

HANDLEIDING

ELEKTROMAGNETISCHE COMPATIBILITEIT (EMC)

Februari 2023



VRIJE
UNIVERSITEIT
AMSTERDAM

HANDLEIDING

ElektroMagnetische Compatibiliteit

Voorkoming onderlinge beïnvloeding van elektrische en elektronische apparatuur

Versie 1.1

Datum: 22-02-2023

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 2014/30/EU dienen eigenaren van vaste elektrotechnische- en elektronische installaties te zorgen voor een verantwoorde systeemintegratie ten aanzien van ElektroMagnetische Compatibiliteit (EMC¹). 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 zoneringsnaam 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 appendices 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.

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. Kabelclassificering en kabelscheiding	25
11. EM zoneringsmaatregelen	28
12. Ringleiding en vermazing apparatuurr ruimten	31
13. Aardingsinstallatie medische- en onderzoeksruimten	33
14. Computervloer	35
15. Ontstoormaatregelen werktuigbouwkundige installaties	37
16. Reductiemaatregelen LF magnetisch veld voor medische- en onderzoeksruimten	41
17. Beperking gebruik radiofrequent zenders in apparatuurr ruimten	43
18. EMC eisen elektrische en elektronische apparatuur	45
18.1. Algemeen	45
18.2. Emissielimieten	45
18.3. Immunititeitseisen	46
18.4. Installatie instructies bij apparatuur	46
18.5. EMC kwaliteitseisen (Performance Criteria)	46
18.6. Testen en inspectie	47
19. Power Quality (netspanningskwaliteit)	48
19.1. Inleiding	48
19.2. Power quality eisen apparatuur	48
19.3. Power quality eisen installatie	49
19.4. Eisen te stellen aan apparatuur voor opwekking van energie	51
19.5. Eisen te stellen aan apparatuur voor opladen van elektrische voertuigen	52
20. Blootstelling elektromagnetische velden en eisen conform EMV richtlijn 2013/35/EU	53
21. Organisatie van EMC	54
22. Referenties	55
Appendix 1 Geleiders voor aarding/potentiaalvereffening	57
Appendix 2 Voorbeeld EM zonering	58
Appendix 3 Installatievoorbeeld besturingskast technische ruimte	59
Appendix 4 Voorbeeld EMC checklist	60
Appendix 5 EMV inventarisatie	62

1. Toepassingsgebied

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

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 zoning, waarbij verschillende gebruiksomgevingen met ieder een eigen mate van elektromagnetisch storniveau worden onderscheiden,
Hoofdstuk 6 t/m 10	Samenvatting van maatregelen (hoofdstuk 6) en een overzicht van algemene (generieke) technische eisen, verdeeld in eisen voor: <ul style="list-style-type: none"> ■ bliksembeveiliging (hoofdstuk 7), ■ civiele techniek (hoofdstuk 8), ■ werktuigbouwkundige installatie (hoofdstuk 9) en ■ elektrotechnische installatie (hoofdstuk 10).
Hoofdstukken 11 t/m 17	Specifieke technische eisen ten aanzien van aarding, ontstoormaatsregelen en het gebruik van radiofrequent apparatuur in verschillende gebruikruimten
Hoofdstuk 18	EMC apparatuuereisen
Hoofdstuk 19	Eisen ten aanzien van power quality
Hoofdstuk 20	Blootstellingsaspecten elektromagnetische velden conform EMV richtlijn 2013/35/EU
Hoofdstuk 21	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 gebruikruimte:

	= medische ruimte
	= onderzoekruimte
	= kantoor
	= openbare ruimte
	= ICT ruimte
	= technische ruimte
	= zwaar industriële ruimte





Overige symbolen


	= aanbevolen maatregel
	= incorrecte maatregel

EM zone

	= laag EM niveau, (zeer) gevoelige apparatuur
	= residentieel
	= industrieel
	= zwaar industrieel

Kabelklasse

	= kabelklasse 1
	= kabelklasse 2
	= kabelklasse 3
	= kabelklasse HS

	= nadere toelichting
---	----------------------

	= specifieke aandacht vereist
---	-------------------------------

3. Afkortingen en begrippen

3.1. Afkortingen

BBL	Besluit Bouwwerken Leefomgeving
CAP	Centraal AardPunt
CM	Common Mode
CT	Computer Tomografie
DM	Differential Mode
ECG	Elektrocardiogram (signaalniveau typ. 0,1-10mV, f = 0,1-1500 Hz)
EEG	Elektroencefalogram (signaalniveau typ. 10 – 100 μ V, f = 0,1-1500 Hz)
EMG	Elektromyogram (signaalniveau typ. 5 – 200 μ V, f = 20 Hz -20 kHz)
ELF	Extremely Low Frequency
EM	ElektroMagnetisch
EMC	Elektromagnetische Compatibiliteit
EMI	Elektromagnetische Interferentie
EMV	ElektroMagnetische Velden
EP	Evoked Potentials
ESD	Electro Static Discharge
FCC	Federal Communications Commission (US)
FCO	Facilitaire Campus Organisatie
FR	Frequentie Regelaar
F/UTP	Netwerkkabel bestaande uit een overall afscherming van folie (F=Foil) en daar binnen onafgeschermdde aderpennen (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 (≥ 30 kV)
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
ICT	Informatie- en Communicatie Technologie
IEC	International Electrotechnical Commission
LEMP	Lightning Electromagnetic Pulse
LPL	Lightning Protection Level
LPZ	Lightning Protection Zone (gevolgd door een nummer 0 t/m 2 welke de zone aanduid)
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
(RI&E)	Risico Inventarisatie en Evaluatie
RMS	Root Mean Square (kwadratisch gemiddelde)
SER	Satellite Equipment Room (server ruimte)
S/FTP	Netwerkkabel bestaande uit een overall afscherming van vlechtwerk (S=Shielded) en daar binnen folie afgeschermdde aderpennen (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 onafgeschermdde aderpennen (UTP=Unshielded Twisted Pairs)
TCD	Technisch Constructie Dossier
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

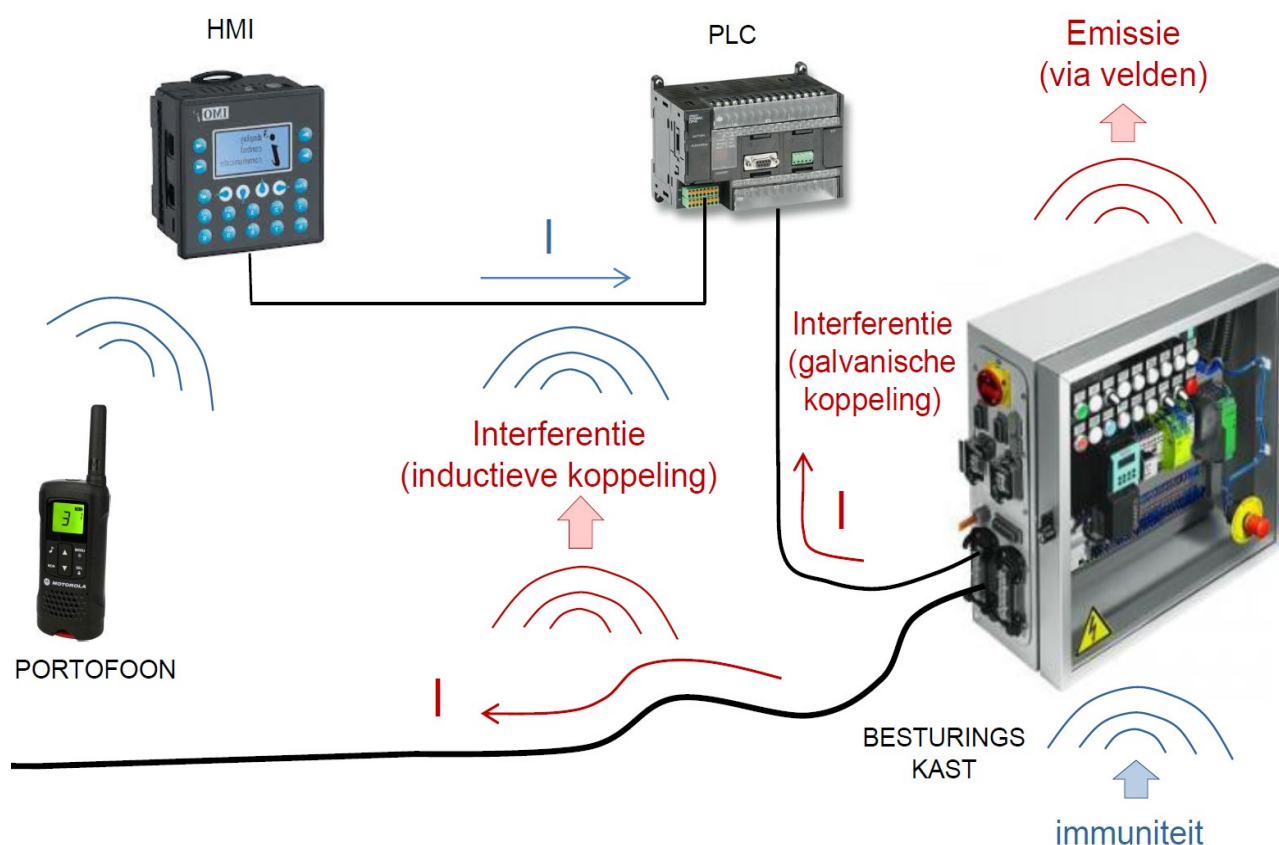
Common mode	Een signaal dat in gelijke mate op zowel de heengaande als de terugkomende signaalleiding staat, veelal ten opzichte van aarde.
Differential Mode	Een signaal dat aanwezig is tussen de heengaande en terugkomende signaalleiding.
EM omgeving	Het totaal van de elektromagnetische verschijnselen 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.
Potentiaalvereffeningsinstallatie	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 interferenties worden veelal verspreid 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 2014/30/EU [2].

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 afgeschermd kabels en juiste aansluittechniek van kabelschermen, het scheiden van storende en gevoelige kabels en het toepassen van afschermd kabelgoten. Deze EMC installatiemaatregelen, in de toelichting bij de EMC Richtlijn (Guide for the EMCD (Directive 2014/30/EU) [3]) aangeduid als “good engineering practices” zijn tevens voorwaarde om te voldoen aan de wettelijke eisen van de EMC richtlijn 2014/30/EU [2].

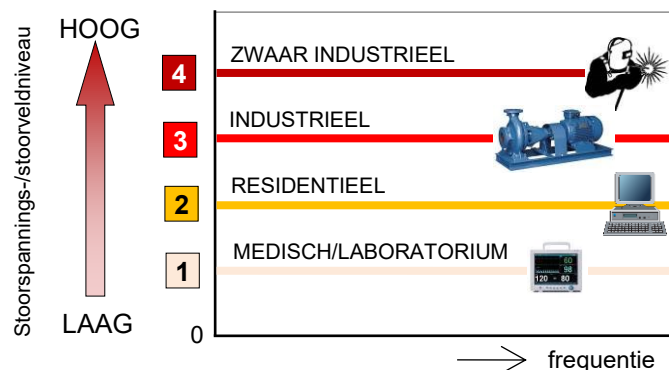
Samenvattend: apparaten moeten voldoen aan (emissie- en immuniteits)normen en er dient een EMC gerichte installatietechniek te worden gevolgd. In deze EMC handleiding worden deze maatregelen nader omschreven.

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 [11] 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 stoor niveau

i 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.

i Het verschil in stoor niveau (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 van 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 voorkomende gebruiksruimten ingedeeld naar EM zone. Hierbij zijn tevens de bliksembeveiligingszones (LPZ) aangegeven.

Symbol	Ruimte	EM zone	LPZ	Typical apparatuur
	Medische ruimte	1	LPZ2	Onderzoeks- en behandelapparatuur, ECG, EMG, EEG, EP, MRI, CT, specifieke diagnose apparatuur.
	Onderzoekruimte, laboratorium	1	LPZ2	Meet- en laboratoriumapparatuur, computers, elektronenmicroscopie, specifieke onderzoeksapparatuur. Eveneens computers en residentiële apparatuur conform EM-zone 2.
	Kantoor	2	LPZ2	Computers, beeldschermen, printers, telecommunicatie apparatuur.
	Openbare ruimte	2	LPZ2	Brandmeldinstallatie, toegangscontrole/security, omroepinstallatie, liften, automatische deuren, diverse telecommunicatie apparatuur, draadloze excess points.
	ICT ruimte	2	LPZ2	MER- en SER ruimten, computers, mainframes storage (UPS systemen staan in technische ruimten)
	Technische ruimte	3	LPZ1	Werkuigbouwkundige installaties, MCC's, M&R apparatuur, GBS onderstations, PLC's, kleppen, frequentieregelaars, pompen, UPS.
	Zwaar industriële ruimte	4	LPZ1	Ruimten met zwaar industriële apparatuur, hoogspanningsruimten, bijzondere onderzoeksruimten, werkplaats, elektrisch lassen

Tabel 5.1 EM- en LPZ 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 EM zone 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 EM zone, waar bijzonder storende omgevingscondities heersen, bij voorbeeld apparatuur of systemen die zijn opgesteld buiten het gebouw, in een LPZ_{0A} omgeving, waar directe bliksemontladingen kunnen optreden.

De aannemer dient op basis van de plattegronden van de gebouwlocatie en de gebruiksfunctie van ruimten, zoals omschreven in het Besluit Bouwwerken Leefomgeving (BBL), een EM- en LPZ 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 $\text{dB}\mu\text{V}$, dan wordt de spanning bedoeld t.o.v. de referentiespanning $U_{\text{REF}} = 1 \mu\text{V}$, maar dan uitgedrukt in factoren van 10.

Een spanning van 1V wordt dan $U_{\text{dB}} = 20 \cdot \log(U/U_{\text{REF}})$ [$\text{dB}\mu\text{V}$] ofwel $U_{\text{dB}} = 20 \cdot \log(1/1 \cdot 10^{-6}) = 20 \cdot \log(1 \cdot 10^6) = 20 \times 6 = 120 \text{dB}\mu\text{V}$

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 handleiding bestaan uit generieke maatregelen, die voor alle locaties van toepassing zijn en specifieke EMC maatregelen die betrekking hebben op de in hoofdstuk 5 genoemde gebruiksruidten.

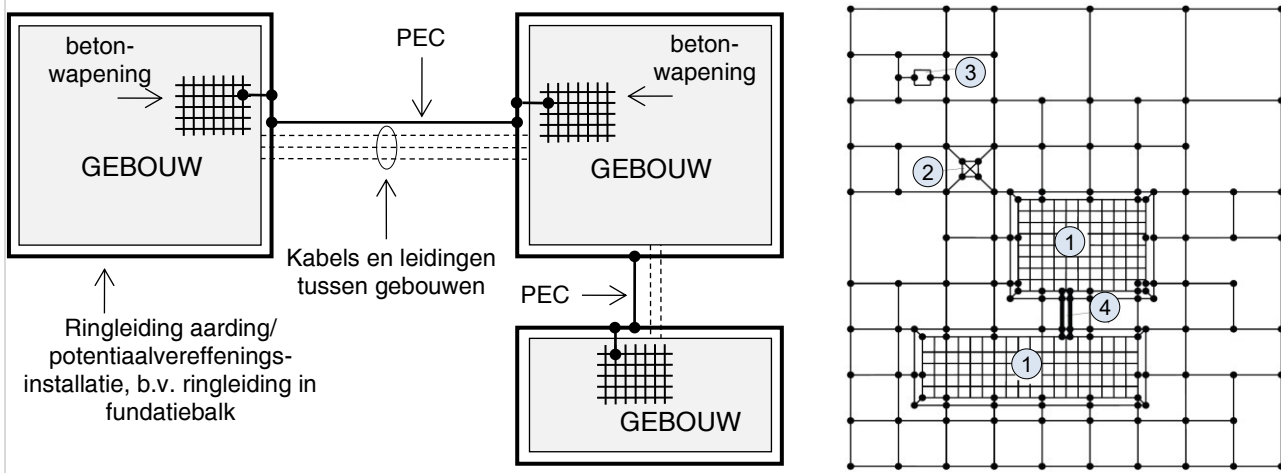
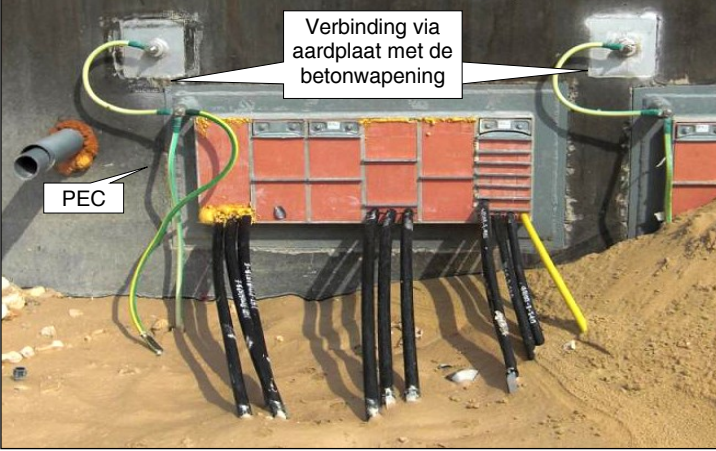
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de uit te voeren maatregelen per locatie.

EMC maatregel		Generiek								Specifiek					
		Bliksembeveiliging	Civiele techniek	Werktuigbouwkundige installatie	Elektrotechnische installatie	EM zoneringsmaatregelen	EMC eisen apparatuur	Netspanningskwaliteit/power quality	EMV beoordeling	Ringleiding/ kleinere vermazing	Stervormige Instrumentatie aarde	Computervloer	Ontstoormaatenregelen WTB	Reductie LF magnetisch veld	Beperking gebruik portable zenders
Locatie	Hoofdstuk	7	8	9	10	11	18	19	20	12	13	14	15	16	17
Medische ruimte		■	■	■	■	■	■	■	■		■			■	■
Onderzoekruimte		■	■	■	■	■	■	■	■		■			■	■
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 [11], tenzij op basis van de risicobeoordeling conform NEN-EN-IEC 62305-2 [10] nadrukkelijk bepaald wordt dat bliksembeveiliging niet nodig is (vanwege de omvang van het object of beschermhoek van andere objecten).
7.2	Op basis van de uitgangspunten in NEN-EN-IEC 62305-1 [9], 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 en onderlinge afstand tussen afgaande leidingen van bliksembeveiligingsklasse LPL II geldt een grootte van 10m x 10m.
7.3	Gebouwen dienen te worden voorzien van een potentiaalvereffeningsinstallatie conform de eisen zoals beschreven in hoofdstuk 6 van NEN-EN-IEC 62305-3 [11].
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 vereffend op de plaatselijke aarding/potentiaalvereffeningsinstallatie, zoals beschreven in hoofdstuk 11 van deze EMC handleiding (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 vervallen, mits de kabelarmering van deze kabels 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.
	 <p data-bbox="1053 1489 1501 1556">Plattegrond met gebouwen en objecten conform NEN-EN-IEC 62305-3</p> <p data-bbox="1053 1579 1157 1612"><u>Legenda</u></p> <ol data-bbox="1053 1624 1501 1825" style="list-style-type: none"> 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 <p data-bbox="231 1489 949 1937">  <p data-bbox="526 1489 694 1579">Verbinding via aardplaat met de betonwapening</p> <p data-bbox="279 1668 327 1702">PEC</p> </p>

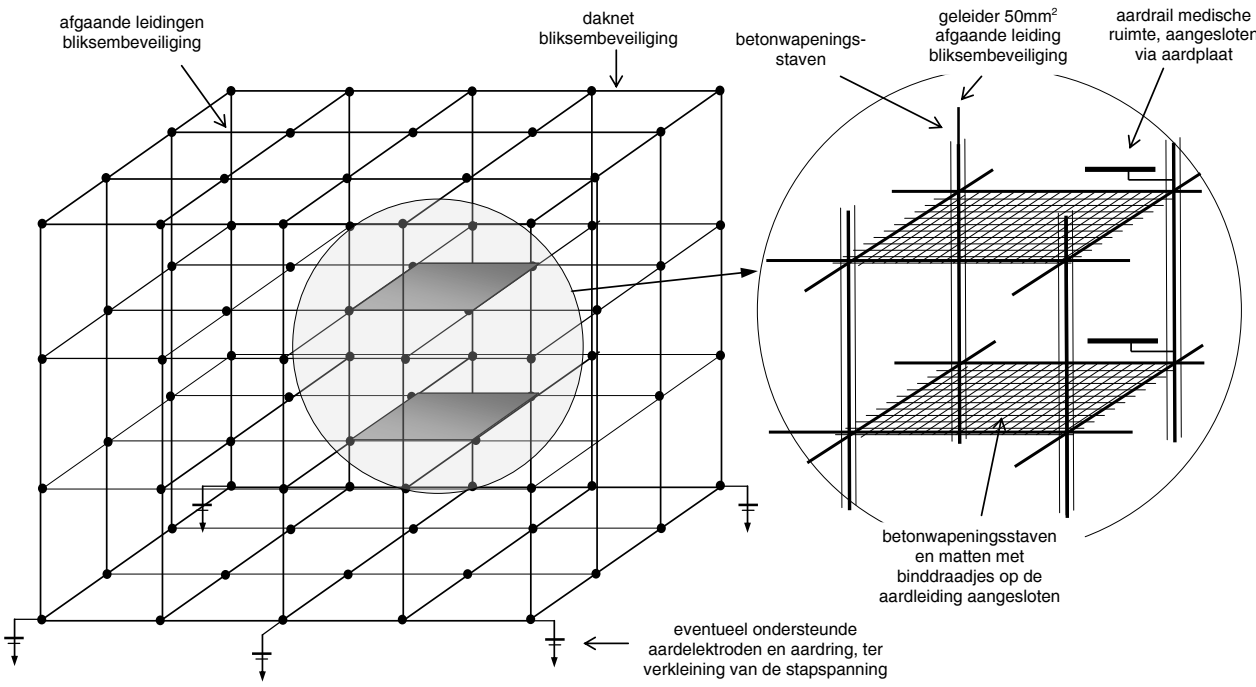
Figuur 7.1 Minimum uitvoering gebouwringleidingen en PEC's

8. Civiele techniek

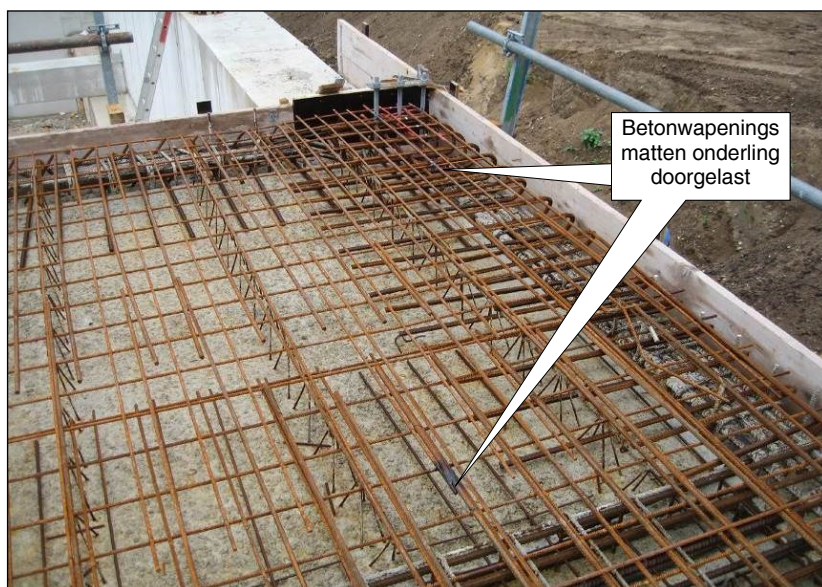
Metalen constructiedelen van gebouwen zoals betonwapening of het staalskelet dienen te worden toegepast als onderdeel van de bliksemafleiderinstallatie. Hiertoe worden eisen gesteld aan het aantal, de locatie en de kwaliteit van de elektrische verbindingen tussen de constructiedelen en de inwendige aardings-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

i Het toepassing van betonwapening en staalconstructies is een integraal onderdeel van de norm NEN-EN-IEC 62305-3 [11] 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	<p>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 [11]. Voor specifieke eisen die aan de verbindingen met de betonwapening worden gesteld wordt verwezen naar bijlage E4.3 van NEN-EN-IEC 62305-3 [11], Objecten van gewapend beton.</p>
	 <p><i>Figuur 8.1 Gebruik betonwapening als onderdeel van de bliksemafleiderinstallatie</i></p>
8.2	<p>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.</p>
	<p>i De afstand van 10m geldt zowel in horizontale als verticale richting hetgeen voor de verticale vermazing neerkomt op een onderlinge afstand van 2 verdiepingen.</p>
8.3	<p>Op het dak dienen aardplaten of stekeinden te worden aangebracht op de beton-wapening om een daknet c.q. potentiaalvereffening met metalen objecten op het dak te kunnen aansluiten.</p>
8.4	<p>De betonwapening van de fundatie en heipalen dient te fungeren als natuurlijke aardelektrode (conform paragraaf 5.4.4 van NEN-EN-IEC 62305-3 [11]). Afhankelijk van de gemeten aardverspreidingsweerstand dienen aardplaten (b.v. Cadweldplaten) te worden aangebracht om aanvullende aardelektroden te kunnen aansluiten om te voldoen aan de eisen van NEN-EN-IEC 62305-3 [11].</p>
8.5	<p>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 verbinding met de potentiaalvereffening van deze kabels en leidingen te kunnen maken.</p>
	<p>! De locaties waar verbindingen worden gemaakt tussen de betonwapening en interne aardingleidingen dienen tijdens het ontwerp zorgvuldig te worden gepland.</p> <p>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 geïnspecteerd vóór het storten van het beton. Dit kan worden gedaan met behulp van tekeningen, beschrijvingen en foto's die tijdens de bouw worden gemaakt.</p>

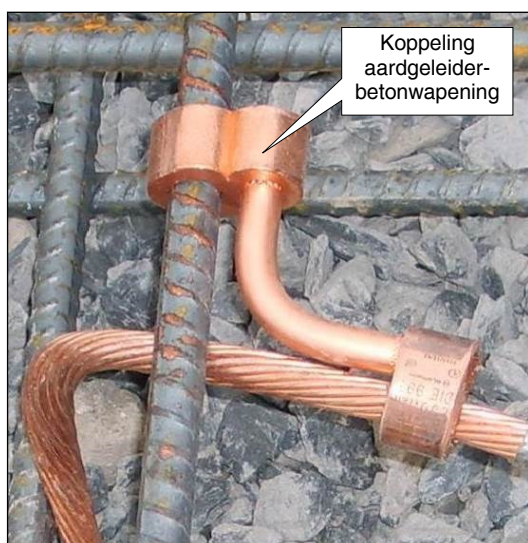
- 8.6 Ter plaatse van dilatatie dienen bouwdeelen op onderlingen afstanden van maximaal 10 meter te worden voorzien van aardplaten en te worden gekoppeld met flexibele aardverbindingen.
- 8.7 Verbindingen met de betonwapening dienen afdoende te worden beschermd tegen de effecten van corrosie, zie tevens paragrafen 5.5 en 5.6 en bijlage E van NEN-EN-IEC 62305-3 [11], met inbegrip van galvanische werking tussen verschillende materialen.



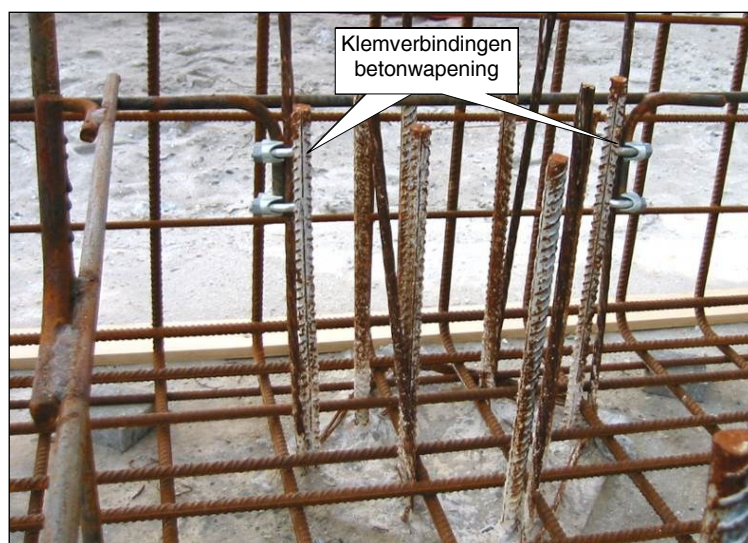
Figuur 8.2



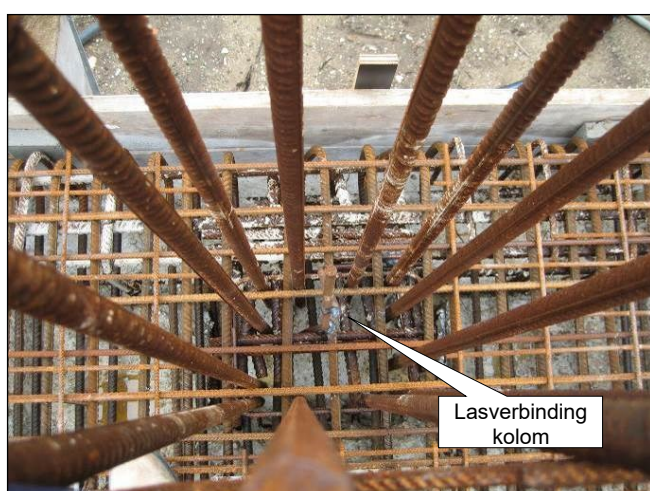
Figuur 8.3



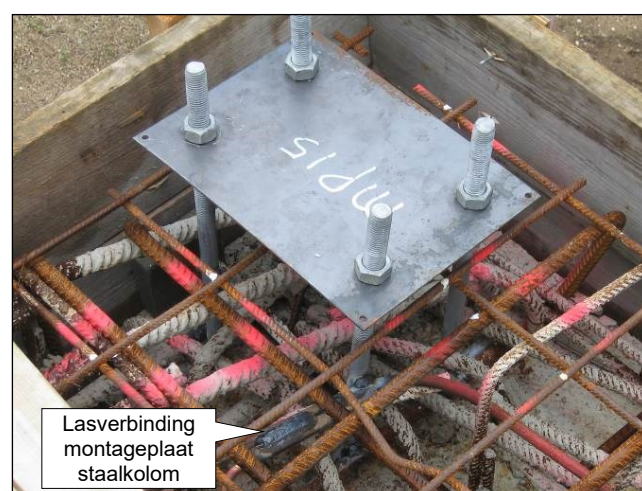
Figuur 8.4



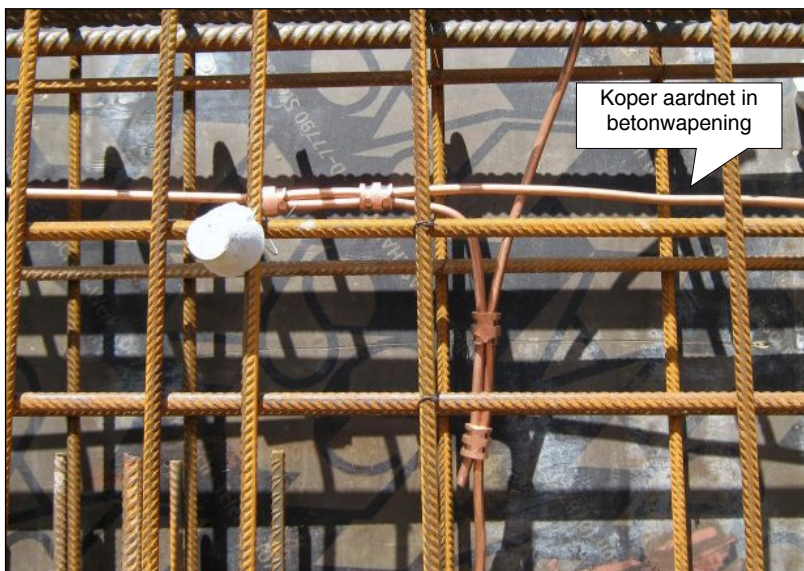
Figuur 8.5



Figuur 8.6



Figuur 8.7



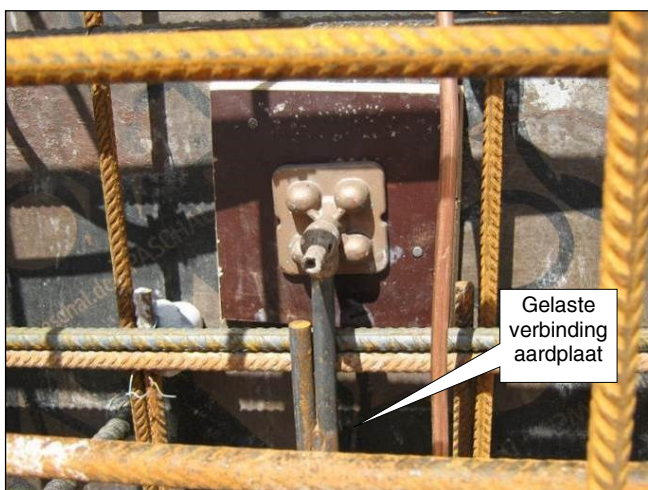
Koper aardnet in betonwapening

Figuur 8.8



Gelaste verbinding aardplaat

Figuur 8.9



Gelaste verbinding aardplaat

Figuur 8.10



Aardplaat na beton storten

Figuur 8.11



Aardplaat aangesloten op aardringleiding

Figuur 8.12

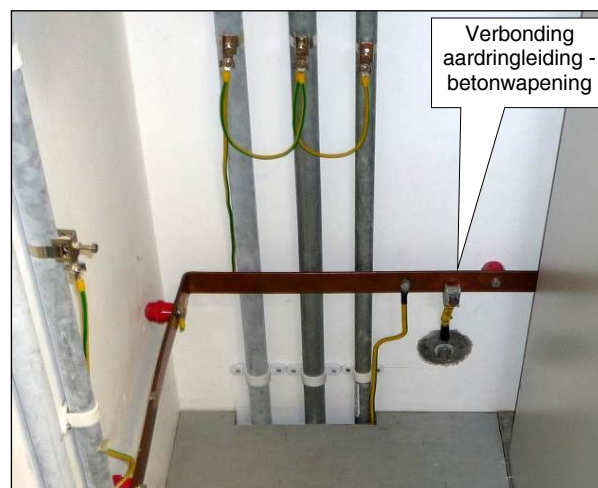


Aardplaat aangesloten op aardringleiding

Figuur 8.13



Figuur 8.14



Figuur 8.15

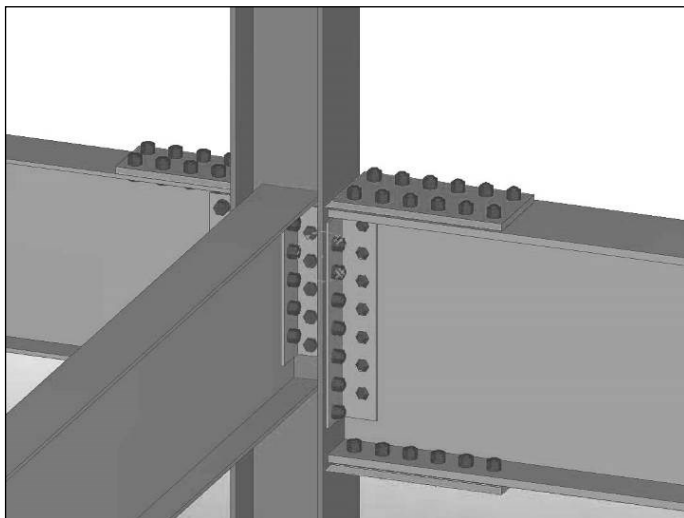
No.	Maatregelen stalconstructies
8.8	Stalen constructiedelen van gebouwen dienen één geleidend geheel te vormen en als een integraal onderdeel van de bliksemafleiderinstallatie te worden toegepast, zoals beschreven in paragraaf 5.3.5 en bijlage E4.3 van NEN-EN-IEC 62305-3 [11].
i	Bij de constructie van 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 stalconstructie 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 stalconstructie van het gebouw te worden aangebracht om metalen objecten op het dak te kunnen aansluiten en te kunnen vereffenen met de stalconstructies die als afgaande leidingen fungeren.
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 stalconstructie.



Figuur 8.16



Figuur 8.17



Figuur 8.18

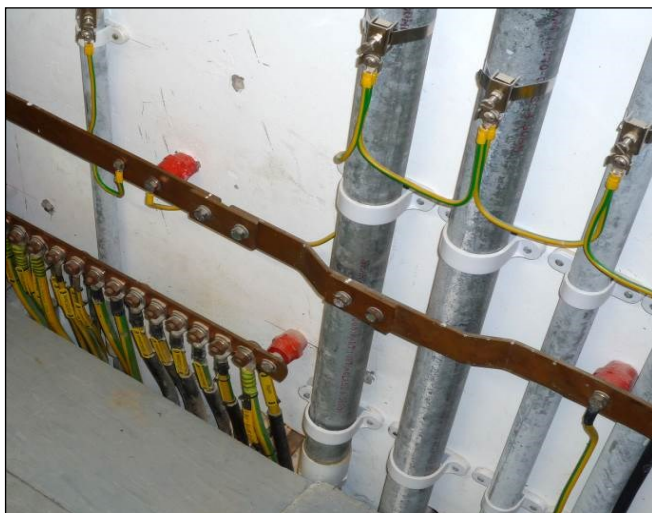


Figuur 8.19

9. Werktuigbouwkundige installatie

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

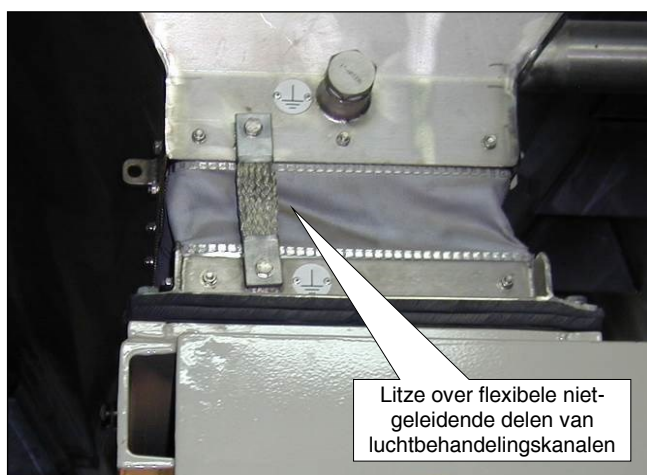
No.	Aardings- en vereffningsmaatregelen voor werktuigbouwkundige installaties
9.1	Metalen leidingen van buiten dienen bij invoer in het gebouw te worden aangesloten op de aarding/potentiaalvereffningsinstallatie van het gebouw. Hiermee worden geïnduceerde spanningen op de leidingen als gevolg van bliksemontladingen gereduceerd (figuren 9.1 en 9.2).
i	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 continuïteit 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 [11] (figuur 9.7).



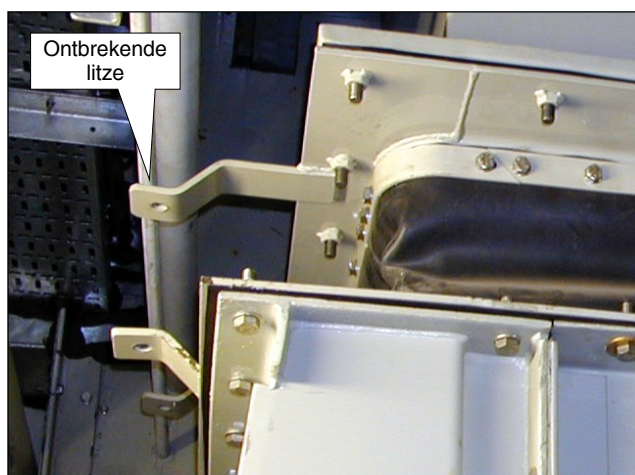
Figuur 9.1



Figuur 9.2



Figuur 9.3

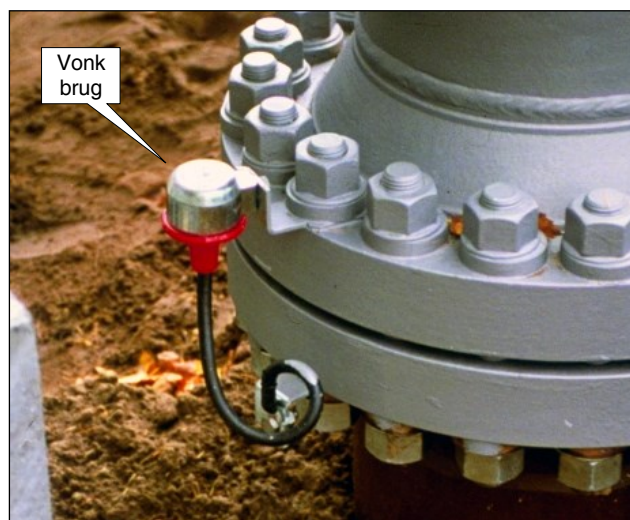


Figuur 9.4

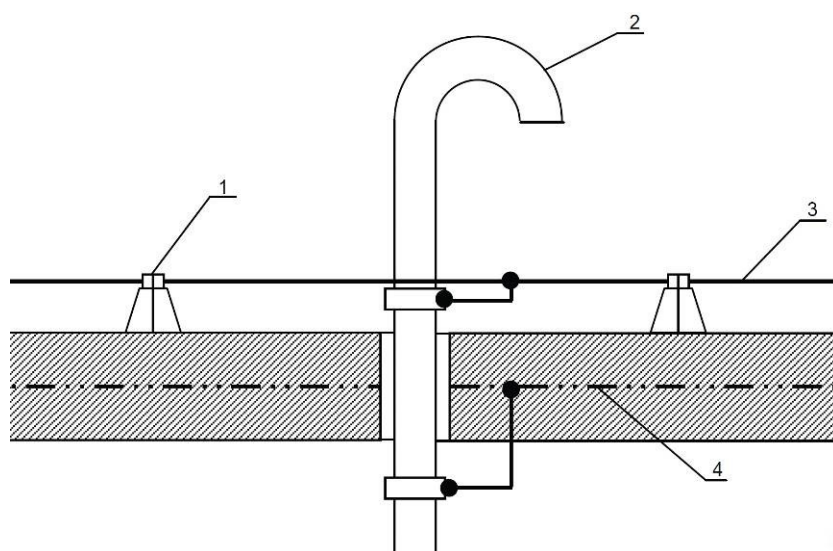




Figuur 9.5



Figuur 9.6 (Bron: Dehn)

**Legenda**

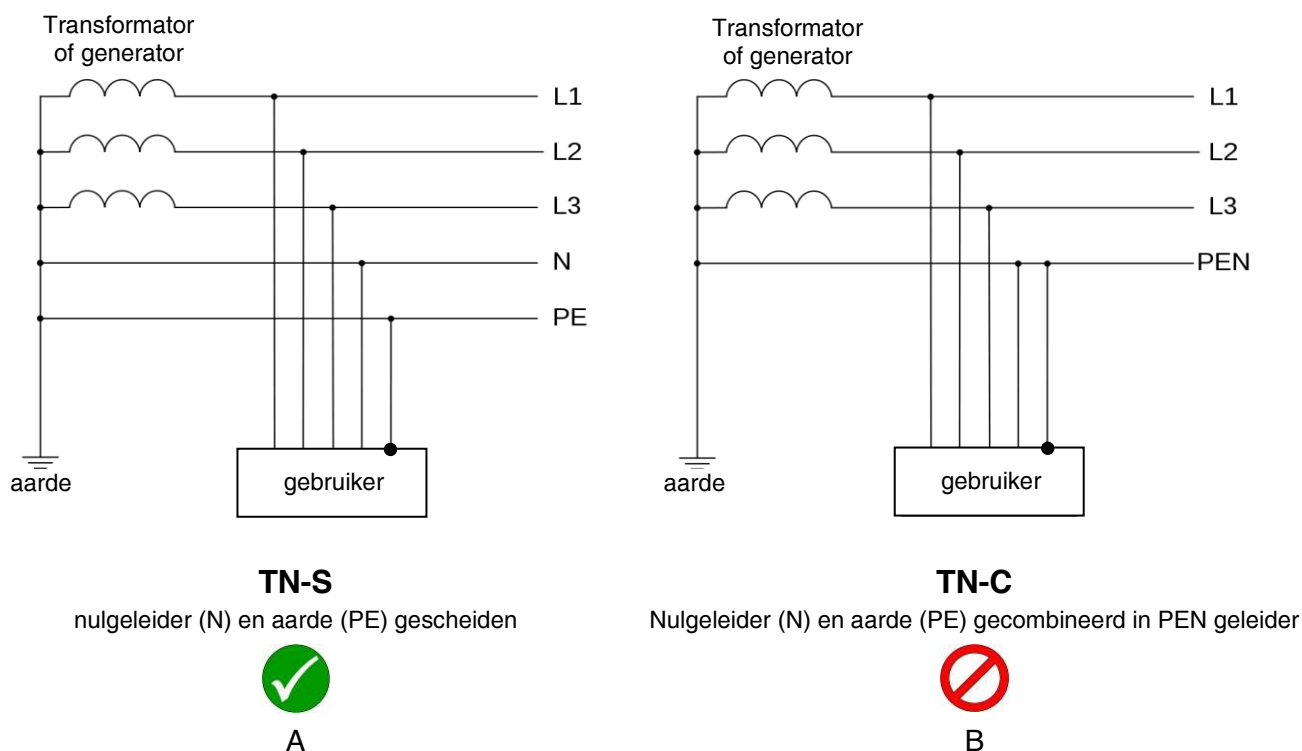
- 1 bevestiging opvangleiding
- 2 metalen buis
- 3 horizontale opvangleiding
- 4 stalen wapening in het beton

Figuur 9.7 Doorvoer leiding door dak en aansluitingen bliksemafleiderinstallatie (figuur E.34 van NEN-EN-IEC 62305-3 [11])

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 vanwege de hierbij optredende retourstromen in de aardingsinstallatie (zie tevens hoofdstuk 19 Power Quality) en de risico's op storing door laagfrequent magnetische velden, corrosie e.d.



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 [23] en IEC 60364-4-44 [8] 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.

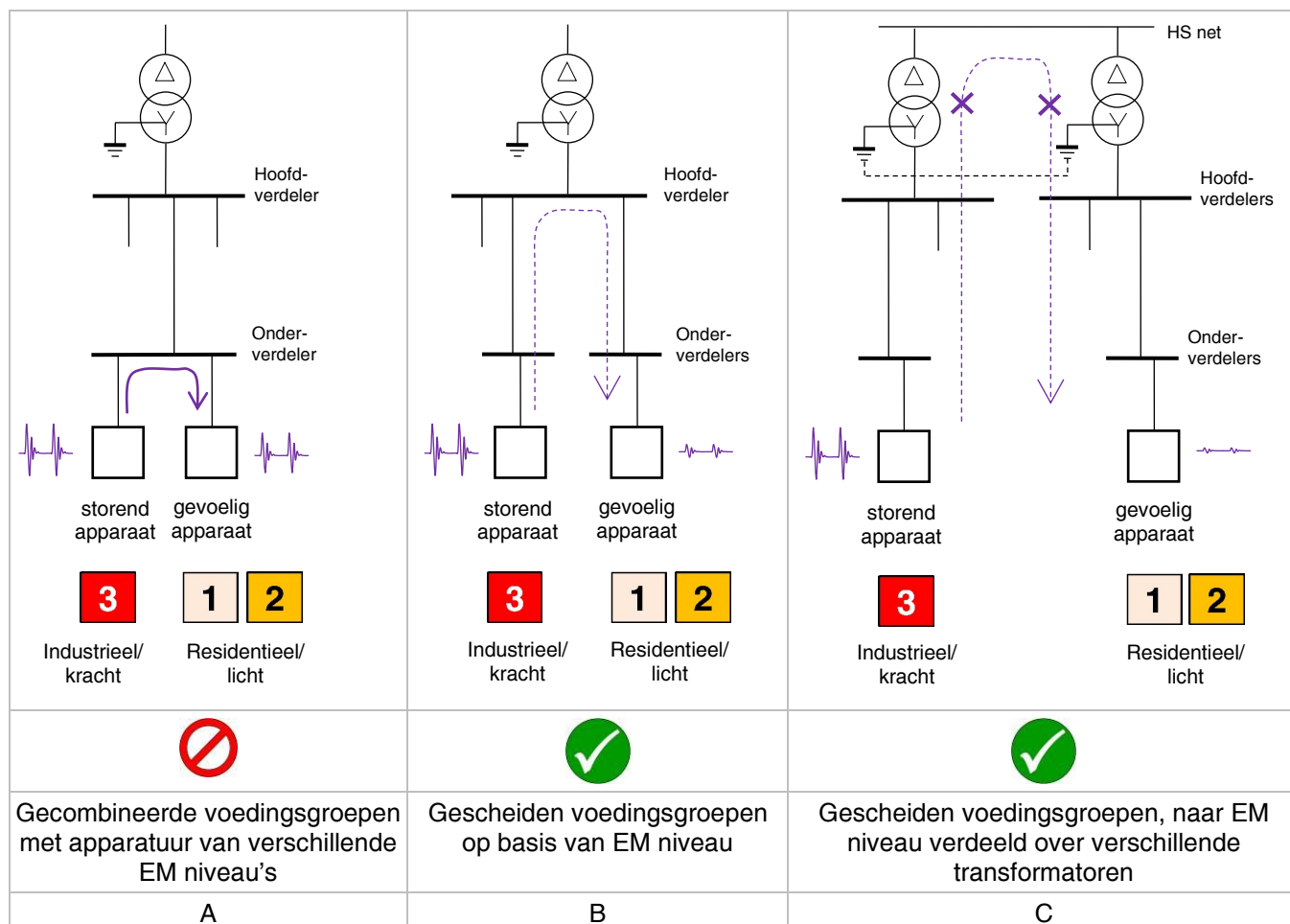
10.2. Licht- en krachtinstallaties

Voor installaties met grote machines voor luchtbehandeling, liften, pompen etc. (welke worden aangeduid met krachtinstallaties, EM-zone 3) en elektronische besturings- en netwerkapparatuur, evenals verlichting (welke worden aangeduid met lichtinstallaties, 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 beperken. In figuur 10.2 is het principe van de installatie opbouw weergegeven:

- figuur 10.2A: storende apparatuur (kracht, EM-zone 3) en gevoelige apparatuur (licht, EM zone 1/2) 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 storend deel en een , waardoor 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 voedingstransformatoren gevoed. Naast de kabeldemping geven de transformatoren extra demping (typical waarde ≥ 30 dB voor een harskerntransformatoren zonder aardscherm).

Naast het omschreven principe van een indeling naar storende- en gevoelige apparatuur kan een voedings-scheiding worden verkregen met behulp van:

- een UPS, mits uitgevoerd met filters c.q. scheidingstransformatoren (zie tevens EMC normen in hoofdstuk 18). Deze scheiding wordt overigens alleen verkregen wanneer de UPS in direct online mode staat en niet in static by-pass (of maintenance by-pass).
- een isolatietransformator voor medische- en onderzoeksruimten. Dergelijke transformatoren worden toegepast om lekstromen te beheersen in verband met patientveiligheid, maar leveren ook demping voor laagfrequent geleide emissie.



Figuur 10.2 Principe van netscheiding

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

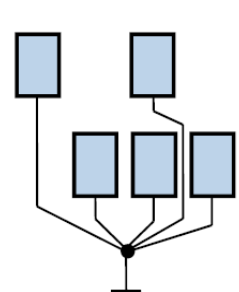
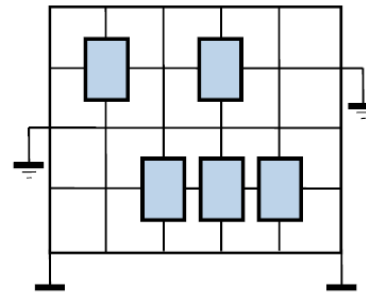
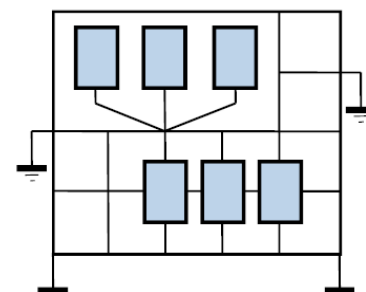
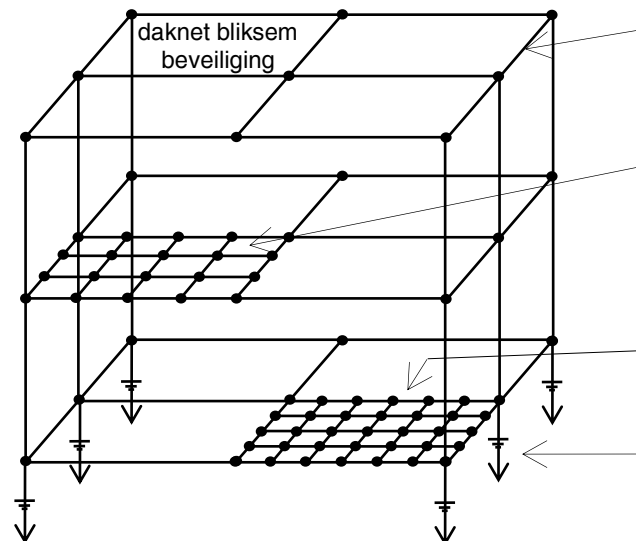
i De aarding van verschillende onderverdelers (kracht, EM zone 3 en licht, EM zone 2) maken deel uit van dezelfde vermaasde aardingsinstallatie, d.w.z. deze worden onderling vereffend.

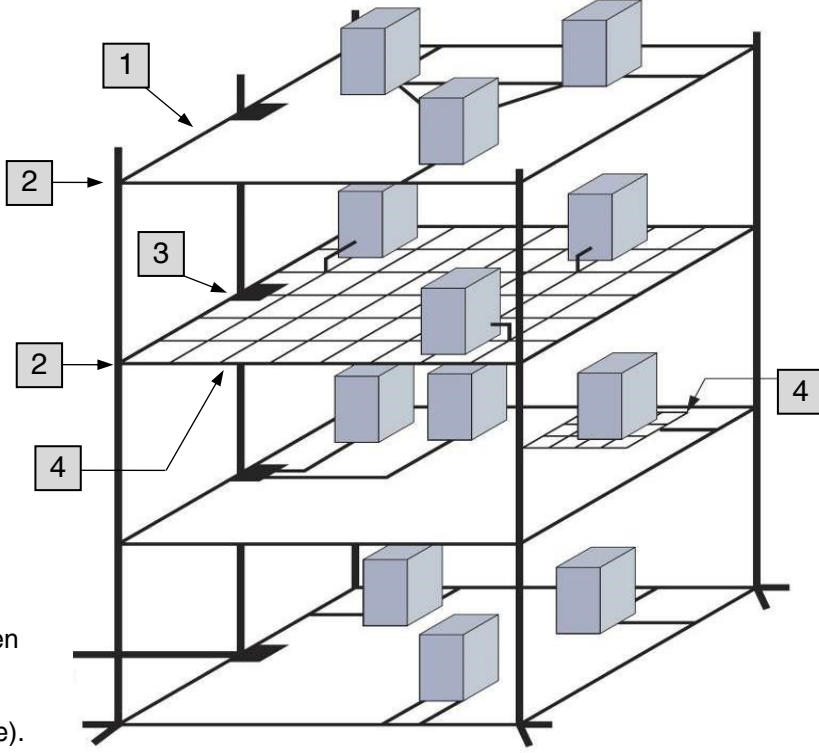
Sterpunten van verschillende transformatoren en (noodstroom)generatoren dienen te worden aangesloten op dezelfde gemeenschappelijke aardings- en potentiaalvereffeningsinstallatie.

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	<p>Er dient een enkelvoudige aardings- en potentiaalvereffeningsinstallatie te worden aangelegd waarin de aspecten elektrische veiligheid (NEN 1010 [5]), bliksembeveiliging (NEN-EN-IEC 62305-3 [11]) en EMC (NPR-IEC/TR 61000-5-2 [7] en IEC 60364-4-44 [8]) worden gecombineerd. De aardings- en potentiaalvereffeningsinstallatie 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 kan bestaan uit een combinatie van de volgende onderdelen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Specifiek aangebrachte aardgeleiders,





No.	Maatregelen aarding- en potentiaalvereffening algemeen
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kabelgootstructuur van galvanisch gekoppelde kabelgoot- en ladderbaansecties, ■ Metalen leidingen voor water, gas, luchtbehandelingskanalen, ■ Betonwapening, ■ Staalconstructie van computervloeren en gebouw(delen). <p>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.</p>
10.2	Specifieke stervormige aardingsinstallaties met separate aardelektroden ten behoeve van instrumentatie, veelal aangeduid als “schone” aarde, zijn niet toegestaan (Figuur 10.3A).
!	Een separaat aardnet met een eigen aardelektrode buiten het gebouw vormt een risico voor elektrische veiligheid tijdens aardfouten en bliksemontladingen. Een dergelijke installatie voldoet niet aan de eisen ten aanzien van potentiaalvereffening conform de geldende normen, waaronder NEN 1010 [5] (aangewezen in Besluit Bouwwerken Leefomgeving, BBL) en mag derhalve niet worden toegepast.
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	<p>De grootte van de vermazing van de aardings- en potentiaalvereffeningsinstallatie in gebouwen wordt bepaald door de bliksembeveiligingsklasse. Op basis van de minimaal vereiste bliksembeveiligingsklasse LPL II dient de vermazing maximaal 10m x 10m te zijn.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>Stervormige aarde</p> <p>A</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>maasvormige aarde</p> <p>B</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Combinatie, stervormige aarde binnen maasvormige aarde</p> <p>C</p> </div> </div>
	<i>Figuur 10.3 Verschillende aardingsconfiguraties</i>
10.5	<p>In apparatuurruimten dient een kleinere vermazing van maximaal 5m x 5m te worden aangehouden, zoals getoond in figuur 10.4.</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Vermazing gebouwaarde/bliksem-afleiderinstallatie: typical 10m x 10m</p> <p>Vermazing technische ruimte: typical 5m x 5m zie hoofdstuk 12</p> <p>Vermazing ICT ruimte: ≤ 1,2m zie hoofdstuk 14</p> <p>Aardelektroden/betonwapening fundatiepalen als aardelektrode</p> </div> </div>




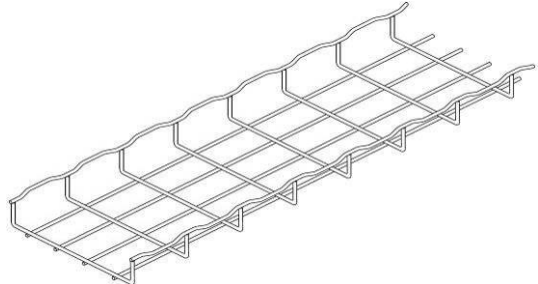


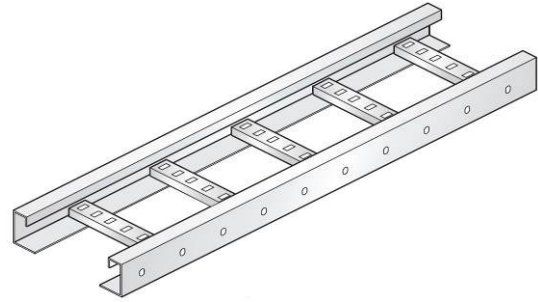


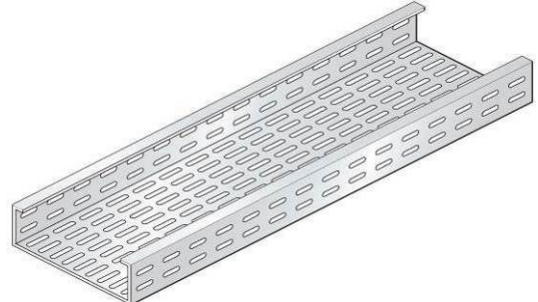


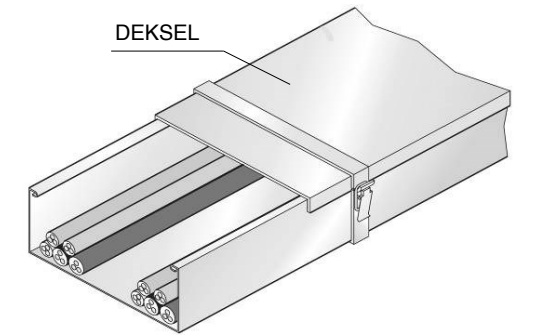


No.	Maatregelen aarding- en potentiaalvereffening algemeen
	<i>Figuur 10.4 Vermazing aardingsinstallatie, verfijnde vermazing voor technische- en ICT ruimten</i>
10.6	De kleinere vermazing in apparatuur ruimten kan worden verkregen door het aanleggen van een vermaasd aardnet, door het gebruik van de 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	<p>De combinatie van aardings- en bliksembeveiligingsinstallatie voor een gebouw met meerdere verdiepingen bestaat uit:</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>1 Ringleiding per verdieping</p> <p>2 Koppeling met de bliksem-afleiderinstallatie, gekoppeld per 2 verdiepingen. De verticale geleiders van bliksem-afleiderinstallatie kunnen bestaan uit specifieke afgaande leidingen (8mm Ø, 50mm²) of wapeningsstaal in de kolommen van het gebouw (zie hoofdstuk 8, Civiele Techniek).</p> <p>3 Koppeling ringleidingen via centrale kabel/leidingschacht</p> <p>4 Fijnere vermazing voor ruimten met hoge concentratie elektronische apparatuur (technische ruimte, ICT ruimte).</p> </div> <div style="flex: 2;">  </div> </div>
	<i>Figuur 10.5 Aardings- en bliksem-afleiderinstallatie voor gebouw met meerdere verdiepingen</i>

10.4. Kabelgoten en ladderbanen

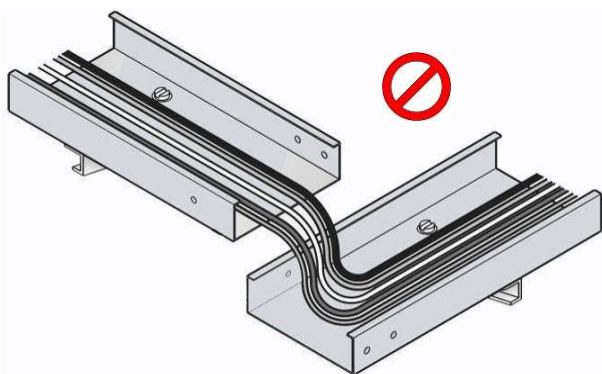
Kabelgoten en ladderbanen dienen onderdeel te zijn van de aarding/potentiaalvereffeningsinstallatie en dienen te fungeren als PEC (Parallel Earthing Conductor). Hiertoe dienen de volgende maatregelen te worden uitgevoerd.

No.	Maatregelen kabelgoten en ladderbanen	Geldig voor
10.8	<p>Kabelgoten en ladderbanen dienen geleidend te zijn, b.v. gegalvaniseerd/thermisch verzinkt staal.</p> <p>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 ($\geq 16\text{mm}^2$, lengte $< 30\text{cm}$), zie de voorbeelden in figuren 10.7 t/m 10.10.</p>	Alle gebouwen
i	<p>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.</p> <p>De kabelgoten en koppelstukken dienen bij voorkeur te voldoen aan NEN-EN-IEC 61537 [27]. Deze norm definieert maximale waarden voor de weerstand van de kabelgoot; deze mag niet groter zijn dan $5\text{ m}\Omega/\text{m}$. De koppeling/overgang tussen twee gootsecties mag een weerstand hebben van maximaal $50\text{ m}\Omega$.</p>	
10.9	Gelakte kabelgoten mogen niet worden toegepast met uitzondering van wandgoten in kantoorruimten.	Alle gebouwen
10.10	Goten en ladderbanen dienen in de horizontale richting om de maximaal 30 m en in verticale richting om de maximaal 10 meter (typical om de twee verdiepingen) met de aardingsinstallatie van het gebouw te worden geaard.	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.	

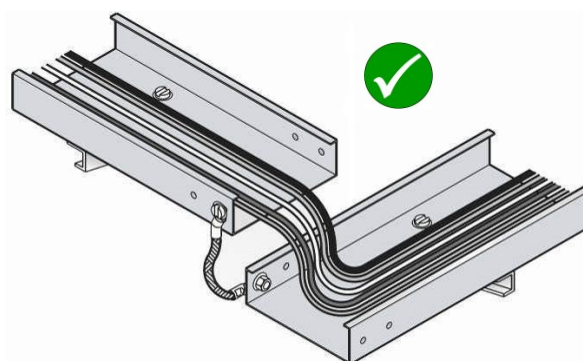
No.	Maatregelen kabelgoten en ladderbanen	Geldig voor
10.12	Kabelgoten en ladderbanen dienen bij invoer in een technische ruimte of een ICT ruimte, bij het kruisen van de ringleiding, te worden aangesloten op de aardringleiding ($\geq 16\text{mm}^2$, lengte $< 30\text{ cm}$), zie tevens de voorbeelden 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 apparaatkasten door gebruik te maken van koppelstukken of korte aardlitze ($\geq 16\text{mm}^2$, lengte $< 30\text{cm}$).	 

Type goot	Uitvoering	EMC eigenschappen
Plastic/GRP kabelgoot		 Ongeschikt als PEC
		 Geen afscherming.
Draadgoot (staal)		 Geschikt als PEC wanneer draadgootsecties onderling zijn gekoppeld.
		 Geen afscherming tussen kabels in draadgoten onderling.
Kabelladder (staal)		 Geschikt als PEC wanneer ladderbaansecties 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)	 DEKSEL	 Geschikt als PEC wanneer gootsecties onderling zijn gekoppeld.
		 Optimale afscherming

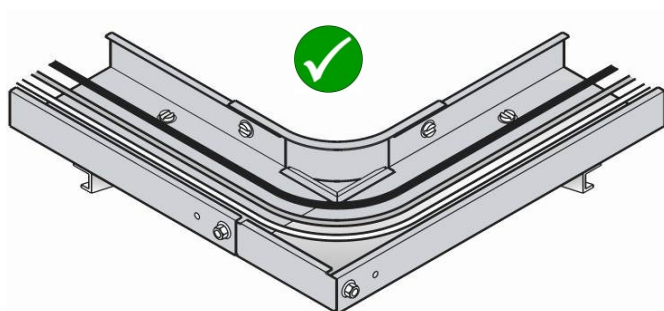
Figuur 10.6 Verschillende type kabelgoten en hun EMC eigenschappen (Bron:Gouda Holland)



A Fout, geen doorverbinding

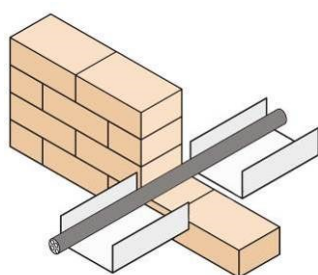


B Minimaal vereist, koppeling met litze of korte aarddraad

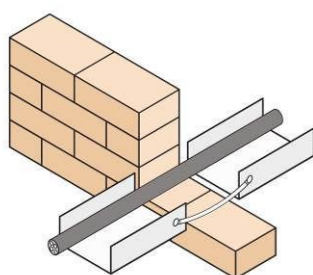


C Optimaal, koppeling met koppelplaat

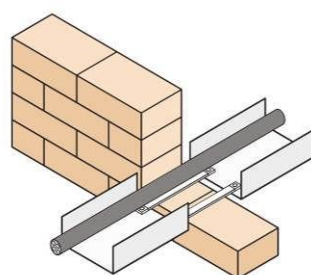
Figuur 10.7 Verschillende overgangen tussen kabelgootsecties (Bron:Gouda Holland)



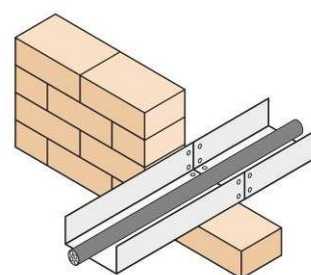
Fout, geen doorverbinding



Fout, doorverbinding met enkele aarddraad

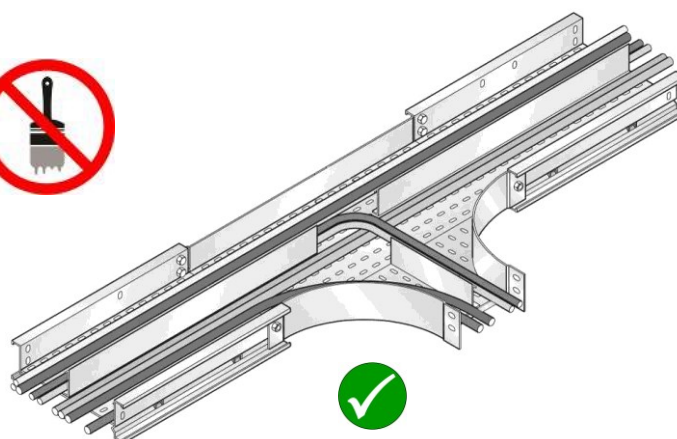
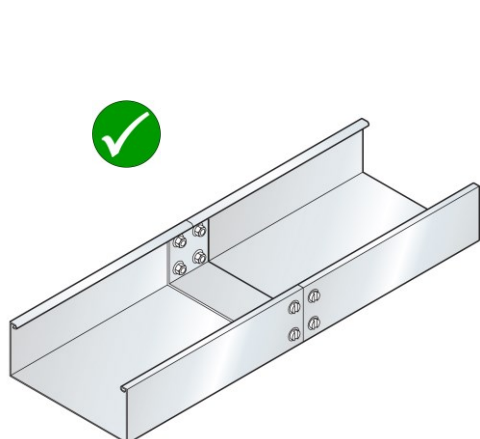


Acceptabel, doorverbinding met dubbele litze



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



B Koppeling kabelgoot – apparatuurkast



C Koppeling gootsecties bij kruising goten

i De kabelgoten in afbeeldingen A en B zijn uitgevoerd met koppelstukken. Indien deze koppelstukken voldoen aan NEN-EN-IEC 61537 [27], dan zijn geen extra aardgeleiders tussen de gootsecties nodig, zoals getoond op de foto's.

Leveranciers van kabeldraagsystemen vermelden in de specificaties of de goten en koppelstukken voldoen aan NEN-EN-IEC 61537 [27].

Zie tevens de toelichting bij 10.8.

Figuur 10.10 Praktijkvoorbeelden koppeling kabelgootsecties

10.5. Kabelclassificering 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 [7], waarbij het aantal kabelklassen mag worden gereduceerd tot 3 klassen (figuur 10.11):

Afk.	EM classificering	Type signaal-/laagspanningskabel	Voorbeeld
KL1	gevoelig	<ul style="list-style-type: none"> instrumentatiekabels meldingslusen brandmeld installatie data kabels veldbussen (KNX, DALI, BACnet e.d.) 	
		<p>i KNX = open STANDAARD voor huis- en gebouwenautomatisering DALI = Digital Addressable Lighting Interface BACnet = Building Automation and Control Network</p>	
		<ul style="list-style-type: none"> coaxiale kabel voor CCTV, radiofrequent kabels 	
		<p>i met uitzondering van "leaky coax" antenne kabels, welke aan de buitenkant van kabelgoten worden gemonteerd)</p> <ul style="list-style-type: none"> signaalkabels (afgeschermd, niet/afgeschermd, brandmeld/ installatie, omroep) 	

Afk.	EM klassificering	Type signaal-/laagspanningskabel	Voorbeeld
KL2	Indifferent	<ul style="list-style-type: none"> voedingskabels verlichting, algemeen voedingskabels solenoids/kleppen met ont koppeling voedingskabels t.b.v. apparatuur volgens emissienorm NEN-EN-61000-6-3 	
KL3	Storend	<ul style="list-style-type: none"> motorkabels frequentieregelaars voedingskabels solenoids/kleppen zonder ont koppeling voedingskabels t.b.v. apparatuur volgens emissienorm NEN-EN-61000-6-4 	
		<ul style="list-style-type: none"> enkel fase voedingskabels (LS) 	
Afk.	EM klassificering	Type kabel	Voorbeeld
HS	Hoogspanning/ storend	<ul style="list-style-type: none"> hoogspanningskabels 	

Figuur 10.11 EM klassificering bekabeling (Bron: diverse kabelleveranciers)

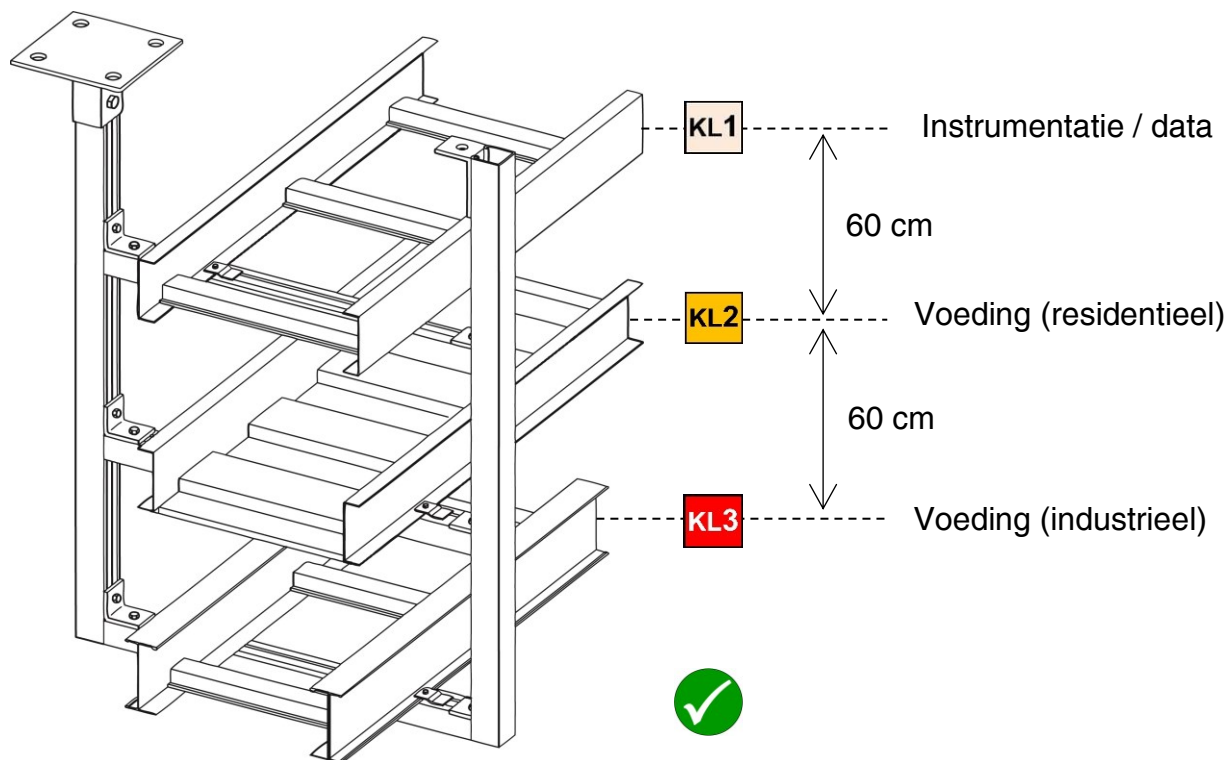
Kabelgoten en ladderbanen dienen ten aanzien van de kabelklasse om de 10 meter duidelijk te worden voorzien van markeringen (**KL1**, **KL2**, **KL3** en **HS**).

Voor kabelgoten en ladderbanen dient een maximale vulfactor te worden gehanteerd zoals beschreven in het Generiek Technisch Programma van Eisen [1].

No.	Kabelscheiding																				
10.14	Kabels met een verschillend EM niveau's 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 voor laagspanningskabels gelden voor ladderbanen en kabelgoten in een horizontale of verticale opstelling de waarden zoals weergegeven in figuur 10.12.																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kabelafstand als functie van kabelklasse</th> <th>Ladderbaan verticaal</th> <th>Open kabelgoot horizontaal</th> <th>Open kabelgoot verticaal</th> <th>Dichte kabelgoot horizontaal/verticaal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>KL1 ↔ KL2</td> <td>60 cm</td> <td>20 cm</td> <td>30 cm</td> <td>0 cm</td> </tr> <tr> <td>KL2 ↔ KL3</td> <td>60 cm</td> <td>20 cm</td> <td>30 cm</td> <td>0 cm</td> </tr> <tr> <td>KL1 ↔ KL3</td> <td>100 cm</td> <td>50 cm</td> <td>60 cm</td> <td>0 cm</td> </tr> </tbody> </table> 	Kabelafstand als functie van kabelklasse	Ladderbaan verticaal	Open kabelgoot horizontaal	Open kabelgoot verticaal	Dichte kabelgoot horizontaal/verticaal	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
Kabelafstand als functie van kabelklasse	Ladderbaan verticaal	Open kabelgoot horizontaal	Open kabelgoot verticaal	Dichte kabelgoot horizontaal/verticaal																	
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

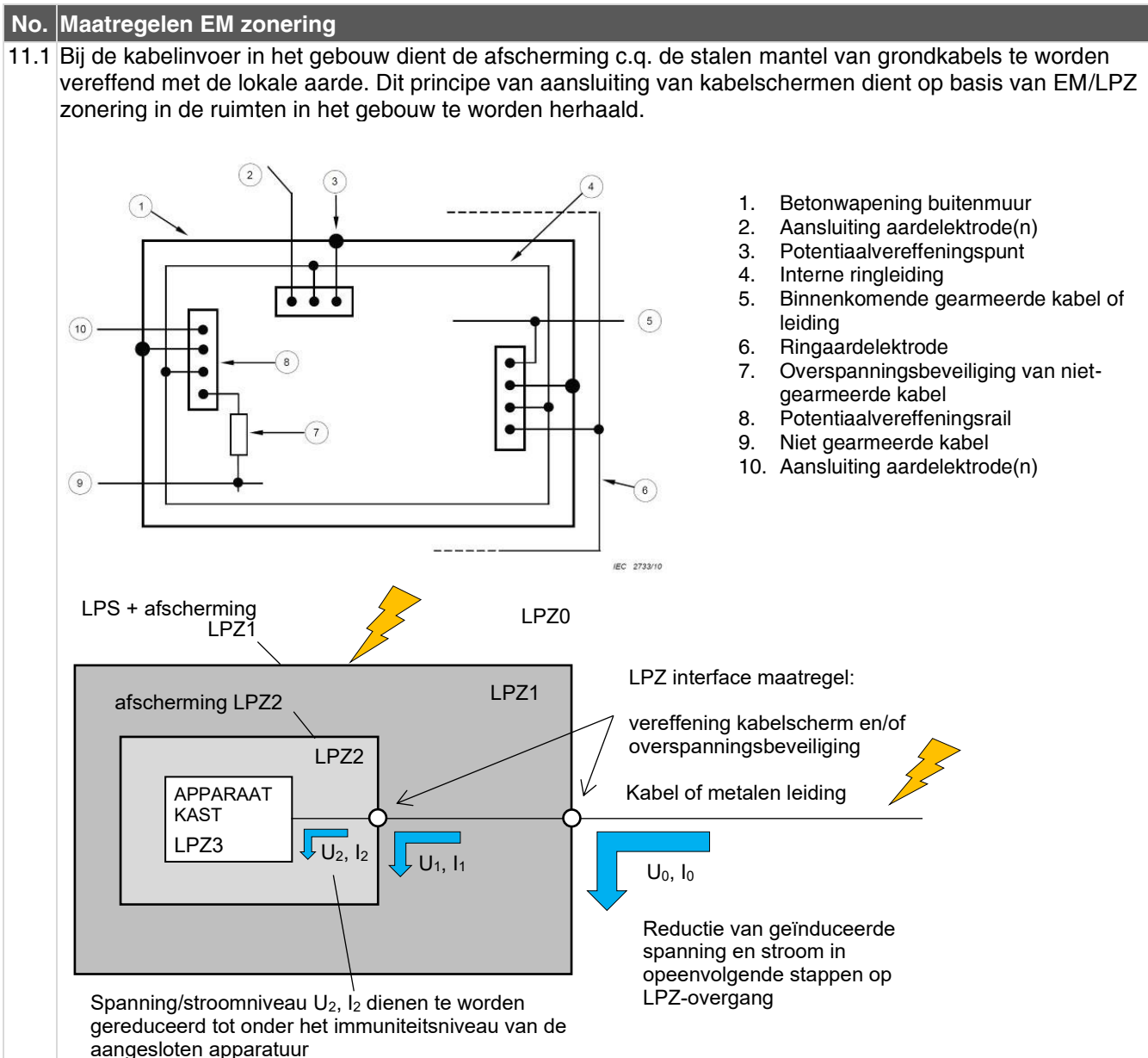
10.16	Op locaties waar geen ruimte is voor kabelscheiding dienen stalen kabelgoten met gesloten deksel te worden toegepast; bij deze optimale afscherming tussen de kabelklassen zijn geen minimale onderlinge afstanden van toepassing (zie rechter kolom figuur 10.12).
10.17	Bij toepassing van een gesloten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

Ten aanzien van EM zoneringsmaatregelen en overgangen tussen verschillende EM zones dienen de volgende maatregelen te worden genomen.



Figuur 11.1 Potentiaalvereffening EM zone overgang (NEN-EN-IEC 62305-3 [11])



Figuur 11.2 Voorbeelden kabelinvoer, aansluiting armering op ringleiding

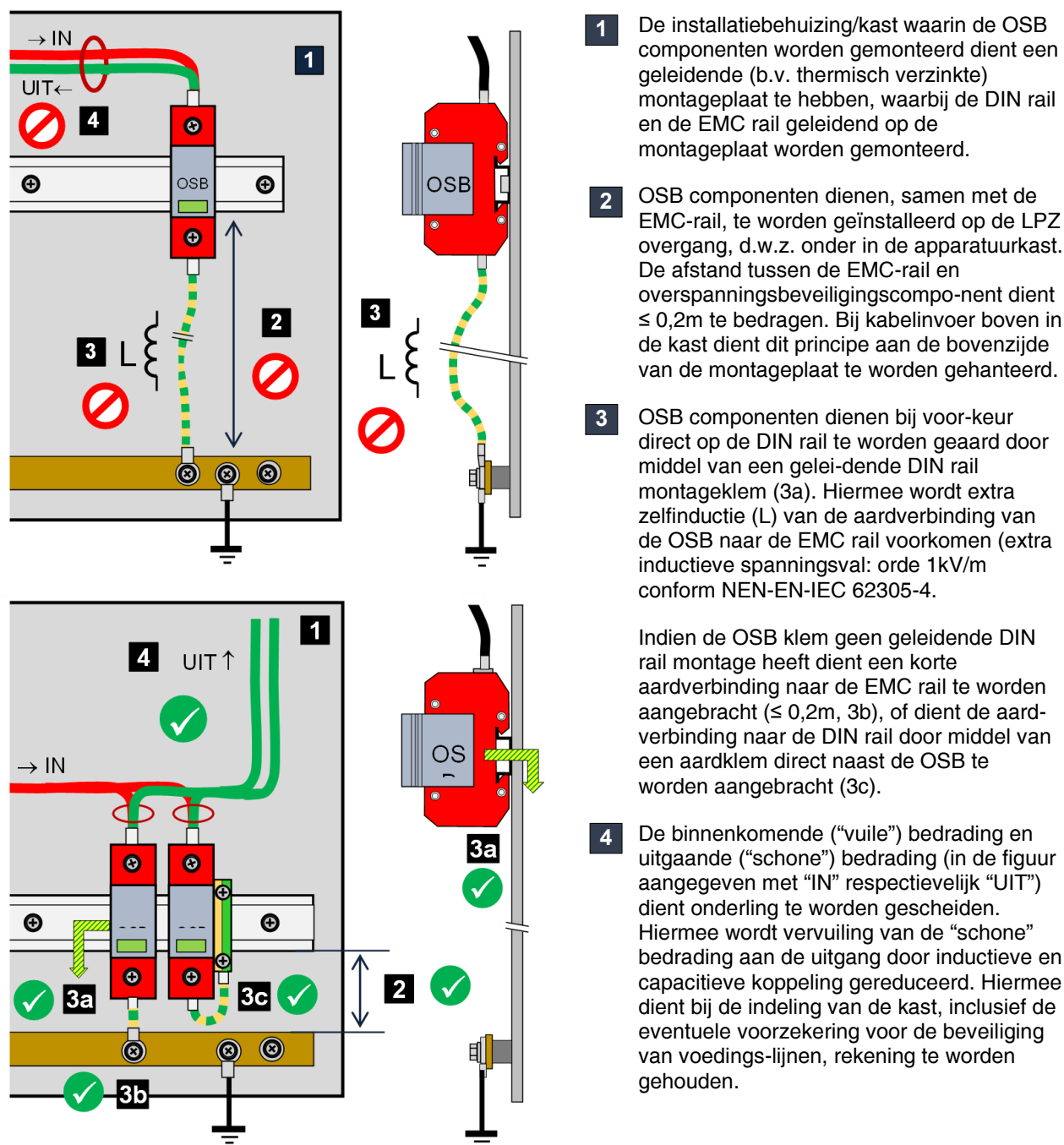
11.2 Bekabeling aangesloten op EM zone 2 (residentiële) apparatuur die door een EM zone 3 wordt geleid, dient te zijn geïnstalleerd in een separate, afgeschermd kabelgoot, die fungeert als EM zone 2 corridor.

	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 afgeschermd goot te worden gelegd, een zogenaamde afgeschermd 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 verdeel/apparatuurkast te zijn aangesloten op aarde (maximale aansluitdraad 15 cm). Bij voorkeur dienen voor deze aansluitingen wartels of schermklemmen te worden toegepast.
11.4	<p>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.</p> <p>Voorbeeld: in een 10kV/400V traforuimte wordt de mantel van de binnenkomende 10kV kabel niet bij de muurdoorvoer vereffend, maar worden de volgende maatregelen genomen (figuur 11.3):</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 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.
	<p>Extended zone volgens NEN-EN-IEC 62305-4 IEC 2771/10</p>
	<i>Figuur 11.3 Voorbeeld extended zone voor de aansluiting van een 10kV/400V transformator</i>

Op de LPZ overgang kunnen, naast vereffeningmaatregelen van kabelschermen, aanvullende overspanningsbeveiligingsmaatregelen worden uitgevoerd.

No.	Maatregelen EM zonering
11.5	<p>Overspanningsbeveiliging hoofdverdeler, overgang LPZ0-LPZ1</p> <p>De hoofdverdeelinrichtingen van de laagspanningsvoedingen 230V/400V dienen te worden voorzien van overspanningsbeveiliging. De toe te passen OSB componenten dienen van het type klasse I / II (T1+T2) conform NEN-EN-IEC 62305-4 [12] te zijn. Dit is een combinatietype afleider klasse I + II.</p> <p>i De klasse I (T1) afleider dient ten minste een stroom te kunnen afleiden van 100kA (10/350µsec) gedeeld door het aantal geleiders (kabels en of leidingen) dat de zone-overgang naar LPZ0 kruist en ter plaatse is vereffend. De klasse II (T2) afleider dient ten minste een stroom te kunnen afleiden van 20kA (8/20µsec) per geleider.</p>
11.6	<p>Overspanningsbeveiliging onderverdeler, overgang LPZ0-LPZ1</p> <p>De installatie van overspanningsbeveiliging, klasse II (T2 afleider, nominale afleidstroom 20kA 8/20 µsec per geleider) is tevens op onderverdeelinrichtingen vereist, indien van daaruit bekabeling naar LPZ0 wordt gevoed, bijvoorbeeld voor terreinverlichting of installaties op het dak van het gebouw.</p>
11.7	Overspanningsbeveiligingsklemmen dienen te worden geïnstalleerd zoals gespecificeerd in bijlage C van NEN-EN-IEC 62305-4 [12]. Aandachtspunten hierbij zijn getoond in Figuur 11.4.
11.8	<p>Overspanningsbeveiliging op de datakabels op de overgang LPZ0-LPZ1</p> <p>Binnenkomende/ naar buiten gaande koper datakabels dienen op de grens van het gebouw, bij de kabelinvoer (overgang zone LPZ0-LPZ1) te worden voorzien van een overspanningsbeveiliging die tenminste een stroom van 5kA (8/20 µsec) per aderpaar kan afleiden.</p>

Bovengenoemde eis kan vervallen wanneer de armering/afscherming van de betreffende datakabels tweezijdig is geaard conform de omschrijving van 11.1.



- 1** De installatiebehuizing/kast waarin de OSB componenten worden gemonteerd dient een geleidende (b.v. thermisch verzinkte) montageplaat te hebben, waarbij de DIN rail en de EMC rail geleidend op de montageplaat worden gemonteerd.
- 2** OSB componenten dienen, samen met de EMC-rail, te worden geïnstalleerd op de LPZ overgang, d.w.z. onder in de apparatuurkast. De afstand tussen de EMC-rail en overspanningsbeveiligingscomponent dient $\leq 0,2\text{m}$ te bedragen. Bij kabelinvoer boven in de kast dient dit principe aan de bovenzijde van de montageplaat te worden gehanteerd.
- 3** OSB componenten dienen bij voorkeur direct op de DIN rail te worden geaard door middel van een geleidende DIN rail montageklem (3a). Hiermee wordt extra zelfinductie (L) van de aardverbinding van de OSB naar de EMC rail voorkomen (extra inductieve spanningsval: orde 1kV/m conform NEN-EN-IEC 62305-4).

Indien de OSB klem geen geleidende DIN rail montage heeft dient een korte aardverbinding naar de EMC rail te worden aangebracht ($\leq 0,2\text{m}$, 3b), of dient de aardverbinding naar de DIN rail door middel van een aardklem direct naast de OSB te worden aangebracht (3c).

- 4** De binnenkomende ("vuile") bedrading en uitgaande ("schone") bedrading (in de figuur aangegeven met "IN" respectievelijk "UIT") dient onderling te worden gescheiden. Hiermee wordt vervuiling van de "schone" bedrading aan de uitgang door inductieve en capacitieve koppeling gereduceerd. Hiermee dient bij de indeling van de kast, inclusief de eventuele voorzekering voor de beveiliging van voedingslijnen, rekening te worden gehouden.

Figuur 11.4 Montage overspanningsbeveiliging en aarding via DIN rail montageplaat



Overspanningsbeveiligingsklemmen ter bescherming van voedingen dienen te worden voorzien van zekeringen. Het type zekering dient te worden afgestemd op basis van selectiviteit met de overige beveiligingen in de elektrische installatie.

- 11.9 Coaxkabels van antennes, op het dak of naast het gebouw, dienen bij invoer in het gebouw, op de overgang zone LPZ0-LPZ1 te worden voorzien van coaxiale (N-type) OSB die ten minste een stroom van 10kA ($8/20 \mu\text{sec}$) kan afleiden.
- 11.10 De status (beschikbaarheid) van overspanningsafleiders dient via potentiaalvrije contacten te worden gemeld via het GBS.
- 11.11 Het gebruik van aanvullende (fijn)beveiliging dient zoveel mogelijk te worden beperkt door toepassing van de correcte aardings- en potentiaalvereffeningsmaatregelen conform de LPZ-zonering.

12. Ringleiding en vermazing apparatuurr ruimten

Voor ruimten met een hoge concentratie elektronische apparatuur, zoals technische ruimten, ICT ruimten en onderzoeksruimten dient een aardringleiding te worden aangebracht en dient de vermazing kleiner te zijn dan de typical 10m x 10m, namelijk maximaal 5m x 5m. Voor deze ruimten gelden de volgende specifieke eisen:

No.	Maatregelen / kleinere vermazing
12.1	<p>Een ringleiding dient te worden geïnstalleerd bestaande uit aardrail of aarddraad ($Cu \geq 50mm^2$, $8mm\varnothing$). De aardringleiding kan worden gemonteerd:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ op vloerhoogte, wanneer de ruimte een verhoogde (computer)vloer heeft of ■ op plafondhoogte, wanneer kabels via kabelgoten van bovenaf op de apparatuurkasten worden ingevoerd. <p>De ringleiding dient te worden gekoppeld met de ringleiding van naburige ruimten in een maximale vermazing van 10 meter.</p> <p>Voor de ringleiding en het vermaasde aardnet kunnen alternatieve geleiders worden gebruikt zoals stalen kabelgoten, buisleidingen, luchtbehandelingskanalen, vloerconstructie e.d. mits deze een aanéengesloten geleidende ring vormen (zie figuur 12.3).</p>
12.2	Op de ringleiding dienen in- en uitgaande leidingen en kabelgoten evenals metalen gestellen zoals apparatuurkasten te worden aangesloten.

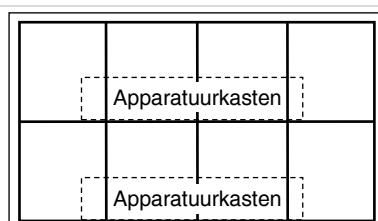


Figuur 12.1

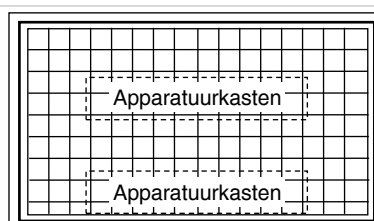


Figuur 12.2

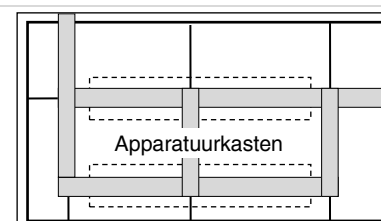
12.3	<p>Bovenvermelde apparatuurr ruimten dienen in combinatie met de ringleiding tevens een vermaasd aardnet te hebben in de vorm van minstens één van de volgende voorzieningen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ een 5m x 5m aardnet ($\geq 50mm^2$), aangelegd in een verhoogde vloer, ■ een 1,20m x 1,20m aardnet ($\geq 16mm^2$) 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 de verder omschrijving van de 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. <p>Het aardnet dient op afstanden van maximaal 5m te worden gekoppeld met de ringleiding van de ruimte ($\geq 16mm^2$) en met de eventueel aanwezige aardplaten van de betonwapening.</p>
------	--



Aardnet bestaand uit 5mx5m vermazing van koperdraad $\geq 25mm^2$



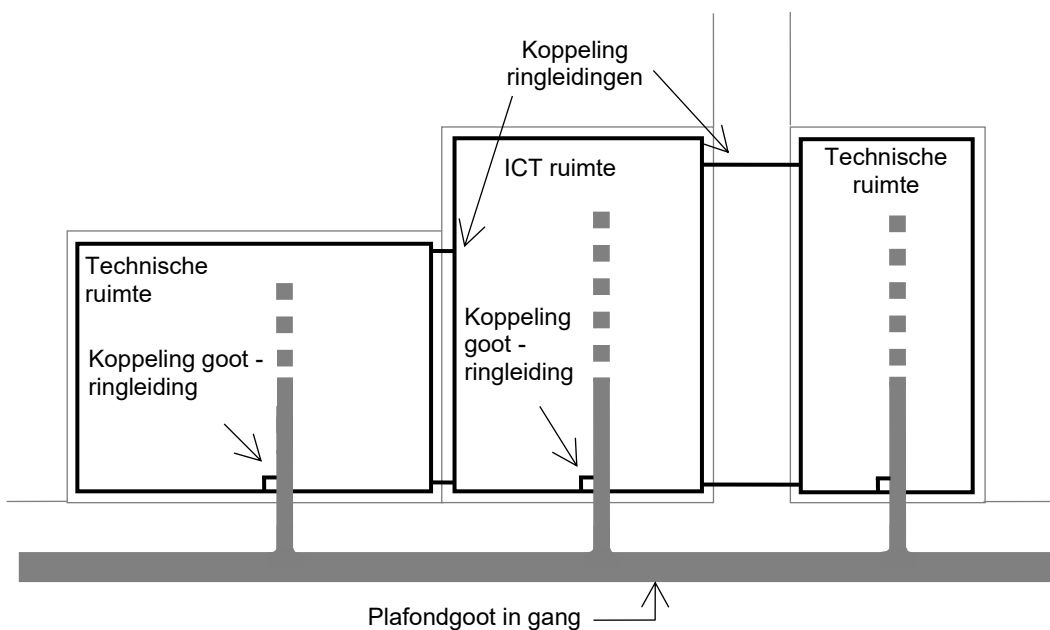
Aardnet bestaand raster verhoogde vloer, zie 0



Aardnet bestaande uit stalen goten boven apparatuurkasten, onderling geaard in een vermazing van 5mx5m

Figuur 12.3 Verschillende vormen van vermazing in apparatuurr ruimten

- 12.4 De aardingleidingen 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 met een maximale onderlingen afstand van 10m.



Figuur 12.4 Verschillende vormen van vermazing in apparatuurruimten



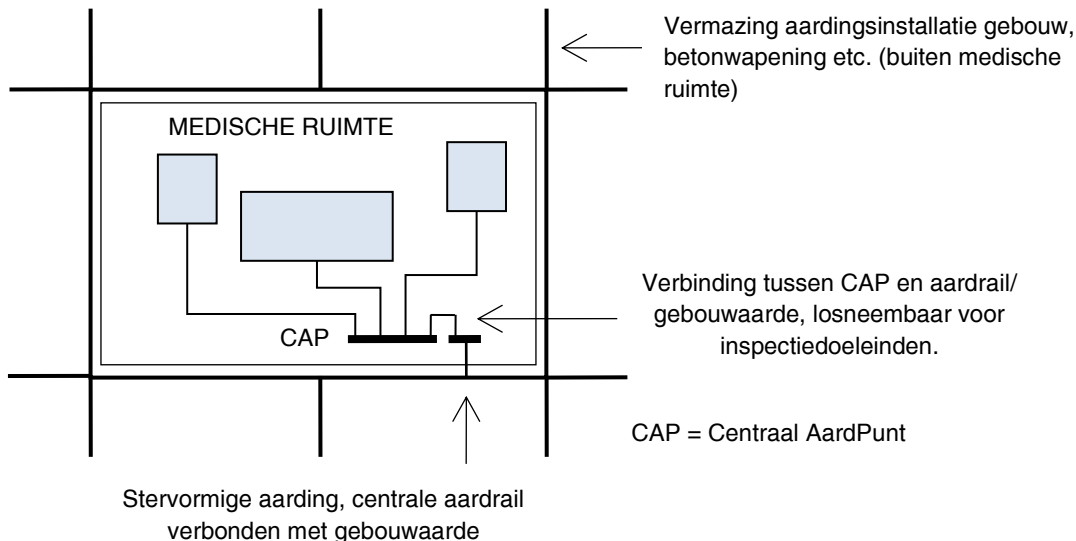


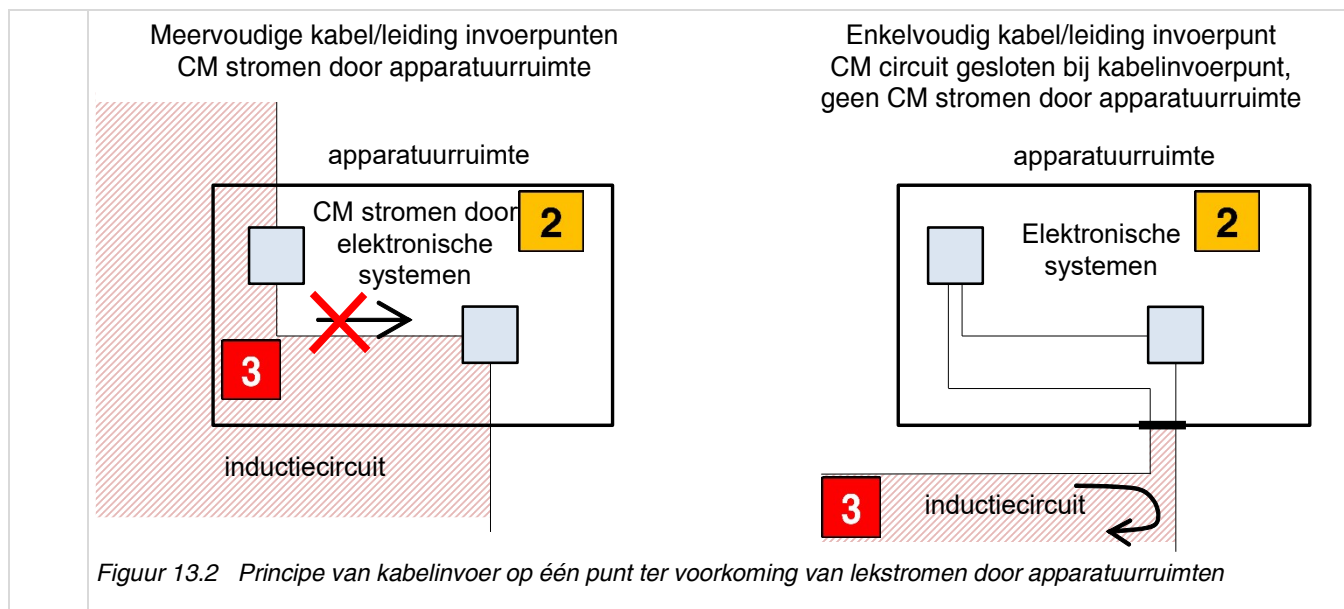
Figuur 12.5 Koppeling binnenkomende goot met ringleiding

13. Aardingsinstallatie medische- en onderzoeksruimten

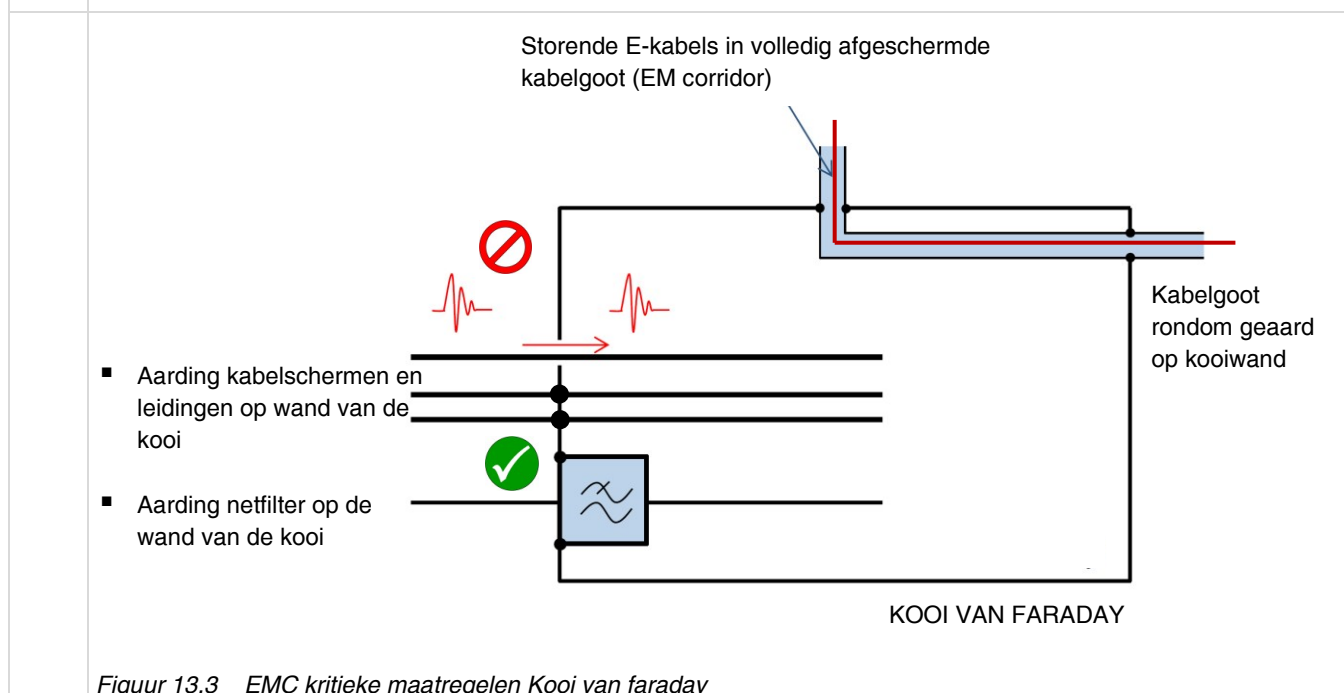
In medische- en onderzoeksruimten dient aandacht te worden besteed aan het voorkomen van lekstromen in de elektrotechnische- en aardingsinstallatie en aan het hanteren van voldoende afstand tussen de meetpositie en omringende stroomvoerende geleiders. De reden is dat iedere (lek)stroom een potentieel storend magnetisch veld en daarmee inductiespanning in kabellussen van de medische- en onderzoeksapparatuur produceert. Daarnaast kunnen lekstromen in medische ruimten, afhankelijk van het uit te voeren onderzoek, gevaar voor patiënten opleveren.

In aanvulling op de richtlijnen van NEN 1010 Bijlage 710.C (informatief) dienen de volgende maatregelen te worden genomen:


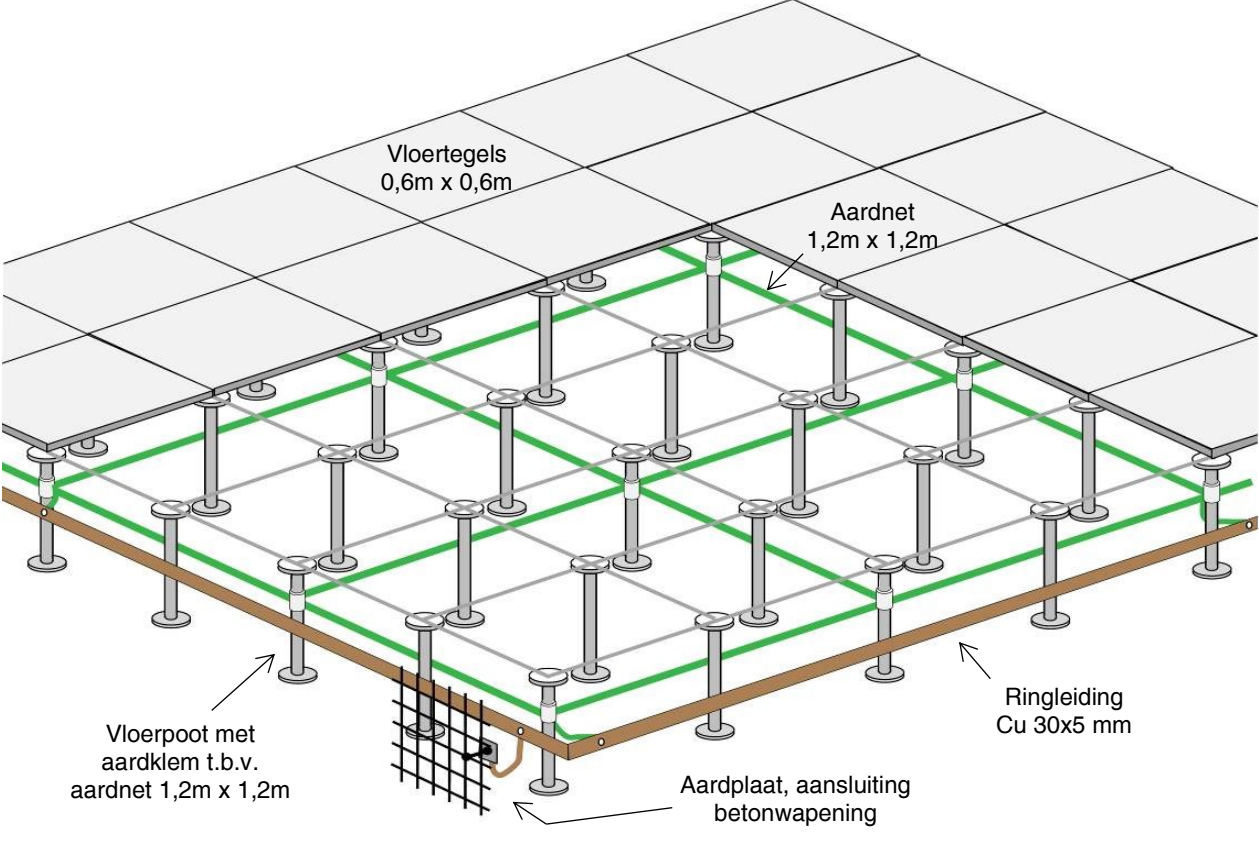

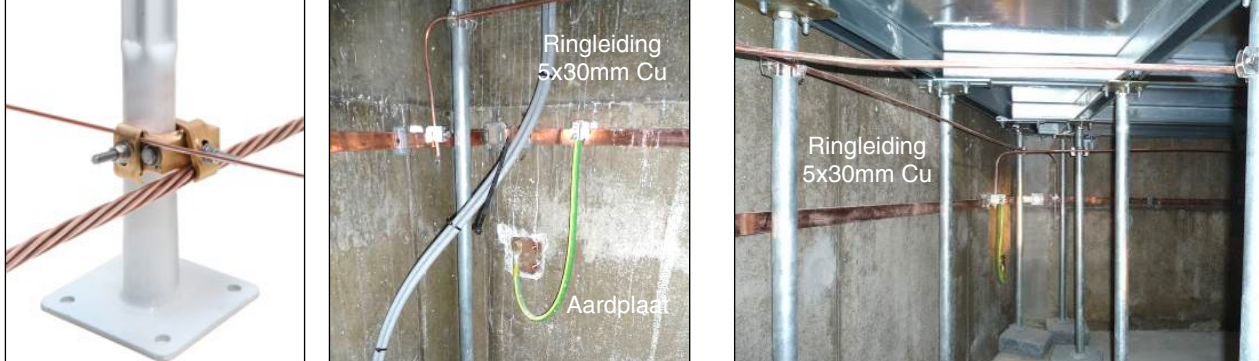
No.	Maatregelen medische- en onderzoeksruimten
13.1	In een medische ruimte dienen alle apparaten en objecten binnen de ruimte in een stervormige aardingsstructuur vanaf een centrale aardpunt (CAP) te worden aangesloten conform het principe als getoond in figuur 10.3C (hoofdstuk 10). Eén en ander dient te voldoen aan de groepsindeling, de classificatie en de eisen van NEN 1010: 2020, hoofdstuk 7-710 en Bijlage 710.B [5].
	Ter beheersing van lekstromen en patientveiligheid dient de groepering en classificatie volgens NEN 1010 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 dienen centraal bij het CAP te worden ingevoerd en op het CAP te worden 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).
	 <p>Stervormige aarding, centrale aardrail verbonden met gebouwaarde</p> <p><i>Figuur 13.1 Stervormige aarding medische ruimte</i></p>
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 [5]) 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.



- 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 corridor te worden uitgevoerd met een volledig dichte goot (zie figuur 13.3).



14. Computervloer

No.	Maatregelen computervloer
14.1	<p>In computerruimten met een verhoogde vloer met individueel opgestelde vloerpoten (Figuur 14.1) 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). Het aardnet dient te worden aangebracht met aarddraad ($\geq 16\text{mm}^2$) en in een raster van maximaal 5m te worden aangesloten op de aardringleiding van de ruimte.</p>
	<p>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.</p>
	
<p><i>Figuur 14.1 Aardnet t.b.v. aarding van de vloertegels in een raster van 1,2m x 1,2m</i></p>	
	<p>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.</p>
	
<p><i>Figuur 14.2 Praktijkvoorbeelden aardingsmaatregelen verhoogde vloer</i></p>	
14.2	<p>Voor een verhoogde systeemvloer die wordt samengesteld uit een frame van thermische verzinkte en onderling geleidende elementen dat één galvanisch geleidend frame op stalen poten vormt, dient het frame</p>

langs de buitenrand op afstanden van maximaal 5 meter te worden vereffend op de aarding van de civiele constructie, via de aard/Cadweldplaten. Figuur 14.3 toont voorbeelden van een dergelijke vloerconstructie.



Figuur 14.3: Verhoogde vloer met onderling geleidende staalconstructie

Voor een dergelijke systeemvloer is een additioneel aardnet niet nodig (in dit verband wordt opgemerkt dat de rechter foto in Figuur 14.2 een dubbele uitvoering van het vermaasde aardnet laat zien (zowel een geleidend frame van 0,6 m x 0,6 m als een additioneel aardnet van 1,2 m x 1,2m; het extra koperen aardnet zou hier niet nodig zijn).

14.3 De onderzijde van de (ESD) vloertegels dient te zijn uitgevoerd met thermisch verzinkt staalplaat.

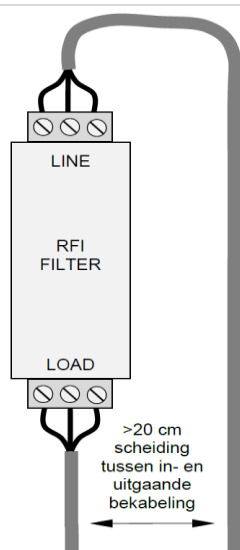
13.4 Ieder van de apparatuurkasten (de montageplaat en de aardrail) dienen te worden vereffend met de vloerconstructie of, bij het ontbreken van een aaneengesloten vloerframe, op het aardnet ($\geq 16\text{mm}^2$).

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 vervolgens om de 5m te worden geaard.

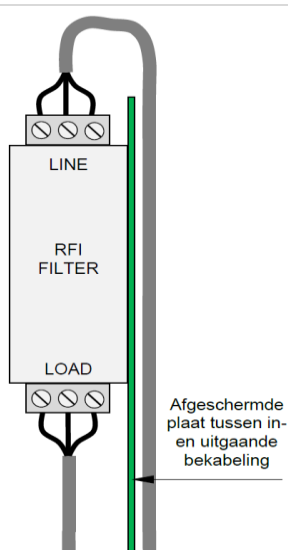
15. Ontstoormaatregelen werktuigbouwkundige installaties

Voor besturingsapparatuur van de werktuigbouwkundige installaties gelden de volgende installatievoorwaarden:

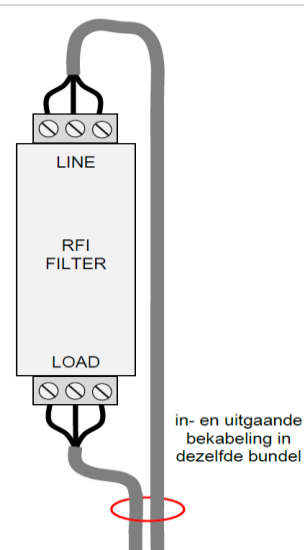
No.	EMC maatregel	Toelichting
FREQUENTIEREGELAARS		
15.1	<p>Installeer de frequentieregelaar (FR) conform de handleiding van de leverancier, waarbij de volgende EMC aandachtspunten van belang zijn:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Installeer afgeschermd motorkabel, minimaal voorzien van stalen 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 kabelschem aan de FR zijde aan met een EMC klem conform de installatie instructie. 3 Sluit het kabelschem 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 uitgangsfiler voor lange motorkabel (volgens opgave leverancier) 6 Continueer het motorkabelschem in een eventuele werkschakelaarbehuizing. 	<p>The diagram illustrates the connection of a frequency converter (FREQUENTIE REGELAAR) to a motor (M 3~). It shows an RFI FILTER connected to the power supply (L1, L2, L3, PE). The frequency converter has terminals for PE, U, V, W. A dV/dt filter is connected between the converter and the motor. An EMC wartel (EMC clamp) is used to connect the motor cable shield to the motor frame. The motor cable shield is also connected to the frequency converter's EMC terminal. A work switch (werkschakelaar) is connected to the motor. The motor is shown with a shielded cable (LSZHmb) and a steel braided shield. The diagram is annotated with numbers 1 through 6 corresponding to the installation steps.</p>
<p><i>Figuur 15.1 Aansluitschema frequentieregelaar</i></p>		



Figuur 15.2A

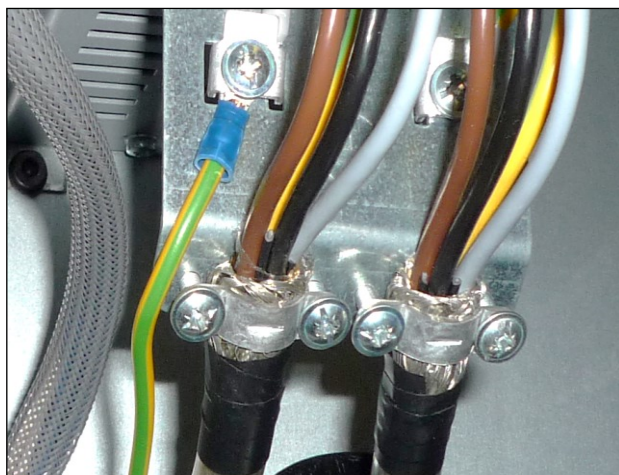


Figuur 15.2B

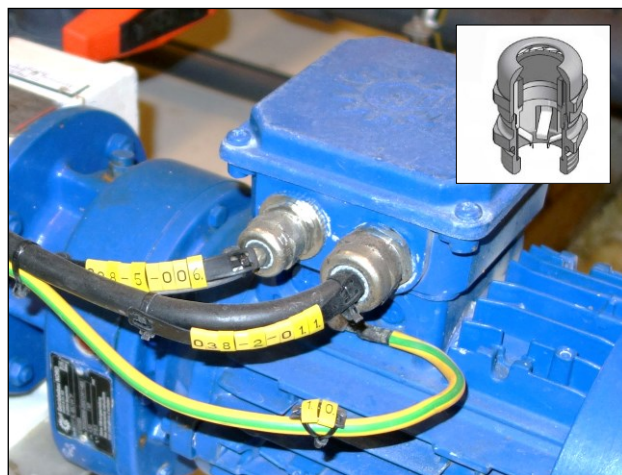


Figuur 15.2C

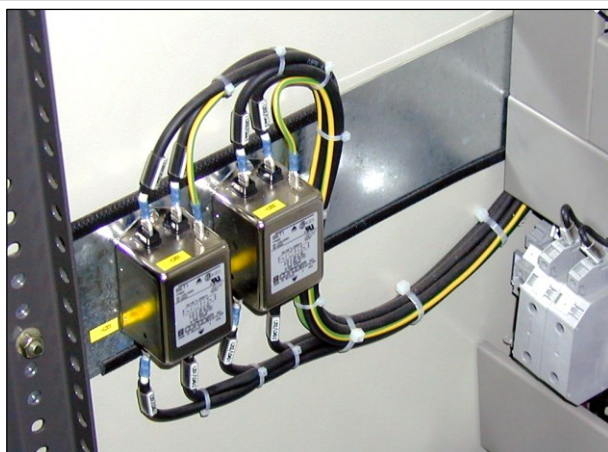
Figuur 15.2 Detail onderdeel 4 Filtermontage



Figuur 15.3 Klemaansluiting motorkabel frequentieregelaar



Figuur 15.4 Motorkabel scherm aansluiting met EMC wartel

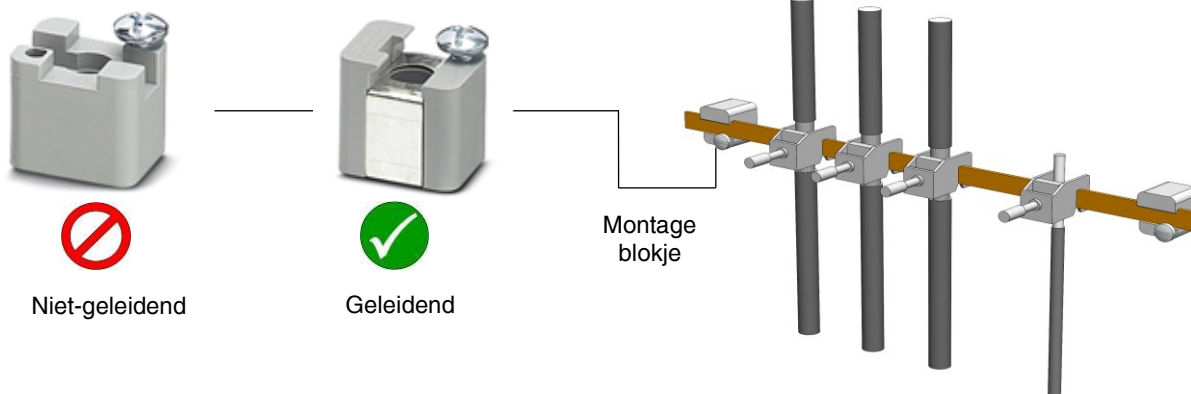


Figuur 15.5 In- en uitgaande bedrading netfilter in één draadbundel. In- en uitgang dienen te worden gescheiden

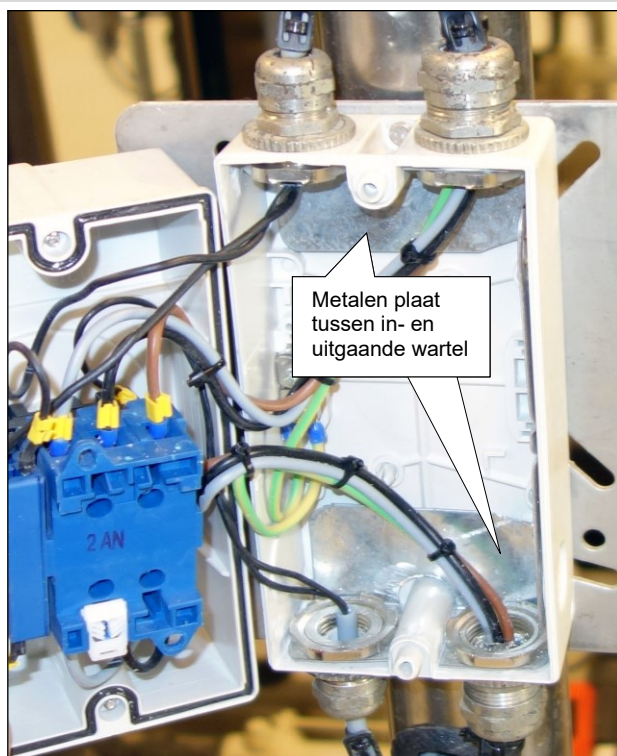


Figuur 15.6 Koppeling in- en uitgaande bedrading netfilter in draadgoot.

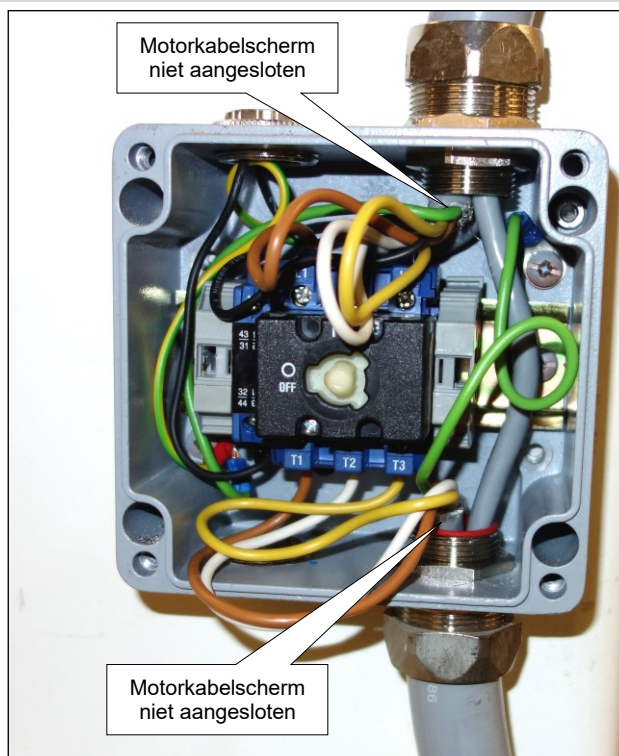
15.2 Aardrails en EMC-rails in apparatuurkasten dienen geleidend op de montageplaat te worden bevestigd met geleidende montageblokjes (figuur 15.7). De afstand tussen montageblokjes dient maximaal 0,5m te zijn.



Figuur 15.7 Uitvoering montageblokjes aard- en EMC-rails t.b.v. aansluiten kabelschem met schermklemmen (Bron: Phoenix Contact B.V.)



Figuur 15.8 Kunststof werkschakelaarbehuizing met metalen inlegplaat voor doorverbinding EMC wartels



Figuur 15.9 Metalen werkschakelaarbehuizing, maar scherm niet aangesloten

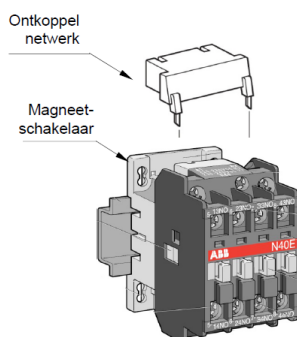
INDUCTIEVE BELASTINGEN

15.3 Spoelen van relais en magneetschakelaars (A1-A2) dienen te worden ontkoppeld om inductieve schakeltransients tijdens uitschakeling te reduceren. De toe te passen ontkoppelementen zijn:

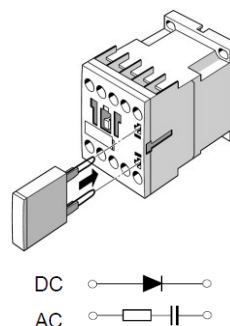
- voor 24V_{DC}: vrijlooptdiode
- voor 24V_{AC}: RC netwerk
- voor 230V_{AC}: RC netwerk

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

De ontkoppel elementen dienen direct op de A1-A2 contacten te worden aangebracht, voorkom hier lange draadlengte ($L < 0,1\text{m}$)



Opsteekmodule A1-A2 bovenop
(Bron: ABB)



Opsteekmodule A1-A2 voorop
(Bron: Siemens)



Ontkoppelnetwerk met lange aansluitdraden
(Bron: Telemecanique)



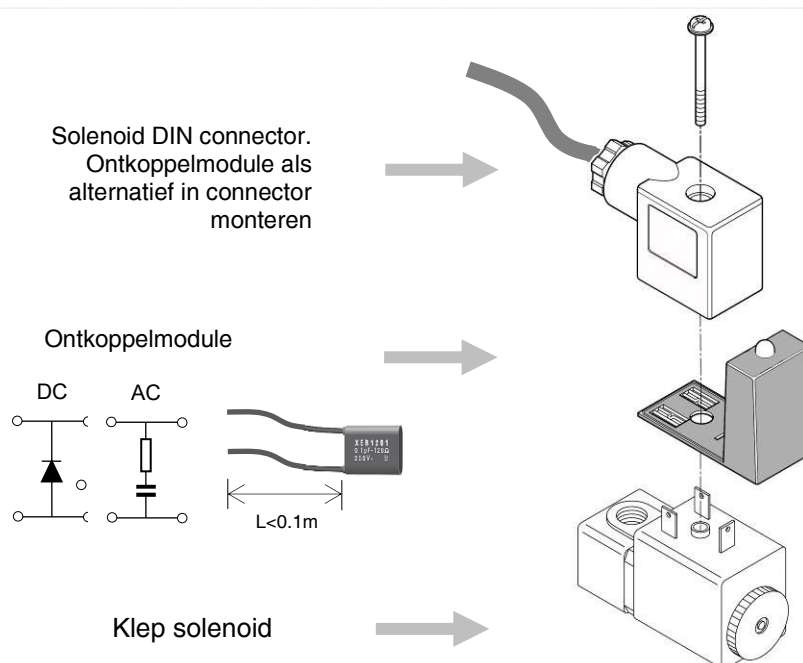
Figuur 15.10 Maatregelen ont koppeling spoelen relais en magneetschakelaars

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

- Vrijlooptdiode voor DC
- RC netwerk voor AC (typ. $R=100\ \Omega$, $C=100\text{nF}$).

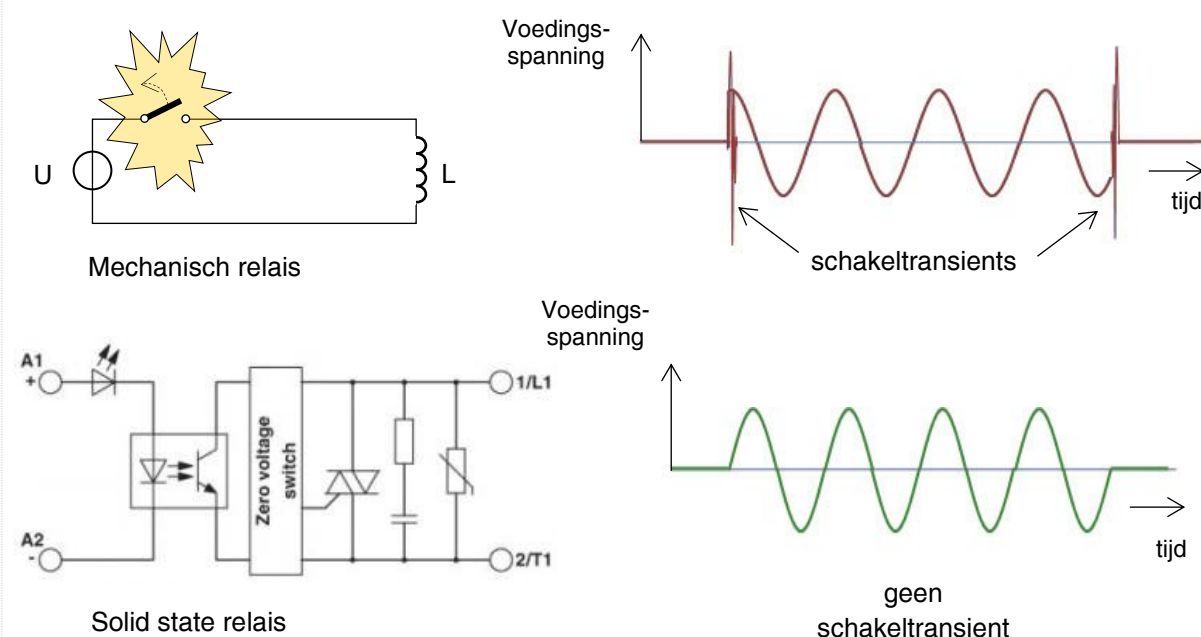
Ontkoppeling dient ook te worden uitgevoerd op andere inductieve belastingen van de W-installatie, zoals motor-gestuurde kleppen, remmen van motoren etc.

Indien ont koppelnetwerken met bedrading worden geïnstalleerd dient de draadlengte te worden beperkt op maximaal $L < 0,1\text{m}$.



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

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





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

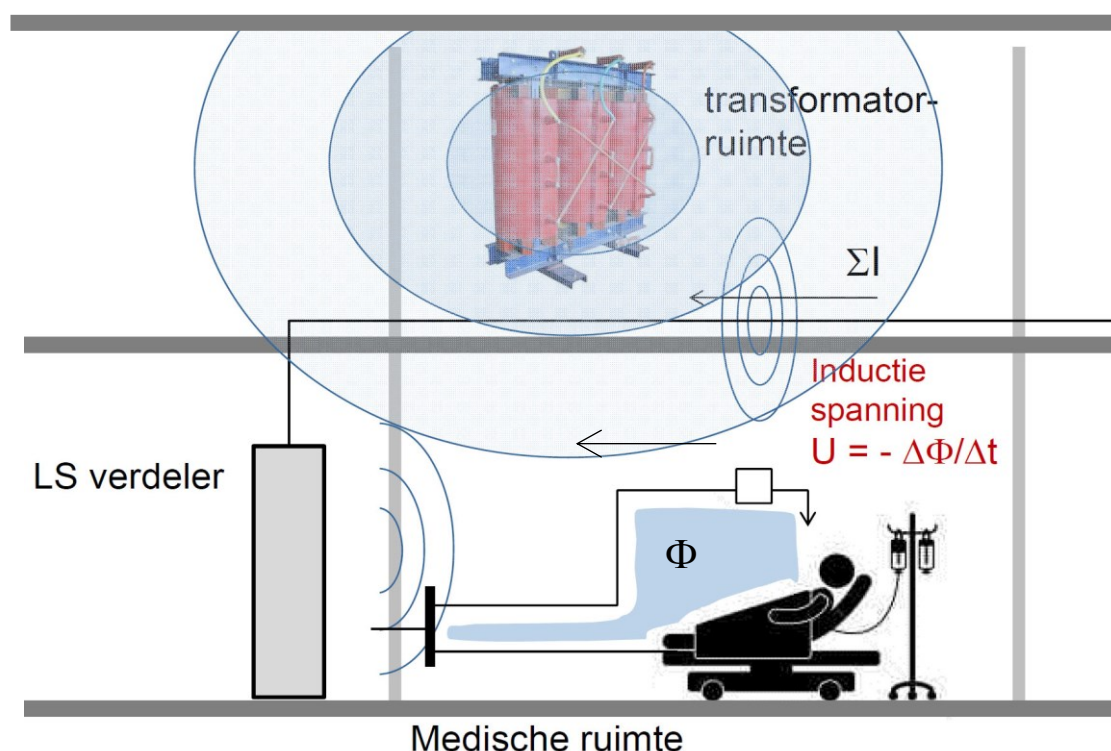
i Bij het gebruik van een solid state relais, waarbij op de nuldoorgang wordt geschakeld, kan een schakelvertraging van maximaal 10ms optreden. Bij toepassing van relais in tijd-critische veiligheidsfuncties prevaleren de geldende veiligheidseisen boven de EMC aspecten en verdient het de voorkeur om een mechanisch relais met transient onderdrukking toe te passen.

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


16. Reductiemaatregelen LF magnetisch veld voor medische- en onderzoeksruimten

Voor medische- en onderzoeksruimten waar gevoelige metingen worden uitgevoerd dient op basis van onderlinge afstanden tussen de meetlocatie en elektrische apparatuur en kabels rekening te worden gehouden met de inrichting van elektrotechnische installatie. Tevens dienen lekstromen in de installatie te worden voorkomen, zie tevens Hoofdstuk 13 van deze handleiding. Verder wordt verwezen naar NEN 1010 [5], Hoofdstuk 7-710 (Medisch gebruikte ruimten) en Bijlage 710.C.

No.	Maatregelen reductie laagfrequent magnetisch veld
16.1	<p>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 (zie Figuur 16.1):</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ LS distributietransformatoren (10kV/400V) dienen op een minimale afstand van 20 meter te worden geplaatst, ■ Railsystemen voor LS distributie dienen op een minimale afstand van 10m 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,
	<p>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.</p>
	<p>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.</p>



Figuur 16.1 Doorsnede medische ruimte met projectie omringende E-installatie

	<p>Medische ruimten worden soms voorzien van afscherming om zodoende een Kooi van Faraday te maken. De noodzaak voor hoogfrequent afscherming wordt bepaald door de hoogfrequent stoorbronnen in de omgeving en de gevoeligheid van de opgestelde onderzoeksapparatuur in de ruimte.</p> <p>Opgemerkt wordt dat laagfrequent magnetische velden niet effectief worden afgeschermd door de gebruikelijke afschermmaterialen zoals gaas of dunne folie. Voor het afschermen van laagfrequent magnetische velden zijn specifieke en kostbare materialen als μ-metaal (uitgegloeid staal) noodzakelijk, die lastig te bewerken zijn en gevoelig zijn voor mechanische vervorming.</p> <p>In bestaande situaties kunnen laagfrequent magnetische velden soms gereduceerd worden door een actief compensatiesysteem met Helmholtz spoelen in de x-, y- en z-richting in de ruimte op te bouwen, waarmee het stoorveld op de meetlocatie door een veld in tegenfase wordt gecompenseerd. Dit actieve compensatiesysteem is vooral geschikt voor continue storing (niet voor kortstondige storing/pulsen) en dient zorgvuldig te worden opgezet en ingeregeld. Dergelijke systemen brengen significante kosten met zich mee.</p> <p>Het voorkomen van stoornissen als gevolg van laagfrequent magnetisch veld is derhalve het meest effectief door een zorgvuldige planning van de elektrotechnische installatie in en rondom de medische- of onderzoeksruimte aan te houden.</p>
---	--

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

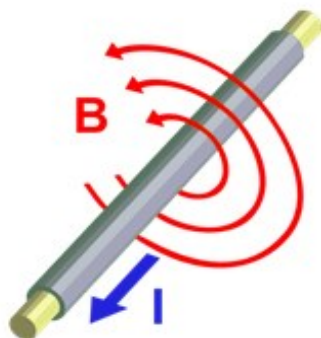
- Scheidingstransformatoren voor beheersing van lekstroom in medische ruimten dienen niet in de ruimte zelf te worden geplaatst, maar daarbuiten, op een afstand van minimaal 2 meter van de meetopstellingen,
- Apparatuur met lokale netadapters dient te worden geïnventariseerd en de locatie van de netadapters dient zorgvuldig te worden gepland, op een afstand van minimaal 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 (b.v. elektrisch bedienbare bedden).



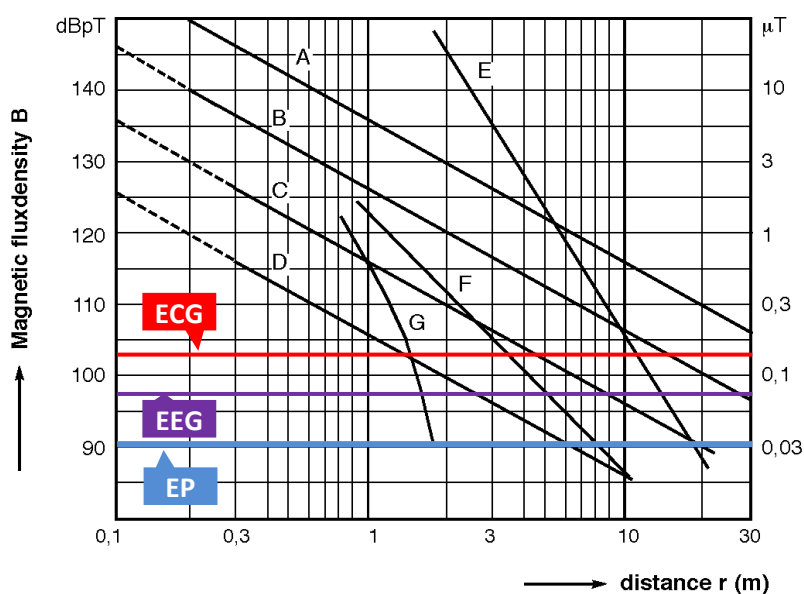
Praktische waarden voor de magnetische fluxdichtheid (RMS) als gevolg van transformatoren en LS kabels zijn weergegeven in onderstaande grafiek. Hierin zijn tevens grenswaarden voor ECG en EEG opstellingen weergegeven.



Gietharskern LS transformator



Magnetisch veld als gevolg van een lekstroom door een LS kabel

















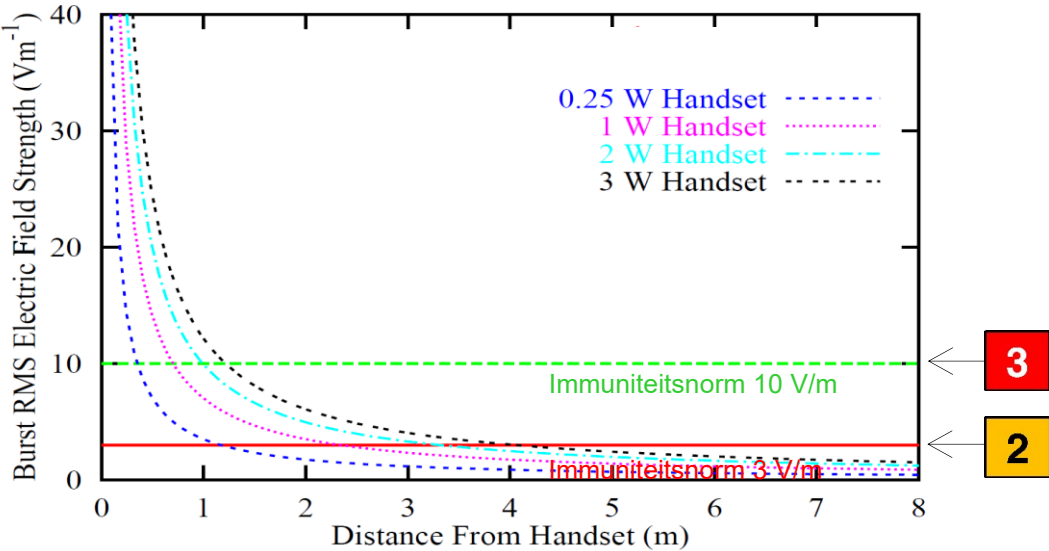
- A = single conductor or multiple conductors with $\Sigma I = 30$ A
- B = single conductor or multiple conductors with $\Sigma I = 10$ A
- C = single conductor or multiple conductors with $\Sigma I = 3$ A
- D = single conductor or multiple conductors with $\Sigma I = 1$ A
- E = 630 kVA transformer (high 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

Radiofrequent zenders, met name mobiele zenders, kunnen lokaal storingen op elektronische apparatuur veroorzaken. Om deze reden dienen immuniteitseisen te worden gesteld aan de elektronische apparatuur en dient het gebruik van sterke zenders (met een hoog zendvermogen) in apparatuurruimten te worden beperkt.

No.	Maatregelen portable zenders																				
17.1	De maximaal toelaatbare veldsterkten voor de verschillende ruimten zijn als volgt: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Gebruiksruimte</th> <th style="width: 10%;">EM niveau</th> <th style="width: 15%;">Maximale veldsterkte</th> <th style="width: 50%;">Typical zender</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>1 V/m</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> GSM telefoon op enkele meters afstand portofoon met laag vermogen < 1W op enkele meters afstand </td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> <td>3 V/m</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> GSM telefoon binnen 2 meter afstand portofoon met laag vermogen < 1W binnen 2 meter afstand </td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>10 V/m</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> GSM telefoon binnen 0,5 meter afstand portofoon met laag vermogen ≤ 5W binnen 2 meter afstand </td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">4</td> <td>> 10V/m</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> portofoon met hoog vermogen (≥ 5W) op een afstand < 1m, vaste antenne opstelling op dak, P ≥ 10W </td> </tr> </tbody> </table>	Gebruiksruimte	EM niveau	Maximale veldsterkte	Typical zender		1	1 V/m	<ul style="list-style-type: none"> GSM telefoon op enkele meters afstand portofoon met laag vermogen < 1W op enkele meters afstand 		2	3 V/m	<ul style="list-style-type: none"> GSM telefoon binnen 2 meter afstand portofoon met laag vermogen < 1W binnen 2 meter afstand 		3	10 V/m	<ul style="list-style-type: none"> GSM telefoon binnen 0,5 meter afstand portofoon met laag vermogen ≤ 5W binnen 2 meter afstand 		4	> 10V/m	<ul style="list-style-type: none"> portofoon met hoog vermogen (≥ 5W) op een afstand < 1m, vaste antenne opstelling op dak, P ≥ 10W
Gebruiksruimte	EM niveau	Maximale veldsterkte	Typical zender																		
	1	1 V/m	<ul style="list-style-type: none"> GSM telefoon op enkele meters afstand portofoon met laag vermogen < 1W op enkele meters afstand 																		
	2	3 V/m	<ul style="list-style-type: none"> GSM telefoon binnen 2 meter afstand portofoon met laag vermogen < 1W binnen 2 meter afstand 																		
	3	10 V/m	<ul style="list-style-type: none"> GSM telefoon binnen 0,5 meter afstand portofoon met laag vermogen ≤ 5W binnen 2 meter afstand 																		
	4	> 10V/m	<ul style="list-style-type: none"> portofoon met hoog vermogen (≥ 5W) op een afstand < 1m, vaste antenne opstelling op dak, P ≥ 10W 																		
17.2	In medische – en onderzoeksruimten dient algemeen een afstand van minimaal 1,5m te worden aangehouden tussen GSM telefoons, Tetra handsets en medische apparatuur. <p>De verwachte veldsterkte van gangbare draagbare zenders (op basis van zendvermogen en afstand) ten opzichte van de immuniteit van (medische) apparatuur is getoond in figuur 17.1.</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Zendvermogen P [W]</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Verwachte veldsterkte: $E=7 \cdot \sqrt{P/r}$ [V/m]</p> <p>Voorbeeld: P=2W, r=2m → $E = 7 \cdot \sqrt{2/2} = 5V/m$</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Infuuspomp of ander medisch apparaat</p> <p>Immuniteit 2 : 3V/m</p> <p>Immuniteit 3 : 10V/m</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">Afstand r [m]</p>  <p>The graph shows Burst RMS Electric Field Strength (V/m) on the y-axis (0 to 40) and Distance From Handset (m) on the x-axis (0 to 8). Four curves represent handset power levels: 0.25 W (dotted blue), 1 W (dotted pink), 2 W (dashed cyan), and 3 W (dotted black). Two horizontal lines indicate immunity norms: 10 V/m (green dashed line, labeled '3') and 3 V/m (red solid line, labeled '2').</p>																				

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

	Zendapparatuur, zoals portofoons, met een zendvermogen van meer dan 2W is niet toegestaan in medische – en onderzoeksruimten.
	Medische apparatuur voldoet algemeen volgens de eisen van de NEN-EN-IEC 6060-1 normserie aan een immuniteit van minimaal 10 V/m in het frequentiebereik van 26 MHz – 2.5 GHz.
	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 vergunningsvrije 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 van 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 > 50cm 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 zonerings, zoals beschreven in Hoofdstuk 5, 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 [15] ²	EN-IEC 61000-6-4 [16] ³
Multimedia apparatuur (voormalige 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 netwerkkapparatuur	IEC/CISPR 22/32 EN 55032 [19] (B)	IEC/CISPR 22/32 EN 55032 [19] (A)
ISM (Industrial, Scientific and Medical) apparatuur, b.v. voedingen, frequentieregelaars, grote UPS systemen etc.	IEC/CISPR 11 EN 55011 (B)	IEC/CISPR 11 EN 55011 (A)
Huishoudelijke apparatuur	IEC/CISPR 14/ EN 55014-1 [20]	-
UPS systemen ⁴	EN-IEC 62040-2 [18] Klasse B/categorie C1	EN-IEC 62040-2 [18] Klasse A/categorie C2
Frequentieregelaars ⁵	EN-IEC 61800-3 [17] Klasse B/categorie C1	EN-IEC 61800-3 [17] Klasse A/categorie C2

Tabel 18.1 Emissienormen voor EM niveau 2 en -3

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 22/32 niet worden overschreden.

Speciale aandacht is vereist voor productnormen zoals EN-IEC 61800-3 [17] voor frequentieregelaars en EN-IEC 62040-2 [18] voor UPS systemen, die onder de CE-markering aanzienlijk hogere en voor de VU campusomgeving 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 ontkoppmaatregelen 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 EN-IEC 61000-3-2 [24] (harmonische vervorming voor apparatuur $I_F \leq 16A$) en EN-IEC 61000-3-3 [25] (spanningsfluctuaties/flicker voor apparatuur $I_F \leq 16A$) of normen met gelijke eisen. Voor apparatuur met fase-stromen $> 16A$ en $< 75A$ dient te worden voldaan aan de eisen van IEC 61000-3-12 respectievelijk IEC 61000-3-11.

De aannemer dient bij de installatie van vermogenslektronica (met mogelijk grote vermogens) te voldoen aan een maximale harmonische vervormingseis voor de spanning van $THD_U \leq 5\%$, zie tevens Hoofdstuk 19 Power Quality.

² EN-IEC 61000-6-3 is de opvolger van de oude norm EN 50081-1

³ EN-IEC 61000-6-4 is de opvolger van 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

18.3. Immuniteitseisen

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

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 [13] ⁶	EN-IEC 61000-6-2 [14] ⁷
Multimedia apparatuur (voormalige 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	EN 55024 (ITE) EN 55035 [21] (Multimedia uitrusting)	-

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 (afgeschermd) 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" en in de installatie handleiding. De aannemer is verantwoordelijk voor het leveren van de instructies aan eventuele onderaannemers en voor het toezicht op de correcte uitvoering van de installatie 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 afgeschermd (STP⁹/FTP⁹) kabels. Deze apparaten worden dan uitgevoerd met afgeschermd RJ45 poorten (metalen RJ45 socket) en in de CE Declaration of Conformity wordt een vermelding opgenomen m.b.t. de eis van afgeschermd kabels. In geval van twijfel over de noodzaak om afgeschermd 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-afgeschermd UTP¹⁰ 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 apparatuurstellingen 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 om aan de EMC eisen te voldoen.

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. Voor (machine)veiligheidssystemen 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).

Voor (machine)veiligheidssystemen en bedrijfskritieke processen dient de adviseur/aannemer (in overleg) een risico beoordeling uit te voeren en dienen eventueel strengere eisen te worden gesteld aan de performance criteria van apparatuur van toeleveranciers.

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

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's¹¹ 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.

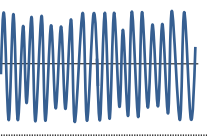
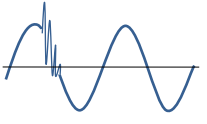
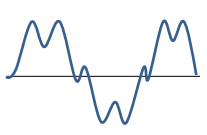
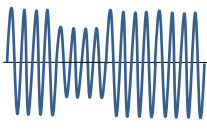
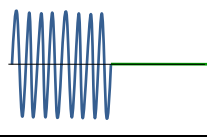
¹¹ TCF = Technical Construction File

19. Power Quality (netspanningskwaliteit)

19.1. Inleiding

Vanwege het toenemend gebruik van niet lineaire belastingen op laagspanningsnetten evenals de toepassing van lokale energieopwekkers als zonnepanelen dient een aantal regels ten aanzien van power quality te worden gehanteerd. Power quality aspecten zijn tevens van belang voor voedingsnetten waarop apparatuur wordt aangesloten die qua stroomverbruik en/of schakel- en regelgedrag wordt aangemerkt als industriële apparatuur.

Dit hoofdstuk beschrijft de belangrijkste maatregelen om 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	Maatregelen
Netspanningsfluctuatie		Kort, lang	Belastingen met fase aansnijding, frequent schakelende belastingen.	<ul style="list-style-type: none"> Scheiding van industriële- en residentiële installaties (maatregelen 10.2).
Transient/surge		μs , ms	Bliksem, schakelen in MS net, trippen beveiligingsautomaat	<ul style="list-style-type: none"> Bliksembeveiligingsmaatregelen, bescherming bekabeling tegen inductie (maatregelen hoofdstukken 7 t/m 12), Ontkoppeling inductieve belastingen (maatregelen paragrafen 15.3 t/m 15.5), Dimensionering beveiligingsautomaten.
Harmonische vervorming		continu	Niet-lineaire belastingen, verlichtingsarmaturen (LED) met VSA, grote aantallen computers. Vanwege hogere netimpedantie vooral kritisch tijdens NSA voeding.	<ul style="list-style-type: none"> Stel eisen aan maximale harmonische vervorming per apparaat (maatregel 19.1), Beperk grote aantallen identieke gebruikers op één groep (maatregel 19.5), Reduceer netimpedantie (kabel lengte), Toepassing passieve of actieve harmonische filters.
Spanningsdip		10-500ms	Hoge inschakelstroom door grote belasting of door aantallen niet-lineaire belastingen	<ul style="list-style-type: none"> Scheiding van industriële- en residentiële installaties (maatregelen 10.2). Beperking inrush stroom per apparaat (maatregel 19.3), Dimensioneer LS installatie op piekstroom.
Netspanningsonderbreking		100ms - uren	Onderbreking MS net, kabelfout, trippen beveiligingsautomaat	<ul style="list-style-type: none"> 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

De netspanningskwaliteit kan met moderne (elektronische) paneelmeters op hoofd- en onderverdelers in de laagspanningsinstallatie veelal bewaakt worden (trend of opgeslagen minimum/maximum waarden) zodat eventuele afwijkingen vroegtijdig kunnen worden opgemerkt en eventueel noodzakelijke correctie maatregelen tijdig genomen kunnen worden.

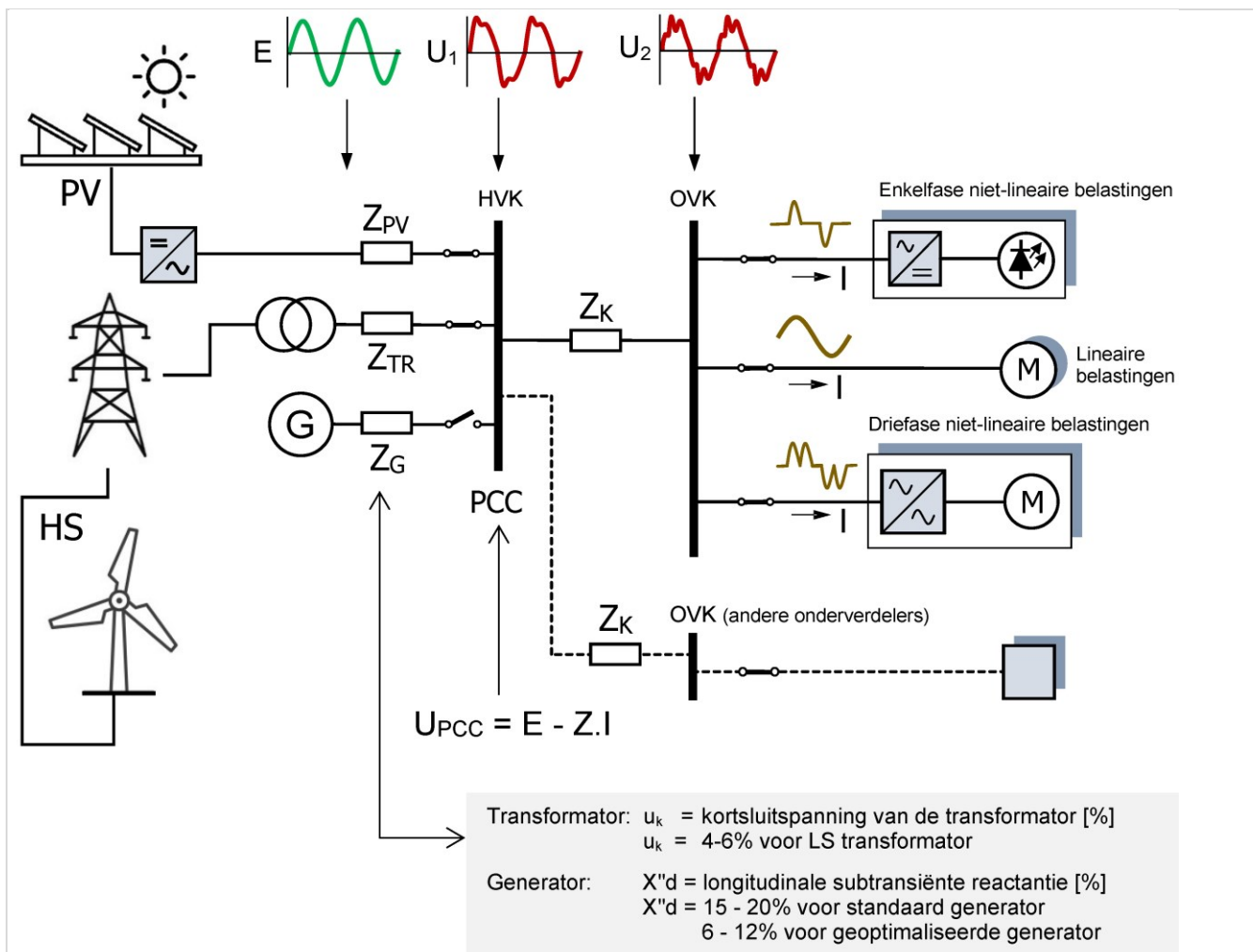
19.2. Power quality eisen apparatuur

Aan elektrische en elektronische apparatuur worden ten aanzien van netspanningskwaliteit de volgende eisen gesteld:

No.	Maatregelen power quality, eisen aan apparatuur
19.1	Elektrische en elektronische apparatuur met een fasestroom tot 16A dient te voldoen aan de eisen voor maximale harmonische stroomvervorming conform de norm NEN-EN-IEC 61000-3-2 [24].
19.2	Elektrische en elektronische apparatuur met een fasestroom tot 16A dient te voldoen aan de limietwaarden voor spanningswisselingen, spanningschommelingen en flikkering conform de norm NEN-EN-IEC 61000-3-3 [25].
19.3	De inschakel (inrush) stroom van elektrische en elektronische apparatuur zoals verlichtingsarmaturen, beeldschermen, voedingsadapters etc. kan vele malen hoger zijn dan de nominale belastingsstroom. Algemeen dient de inschakelstroom per apparaat niet hoger te zijn dan $I_P = 5 \cdot I_N$, waarbij I_P de piekstroom is tijdens inschakeling en I_N de nominale belastingsstroom van het apparaat. Indien de inschakelstroom hoger is dan $5 \cdot I_N$, dan dient rekening te worden gehouden met het aantal apparaten dat gelijktijdig wordt geschakeld evenals de karakteristiek (aanspreektijd) van de beveiligingsautomaat, zie maatregel 20.8.
19.4	Elektronische apparatuur dient te voldoen aan de immuniteitseisen voor netspannings-dips en -onderbrekingen volgens de basisnorm NEN-EN-IEC 61000-4-11 [26] en de immuniteitsniveaus zoals gespecificeerd in NEN-EN-IEC 61000-6-2 [14] voor industriële apparatuur of NEN-EN-IEC 61000-6-1 [13] voor residentiële apparatuur, zie tevens hoofdstuk 18.

19.3. Power quality eisen installatie

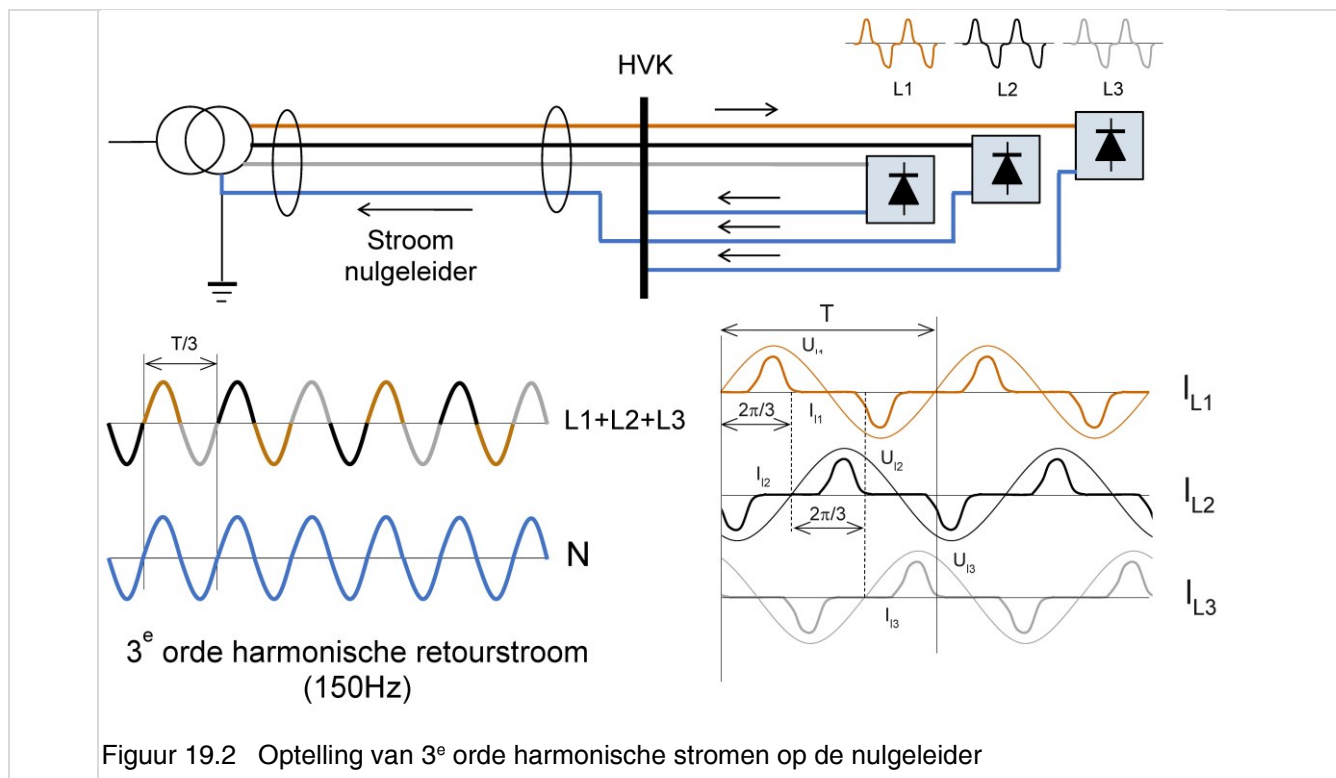
No.	Maatregelen power quality, ontwerp elektrotechnische installatie
19.5	<p>Indien grote aantallen identieke niet-lineaire belastingen zoals verlichtingsarmaturen met voorschakel-apparaten (VSA's) op het laagspanningsnet worden aangesloten dient het totale schijnbaar vermogen van deze gebruikers (aantal kVA) ten opzichte van het geïnstalleerd vermogen (kVA) kleiner te zijn dan een factor 0,5.</p> <p>Indien de factor 0,5 of hoger is dient door de installateur een berekening te worden gemaakt ter bepaling van de verwachte THD_U waarden op basis van de transformator-impedantie (kortsluitspanning), kabellengten en eventueel uitgevoerde harmonische reductiemaatregelen.</p>
19.6	<p>De harmonische vervorming van de netspanning op de hoofdverdelers (PCC) en onderverdelers (zie Figuur 20.1) dient te worden beperkt tot $THD_U \leq 5\%$ conform klasse 1 van NEN-EN-IEC 61000-2-4 [22]. Slechts op onderverdelers van grote industriële belastingen zoals koelmachines en frequentieregelaars voor (warmte) pompen mag de harmonische vervorming maximaal $THD_U = 8\%$ zijn, conform klasse 2 van NEN-EN-IEC 61000-2-4 [22].</p> <p>THD_U-waarden > 8% zijn niet toegestaan in verband met het mogelijk optreden van meervoudige nuldoorgangen in de spanning en verstoring van netwachters, UPS-en en apparatuur met fase-aansnijding.</p>
19.7	<p>De maximale THD_U-waarden gelden zowel voor normaal transformatorbedrijf als voor noodbedrijf (generatorvoeding). Hierbij dient rekening te worden gehouden met de maximale netbelasting in generatorbedrijf en met de impedantie van de generator, welke significant hoger is dan die in transformatorbedrijf.</p> <p>Het percentage niet-lineaire belasting dient in generatorbedrijf daarom lager te zijn dan de genoemde factor 0,5 in transformatorbedrijf, maximaal een factor 0,3 van het geïnstalleerde generatorvermogen bij toepassing van een standaard generator of maximaal een factor 0,4 voor een geoptimaliseerde generator.</p>
19.8	<p>Bij het voeden van groepen van apparaten dient rekening te worden gehouden met de piekstroom bij inschakeling en het hierop aanspreken van (snelle) beveiligingsautomaten.</p> <p>Beveiligingsautomaten met een B-karakteristiek ($3-5 \cdot I_N$) kunnen bij inschakeling relatief snel aanspreken. Tragere automaten met een C karakteristiek ($5-10 \cdot I_N$) of een D-karakteristiek ($10-20 \cdot I_N$) zijn dan beter geschikt. De keuze van het type automaat en de selectiviteit van de beveiliging wordt tevens bepaald door de totale inschakel piekstroom.</p>

**LEGENDA:**

- PCC = Point of Common Coupling
 E = Geleverde "schone" transformator- of generatorspanning
 U_1 = Vervormde spanning ter plaatse van hoofdverdeler
 U_2 = Vervormde spanning ter plaatse van onderverdeler
 Z = Impedantie
 Z_{TR} = Netimpedantie transformator
 Z_G = Netimpedantie generator
 Z_{PV} = Netimpedantie PV (zonnecellen)installatie
 Z_K = Impedantie voedingskabel tussen hoofdverdeler en onderverdeler

Figuur 19.1: Blokschema laagspanningsinstallatie met opwekkers en diverse belastingen

19.9	Nulgeleiders van railsystemen en kabels dienen minimaal dezelfde kwadratuur te hebben als die van de fasegeleiders. De reden is dat 3 ^e orde harmonische stromen van niet-lineaire enkelfase belastingen optellen op de nulgeleider, ongeacht de evenredige verdeling van de belastingen over de drie fase groepen. De grootte van de nulstroom kan in dat geval gelijk of zelfs groter zijn dan die van de fasestromen, maar dan met een dominante frequentie van 150 Hz, zie tevens figuur 19.2.
19.10	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.



19.4. Eisen te stellen aan apparatuur voor opwekking van energie

19.11 Bij plaatselijk energie opwekking door PV panelen, windmolens e.d. dient de apparatuur aan de volgende eisen te voldoen:

1. Het maximaal te leveren vermogen dient te worden afgestemd op het verbruik van de lokale elektrische installatie. Bij een overschot aan te leveren energie (maximale levering bij minimaal lokaal verbruik) dient rekening te worden gehouden met de spanningsverdeling in de installatie. Hierbij spelen de spanningsinstellingen van transformatoren een rol, de netimpedantie, de lengte van voedingskabels evenals de instellingen van netwachters (de spanning dient sowieso onder de grenswaarde van $230V + 10\% = 253V$ te blijven).

Door het te leveren vermogen en het verbruik op elkaar af te stemmen dient te worden voorkomen dat de spanning plaatselijk te hoog wordt. Een te hoge spanning kan resulteren in het vroegtijdig verouderen of defect raken van apparatuur, het ingrijpen van netwachters. Ook zal de PV installatie vanwege de overspanning een deel van de installatie zelf buiten bedrijf schakelen.

2. Centrale omvormers, micro omvormers en eventuele optimisers dienen qua emissielimiet te voldoen aan de eisen van NEN-EN-IEC 61000-6-3 [15] of gelijkwaardig voor een residentiële omgeving, zoals verder omschreven in hoofdstuk 18, Tabel 18.1. De emissie eisen gelden voor de gehele installatie, d.w.z. voor PV installaties inclusief DC aansluitingen van de PV panelen naar de omvormer(s) en de afgaande AC aansluiting(en) naar de LS verdeler.

Qua immuniteit dient de apparatuur te voldoen aan de eisen van NEN-EN-IEC 61000-6-2 [14] voor een industriële omgeving.

3. Qua installatietechniek dient extra aandacht te worden besteedt aan (lange) bekabeling op het dak, waarbij + en – bedrading onderling parallel (d.w.z. niet in lussen) in kabelgoot dient te worden gelegd.
4. Ter plaatse van kabelinvoeren door het dak dient een LPZ0-LPZ1 overgang te worden aangebracht met kabelvereffeningsmaatregelen- en overspanningsbeveiliging (incl. eventuele verzekering).

19.5. Eisen te stellen aan apparatuur voor opladen van elektrische voertuigen

19.12	<p>Laadpalen voor elektrische voertuigen dienen qua EMC en power quality te voldoen aan de eisen van paragraaf 10.2 (verdeling industrieel/residentieel c.q. kracht/licht), hoofdstuk 18 (EMC specificaties) en paragraaf 19.2 (power quality).</p> <p>De te hanteren emissielimiet dient overeen te komen met de typical emissie van de installatie waarop de lader wordt aangesloten (zie tabel 18.1).</p>
-------	--

20. Blootstelling elektromagnetische velden en eisen conform EMV richtlijn 2013/35/EU

De technische installaties dienen qua blootstelling aan elektromagnetische velden te voldoen aan EMV-richtlijn 2013/35/EU [4].

In Annex II en Annex III van de EMV Richtlijn 2013/35/EU [4] worden de maximale blootstellingsniveaus beschreven in de vorm van actieniveaus die veelal zijn gebaseerd op de eisen van ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Bij overschrijding van de actieniveaus wordt de werkgever geacht beschermingsmaatregelen uit te voeren om de werknemer te beschermen tegen te hoge blootstelling aan EM velden.

Voor de VU campusomgeving is het aantal locaties waar hoge blootstellingsniveaus voorkomen zeer beperkt. In 2018 is door de Vrije Universiteit in het kader van de EMV richtlijn 2013/35/EU [4] een Risico Inventarisatie en Evaluatie (RI&E) uitgevoerd als onderdeel van het Arbeidsomstandighedenbesluit. Op mogelijk kritieke locaties is een aantal EMV metingen uitgevoerd ter bevestiging van de blootstellingsniveaus. Op basis van de RI&E en de metingen werd geconcludeerd dat de als kritisch aangemerkte locaties voldeden aan de eisen van de EMV richtlijn 2013/35/EU [4].

Op basis van de typical blootstellingswaarden zoals vermeld in Appendix 5 dienen voor nieuwbouw installaties de veilige werkafstanden te worden vastgesteld en dienen deze in werkinstructies te worden opgenomen.

Specifieke aandacht is vereist voor onderzoeks- of onderhoudsapparatuur die gebruik maakt van hoogfrequent bronnen, onder andere voor inductieverhitting. Dergelijke apparatuur dient in de bedieningshandleiding aan te geven welke veilige werkafstanden dienen te worden gehanteerd. Indien deze gegevens ontbreken of onvoldoende duidelijk is welke blootstellingsniveaus te verwachten zijn dient een RI&E te worden uitgevoerd aan de hand van de informatieve gids bij de EMV richtlijn [28].

21. 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 projectfase (Ontwerp, inkoop, Bouw/installatie en oplevering naar het EPCC model (engelstalig: Engineering, Procurement, Construction & Commissioning). 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	<ul style="list-style-type: none"> Vaststellen EMC specificaties van systemen naar gebruiksruimte en EM zonerings Vaststellen installatiemaatregelen Beoordeling specificaties apparatuur en evt. afwijkingen (zie Appendix 4). 	<ul style="list-style-type: none"> ET adviesbureau Hoofdaannemer Leverancier (EMC specificaties) 	<ul style="list-style-type: none"> EM zoneringsplan EMC checklist op basis van systeem/apparatuurlijst Documenten t.b.v. installatie, zoals aardingstekeningen, gotenplannen etc.
Inkoop	<ul style="list-style-type: none"> Inkoop apparatuur en systemen op basis van EMC specificaties Vaststellen installatie instructies leverancier 	<ul style="list-style-type: none"> Hoofdaannemer 	<ul style="list-style-type: none"> Dossier CE verklaringen van overeenstemming van leveranciers Installation Manuals (verzamelde installatie instructies leveranciers)
Bouw/installatie	<ul style="list-style-type: none"> Installatie conform bestek installatie eisen Opvolgen EMC instructies leverancier 	<ul style="list-style-type: none"> Hoofdaannemer Installateur(s) 	<ul style="list-style-type: none"> Installatie checklist (algemene en leveranciersspecifieke maatregelen)
Oplevering	<ul style="list-style-type: none"> Oplevering installatie en documentatie 	<ul style="list-style-type: none"> Hoofdaannemer 	<ul style="list-style-type: none"> EMC dossier (TCD), 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 2014/30/EU [2] en de toelichtende Guide [3] aan leveranciers van systemen worden gesteld.

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

- Bij sterk uiteenlopende EM niveaus en grote afwijkingen van de EM zonerings 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.

i **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 zonerings. 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.

i **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.

i **Oplevering:** Bij oplevering dienen alle relevante 'as built' EMC documenten te worden gecontroleerd. Tevens dient aandacht te worden besteed 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.

22. Referenties

In deze EMC handleiding wordt verwezen naar de volgende referentiedocumenten¹².

- [1] Generiek Technisch Programma van Eisen Vrije Universiteit
- [2] Richtlijn 2014/30/EU van het Europees Parlement en de Raad van 26 februari 2014 betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake elektromagnetische compatibiliteit (herschikking).
- [3] Guide for the EMCD (Directive 2014/30/EU), 2018
- [4] Richtlijn 2013/35/EU van het Europees Parlement en de Raad van 26 juni 2013 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden)
- [5] NEN 1010: Elektrische installaties voor laagspanning – Nederlandse implementatie van de HD-IEC 60364-reeks
- [6] IEC 61000-2-5: Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 2 Environment - Section 5: Classification of electromagnetic environments
- [7] NPR-IEC/TR 61000-5-2: Elektromagnetische Compatibiliteit (EMC), Deel 5: Installatie en mitigatierichtlijnen – sectie 2: Aarding en bekabeling, juli 2004
- [8] IEC 60364-4-44 Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances.
- [9] NEN-EN-IEC 62305-1: Bliksembeveiliging - Deel 1: Algemene principes
- [10] NEN-EN-IEC 62305-2: Bliksembeveiliging - Deel 2: Risicomanagement
- [11] NEN-EN-IEC 62305-3: Bliksembeveiliging – Deel 3: Fysieke schade aan objecten en letsel aan mens en dier
- [12] NEN-EN-IEC 62305-4: Bliksembeveiliging - Deel 4: Elektrische en elektronische systemen in objecten
- [13] NEN-EN-IEC 61000-6-1: Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 6-1: Generieke normen - Immuniteit voor huishoudelijke, handels- en lichtindustriële omgevingen
- [14] NEN-EN-IEC 61000-6-2: Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 6-2: Generieke normen - Immuniteit voor industriële omgevingen
- [15] NEN-EN-IEC 61000-6-3: Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 6-3: Generieke normen - Emissienorm voor huishoudelijke, handels- en lichtindustriële omgevingen
- [16] NEN-EN-IEC 61000-6-4: Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 6-4: Generieke normen - Emissienorm voor industriële omgevingen
- [17] NEN-EN-IEC 61800-3: Regelbare elektrische aandrijfsystemen - Deel 3: EMC eisen en specifieke beproevingsmethoden
- [18] NEN-EN-IEC 62040-2: Ononderbroken voedingen – Deel 2: Eisen ten aanzien van elektromagnetische compatibiliteit (EMC)
- [19] NEN-EN 55032, Elektromagnetische compatibiliteit van Multimedia-apparatuur - Emissie-eisen
- [20] NEN-EN 55014-1, Elektromagnetische compatibiliteit - Eisen voor huishoudelijke toestellen, elektrisch gereedschap en soortgelijke apparaten - Deel 1: Emissie - Productgroepnorm
- [21] NEN-EN 55035, Elektromagnetische compatibiliteit van multimedia uitrusting - Immuniteitseisen
- [22] NEN-EN-IEC 61000-2-4, Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 2-4: Omgeving - Compatibiliteitsniveaus voor laagfrequente geleide storingen in industriële omgevingen
- [23] NEN-EN 50174-2: 2009: Informatietechnologie - Installatie van bekabeling - Deel 2: Planning en praktijk in gebouwen
- [24] NEN-EN-IEC 61000-3-2, Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 3-2: Limietwaarden - Limietwaarden voor de emissie van harmonische stromen (ingangsstroom van de toestellen ≤ 16 A per fase)

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

-
- [25] NEN-EN-IEC 61000-3-3, Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 3-3: Limietwaarden voor spanningswisselingen, spanningschommelingen en flikkering in openbare laagspanningsnetten voor apparatuur met een ingangsstroom ≤ 16 A per fase en zonder voorwaardelijke aansluiting
 - [26] NEN-EN-IEC 61000-4-11, Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) - Deel 4-11: beproevingen en meettechnieken - Spanning dips, korte onderbrekingen en spanningsvariaties immuniteitstests voor apparatuur met ingangsstroom tot 16 A per fase
 - [27] NEN-EN-IEC 61537: Kabelbaansystemen en kabelladdersystemen voor het onderbrengen van elektrische leidingen
 - [28] Non-binding guide to good practice for implementing Directive 2013/35/EU Electromagnetic Fields, Guide for SMEs, European Commission, Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion, Unit B3, November 2014

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 $m\Omega/m$.

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

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

met:

R_{LF} = laagfrequent weerstand $[\Omega]$

f = frequentie $[Hz]$

L = zelfinductie $[H]$, typical: $L=1\mu H/m$

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

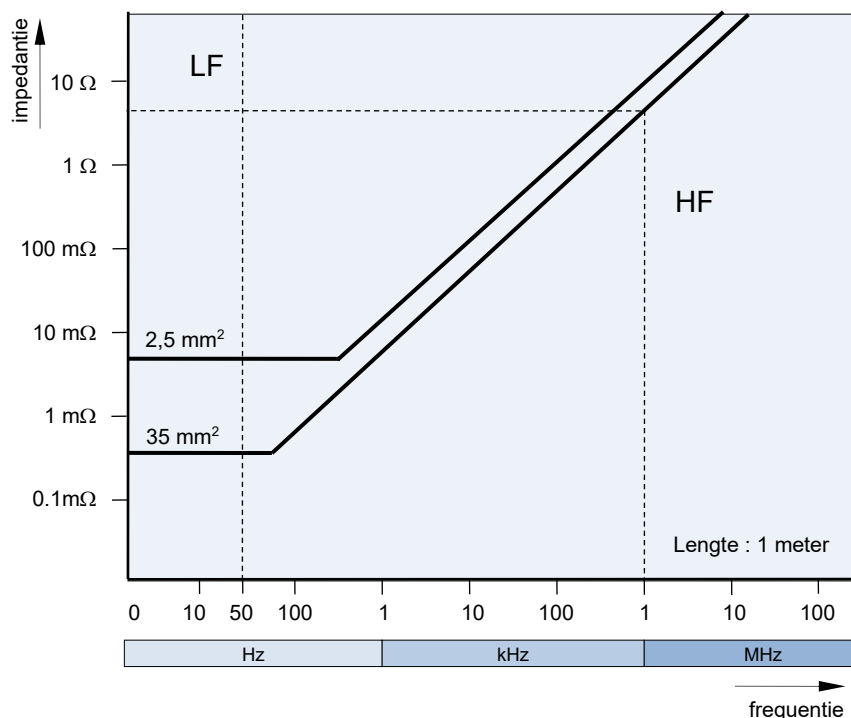
$$f = 1 \text{ MHz} \rightarrow Z \approx 2\pi \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} = 6,3\Omega.$$

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 voorneemd platte litze zoals getoond in figuur A1.2, A. De aanbevolen verhouding tussen de lengte en breedte van de geleider is $L/B \leq 10$.

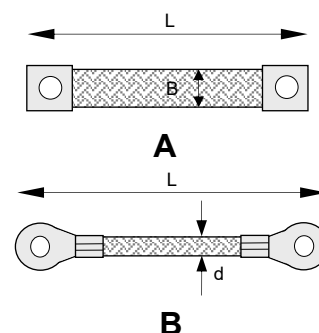
Indien platte litze niet kunnen worden toegepast (b.v. vanwege corrosie, dan dient een korte geleider (figuur A1.2, B) met b.v. neopreen isolatie te worden gebruikt.

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



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



Figuur A1.2 Typical geleiders voor EMC

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:

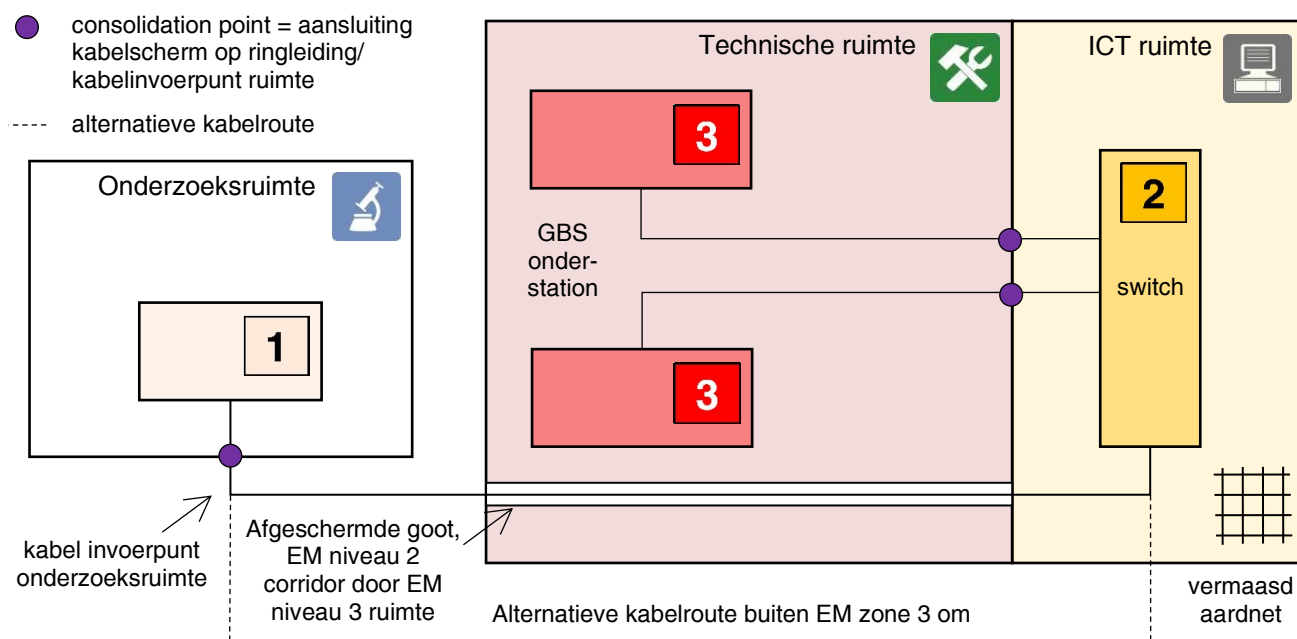
$Li > K > Sr > Ca > Na > Mg > Al > Zn > Cr > Fe > Cd > Co > Ni > Sn > Pb > H$ ■ $Cu > Ag > Hg$ ■ $Pt > Au$

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 zonerings

Figuur A.1 toont een voorbeeld van de EM zonerings 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:

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

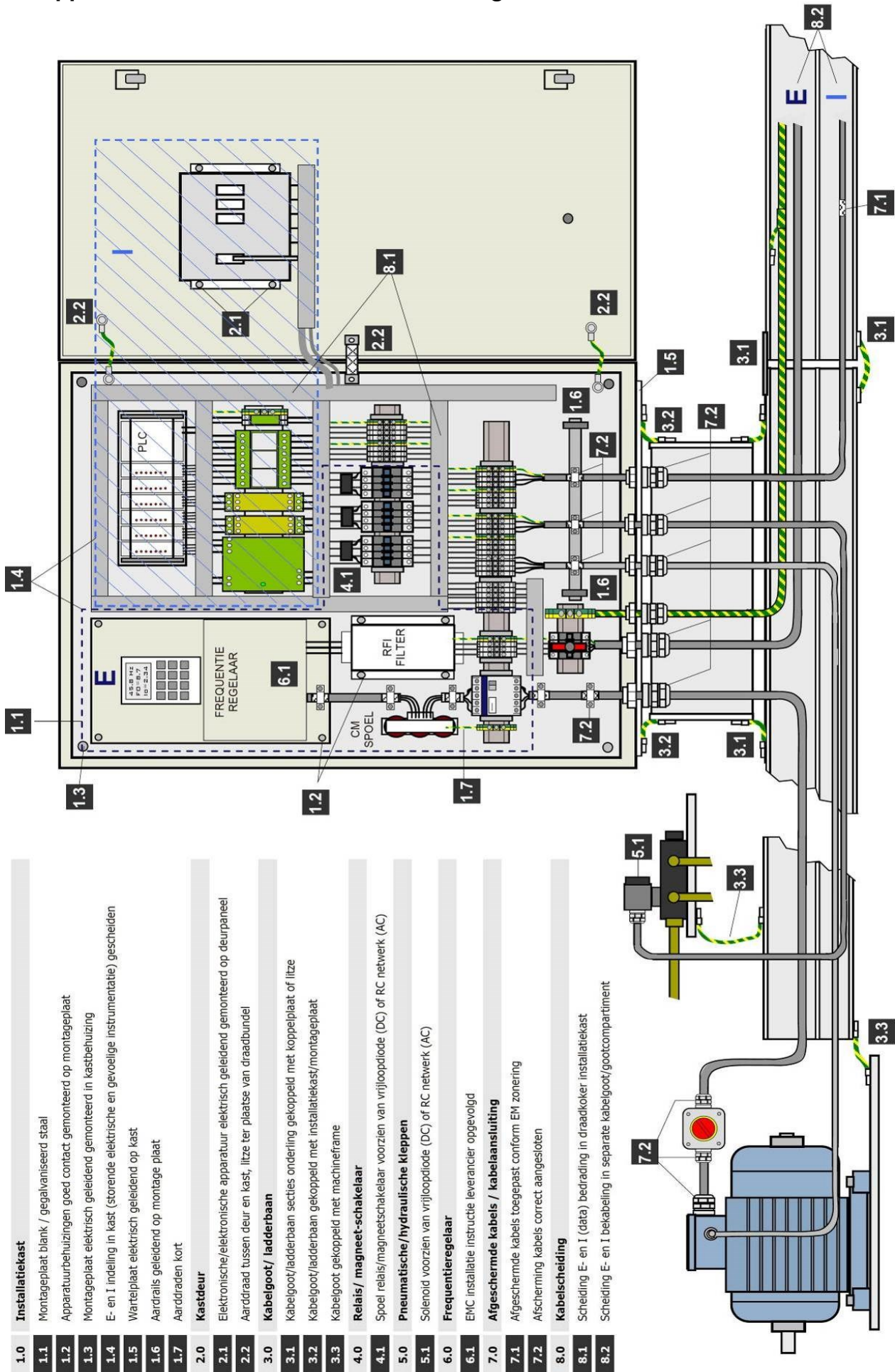
- Voor de netwerkkabels worden afgeschermd SF/UTP kabels gebruikt,
- De kabelschermen van deze kabels worden aan beide kanten aangesloten en op de overgang van de ene naar de andere zone aangesloten op het consolidation point (zie tevens hoofdstuk 11, EM zoneringsmaatregelen),



Met de meervoudige scherm aansluiting 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.

- 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 (stippelijijn in figuur A.1).
- 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.
- Daarnaast zijn de algemene aardingmaatregelen als het aanbrengen van een ringleiding, vermaasd 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 zonerings, 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):

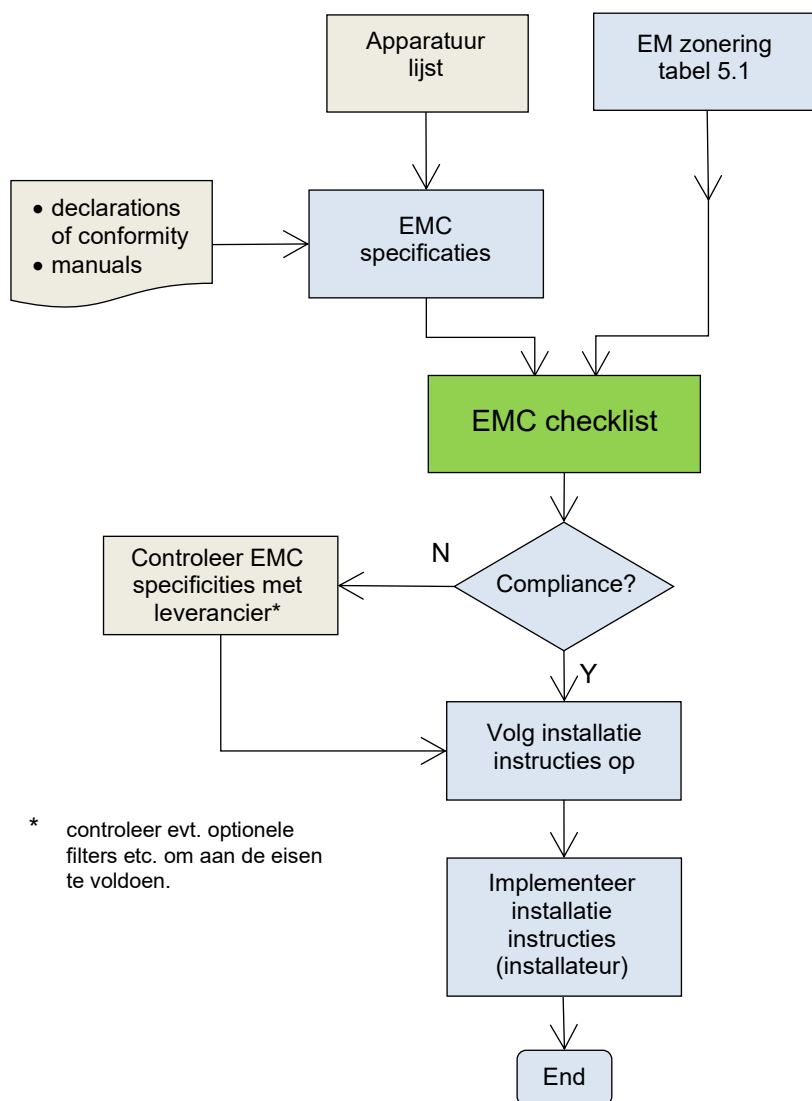
1. De EM zonerings van de installatie wordt bepaald op basis van tabel 5.1 in hoofdstuk 5 van deze handleiding.
2. De apparatuurlijst van de installatie fungeert als uitgangspunt voor de EMC checklist. Van ieder van de apparaten worden de EMC specificaties (emissie en immuuniteit) opgezocht (catalogus, manual) en gecontroleerd ten opzichte van de vereiste generieke emissie en immuuniteitsniveaus 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. optionele 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 systeem wordt geïnstalleerd bepaalt de EM zonerings. De EM zone is uitgangspunt voor de EMC specificaties van de apparatuur.

SAMPLE				System EMC checklist														EM zone 3						
System				Gas Turbine Generator package																				
No.	Equipment	Vendor	Type	Generic standards				Product standards				Further requirements				Compliance		Reference	Further 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	



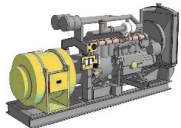





Installatie instructies van de leverancier moeten door de installateur worden opgevolgd.

Figuur A4.1 Voorbeeld EMC checklist



Figuur A4.2 Werkwijze beoordeling EMC specificaties apparatuur

Appendix 5 EMV inventarisatie

No	Apparatuur/ systeem/ bron	Locatie	Verwachte waarde	AL ¹ Richtlijn	Immuniteit IMD	Veilige afstand ²	
1	LS transformator 10kV/400V/230V, 20kV/400V/230V, S ≤ 1 MVA		Traforuimten	B < 100μT @ 0,5m	1mT @ 50Hz 10kV/m @ 50Hz	B=100μT @ 50Hz	>0,5m van transformator/ LS aansluitingen
2	LS installatie, verdelers, 400V/I ≤ 1000A		Traforuimten, hoofdverdelers, onderverdelers	B < 100μT @ 0,5m	1mT @ 50Hz 10kV/m @ 50Hz	B=100μT @ 50Hz	>0,5m van railsysteem/ singles
3	Noodstroom aggregaat (NSA) S ≤ 1 MVA		Bij transformator- ruimte/LS ruimte	B < 100μT @ 0,5m	1mT @ 50Hz	B=100μT @ 50Hz	>0,5m van generator/ singles
4	Statische UPS 400 V, S ≤ 300kVA		Technische ruimten	B < 100μT	1mT @ 50Hz 100μ @ f > 3kHz	B=100μT @ 50Hz	>0,5m van UPS
5	Frequentieregelaar 400V, P ≤ 100kW		Energiecentrale, Technische ruimten VU gebouwen	B < 100μT	1mT @ 50Hz 100μ @ f > 3kHz	B=100μT @ 50Hz	>0,5m van FO
6	Elektrische motoren 400V, P ≤ 100kW		Technische ruimten	B < 100μT @ 0,5m	1mT @ 50Hz	B=100μT @ 50Hz	>0,5m van elektromotor
7	RF systeem portofoon Vaste opstelling en mobiel P = 2-25W _{ERP}		Daken VU gebouwen, mobiel	E= < 10V/m @ 5m	61V/m @ 10 ≤ f < 400MHz	30V/m	> 1m van antenne
8	Antenne opstelling telefonie 2G-5G		Daken VU gebouwen	E= < 10V/m @ 5m	3.10 ⁻³ √f [Hz] 91,5V/m @ 930MHz 137,5 V/m @ 2100MHz	30V/m	> 1m van antenne

¹ AL = Low Action Level Richtlijn 2013/35/EU

² Veilige afstand om te voldoen aan directe blootstellingslimieten. Voor dragers van IMD (Implantable Medical Devices) zoals pacemakers wordt een maximale blootstelling van B=100μT@50 Hz aanbevolen. De aanbevolen afstanden tot transformatoren en railsystemen is dan minimaal 2m.