppen zonder ontkoppeling ▪ voedingskabels t.b.v. apparatuur volgens emissienorm NEN-EN-61000-6-4	
		▪ enkel fase voedingskabels	
		▪ hoogspanningskabels	

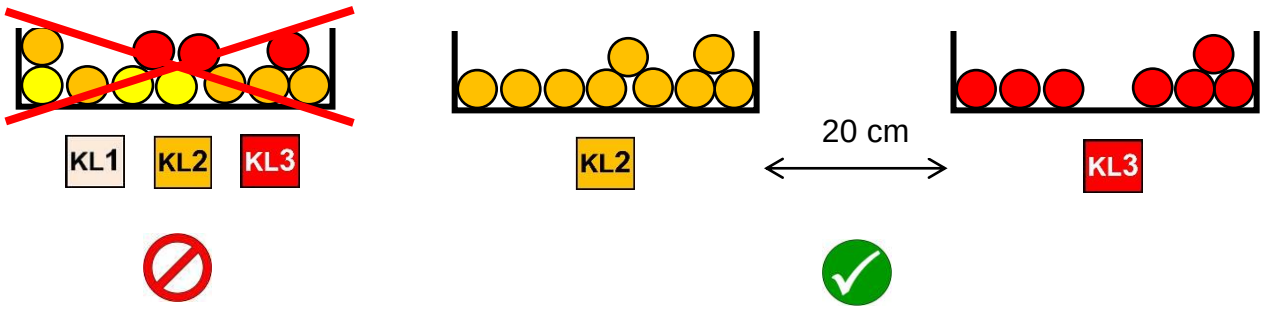
Figuur 10.11 EM klassificering bekabeling (Bron:diverse kabelleveranciers)

Kabelgoten en ladderbanen dienen ten aanzien van de kabelklasse om de 10 meter duidelijk te worden voorzien van markeringen (KL1, KL2 en KL3).

Kabelgoten en ladderbanen dienen een maximale vulfactor zoals vermeld in het Generiek Technisch Programma van Eisen [1].

No.	Kabelscheiding
10.14	Kabels met een verschillend EM niveaus dienen door middel van separate kabelgoten of ladderbanen te worden gescheiden om capacitieve en inductieve koppeling te reduceren.
10.15	Ten aanzien van de te hanteren scheidingsafstanden gelden voor ladderbanen en kabelgoten in een horizontale of verticale opstelling de waarden zoals weergegeven in figuur 10.12.

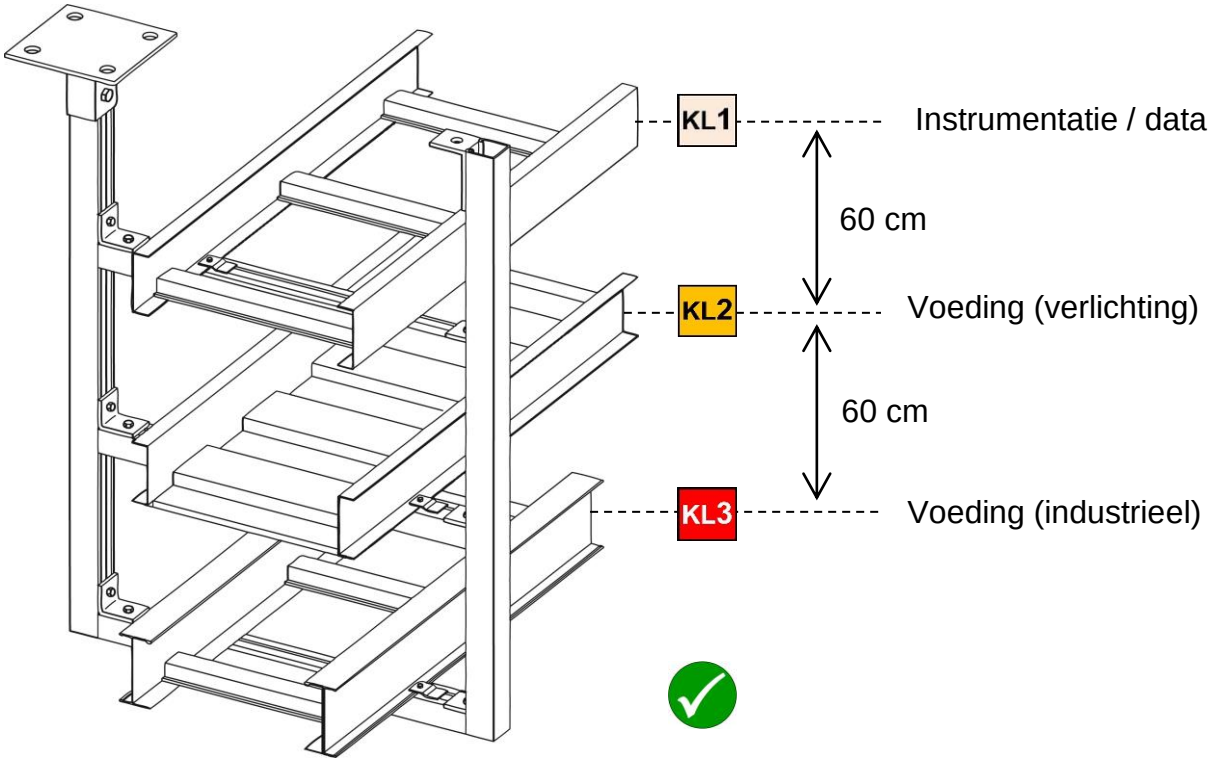
Kabelafstand als functie van kabelklasse	Ladderbaan verticaal	Open kabelgoot horizontaal	Open kabelgoot verticaal	Dichte kabelgoot hor./vert.
KL1 ←→ KL2	60 cm	20 cm	30 cm	0 cm
KL2 ←→ KL3	60 cm	20 cm	30 cm	0 cm
KL1 ←→ KL3	100 cm	50 cm	60 cm	0 cm



Figuur 10.12 Scheidingsafstanden voor ladderbanen en kabelgoten

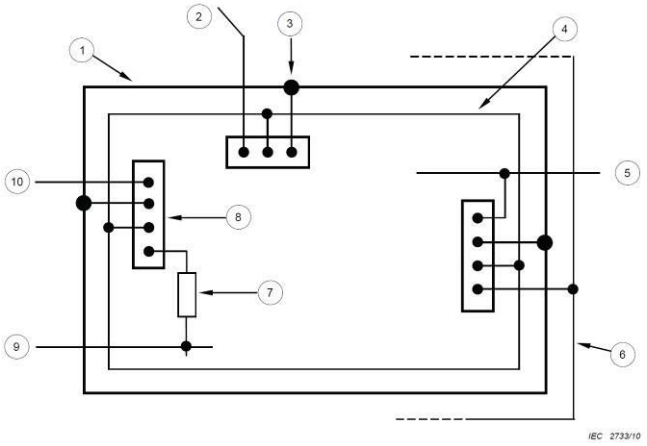
10.16	Op locaties waar geen ruimte is voor kabelscheiding dienen stalen kabelgoten met gesloten deksel te worden toegepast; bij deze optimale afscherming tussen de kabelklassen zijn geen minimale onderlinge afstanden van toepassing (zie rechter kolom figuur 10.12).
10.17	Bij toepassing van een gesloten kabelgoot met scheidingsschot dient het scheidingsschot over de gehele lengte van de goot contact te maken met zowel de goot als het deksel.

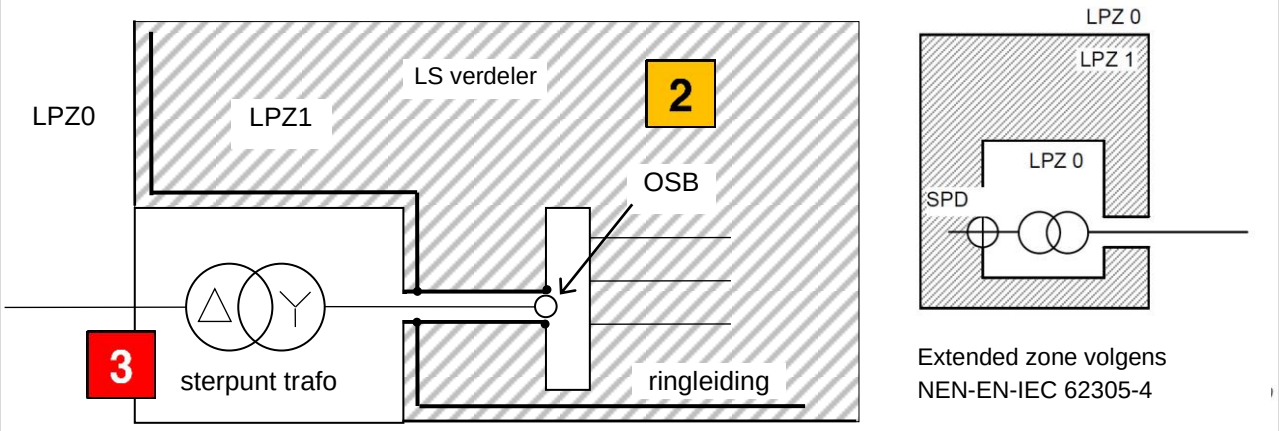
10.18	Een scheidingsschot gemonteerd op een ladderbaan biedt nauwelijks extra afscherming; hier dienen voor verschillende kabelklassen de onderlinge afstanden van separate ladderbanen te worden toegepast conform de afstanden als gespecificeerd in figuur 10.12.



Figuur 10.13 Voorbeeld scheidingsafstanden voor verticale ladderbanen (Bron:Gouda Holland)

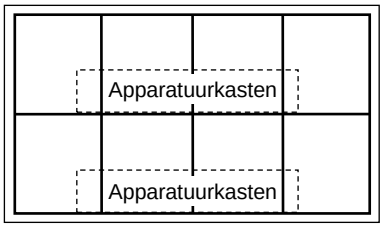
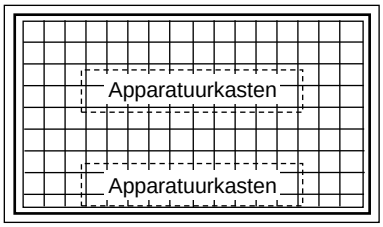
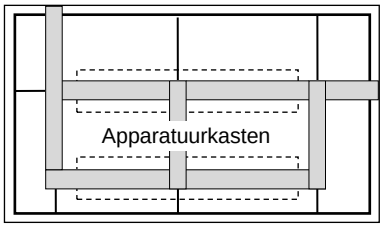
11. EM zoneringsmaatregelen

No.	Maatregelen EM zonering
11.1	Bij de kabelinvoer in het gebouw dient de afscherming c.q. de stalen mantel van grondkabels te worden vereffend met de lokale aarde. Dit principe van aansluiting van kabelschermen dient op basis van EM zonering in de ruimten in het gebouw te worden herhaald.  1. Betonwapening buitenmuur 2. Aansluiting aardelektrode(n) 3. Potentiaalvereffeningspunt 4. Interne ringleiding 5. Binnenkomende gearmeerde kabel of leiding 6. Ringaardelektrode 7. Overspanningsbeveiliging van niet-gearmeerde kabel 8. Potentiaalvereffeningsrail 9. Niet gearmeerde kabel 10. Aansluiting aardelektrode(n) *Figuur 11.1 Potentiaalvereffening EM zone overgang (NEN-EN-IEC 62305-3 [4])* *Figuur 11.2 Voorbeelden kabelinvoer, aansluiting armering op ringleiding*
11.2	Bekabeling aangesloten op EM zone 2 (residentiële) apparatuur die door een EM zone 3 wordt geleidt, dient te zijn geïnstalleerd in een separate, afgeschermde kabelgoot.
	Voorbeeld: netwerkbekabeling, die tussen een serverruimte en kantoorruimten (EM zone 2) wordt aangelegd en die door een technische ruimte (EM zone 3) loopt, dient in een afgeschermde goot te worden gelegd, een zogenaamde afgeschermde corridor. In deze goot mogen geen kabels van de technische ruimte, d.w.z. van EM zone 3 apparatuur worden gelegd, zie tevens het voorbeeld in appendix 2.
11.3	Bekabeling van EM zone 2 apparatuur naar EM zone 3 apparatuur (visa versa) dient te zijn afgeschermd. De afscherming dient aan beide zijden in de locale apparatuurkast te zijn aangesloten op aarde (maximale aansluitdraad 15 cm). Bij voorkeur dienen voor deze aansluitingen wartels of schermklemmen te worden toegepast.
11.4	Qua EM zonering mogen zone overgangen verschoven worden en kunnen zogenaamde “extended zones” gecreerd worden, mits de kabelscheiding en afscherming met goten correct wordt uitgevoerd. Voorbeeld: in een 10kV/400V traforuimte wordt de mantel van de binnenkomende 10kV kabel niet vereffend, maar worden de volgende maatregelen genomen (figuur 11.3): ■ Het sterpunt van de transformator wordt gekoppeld met de PE van de LS installatie en vereffend met de ringleiding, ■ De LS verdeler is de enige locatie met overspanningsbeveiliging. Deze wordt vereffend met de ringleiding in de LS ruimte.

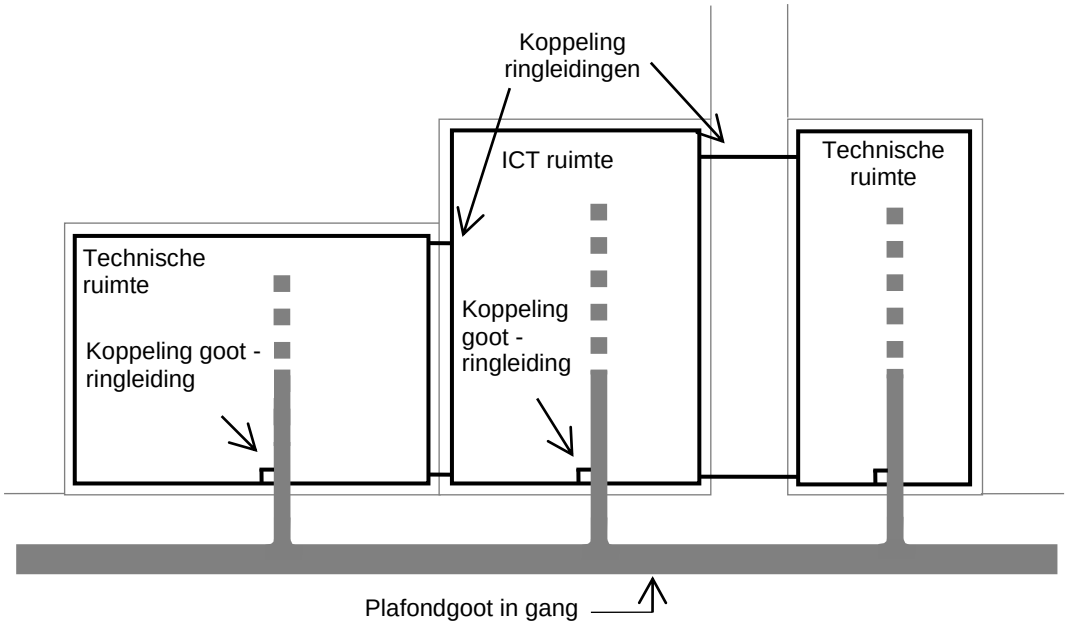


Figuur 11.3 Voorbeeld extended zone voor de aansluiting van een 10kV/400V transformator

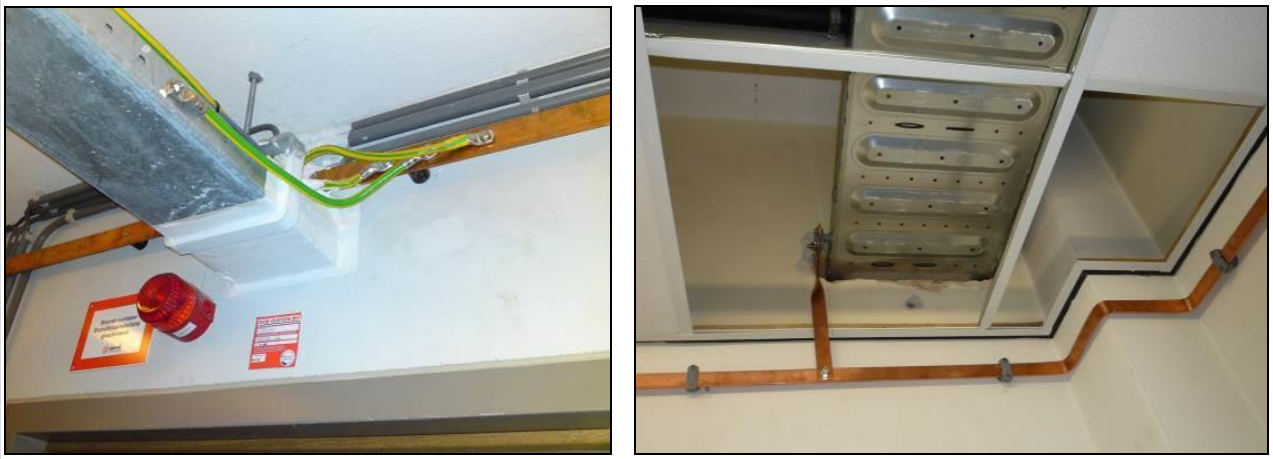
12. Ringleiding en vermazing apparatuurruimten

No.	Maatregelen / kleinere vermazing
12.1	Voor ruimten met een hoge concentratie elektronische apparatuur, zoals technische ruimten, ICT ruimten en onderzoeksruimten dient de vermazing kleiner te zijn: maximaal 5m x 5m. Voor deze ruimten gelden de volgende specifieke eisen: Een ringleiding te worden geïnstalleerd, bestaande uit aardrail of aarddraad (Cu ≥50mm^2, 8mm∅). De aardringleiding kan worden gemonteerd: ■ op vloerhoogte, wanneer de ruimte een verhoogde (computer)vloer heeft of ■ op plafondhoogte, wanneer kabels via kabelgoten van bovenaf op de apparatuurkasten worden ingevoerd. De ringleiding dient te worden gekoppeld met de ringleiding van naburige ruimten in een maximale vermazing van 10 meter. Voor de aarddraad of aardrail kunnen voor de ringleiding alternatieve geleiders worden gebruikt, zoals stalen kabelgoten, buisleidingen, luchtbehandelingskanalen, mits deze een aaneengesloten geleiden de ring vormen (zie figuur 12.2).
12.2	Op de ringleiding worden leidingen, kabelgoten en metalen gestellen zoals apparatuurkasten aangesloten.
	 Figuur 12.1 *Figuur 12.2*
12.3	Bovenvermelde apparatuurruimten dienen in combinatie met de ringleiding tevens een vermaasd aardnet te hebben in de vorm van minstens één van de volgende voorzieningen: ■ een 5m x 5m aardnet (≥50mm^2), aangelegd in een verhoogde vloer, ■ een 1,20m x 1,20m aardnet (≥16mm^2) in de vloer, dat is aangesloten op de vloerpoten van de verhoogde vloer en tevens fungeert als aardnet voor afleiding van statische elektriciteit (ESD preventie), zie verder computervloer in hoofdstuk 14), ■ een stalen vloerconstructie (b.v. 0,6m x 0,6m) ten behoeve van een verhoogde vloer (zonder extra aardnet), mits de constructiedelen een onderling goed geleidend geheel vormen, ■ een gootconstructie, waarbij stalen kabelgoten, welke onderling met koppelstukken galvanisch zijn gekoppeld, een vermazing van 5m x 5m of kleiner vormen. Het aardnet dient op afstanden van maximaal 5m te worden gekoppeld met de ringleiding van de ruimte (≥16mm^2) en met de eventueel aanwezige aardplaten van de betonwapening.
	 Aardnet bestaand uit 5mx5m vermazing van koperdraad ≥ 25mm^2  Aardnet bestaand raster verhoogde vloer, zie 0  Aardnet bestaande uit stalen goten boven apparatuurkasten, onderling geaard in een vermazing van 5mx5m *Figuur 12.3 Verchillende vormen van vermazing in apparatuurruimten*

12.4 De aardlingleidingen van naastliggende technische- en ICT ruimten dienen op de hoeken en waar bekabeling van de ene naar de andere ruimte overstekt, onderling te worden gekoppeld.

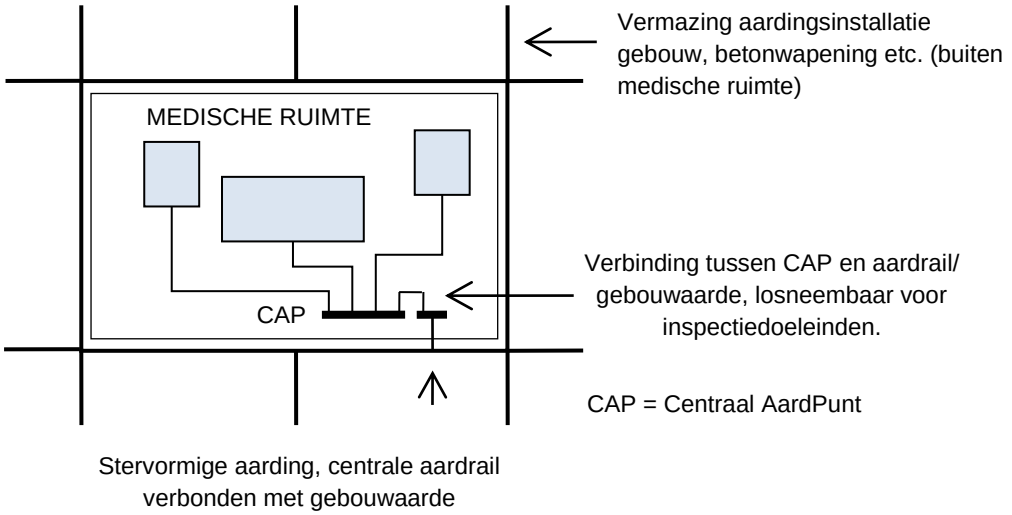


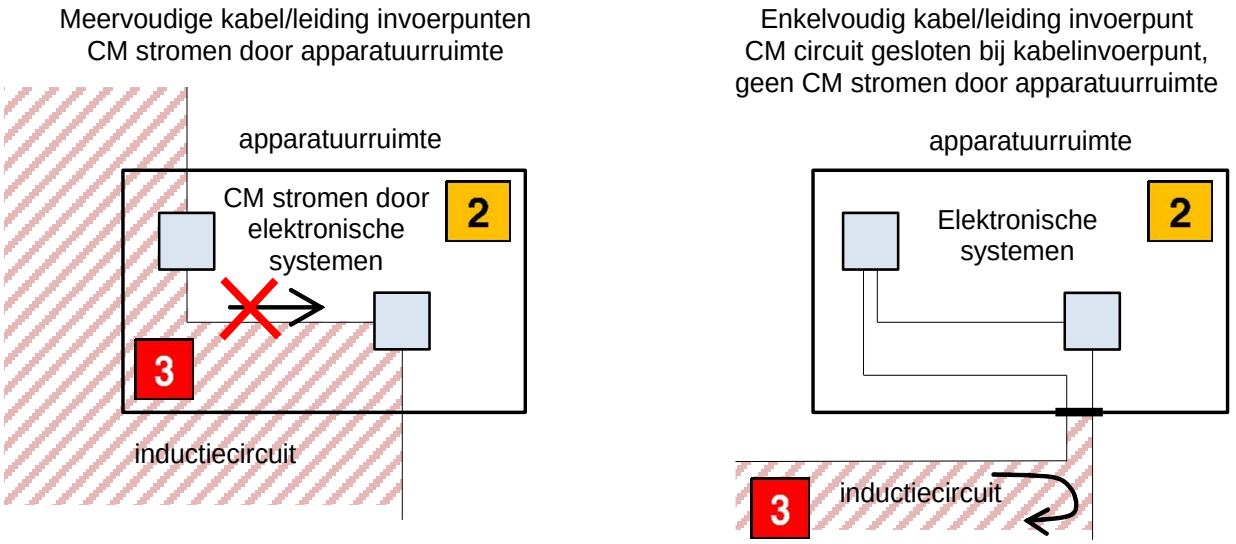
Figuur 12.4 Verschillende vormen van vermazing in apparatuurruimten



Figuur 12.5 Koppeling binnenkomende goot met ringleiding

13. Aardingsinstallatie medische- en onderzoeksruimten

No.	Maatregelen medische- en onderzoeksruimten
13.1	In een medische ruimte dienen alle apparaten en objecten binnen de ruimte in een stervormige aardingsstructuur vanaf een centrale aardpunt (CAP) te worden aangesloten conform het principe als getoond in figuur 10.3C (hoofdstuk 10). Eén en ander dient te voldoen aan de classificatie en eisen van NEN 1010:2007+C1:2008.
!	Ter beheersing van lekstromen en patientveiligheid dient classificatie (klasse 0 t/m klasse 3) volgens NEN 1010:2007+C1:2008.en de daarbij behorende elektrotechnische maatregelen strikt te worden opgevolgd. Daar waar NEN1010 eisen en EMC eisen zouden conflicteren dienen de NEN1010 eisen te prevaleren.
!	Deze stervormige aardingsstructuur geldt alleen binnen de medische ruimte. De aardingsconfiguratie buiten de ruimte dient volledig maasvormig te zijn, zoals in voorgaande hoofdstukken beschreven.
13.2	Alle vreemd geleidende delen als leidingen t.b.v. (medische) gassen worden centraal bij het CAP ingevoerd en op het CAP geaard.
13.3	Tussen het CAP en de aardrail die (buiten de ruimte) een verbinding maakt met de dichtstbijzijnde aardplaat van de betonwapening dient een losneembare verbinding te worden aangebracht ten behoeve van inspectiedoeleinden (controle stervormige structuur, verbindingen met gebouwaarde)
13.4	Voedingen worden voorzien van scheidingstransformatoren (MES = Medische Elektrische Scheiding).
	 *Figuur 13.1 Stervormige aarding medische ruimte*
13.5	Datacommunicatiekabels dienen bij voorkeur als glasvezelkabel te worden uitgevoerd. Koperen datakabels dienen te worden voorzien van isolatietransformatoren. Kabelschermen van signaalkabels dienen in alle gevallen bij kabelinvoer nabij het CAP via een consolidation point te worden vereffend op het CAP.
13.6	In onderzoeksruimten (niet-medische ruimten in de zin van NEN 1010:2007+C1:2008) kan een stervormige aardingsstructuur worden aangelegd indien dit ten behoeve van het voorkomen van laagfrequent storingen in gevoelige analoge systemen gewenst is.
13.7	Kabels en leidingen in onderzoeksruimten dienen op één punt te worden ingevoerd en te worden vereffend, zie figuur 13.2.



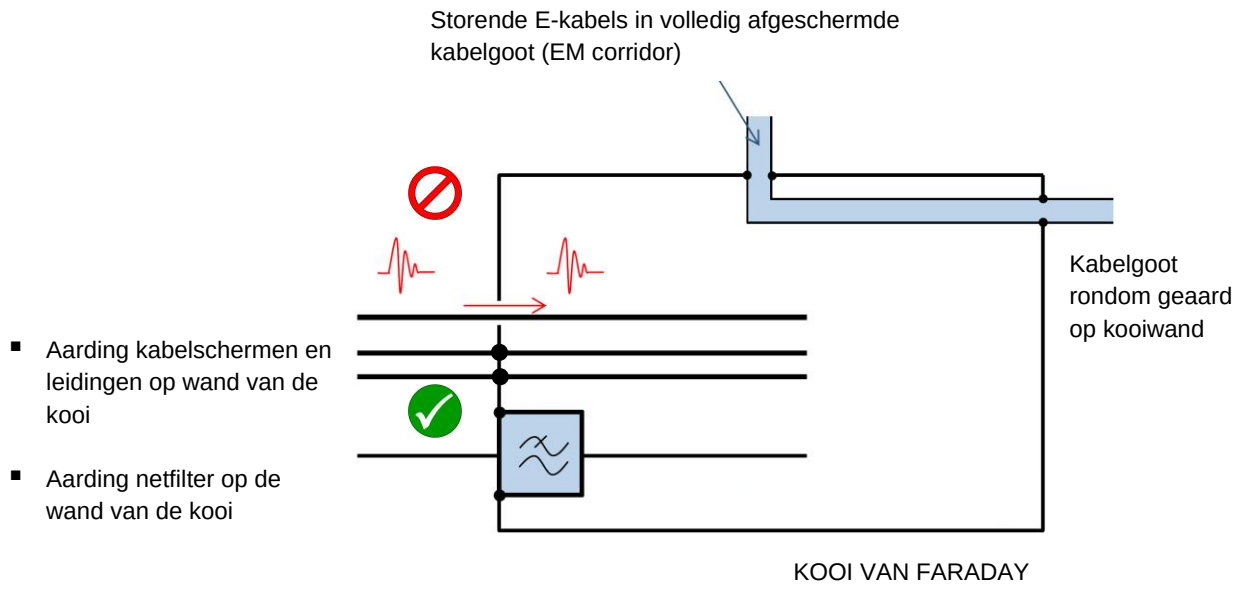
Figuur 13.2 Principe van kabelinvoer op één punt ter voorkoming van lekstromen door apparatuurruimten

13.8 Waar onderzoeksruimten dienen te worden afgeschermd voor interne (röntgen) bronnen of externe bronnen (externe zenders, vermogenselektronica etc.) dienen vooraf eenduidige specificaties en installatie eisen te worden opgesteld, waaronder:

Ioniserend: afschermende wanden (röntgen), b.v. lood of equivalent (beton/baksteen)

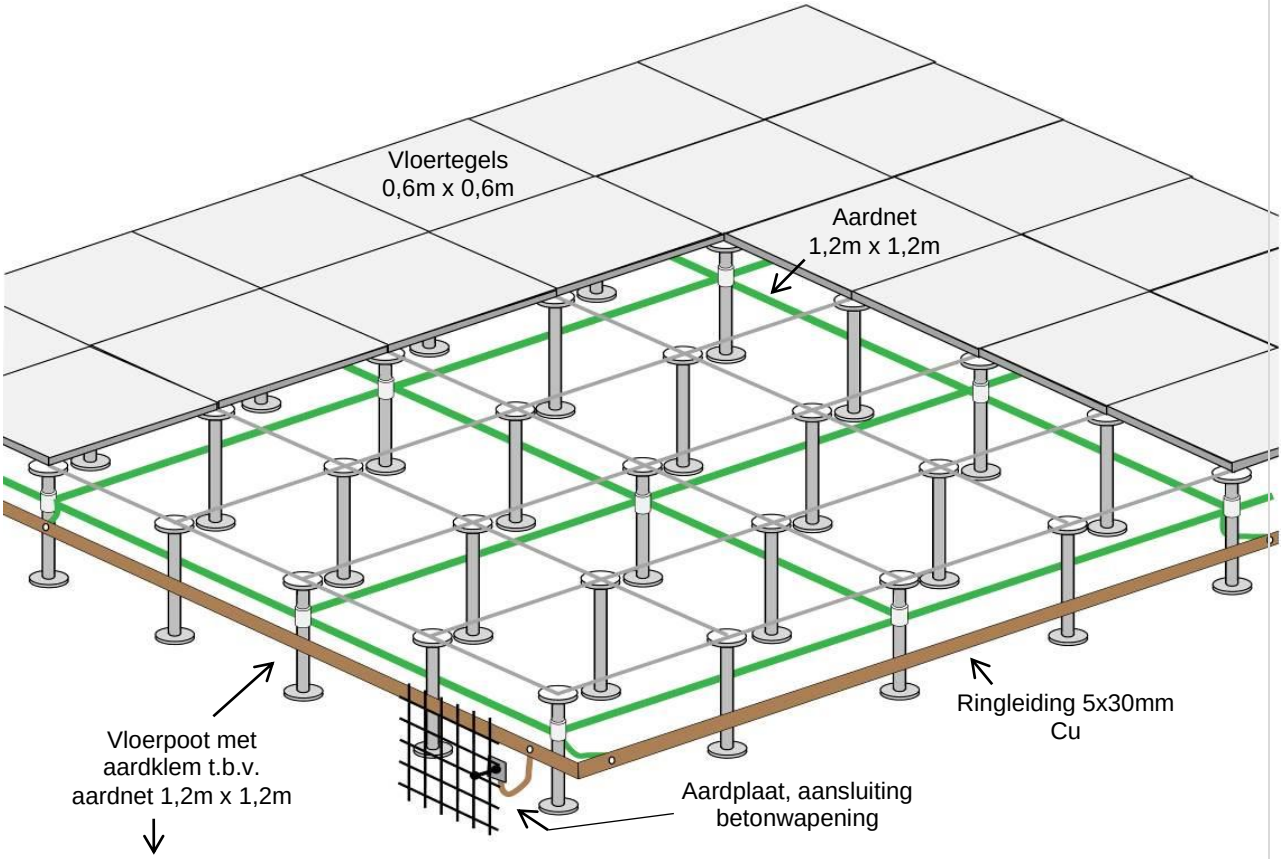
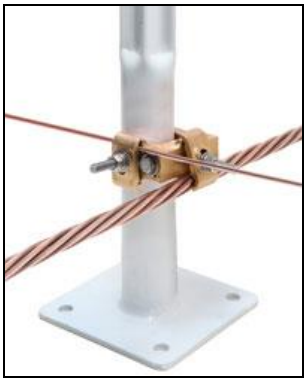
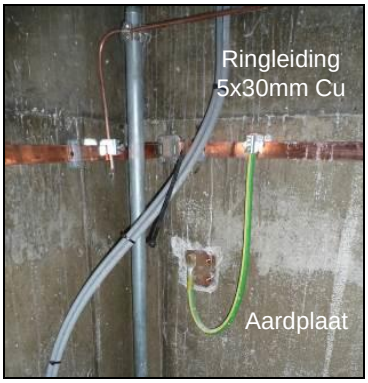
Niet-ioniserend (kooi van Faraday):

- Vereist frequentiegebied en demping
- Laagfrequent (50Hz en harmonischen) magnetisch veld is moeilijk af te schermen (de absorptie demping vereist dik staal of μ-metaal)
- Kabel- en leidinginvoer, voedingsfilters, afscherming van deuren en andere openingen
- Eventuele storende kabels in de omgeving of door de ruimte zelf dienen als corridoor te worden uitgevoerd met een volledig dichte goot (zie figuur 13.3).

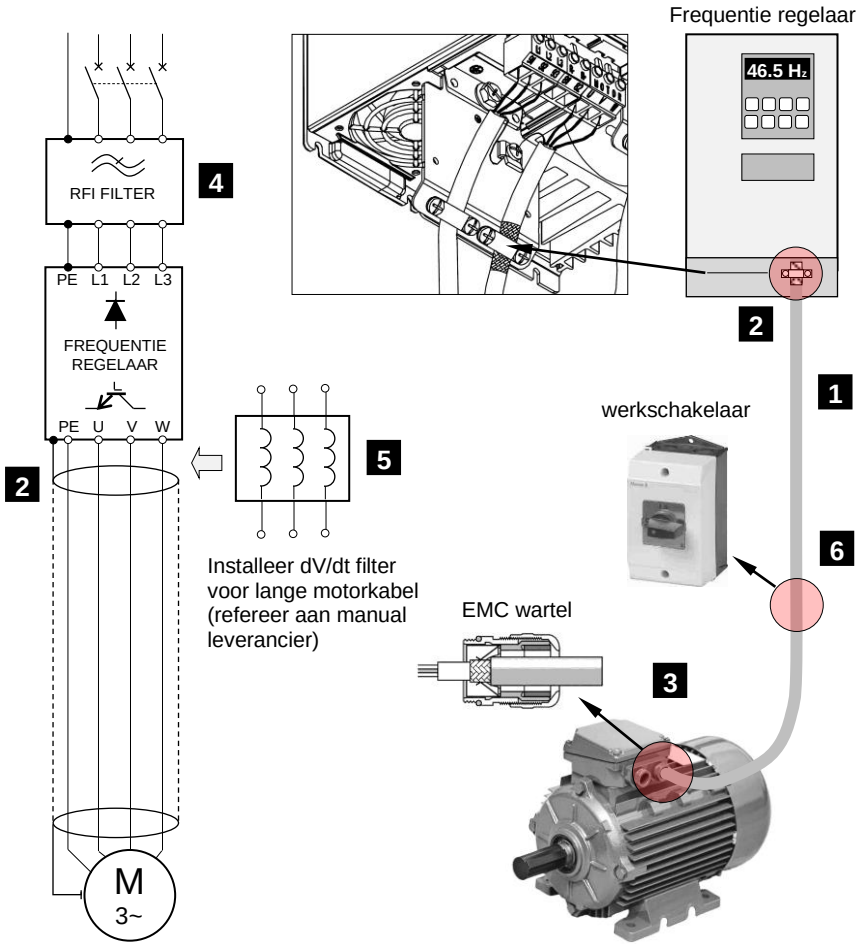
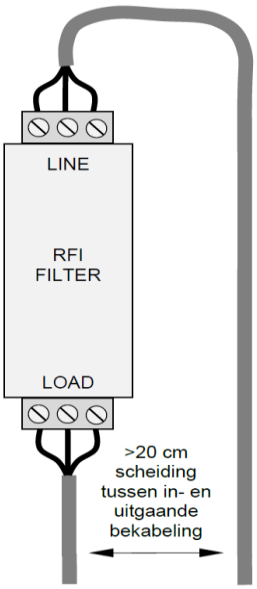
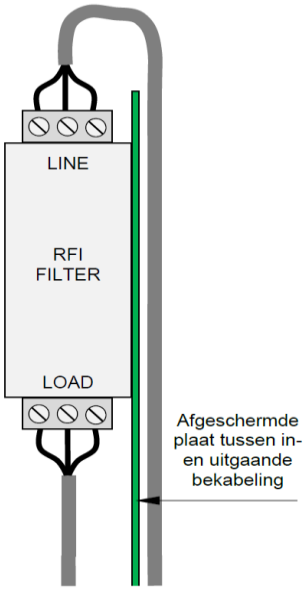
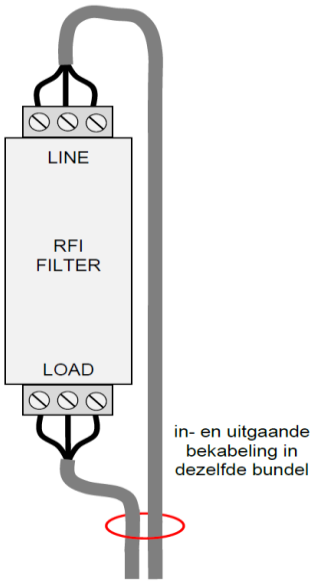


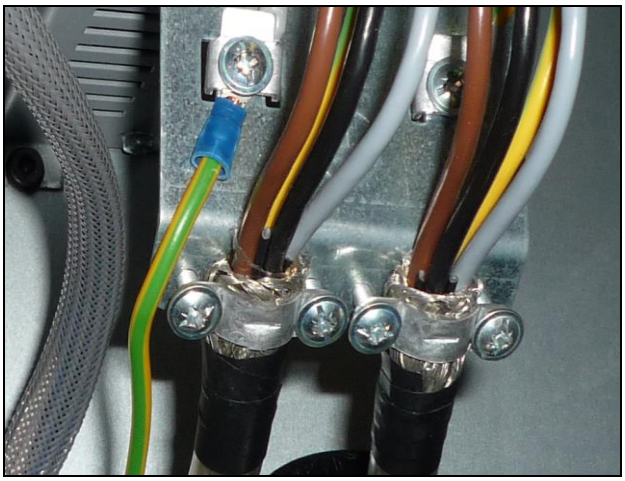
Figuur 13.3 EMC kritieke maatregelen Kooi van faraday

14. Computervloer

No.	Maatregelen computervloer
14.1	In computerruimten met een verhoogde vloer dient een aardnet van 1,20m x 1,20m in de vloer te worden aangebracht dat fungeert als geleidend net voor afleiding van statische elektriciteit (ESD preventie). Dit aardnet kan bestaan uit de vloerconstructie zelf, mits alle onderdelen als vloerpoten, afstandhouders etc. één geleidend geheel vormen. Indien losse vloerpoten worden toegepast dienen deze in een raster van 1,20mx1,20m te worden geaard met aarddraad (≥16mm^2). Het aardnet dient te worden aangesloten op de aardringleiding van de ruimte.
	Het aanbrengen van een vermaasd aardnet om de 1,20m x 1,20m is alleen noodzakelijk in technische ruimten, waar een antistatische vloer wordt gelegd en apparatuur tijdens service werkzaamheden beschermd moeten worden tegen statische spanning. Voor ruimten met verhoogde vloeren waar deze werkzaamheden niet worden verricht en waar vloerbedekking over de verhoogde vloer wordt gelegd is een dergelijke fijne vermazing niet noodzakelijk.
	
	Bovenstaande tekening toont tevens een nieuwbouwsituatie, waarbij een verbinding tussen de aardringleiding van de ruimte en de betonwapening is aangebracht. Bij inrichting van een dergelijke ruimte in bestaande bebouwing is een dergelijke aardplaat veelal niet aanwezig. Hier wordt de ringleiding in een vermazing via bestaande kabelgoten aangesloten op de dichtstbijzijnde potentiaal-vereffeningsrail.
	 
14.2	Ieder van de apparatuurkasten (de montageplaat en de aardrail) dienen te worden aangesloten op het aardnet (≥16mm^2). De aardrails van apparatuurkasten mogen onderling gekoppeld worden, waarbij de uiteinden (met een maximale lengte van de kastenrij van 5m) dienen te worden gekoppeld met het aardnet. Voor kastenrijen langer dan 5m dient tevens in het midden (en eventueel om de 5m) te worden geaard.

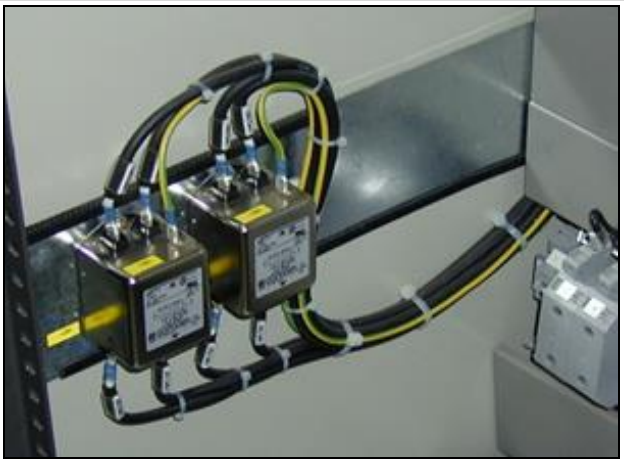
15. Ontstoormaatregelen werktuigbouwkundige installaties

No.	EMC maatregel	Toelichting
FREQUENTIEREGELAARS		
15.1	Installeer de frequentieregelaar (FR) conform handleiding van de leverancier, waarbij de volgende EMC aandachtspunten van belang zijn: **1** Installeer afgeschermde motorkabel, minimaal voorzien van stalen gevlochten armering of een betere kwaliteit afscherming conform de eisen van de leverancier. In alle gevallen dient de kabel LSZHmb te zijn. **2** Sluit het kabelscherm aan de FR zijde aan met een EMC klem conform de installatie instructie. **3** Sluit het kabelscherm aan de motorzijde aan met een EMC wartel. **4** Installeer een eventueel (optioneel) netfilter volgens opgave leverancier om aan de emissie eis te voldoen. **5** Installeer een dV/dt filter of ander uitgangsfilter voor lange motorkabel (volgens opgave leverancier) **6** Continueer het motorkabelscherm in een eventuele werkschakelaarbehuizing.	 *Figuur 15.1 Aansluitschema frequentieregelaar*
			
	Figuur 15.2A	*Figuur 15.2B*	*Figuur 15.2C*
	Figuur 15.2 Detail onderdeel **4** *Filtermontage*		



Figuur 15.3 Klemaansluiting motorkabel frequentieregelaar

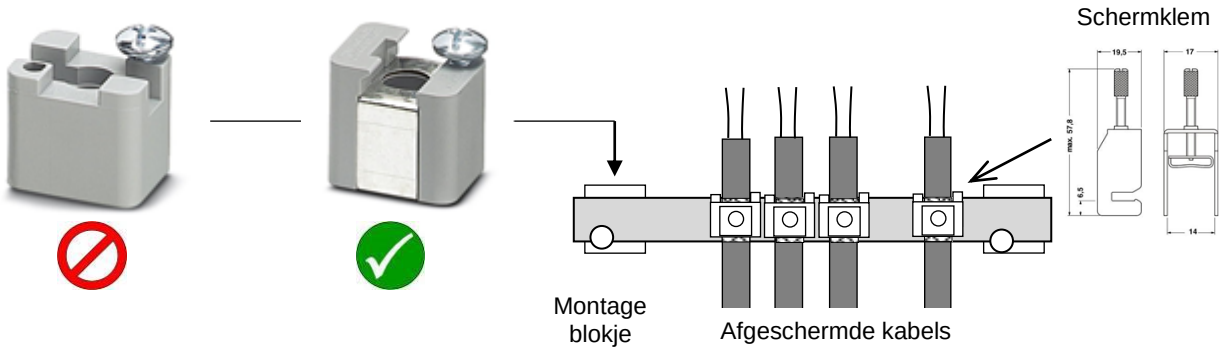
Figuur 15.4 Motorkabel scherm aansluiting met EMC wartel



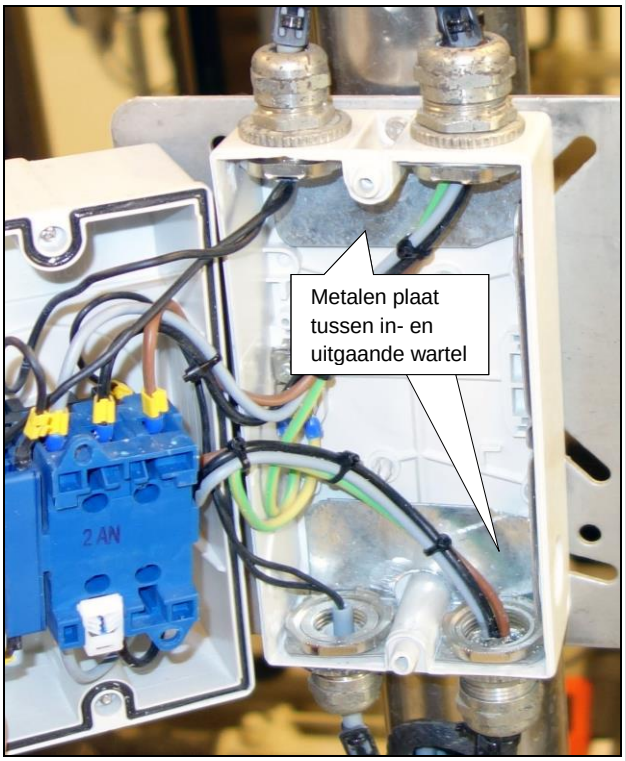
Figuur 15.5 In- en uitgaande bedrading netfilter in één draadbundel

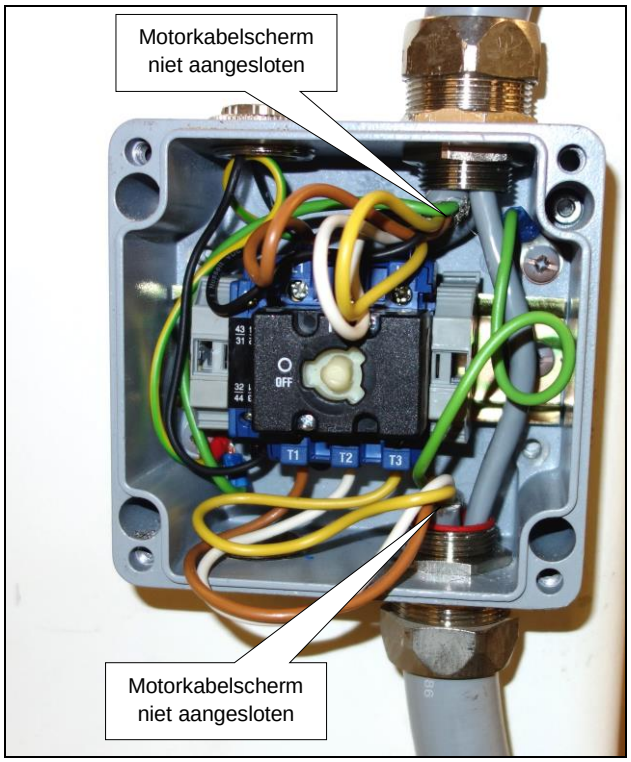
Figuur 15.6 Koppeling in- en uitgaande bedrading netfilter in draadgoot

15.2 Aardrails in apparatuurkasten dienen geleidend op de montageplaat te worden bevestigd met geleidende montageblokjes (figuur 15.7). De afstand tussen montageblokjes dient maximaal 0,5m te zijn.



Figuur 15.7 Uitvoering montageblokjes aardrails t.b.v. aansluiten kabelscherm met schermklemmen (Bron: Phoenix Contact B.V.)





Figuur 15.8 Kunststog werkschakelaarbehuizing met metalen inlegplaat voor doorverbinding EMC wartels

Figuur 15.9 Metalen werkschakelaarbehuizing, maar scherm niet aangesloten

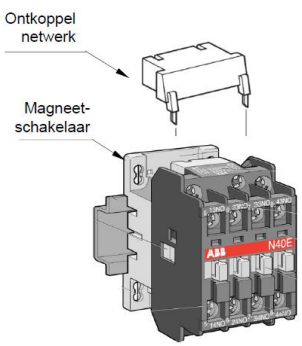
INDUCTIEVE BELASTINGEN

15.3 Ontkoppeling spoelen van relais en magneetschakelaars (A1-A2) met:

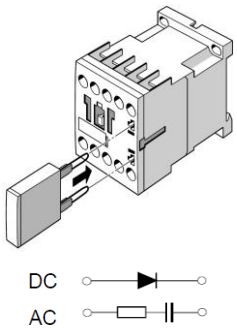
- voor 24V_{DC}: vrijloopdiode
- voor 24V_{AC}: RC netwerk
- voor 230V_{AC}: RC netwerk

Controleer de aanwezigheid van ingebouwde vrijloopdiodes voor 24V_{DC} hulprelais'.

Ontkoppel element direct of A1-A2 contact aanbrengen, voorkom lange draadlengte (L<0,1m)



Opsteekmodule A1-A2 bovenop
(Bron: ABB)



Opsteekmodule A1-A2 voorop
(Bron: Siemens)

Ontkoppelnetwerk met te lange aansluitdraden
(Bron: Telemecanique)

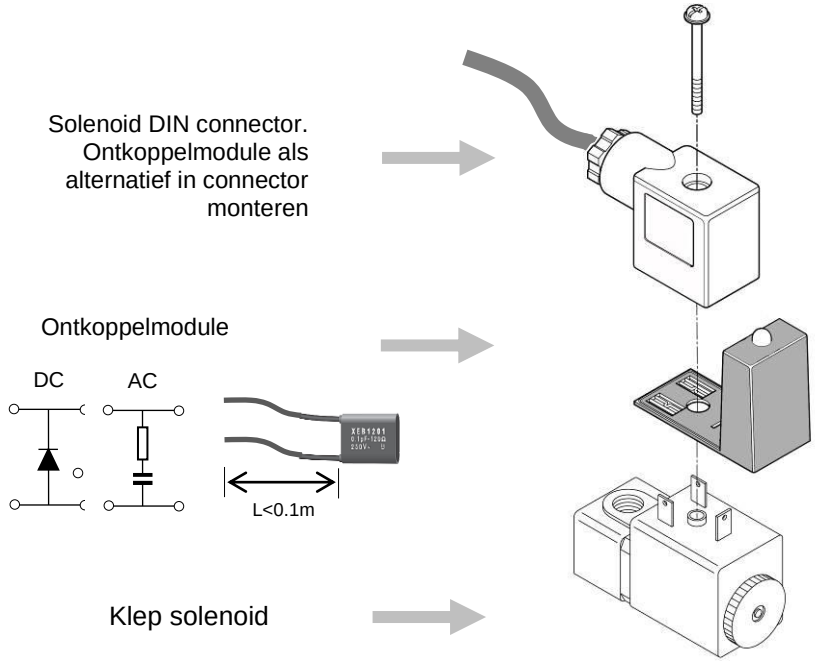
Figuur 15.10 Maatregelen ontkoppeling spoelen relais en magneetschakelaars

15.4 Ontkoppel solenoids van kleppen met een ontkoppel-module bestaande uit:

- Vrijloopdiode voor DC
- RC netwerk voor AC (typ. R=100 Ω, C=100nF).

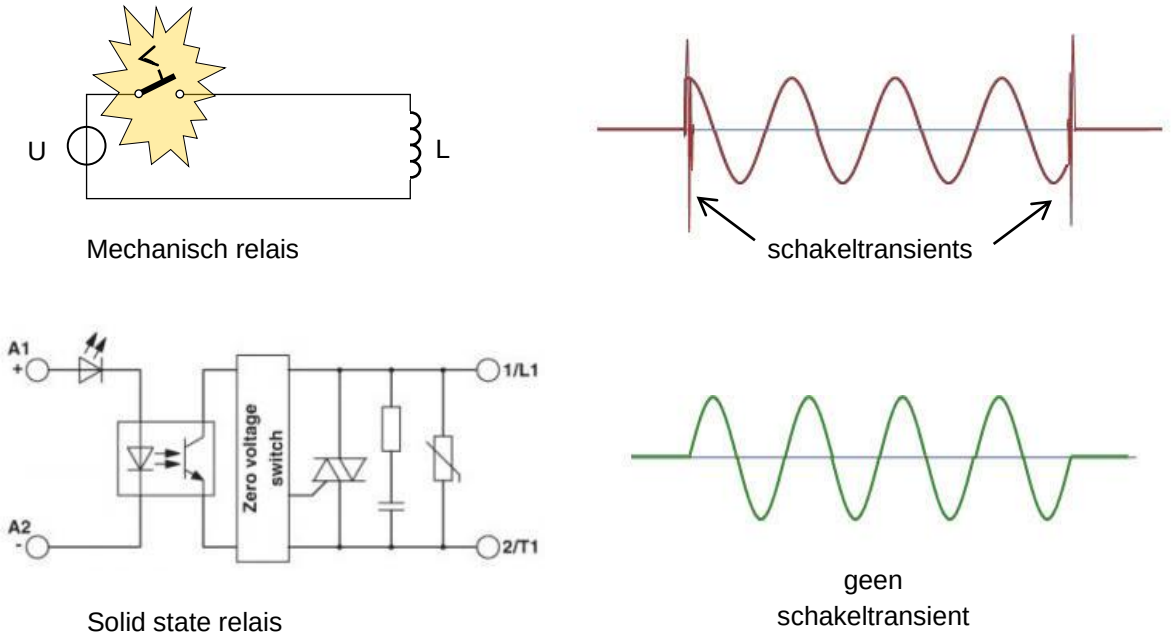
Ontkoppeling dient ook te worden uitgevoerd op andere inductieve belastingen van de W-installatie, zoals motor-gestuurde kleppen, remmen van motoren etc.

Indien ontkoppelnetwerken met bedrading worden geïnstalleerd dient de draadlengte te worden beperkt op maximaal L<0,1m.



Figuur 15.11 Maatregelen ontkoppeling solenoid pneumatische- en hydraulische kleppen (Bron:Woodhead)

15.5 Voor zeer frequent schakelende inductieve belastingen (b.v. kleppen in een luchtbehandelingsinstallatie die meer dan één keer per minuut schakelen) dient een solid state relais te worden toegepast. Dit elektronische relay schakelt bij de nuldoorgang, waardoor de opgeslagen inductieve energie bij uitschakeling minimaal is. Een solid state relais produceert derhalve geen schakeltransients (figuur 15.12).



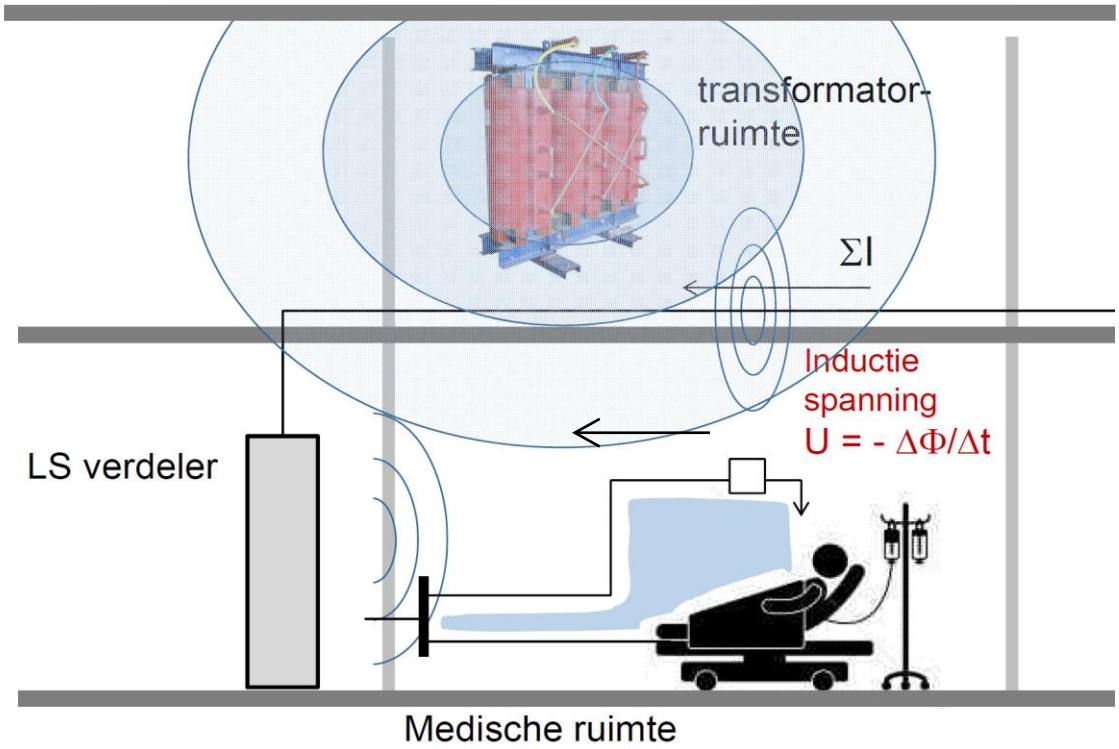
Figuur 15.12 Toepassing solid state relais in plaats van mechanisch relais om schakeltransients te voorkomen

Bij het gebruik van een solid state relais, waarbij op de nuldoorgang wordt geschakeld, kan een schakelvertraging van maximaal 10ms optreden. De toepassing van solid state relais voor tijdkritische veiligheidsfuncties dient daarom op de geldende veiligheidseisen te worden beoordeeld.

15.6 Binnen de technische ruimte dienen voor werktuigbouwkundige installaties EMC installatiemaatregelen te worden getroffen. Indien sprake is van onderling verschillende emissie- en immuniteitsniveaus van apparatuur dan dient er binnen regelkasten een EM zonering te worden aangebracht. Een voorbeeld van typical maatregelen is gegeven in Appendix 3 van deze EMC instructie.

16. Reductiemaatregelen LF magnetisch veld voor medische- en onderzoeksruimten

No.	Maatregelen reductie laagfrequent magnetisch veld
16.1	In medische- en onderzoeksruimten waar zeer gevoelige meetopstellingen voor EEG, ECG, EMG of EP worden toegepast en onderzoeksruimten waar elektronenmicroscopen of andere apparatuur die gevoelig is voor LF magnetisch veld worden toegepast, dienen voorafgaand aan de inrichting van de ruimte te worden gecontroleerd op de volgende elektrotechnische aspecten: ■ LS distributietransformatoren (10kV/400V) dienen op een minimale afstand van 20 meter te worden geplaatst, ■ Railsystemen voor LS distributie dienen op een minimale afstand van10m afstand te worden geplaatst, ■ Voedingskabels al dan niet in metalen ladderbaan of kabelgoot dienen op minimaal 5 meter afstand van de onderzoeksruimte te worden geïnstalleerd. Dit geldt zowel voor horizontale kabeltracés als voor verticale leidingen in schachten,
	Bovenvermelde afstanden zijn verkregen op basis van diverse onderzoeken in ziekenhuizen en onderzoekscentra voor typical transformatoren met een vermogen tot 1MVA en typical LS railsystemen in een TN-S stroomstelsel.
	Opgemerkt wordt dat de LF magnetisch velden bij toepassing van een TN-C stroomstelsel als gevolg van de lekstromen door de aardingsinstallatie aanzienlijk hoger zullen zijn. Een TN-C stelsel dient derhalve in gebouwen met medische applicaties en in onderzoeksruimten nooit te worden toegepast.



Figuur 16.1 Doorsnede medische ruimte met projectie omringende E-installatie

Medische ruimten worden soms voorzien van afscherming om zodoende een Kooi van Faraday te maken. Opgemerkt wordt dat laagfrequent magnetische velden niet worden afgeschermd door de normaliter gebruikte afschermmaterialen zoals gaas of dunne folie. Voor het afschermen van laagfrequent magnetische velden zijn specifieke en kostbare materialen als μ-metaal noodzakelijk, die lastig te bewerken zijn en gevoelig zijn voor mechanische vervorming.
Het voorkomen van stoorproblemen als gevolg van laagfrequent magnetisch veld is derhalve het meest effectief door een zorgvuldige planning van de elektrotechnische installatie rondom de medische- of onderzoeksruimte.

De noodzaak voor hoogfrequent afscherming wordt bepaald door de hoogfrequent stoorbronnen in de omgeving en de gevoeligheid van de opgestelde onderzoeksapparatuur in de rumite.

16.2 Bij de inrichting van medische- en onderzoeksruimten dienen ten aanzien van laagfrequent magnetisch veldbronnen de volgende maatregelen te worden genomen:

■ Scheidingstransformatoren voor beheersing van lekstroom in medische ruimten dienen niet in de ruimte zelf te worden geplaatst, maar daarbuiten, op een afstand van minimaal 2 meter van de meetopstellingen,

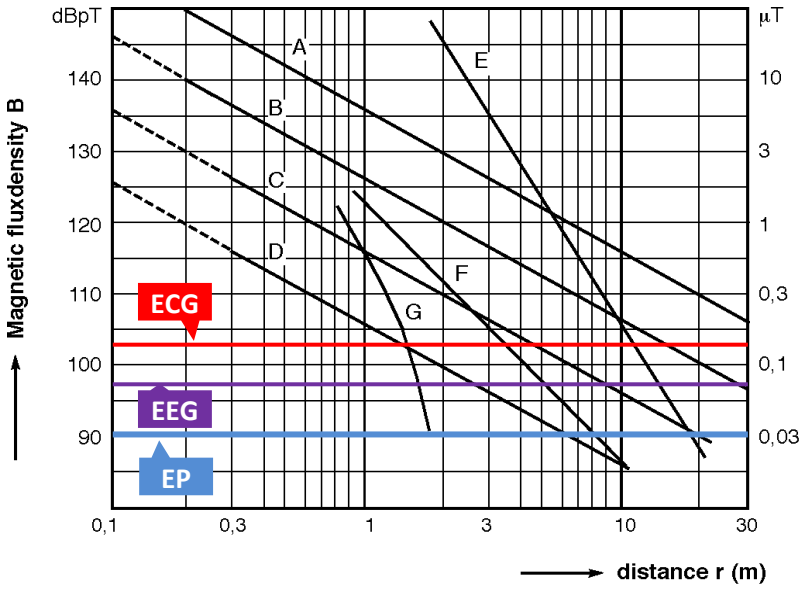
■ Apparatuur met locale netadapters dient te worden geïnventariseerd en de locatie van de netadapters dient zorgvuldig te worden gepland, op een afstand van miniimaal 2 meter van gevoelige meetopstellingen,

- Overlengte in meetkabels en –snoeren dient te worden voorkomen om inductieeffecten in de meetopstelling te minimaliseren.
- Apparatuur die tijdens onderzoeken niet wordt gebruikt dient te worden uitgeschakeld.

Praktische waarden voor de magnetische fluxdichtheid als gevolg van transformatoren en LS kabels zijn weergegeven in onderstaande grafiek. Hierin zijn tevens grenswaarden voor ECG en EEG opstellingen weergegeven.

Gietharskern LS transformator

Magnetisch veld als gevolg van een lekstroom door een LS kabel



A = single conductor or multiple conductors with ΣI = 30 A
B = single conductor or multiple conductors with ΣI = 10 A
C = single conductor or multiple conductors with ΣI = 3 A
D = single conductor or multiple conductors with ΣI = 1 A
E = 630 kVA transformer (high stray field/ dry, resin core)
F = 630 kVA transformer (low stray field/ oil-cooled)
G = power cable with I_p 400 A, $\Sigma I_p = 0$.

calculated

measured

Figuur 16.2 Gemeten en berekende waarden voor de magnetische fluxdichtheid voor verschillende bronnen en typical susceptibiliteitsniveaus voor medische diagnose apparatuur

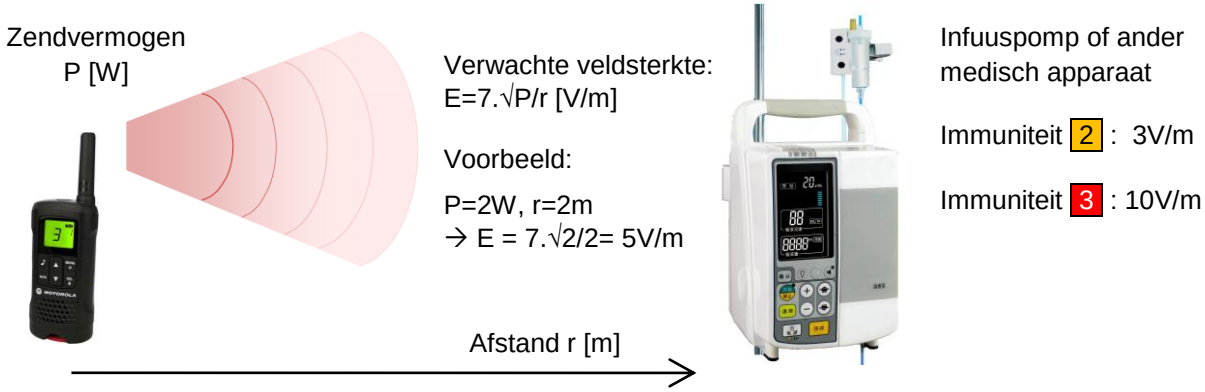
17. Beperking gebruik radiofrequent zenders in apparatuurruimten

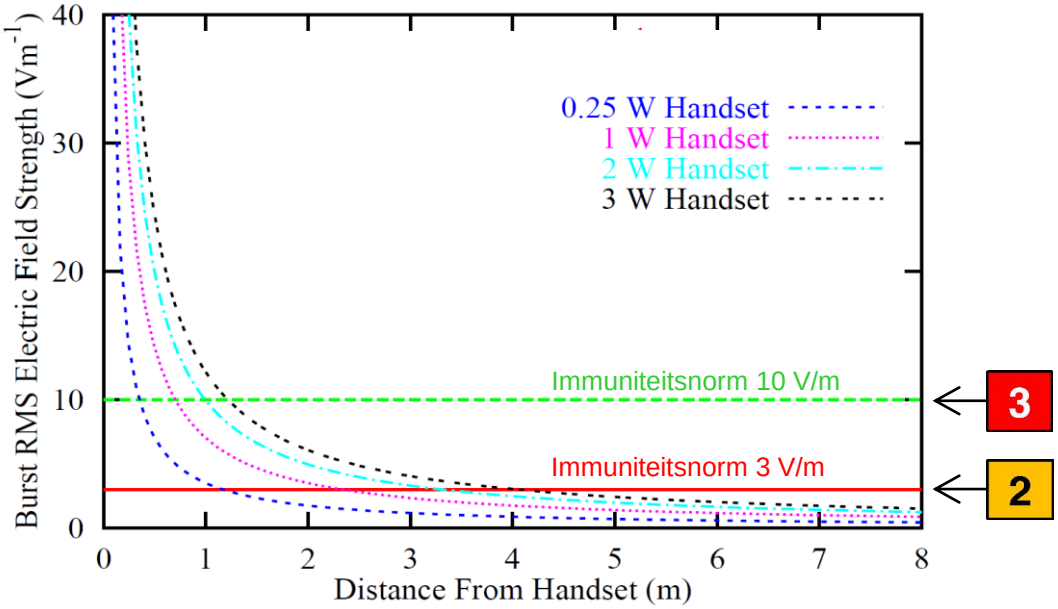
No.	Maatregelen portable zenders
17.1	De maximaal toelaatbare veldsterkten voor de verschillende ruimten zijn als volgt:

Gebruiksruimte	EM niveau	Maximale veldsterkte	Typical zender
	1	1 V/m	• GSM telefoon op enkele meters afstand • portofoon met laag vermogen < 1W op enkele meters afstand
	2	3 V/m	• GSM telefoon binnen 2 meter afstand • portofoon met laag vermogen < 1W binnen 2 meter afstand
	3	10 V/m	• GSM telefoon binnen 0,5 meter afstand • portofoon met laag vermogen ≤ 5W binnen 2 meter afstand
	4	> 10V/m	• portofoon met hoog vermogen (≥ 5W) op een afstand < 1m, • vaste antenne opstelling op dak, P ≥ 10W

17.2 In medische – en onderzoeksruimten dient een afstand van minimaal 1,5m te worden aangehouden tussen GSM telefoons, Tetra handsets en medische apparatuur.

De basis voor deze maatregel is de verwachte veldsterkte van gangbare draagbare zenders versus de imuniteit van (medische) apparatuur (zie figuur 17.1).





Figuur 17.1 Veldsterkte als functie van de afstand voor typical draagbare zenders met een zendvermogen van 1 tot 3W
Bron: University of York, Immunity testing of medical equipment

	IEC 60601-1-2 (2001)* eist een immuniteit van ≥ 10 V/m in het frequentiebereik van 26 MHz – 2.5 GHz voor medische apparatuur (aanbeveling in US, wettelijk in EU) * Medical electrical equipment – Part 1-2: General requirements for basic safety and essential performance – Collateral standard: Electromagnetic compatibility – Requirements and tests
	Uit figuur 17.1 blijkt dat voor een grenswaarde van de veldsterkte van 1V/m de access points van draadloze systemen een vermogen van maximaal enkele honderden mW mogen hebben, uitgaande van een afstand van 2m van de antenne.
No.	**Maatregelen draadloze apparatuur**
17.3	Draadloze apparatuur, gebruik makend van WiFi, Bluetooth en andere open protocollen in de vergunnings-vrije frequentiebanden dient te worden beperkt tot ICT applicaties in openbare ruimten en kantoorruimten.
17.4	Het gebruik van WiFi of andere draadloze netwerkverbindingen in vergunningsvrije frequentiebanden, als vervanger van bedrade netwerkverbindingen in technische installaties, is niet toegestaan.
	Het veelvuldig gebruik van WiFi apparatuur voor diverse applicaties (WLAN, RFID etc.) in de vergunningsvrije frequentiebanden leidt in toenemend mate tot interferentie tussen draadloze apparatuur en uitval van functies. Met name tijdkritische communicatie tussen real time systemen dient gebruik te maken van bedrade netwerken of een draadloos systeem dat vergunningsplichtig is.
17.5	Voor het gebruik van WLAN in medische- en onderzoeksruimte geldt de aanbeveling dat antennes op een afstand van > 10cm van medische apparatuur moeten worden geplaatst (uitgaande van een zendvermogen ≤100mW).

18. EMC eisen elektrische en elektronische apparatuur

18.1. Algemeen

Op grond van de EM zonering, zoals beschreven onder 6, dient alle elektrische en elektronische apparatuur te voldoen aan de EMC specificaties conform het EM niveau van de omgeving (EM niveau 2 of -3) waar de apparatuur wordt toegepast.

Apparatuurspecificaties conform EM niveau 1 en 4 dienen slechts in uitzonderlijke gevallen en uitsluitend met toestemming van VU FCO te worden toegepast.

18.2. Emissielimieten

Ten aanzien van geleide emissie (de toelaatbare HF stoorspanning op de aansluiting van de netvoeding) en emissie via EM velden dient elektrische en elektronische apparatuur te voldoen aan de eisen zoals samengevat in onderstaande tabel.

Type apparatuur	Niveau 2 (residentieel)	Niveau 3 (industrieel)
Alle apparatuur en systemen die in een omgeving met EM niveau 2 of 3 worden gebruikt.	EN-IEC 61000-6-3[2]	EN-IEC 61000-6-4[3]
ITE (Information Technology Equipment), informatieverwerkende apparatuur voor gebruik in een datacenter of een kantoor en andere apparatuur die in een residentiele omgeving wordt gebruikt, zoals netwerkapparatuur	IEC/CISPR 22 EN55022 (B)	IEC/CISPR 22 EN55022 (A)
ISM (Industrial, Scientific and Medical) apparatuur, b.v. voedingen, frequentieregelaars, grote UPS systemen etc.	IEC/CISPR 11 EN55011 (B)	IEC/CISPR 11 EN55011 (A)
Huishoudelijke apparatuur	IEC/CISPR 14/ EN55014	-
UPS systemen[4]	EN-IEC 62040-2 Klasse B/categorie C1	EN-IEC 62040-2 Klasse A/categorie C2
Frequentieregelaars[5]	EN-IEC 61800-3 Klasse B/categorie C1	EN-IEC 61800-3 Klasse A/categorie C2

Tabel 18.1 Emissienormen voor EM niveau 2 en -3 (toelichting

De in tabel 18.1 vermelde normen mogen vervangen worden door andere emissienormen met soortgelijke frequentiegebieden en gelijke emissieniveaus (b.v. productnormen, FCC normen enz.), zolang de limieten conform IEC/CISPR 11 en 22 niet worden overschreden.

Speciale aandacht is vereist voor productnormen zoals EN-IEC 61800-3 voor frequentieregelaars en EN-IEC 62040-2 voor UPS systemen, die onder de CE-markering aanzienlijk hogere en voor VU FCO ontoelaatbare emissieniveaus toestaan. Deze hogere niveaus worden aangeduid met “second environment” en categorie C3 en C4. In alle gevallen dienen filters te worden gehanteerd om te kunnen voldaan aan de EM niveaus 2 en 3, conform de klasse/categorie aanduiding zoals vermeld in tabel 18.1.

Aandacht is eveneens vereist voor apparatuur met verschillende emissieniveaus die op een gemeenschappelijke voeding zijn aangesloten. Hier dienen ontkoppelmaatregelen in de vorm van scheidingstransformatoren dan wel filters te worden gehanteerd, zie tevens hoofdstuk 10.2.

Apparatuur dient eveneens qua netaansluiting te voldoen aan compatibiliteitseisen voor laagfrequent geleide emissie volgens IEC/EN 61000-3-2 (harmonische vervorming) en IEC/EN 61000-3-3 (spanningsfluctuaties / flicker) of normen met gelijke eisen. Voor apparatuur met fasestromen > 16A dient te worden voldaan aan de eisen van IEC 61000-3-3 respectievelijk IEC 61000-3-4.

De aannemer dient bij de installatie van vermogenselektronica (met mogelijk grote vermogens) te voldoen aan een maximale harmonische vervormingseis voor de spanning van $THD_U \leq 5\%$.

18.3. Immuniteitseisen

Elektrische en elektronische apparatuur dient te voldoen aan de immuniteitsspecificaties zoals opgesomd in tabel 18.2 of gelijkwaardig.

---

[2] EN-IEC 61000-6-3 komt overeen met de oude norm EN 50081-1

[3] EN-IEC 61000-6-4 komt overeen met de oude norm EN 50081-2

[4] Andere niveaus conform EN-IEC 62040-2 voor een “2nd environment/ restricted sales distribution” toepassing (niveaus C3 en C4) zijn niet acceptabel

[5] Andere niveaus conform EN-IEC 61800-3 voor een “2nd environment/ restricted sales distribution” toepassing (niveaus C3 en C4) zijn niet acceptabel

Type apparatuur	Niveau 2 (residentieel)	Niveau 3 (industrieel)
Alle apparatuur en systemen die in een omgeving met EM niveau 2 of 3 worden gebruikt.	EN-IEC 61000-6-1[6]	EN-IEC 61000-6-2[7]

Tabel 18.2 Generieke immuniteitseisen voor EM niveau 2 en - 3

18.4. Installatie instructies bij apparatuur

Waar apparatuur door de leverancier wordt geleverd met installatie instructies ten aanzien van het gebruik van (afgeschermde) bekabeling, maximale kabellengte, aansluittechnieken, aarding, kabelscheiding etc. dient de aannemer deze op te volgen om te voldoen aan de EMC specificaties van de apparatuur. De leverancier dient de noodzakelijke toepassing van EMC installatie eisen kenbaar te maken in de “Declaration of Conformity”. De aannemer is verantwoordelijk voor het leveren van de instructies aan eventuele onderaannemers en voor het toezicht op correcte uitvoering van de instructies.

Om te kunnen voldoen aan de geldende EMC eisen in combinatie met de eisen ten aanzien van hoge bitrates dienen netwerkapparaten (HUBs, switches e.d.) algemeen te worden bekabeld met afgeschermde (STP[8]/FTP[9]) kabels. Deze apparaten worden dan uitgevoerd met afgeschermde RJ45 poorten (metalen RJ45 socket) en in de CE Declaration of Conformity wordt een vermelding opgenomen m.b.t. de eis van afgeschermde kabels. In geval van twijfel over de noodzaak om afgeschermde kabels toe te passen dient de aannemer met de leverancier hierover contact op te nemen. Wanneer door de installerende partij, tegen de instructie in, niet-afgeschermde UTP[10] kabels wordt toegepast is de aannemer verantwoordelijk voor de afwijking op de EM niveaus.

In het geval er voor verschillende apparaten tegenstrijdige installatie instructies gelden, dient de aannemer in overleg met de leveranciers een alternatieve oplossing voor te stellen, ter goedkeuring door VU FCO.

Eventuele apparatuurinstellingen die relevant zijn voor de EMC eigenschappen van apparatuur en in de gebruikshandleidingen worden vermeld (b.v. de vrij in te stellen inverterfrequentie van een frequentieregelaar of de bitsnelheid voor netwerkapparatuur) dienen te worden gehanteerd.

18.5. EMC kwaliteitseisen (Performance Criteria)

Ten aanzien van de EMC kwaliteitseisen van apparaten wordt bij toepassing van de EMC richtlijn standaard gebruik gemaakt van de zogenaamde ‘performance criteria’ volgens IEC en EN (CENELEC): A, B of C (zie toelichting). Onder invloed van verstoring is een tijdelijke degradatie soms acceptabel: criterium B. Bij toepassing van beveiligingssystemen en bedrijfskritieke processen wordt echter geen tijdelijke degradatie van performance toegestaan (criterium A) en gelden dus strengere prestatie-eisen.

Performance criterium A: Het betreffende apparaat blijft ongestoord functioneren, indien blootgesteld aan een specifiek stoorsignaal, met behoud van de functionele specificatie, d.w.z. er treedt geen degradatie op.

Performance criterium B: Het apparaat is tijdelijk (indien blootgesteld aan een specifiek stoorsignaal, gedurende het optreden van de storing) gestoord. Er treedt een tijdelijke degradatie en verlies van functies op tot een vooraf afgesproken niveau. Na de verstoring herstelt het apparaat zich automatisch en behoudt het zijn functionele specificatie.

Performance criterium C: Het apparaat wordt tijdelijk gestoord, indien blootgesteld aan een specifiek stoorsignaal, d.w.z. er treedt degradatie op. Na de verstoring behoudt het apparaat zijn functionele specificatie, maar hiervoor is handmatig ingrijpen van de gebruiker nodig (b.v. een systeem reset).

Waar nodig dient de aannemer in overleg met een risico beoordeling uit te voeren van bedrijfskritieke systemen en eventuele strengere eisen te stellen aan de performance criteria van apparatuur van toeleveranciers.

18.6. Testen en inspectie

De hoofdaannemer dient bewijs te leveren dat de apparatuur deel uitmakend van systemen en installaties, voldoet aan de geldende EMC eisen. Bewijsmateriaal kan bestaan uit apparatuur specificaties, Verklaringen van Overeenstemming (Declaration of Conformity), testrapporten, TCF’s[11] of ander bewijs waaruit blijkt dat het betreffende systeem of installatie op EMC is beoordeeld en voldoet aan de gestelde eisen. Het bewijsmateriaal zal voor bedrijfskritische apparatuur ook informatie moeten bevatten over Performance Criteria c.q. optredende faalwijzen in geval van verstoring.

Een praktisch voorbeeld van een verificatie van de EMC eigenschappen van een installatie in een EMC checklist is gegeven in Appendix 4.

---

6 EN-IEC 61000-6-1 komt overeen met de oude norm EN 50082-1

7 EN-IEC 61000-6-2 komt overeen met de oude norm EN 50082-2

8 STP = Shielded Twisted Pair

9 FTP = Foiled Twisted Pair

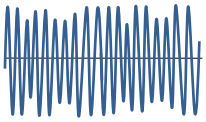
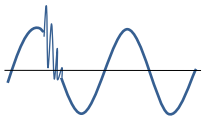
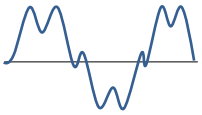
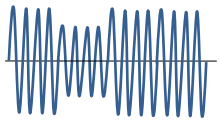
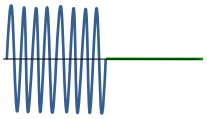
10 UTP = Shielded Twisted Pair

11 TCF = Technical Construction File

19. Power Quality

Vanwege het toenemend gebruik van niet lineaire belastingen op laagspanningsnetten dient een aantal regels ten aanzien van power quality te worden gehanteerd. Dit hoofdstuk beschrijft de belangrijkste maatregelen op de kwaliteit van de netspanning op een acceptabel niveau te houden.

De meest voorkomende power quality aspecten van de laagspanningsinstallatie zijn samengevat in tabel 19.1.

PQ aspect	Spanningsvorm	Tijdsduur	Oorzaak	Maatregel
Netspannings-fluctuatie		Kort, lang	Belastingen met fase aansnijding, frequent schakelende belastingen	Scheiding kracht- en licht-installaties
Transient/surge		µs, ms	Bliksem, schakelen in MS net, trippen beveiligings-automaat	Bliksembeveiliging, juiste dimensionering beveiligingsautomaten
Harmonische vervorming		continu	Niet-lineaire belastingen, verlichtingsarmaturen met VSA, grote aantallen computers	Beperkt aantal identieke gebuikers op één groep, Reduceer netimpedantie (kabellengte), Passieve of actieve harmonische filters
Spanningsdip		10-500ms	Hoge inschakelstroom door grote belasting of door aantallen niet-lineaire belastingen	Scheiding kracht- en licht-installatie, Dimensioneer LS installatie op piekstroom
Netspannings-onderbreking		100ms - uren	Onderbreking MS net, kabelfout, trippen beveiligingsautomaat	Kritieke apparatuur voeden met UPS
Andere aspecten als fase onbalans komen meer voor in industriële LS installaties				

Tabel 19.1 Meest voorkomende power quality aspecten

No.	Maatregelen power quality
19.1	Indien grote aantallen identieke gebruikers zoals verlichtingsarmaturen met voorschakelapparaten (VSA) op het laagspanningsnet worden aangesloten dient het totale schijnbaar vermogen van deze gebruikers (kVA) ten opzichte van het geïnstalleerd vermogen (kVA) niet meer dan een factor 0,5 te bedragen.
19.2	De harmonische vervorming van de netspanning op de hoofdverdeler en onderverdelers dient te worden beperkt tot $THD_U \leq 5\%$. Slechts in technische ruimten op voedingen van grote industriële belastingen mag de harmonische vervorming maximaal $THD_U = 8\%$ zijn (IEC/EN 61000-2-2).
19.3	Nulgeleiders van railsystemen en kabels dienen minimaal dezelfde kwadratuur als de fasegeleiders te hebben.
19.4	Belastingen inclusief verlichtingsarmaturen met een enkele gelijkrichtdiode mogen niet worden toegepast.
i	Uit kostenbesparing zijn op de markt LED lampen beschikbaar die in plaats van een gelijkrichterbrug met vier diodes een gelijkrichter met slechts één diode hebben. Daardoor wordt het voedingsnet slechts met één polariteit belast (of positieve fase of negatieve fase) waardoor een gelijkstroomcomponent in het net optreedt die verzadiging van inductieve componenten als transformatoren kan veroorzaken.
19.5	Bij het voeden van groepen van apparaten dient rekening te worden gehouden met de piekstroom bij inschakeling. Snelle automaten (B-karakteristiek, 3-5.I_N) kunnen bij inschakeling aanspreken. Tragere automaten (C karakteristiek, 5-10.I_N of D-karakteristiek, 10-20.I_N) zijn dan beter geschikt. De keuze van het type automaat en de selectiviteit van de beveiliging wordt mede bepaald door de totale inschakel piekstroom.

20. Organisatie van EMC

Het doel van dit hoofdstuk is het vaststellen van de activiteiten en de organisatie die nodig zijn voor het bereiken van EMC bij nieuwbouw, renovatie en onderhoud van technische installaties.

De noodzakelijke activiteiten zijn in tabel 20.1 ingedeeld naar het EPCC model (engelstalig: Engineering, Procurement, Construction & Commissioning, in het nederlands: ontwerp, inkoop, bouw/installatie en oplevering). Uit kostenoverwegingen ligt de nadruk op de implementatie van EMC maatregelen tijdens de ontwerpfase. Tijdens deze fase zijn er relatief veel vrijheden om EMC maatregelen te nemen. Na de bouw en oplevering van de installatie zijn EMC (correctie)maatregelen bij gebleken problemen vaak beperkt mogelijk en zijn oplossingen daardoor kostbaar.

In tabel 20.1 is tevens aangegeven wie verantwoordelijk is voor de uit te voeren activiteiten en welke documenten dienen te worden geleverd.

Projectfase	Activiteit	Wie	Document
Ontwerp	• vaststellen EMC specificaties van systemen naar gebruiksruimte en EM zonering • vaststellen installatiemaatregelen • beoordeling specificaties apparatuur en evt. afwijkingen (zie Appendix 4).	• ET adviesbureau • Hoofdaannemer	• EM zoneringsplan • EMC checklist op basis van systeem/apparatuurlijst • Documenten t.b.v. installatie, zoals aardingstekeningen, gotenplannen etc.
Inkoop	• inkoop apparatuur en systemen op basis van EMC specificaties • vaststellen installatie instructies leverancier	• Hoofdaannemer	• Dossier CE verklaringen van overeenstemming van leveranciers • Installation Manuals (verzamelde installatie instructies leveranciers)
Bouw/installatie	• installatie conform bestek installatie eisen • opvolgen EMC instructies leverancier	• Hoofdaannemer • Installateur(s)	• Installatie checklist (algemene en leverancierspecifieke maatregelen)
Oplevering	• oplevering installatie en documentatie	• Hoofdaannemer	• EMC dossier (T.C.F.), samenstel van genoemde documenten

Tabel 20.1 Activiteiten tijdens verschillende projectfasen

Genoemde activiteiten zijn in lijn met de eisen die in het kader van EMC richtlijn 2004/108/EG aan leveranciers van systemen worden gesteld.

Ontwerp: Tijdens de ontwerpfase kunnen de volgende specifieke punten aan de orde komen:

- Bij sterk uiteenlopende EM niveaus en grote afwijkingen van de EM zonering kan het uitvoeren van een EMC matrix evaluatie nuttig zijn. Hierbij wordt de mogelijke interactie tussen systemen (stoorbronnen versus potentieel gevoelige systemen) geverifieerd. Dit voorkomt veel uitzoekwerk en reduceert een EMC beoordeling tot uitsluitend die combinaties van apparatuur en systemen waar problemen daadwerkelijk verwacht kunnen worden.
- Voor implementatie van gevoelige apparatuur in een bestaande omgeving kan het gewenst zijn een ‘site survey’ uit te voeren, waarbij specifieke EM aspecten van die omgeving, die relevant zijn voor de werking van het systeem, door meting worden vastgesteld.

Inkoop: Het hanteren van alleen een CE-markering is niet afdoende, omdat productnormen, die onder de CE-markering worden toegepast, qua EM niveau kunnen afwijken van de niveaus volgens de EM zonering. Uit de in de verklaring van overeenstemming gespecificeerde normen moet de conformiteit met de EM zone blijken. De EMC-relevante documentatie, zoals verklaringen van overeenstemming, dienen te worden verzameld.

Speciale aandacht is nodig voor eventuele installatie instructies die van toepassing zijn om aan de gespecificeerde normen te voldoen. Deze instructies dienen tijdens de installatie fase ook daadwerkelijk bekend te zijn en te worden toegepast door de elektrotechnisch aannemer(s). De instructie dient deel uit te maken van de project documentatie c.q. het tekeningenpakket.

NB: Mochten er tegenstrijdige instructies voorkomen, dan dient in overleg met de leverancier en eventuele deskundigen een praktische en EMC verantwoorde oplossing te worden vastgesteld.

Bouw/installatie: In de meeste gevallen blijkt dat de praktische uitvoering en details daarvan bepalend zijn voor de EMC eigenschappen van een installatie. Tijdens de feitelijke installatie dient gecontroleerd te worden of de EMC maatregelen worden uitgevoerd zoals bedoeld. Hierbij kan een checklist worden gebruikt, waarin de specifieke punten ten aanzien van bekabeling, aarding, gebruik van kabelgoten etc. zijn verwerkt.

Oplevering: Bij oplevering dienen alle relevante ‘as built’ EMC documenten te worden gecontroleerd. Tevens dient aandacht te worden besteedt aan eventuele periodieke onderhoudsmaatregelen en inspecties.

Nadrukkelijk wordt gesteld dat het niet wenselijk is een volledig gescheiden EMC documentatiesysteem te hanteren. EMC aspecten dienen als extra hoofdstuk te worden ’ingepast’ in bestaande PvE’s en te worden toegevoegd aan bestaande installatietekeningen, requisitie/inkoop documenten, naast onderwerpen als elektrische veiligheid, brandveiligheid etc.

21. Referenties

In deze EMC handleiding wordt verwezen naar de volgende referentiedocumenten[12].

[1] Generiek Technisch Programma van Eisen Vrije Universiteit

[2] IEC 61000-2-5, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 2 Environment - Section 5: Classification of electromagnetic environments.

[3] NPR-IEC/TR 61000-5-2, Electromagnetische Compatibiliteit (EMC), Deel 5: Installatie en mitigatierichtlijnen – sectie 2: Aarding en bekabeling, juli 2004.

[4] IEC 60364-4-44 Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances.

[5] NEN-EN-IEC 62305-3 (nl), Bliksembeveiliging – Deel 3: Fysieke schade aan objecten en letsel aan mens en dier, (IEC 62305-3:2010,MOD).

[6] NEN-EN-IEC 62305-4 (en), Bliksembeveiliging - Deel 4: Elektrische en elektronische systemen in objecten, (IEC 62305-4:2010,MOD).

[7] NEN-EN 50174-2:2009, Informatietechnologie - Installatie van bekabeling - Deel 2: Planning en praktijk in gebouwen.

[12] Waar referentiedocumenten niet-gedateerd zijn wordt de laatste versie van het document bedoeld.

Appendix 1 Geleiders voor aarding/potentiaalvereffening

A1.1 Impedantie van een geleider

In het laagfrequent bereik, bij een frequentie van 50Hz wordt de impedantie van een draad of kabel bepaald door de weerstand. De weerstand is afhankelijk van de (koper) doorsnede van de geleider en ligt in de orde van mΩ/m.

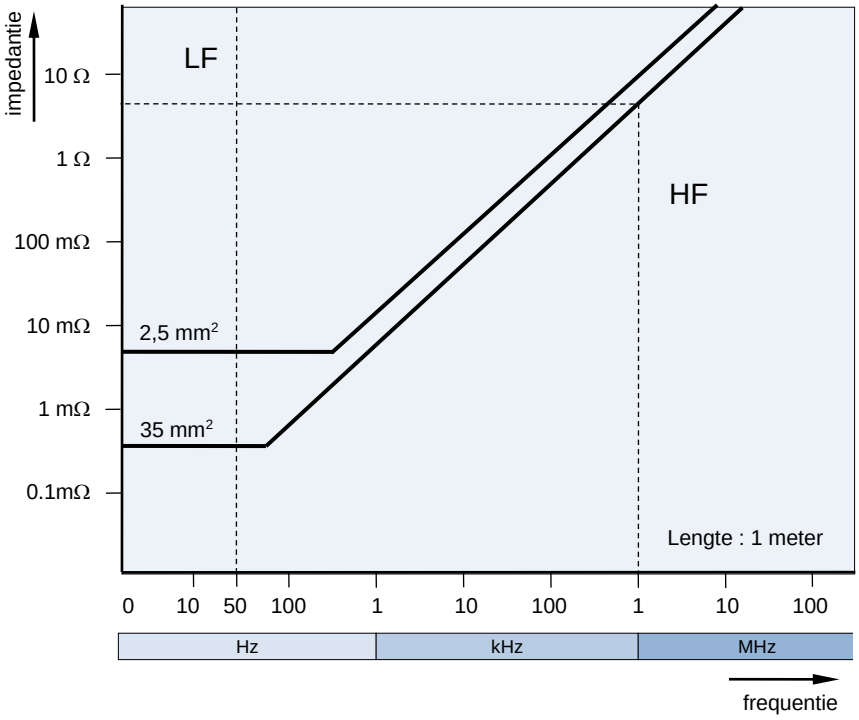
Voor frequenties hoger dan 50Hz neemt de impedantie van de gelei-der proportioneel met de frequentie toe vanwege de zelfinductie (zie figuur A1.1).

$Z = R_{LF} + \omega.L = R_{LF} + 2\pi.f.L\ [\Omega]$

met:
R_{LF} = laagfrequent weerstand [Ω]
f = frequentie [Hz]
L = zelfinductie [H], typical: L=1μH/m

Voor 1MHz kan de weerstand worden verwaarloosd en wordt de impedantie primair bepaald door de zelfinductie:

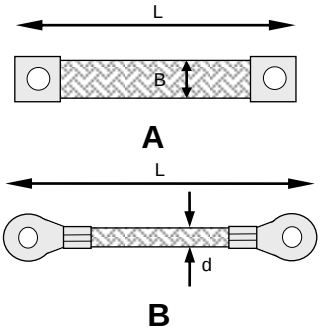
$f = 1\ MHz \rightarrow Z \approx 2\pi.10^{6}.10^{-6} = 6{,}3\Omega.$



Figuur A1.1 Impedantie van een draad van 1 meter als functie van de frequentie

Aangezien de meeste dominante elektromagnetische bronnen (bliksem, frequentieregelaars, schakelaars, zenders etc.) hoge frequentie produceren dienen voor de aarding en potentiaalvereffening korte geleiders met een lage zelfinductie te worden toegepast, bij voorneeld platte litze zoals getoond in figuur A1.2, A. De aanbevolen verhouding tussen de lengte en breedte van de geleider is $L/B \leq 10$.

Indien platte litze niet kunnen worden toegepast (b.v. vanwege corrosie, dan dient een korte geleider (figuur A1.2, B) met b.v. neopreen isolatie te worden gebruikt.



Figuur A1.2 Typical geleiders voor EMC

Samenvattend:

LF:
- de impedantie van de geleider is laag
- de koperdoorsnede bepaald de weerstand
- de lengte van de geleider is niet kritisch

HF:
- de impedantie van een geleider is bepalend
- de lengte is kritisch (impedantie proportioneel met de lengte)
- de koperdoorsnede is onbelangrijk

A1.2 Corrosie

Voor geleiders van verschillende metalen dienen maatregelen tegen corrosie te worden genomen door toepassing van speciaal bevestigingsmateriaal zoals ringen en moeren. Een bekende combinatie van metalen die corrosie geeft is aluminium (Al) met koper (Cu).

De spanningsreeks van metalen is de rangschikking van de metalen naar dalend reducerend vermogen; met andere woorden hoe meer naar links een metaal staat, hoe gemakkelijker het geoxideerd wordt. Hoe meer naar rechts het metaal, hoe edeler het is. Een metaal links van een ander metaal kan de ionen van een ander metaal reduceren tot metaal. Hoe verder de metalen van elkaar staan, des te groter de drijvende kracht van de reactie is (en de kans op corrosie).

De spanningsreeks der metalen ziet er als volgt uit:

Li > K > Sr > Ca > Na > Mg > Al > Zn > Cr > Fe > Cd > Co > Ni > Sn > Pb > H ■ Cu > Ag > Hg ■ Pt > Au

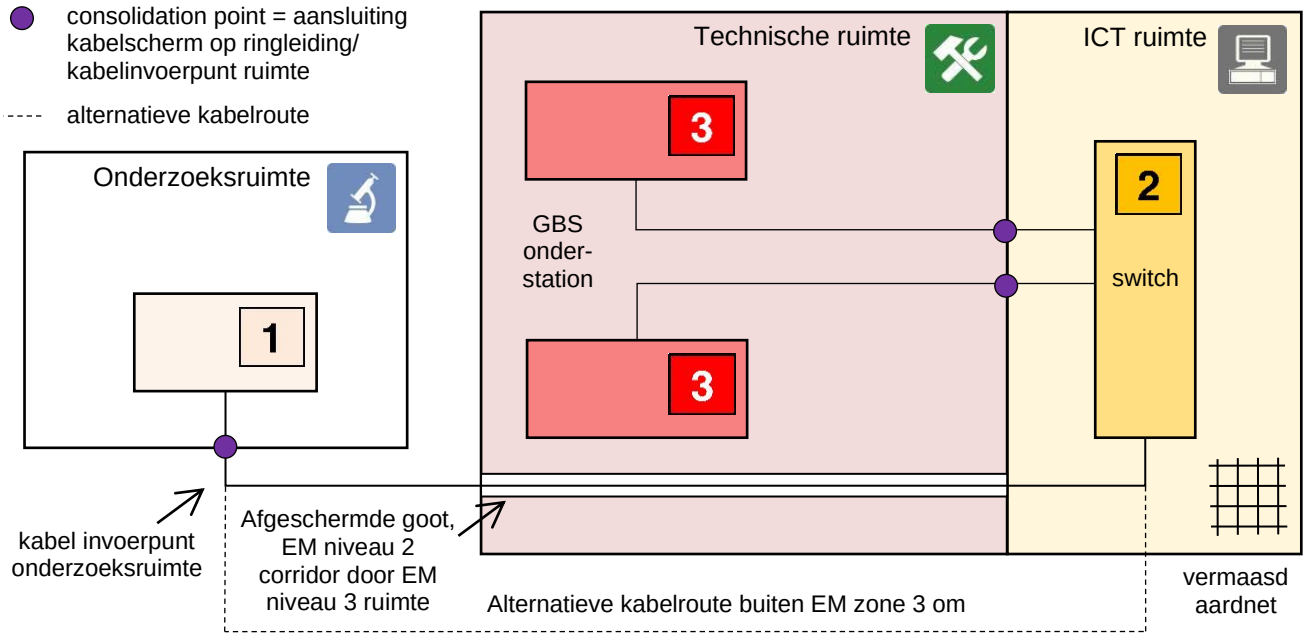
De metalen tot en met Pb zijn onedel. De metalen van Cu tot Hg zijn half-edel. De metalen Pt en Au zijn edel.

Appendix 2 Voorbeeld EM zonering

Figuur A.1 toont een voorbeeld van de EM zonering van een technische ruimte, een ICT ruimte en een onderzoeksruimte, waar met zeer gevoelige meetopstellingen wordt gewerkt. De technische ruimte bevat frequentieregelaars voor de aansturing van ventilatoren en pompen, stoombevochtigers en een GBS onderstation.
De volgende interfaces tussen verschillende EM zones zijn aanwezig:

a. Vanuit de ICT ruimte (EM zone 2) worden netwerkkabels van een ethernet switch naar het onderstation in de technische ruimte (EM zone 3) aangebracht.

b. Tussen de ICT ruimte (EM zone 2) en de onderzoeksruimte (EM zone 1) worden eveneens netwerkkabels geïnstalleerd. De kortste weg voor deze kabels is door de technische ruimte (EM zone 3).



Figuur A2.1 Voorbeeld EM zonering tussen diverse ruimtes

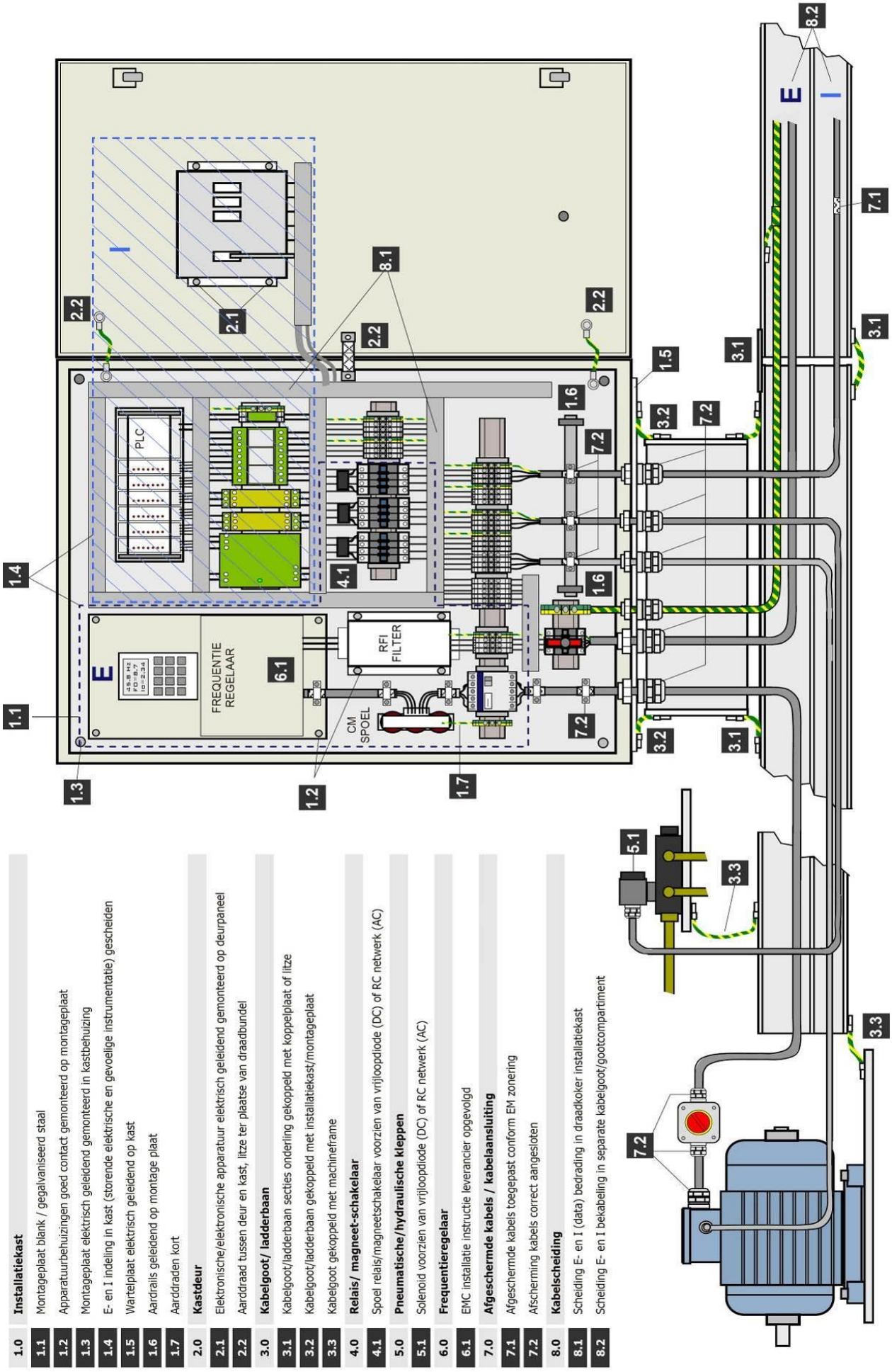
Om te voorkomen dat stoorstromen van frequentieregelaars en schakeltransients via de kabels van EM zone 3 inkoppelen op apparatuur in EM zone 1 en - 2 worden de volgende maatregelen getroffen (figuur A.1):

1. Voor de netwerkkabels worden afgeschermde SF/UTP kabels gebruikt,
2. De kabelschermen van deze kabels worden aan beide kanten aangesloten en op de overgang van de ene naar de andere zone aangesloten op het consolidation point (zie tevens hoofdstuk11, EM zoneringsmaatregelen),

> Met de meervoudige schermaansluiting worden “aardlussen” gemaakt. Het doel van deze aansluitingen is dat stoorstromen die over de schermen lopen, op het consolidation point van het scherm af kunnen en retourlopen naar de bron. De stoorstromen door de kabelschermen dienen te worden gereduceerd door de stromen door de goten te laten lopen. Door de kabelgoten onderling te koppelen en de uiteinden van de goot aan te sluiten op de apparatuurkasten ontstaat een PEC, die de stromen van de kabel overneemt.

3. Het installeren van de netwerkkabels van de ICT ruimte naar de onderzoeksruimte in een separate kabelgoot door de technische ruimte (een zogenaamde EM corridor). In deze goot mogen geen (EM vervuilde) kabels liggen van apparatuur en systemen in EM zone 3 (technische ruimte). Het alternatief voor deze maatregel is het omleggen van de kabels via een (schone) goot buiten de technische ruimte om (stippellijn in figuur A.1).
4. Qua voeding dient er eveneens een scheiding plaats te vinden: zowel de ICT ruimte als de onderzoeksruimte mogen geen gemeenschappelijke voeding hebben met de technische ruimte. De ICT ruimte zal een eigen (UPS) voedingsgroep dienen te hebben en ook de voeding van de onderzoeksruimte dient te worden geconditioneerd zie verder scheiding licht- en krachtinstallaties, hoofdstuk 10.2.
5. Daarnaast zijn de algemene aardingsmaatregelen als het aanbrengen van een ringleiding, vermaast vloernet voor de ICT ruimte etc., als beschreven in hoofdstukken 12 en 14 onderdeel van deze EM zoneringsmaatregelen.

Appendix 3 Installatievoorbeeld besturingskast technische ruimte



Appendix 4 Voorbeeld EMC checklist

De EMC specificaties van een systeem worden gecontroleerd ten opzichte van de voor de omgeving, op basis van de EM zonering, vastgestelde EMC eisen aan de hand van onderstaande EMC checklist. De EMC checklist wordt ingevuld door de volgende stappen te doorlopen (zie tevens figuur A4.2):

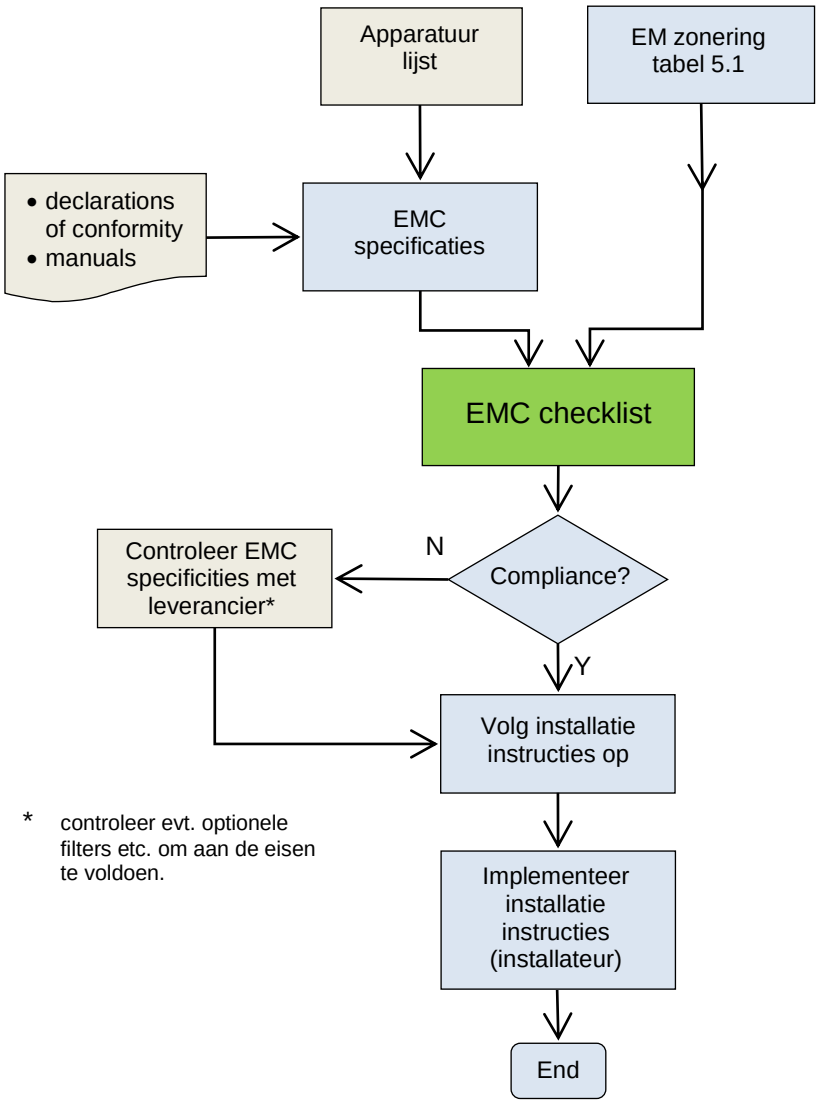
1. De EM zonering van de installatie wordt bepaald op basis van tabel 5.1 in hoofdstuk 5 van deze instructie.
2. De apparatuurlijst van de installatie fungeert als uitgangspunt voor de EMC checklist. Van ieder van de apparaten worden de EMC specificaties (emissie en immuniteit) opgezocht (catalogus, manual) en gecontroleerd ten opzichte van de vereiste generieke emissie en immuniteitsniveaus conform de EM zone.
3. Bij afwijkende of niet conforme specificaties behorend bij de omgeving dient met de leverancier te worden geverifieerd of er optionele maatregelen nodig zijn (b.v. optonele filters of installatiemaatregelen).
4. Eventueel van toepassing zijnde installatie instructies die bij de apparatuur worden meegeleverd (manual) dienen te worden geverifieerd. De instructies dienen door de installateur te worden opgevolgd.

De locatie waar het system wordt geinstalleerd bepaalt de EM zonering. De EM zone is uitgangspunt voor de EMC specificaties van de apparatuur.

Installatie instructies van de leverancier moeten door de installateur worden opgevolgd.

SAMPLE			System EMC checklist																					
			System	Gas Turbine Generator package																			EM zone	3
No.	Equipment	Vendor	Type	Generic standards				Product standards							Further requirements				Compliance			Reference	Furthers description	
			EM level	3	2	3	2	3	2															
				IEC 61000-6-4	IEC 61000-6-3	IEC 61000-6-2	IEC 61000-6-1	IEC CISPR 11 Class A	IEC CISPR 22 Class B	IEC 61326-1	IEC 61800-3				C-tick	ACMA approval	Installation requirements	Performance criteria	Y	N	N.A.			
1	PLC	Allen Bradley	SLC 500	■	□	■	□	□	□	□	□				□	□	■	□	■	□	□	APB-0017-A-EN	Implement vendor installation requirements	
2	Control panel interface	Allen Bradley	PanelView 1000E Interface	■	□	■	□	□	□	□	□				□	□	□	□	■	□	□	OII-0037-B-EN		
3	IS barrier	MTL	MTL5061	□	□	□	□	□	□	■	□				□	□	□	□	■	□	□	MTL5000 series CE		
4	Power supply	Puls	QT20.241	■	□	■	□	□	■	□	□				□	□	□	□	■	□	□	ce1_qt20_241		
5	Exciter controller	Basler	DECS-200	■	□	■	□	□	□	□	□				□	□	□	□	■	□	□	Basler_DECS-200_Instruction_Manual		
6	PLC	GE Fanuc	GFK-1179L	■	□	■	□	□	□	□	□				□	□	■	□	■	□	□	GFK1179L[1]		
7	Protection relay	Siemens	SIPROTEC 4 7UM62	■	□	■	□	□	□	□	□				□	□	■	□	■	□	□	7ut6x_katalog		
8	Vibration monitoring system	Bently nevada	Transducer 141636_CDA_000	□	□	■	□	□	□	□	□				□	□	■	□	■	□	□	Bently Nevada transducer 141636_CDA_000		
9	Vibration monitoring system	Bently nevada	3500-05 rack	■	□	■	□	□	□	□	□					□	■	□	■	□	□	BN 3500_05rack		
10	Fibre optic converters	Westermo	ODW-710-F1	■	□	■	□	□	□	□	□					□	□	□	■	□	□	westermo_ds_odw-710-f1_en		

Figuur A4.1 Voorbeeld EMC checklist



Figuur A4.2 Werkwijze beoordeling EMC specificaties apparatuur