



Hoogheemraadschap van
Rijnland

RIJNLANDSE SOR SYSTEMATIEK

Deel II

SOR elektrotechnische installaties



[Met in kleur eisen als gevolg van: **regelgeving**, **vrije keuze**,

Cursieve tekst betreft beleidsuitgangspunten.]

Colofon

Auteurs

Proces Automatisering	N.v.t.
Elektrotechniek	W. van Haaster
Werktuigbouw	N.v.t.
Civiele Techniek	N.v.t.
Cultuur Techniek	N.v.t.
Geotechniek	N.v.t.

Toetsing

Datum

Objectvijfhoek:

Assetmanager	P. van der Haven J. Deen	1-5-2018
Asset realisator	H. Hopman J.M. van Leijenhorst	1-5-2018
Asset gebruiker	A. Jansen P. Caspers	1-5-2018
Asset beleidmaker	J. den Elzen A. Retel	1-5-2018
Asset onderhouder	J.H. den Haan P. van Wetten K. Versmissen	1-5-2018
Veiligheidskundige	O. ten Broek	1-5-2018
Proces Automatisering	P. van Dijk	1-5-2018

Operationeel elektrotechnisch installatie verantwoordelijke	R. van Beek	1-5-2018
Operationeel ATEX installatie verantwoordelijke	P. Noortman	1-5-2018

Goedkeuring

Waterketen / Watersystemen	P. van der Haven	5-2-2019
----------------------------	------------------	----------

Documentgegevens

Revisiedatum

Documentnaam 18.039764.docx

Dit document is een aanvulling op:

Deel I – Algemeen; Beleidsmatig; 2016RSS_I_ALG_V1

Voorwoord / Leeswijzer

De Rijnlandse Standaard Ontwerp Richtlijnen systematiek (SOR) bevat de uitgangspunten die voor het ontwerp leidend zijn. Te vernieuwen elektrotechnische installaties van het Hoogheemraadschap van Rijnland moeten voldoen aan de in dit document beschreven uitgangspunten.

De SOR bestaat uit drie delen.

Deel I: Algemeen: Beleidsmatig.

Deel I omschrijft voor de SOR van belang zijnde beleidsmatige onderwerpen. Dit deel wordt door de Assetmanagers getoetst en vastgesteld door de Asseteigenaar. Het maakt daarna onderdeel uit van alle Rijnlandse SOR's. Dit deel wordt in pdf vorm aan de gebruiker ter beschikking gesteld. De kennisleiders (KL) van de afdeling Onderhoud beheren dit document.

Deel II: Algemeen: Objectspecifiek

Deel II omschrijft alle objectspecifieke eisen en gemaakte keuzes. Dit deel wordt getoetst door de betreffende objectvijfhoek en vastgesteld door de Asseteigenaar. Het is daarna van toepassing op alle bedoelde objecten. Evenals deel I, wordt deel II in pdf vorm aan de gebruiker ter beschikking gesteld en beheerd door de kennisleiders (KL) van de afdeling Onderhoud.

Deel III: Locatiespecifiek

In deel III worden de in delen I en II omschreven eisen op basis van locatie specifieke kennis aangevuld en toelaatbare afwijkingen onderbouwd vastgelegd.

Dit deel wordt binnen de projectteams opgesteld op basis van een vast Word-format. Dat format is identiek aan het voor deel II gehanteerde format.

Toetsing en vaststelling vinden plaats volgens de daarvoor geldende procedure uit het projecthandboek.

Waar in de SOR documenten wordt gesproken over object(en) kan ook worden gelezen installatie(s), kunstwerk(en) dan wel andere in beheer van Rijnland zijnde object(en).

Relatie tot overige documenten

De SOR documenten beschrijven samen de onderhoudsuitgangspunten voor het te vervaardigen ontwerp.

Bij uitwerking van het ontwerp tot een bestek / vraagspecificatie / uitvoeringsontwerp gelden daarnaast de gebundelde eisen voor de uitvoering (de Rijnlandse bundel).

De uitvoerende partij moet ter uitwerking van het ontwerp te allen tijde aan de wetgevende bepalingen voldoen. De SOR en bundel eisen gelden uitsluitend als aanvulling hierop.

In dit stuk is achtergrondinformatie in eindnoten opgenomen.

NB. In de digitale versie van het MS word document kan naar de achtergrondinformatie gesprongen worden door op een eindnootverwijzing te klikken. Vanuit een eindnoot kan terug naar de hoofdtekst gesprongen worden door daar op de eindnootverwijzing te klikken.

Samenvatting

Aanleiding

- Te komen tot een visie op vervangingsbehoefte schakelasten. Op basis van deze SOR tot een meerjarenbegroting voor het vernieuwen van elektrotechnische installaties te komen.
- Wegens de verbondenheid met apparatuur is dit verbreed naar elektrische installaties. Ter stimulering van eenduidigheid zijn alle objecttypen beschouwd.

Doel

- Vanuit risicobeheersing de conditie, veiligheid, beschikbaarheid en onderhoudbaarheid van elektrotechnische installaties borgen. Dit vraagt om een ommezwaai in denken vanuit LCC in plaats van investeringskosten.
- Hoe krijgen we vat op: CE; mutaties; codering; as-built documentatie.

Hoe, wat is nodig:

- Integrale vernieuwingsaanpak van proceslijnen in plaats van losse onderdelen.
- Om de 30 jaar systemen vernieuwen, om de 15 jaar "slijtende" elektrotechnische apparatuur preventief vervangen.
- Vernieuw kabels gelijktijdig met de schakelkasten.
- Gescheiden ruimten en kabelbanen voor proceslijnen, zodat bij brand en vervanging de overige proceslijnen ongestoord kunnen door draaien.
- Vervangen bekabeling voor brandveilige bekabeling¹.
- Bij grootverbruiker aansluitingen worden trafo's gehuurd.
- Aantoonbaar en herleidbaar engineeren.

Wat behouden:

- Noodhand / Semi automatisch bedrijf moet vanuit de beschikbaarheid blijven, voorkomt stress bij de onderhouders tijdens het oplossen van storingen.
- Het voor onderhoud spanningsloos schakelen van werktuigen en apparatuur gebeurt door de groepbeveiliging via LOTOTO af te schakelen.
- Schakelkasten op zuiveringen en boezemgemalen uitvoeren met uittrekbare MCC'. Overige installaties als vaste uitvoering.
- Grote elektriciteitsaansluiting kiezen op economische levensduur niet op basis van selectiviteit.

Innovatie:

- Vanuit duurzaamheid gebruik van energiezuinige motoren en verlichting.
- Op zuiveringen zo nodig schakelkasten ventileren via H2S neutraliserende filters. NB. Op AWTG's ontstaan volledig gesloten schakelkasten.
- Alleen monumenten, ATEX installaties en kantoorpanden worden van uitwendige bliksembeveiliging voorzien. Overige installaties worden beschermd door overspanningsbeveiliging op inkomende bekabeling.

Impact

- Kostenstijging t.g.v. het na 15 jaar vervangen van slijtende onderdelen. Daar staat tegenover dat er onder bouwzaken al een levensduur van 15 jaar als eis van kracht was. Alleen werd na verstrijken van deze termijn apparatuur niet preventief vervangen.
- Vernieuwing elektrotechnische apparatuur na 30 jaar: tot heden staan Rijnlandse installaties vaak langer dan 30 jaar. Kijk je naar de looptijd dan valt een lichte kostenverhoging te verwachten². Daar staat een hogere veiligheid, beschikbaarheid en beheersbaarheid tegenover. Dit maakt de investering verantwoord.
- MOC voor als apparatuur vervangen wordt door "vreemd" materiaal.

¹ Wettelijke verplichting is dat nieuwe bekabeling aan de brandveiligheidseisen moet voldoen.

² Dit is gevoelsmatig, want er zijn geen historische gegevens voor handen.

Verklaring van gebruikte afkortingen

ABC	Methodiek om documentatie Actueel, Betrouwbaar en Compleet te krijgen
AWTG	Afval Water Transport Gemaal
AWTL	Afval Water Transport Leiding
AWTS	Afval Water Transport Systeem (<i>samenstel van AWTG, AWTL en ontvangbak AWZI</i>)
AWZI	Afval Water Zuivering Installatie
Bundel	De gebundelde voorschriften voor uitvoering van werken voor het Hoogheemraadschap van Rijnland
CCTV	Closed Circuit TeleVision
CPK	Centrale Proces Kamer
D.O.L.	Direct geschakelde motoren (Direct Online)
DPF	Displacement Power Factor (<i>PF inclusief blindstroom bijdrage door hogere harmonische</i>)
EMC	Elektro Magnetische Compabiliteit
FO	Frequentie Omvormer, ook wel aangeduid als frequentieregelaar
GIS-code	Locatiecode object (<i>lees AWTG</i>) volgens het Gegevens Informatie Systeem
HS	Hoog Spanning
H2S	Waterstofsulfide
HV	Hoofd Verdeler
HVK	Hoofd Verdeler Kracht
HVL	Hoofd Verdeler Licht
IV	Installatie Verantwoordelijke
LCC	Life Cycle Costs
LS	Laag Spanning
LOTOTO	Procedure om werktuigen spanningsloos te maken zodat hier veilig aan is te werken (<i>Loc Out – Tag Out – Try Out</i>)
MCC	Motor Control Center (<i>verdeler motorgroepen</i>)
MRK	Meet en Regel Kast
NH	Nood Hand
O5H	Object vijfhoek, vertegenwoordigend de 5 functierollen vanuit asset management (<i>eigenaar-gebruiker-onderhouder- beleidsmaker/ adviseur - voorzitter</i>)
PA	Proces Automatisering
PF	Power Factor (<i>arbeidsfactor, of cosinus φ, zonder blindstroom bijdrage hogere harmonische</i>)
PG	Polder Gemaal
PLC	Besturingscomputer (<i>Programmeerbare Logische Controler</i>)
P&ID	Overzichtstekening procesinstallatie (<i>Proces and Instrumentation Diagram, ook wel aangeduid als Piping and Instrumentation Diagram</i>)
SA	Semi Automatisch
SCADA	Beeldschermbedieningssysteem (<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>)
SOR	Standaard Ontwerp Richtlijn
V AC	Spanningsniveau (Volt)wisselspanning
VB	Vak Bekwaam (persoon)
V DC	Spanningsniveau (Volt)gelijkspanning
VOP	Voldoende Onderricht Persoon
WS	Water Systemen

INHOUDSOPGAVE

1.	Visie	1
2.	Toepassingsgebied	2
2.1	Relatie tot detail engineering	2
3.	Systeemeisen	3
3.1	Wettelijk kader	3
3.1.1	Europese richtlijnen	3
3.1.1.1	Demarcatie installatiedelen	3
3.1.2	Kwaliteitsaspecten elektrische energie	3
3.2	Life Cycle Costs	3
3.2.1	Levensduur	3
3.2.2	<i>Beschouwing levensduur versus inspectiebeleid</i>	4
3.3	Duurzaamheid	4
3.4	Beschikbaarheid, betrouwbaarheid en onderhoudbaarheid (RAM)	4
3.4.1	Ontwerp uitgangspunten	4
3.4.2	Selectiviteit elektrotechnisch beveiligingen	4
3.4.3	Compartimentering elektrische bedrijfsruimten op zuiveringen en bij boezemgemalen	4
3.5	Dimensionering en materiaalkeuze	4
3.6	Bedrijfsomstandigheden	5
3.6.1	Functie van ruimten	5
3.6.1.1	Elektrische bedrijfsruimten	5
3.7	Beheer- en onderhoud	6
3.7.1	Documentatie	6
3.7.2	Toegang elektrische bedrijfsruimten	6
3.7.3	Toegang schakelkasten	6
3.7.4	Vluchtwegen	6
3.7.5	Noodverlichting	6
3.7.6	Brandveiligheid	6
4.	Elementen elektrische installatie	7
4.1	Elektrische veiligheid	7
4.2	Machineveiligheid	7
4.2.1	Programmeerbare noodstoprelais	8
4.3	Energievoorziening	8
4.3.1	Voedingsspanning apparatuur	8
4.3.2	Beveiliging van de elektrotechnische installatie	8
4.3.3	Elektriciteitsaansluiting	8
4.3.3.1	Verplichtingen naar de netbeheerder	8
4.3.3.2	Kleinverbruik aansluiting (t/m 3 x 80A)	9
4.3.3.3	Grootverbruik aansluiting	9
4.3.3.4	Gereguleerd domein (hoogspanningsaansluiting)	9
4.3.3.5	Vrije domein (hoogspanningsaansluiting)	9
4.3.3.6	Vrije domein (omzetting naar laagspanning)	10
4.3.3.7	Transportcapaciteit	10
4.3.4	Noodstroom	10
4.3.4.1	Noodstroomaggregaat aansluiting	10
4.3.5	Voorzieningen als borging van de kwaliteit voedingsspanning	11
4.3.5.1	Maatregelen als borging van de spanningskwaliteit	11
4.3.5.2	Maatregelen als voorkoming van asymmetrie	11
4.3.5.3	Maatregelen als borging van de arbeidsfactor (cosinus ϕ compensatie)	11
4.3.5.4	Borging powerfactor	11
4.3.5.5	Maatregelen als borging van de hogere harmonische	12
4.3.5.6	Maatregelen als voorkoming van elektromagnetische interferentie (EMI)	12
4.3.5.7	Power Quality Management	12

4.4	Meting & monitoring.....	12
4.4.1	Verbruiksmeting	13
4.5	Energieverdeling.....	13
4.6	Schakelkasten	14
4.6.1	Verbruikers	14
4.6.1.1	Hulpwerktuigen	14
4.7	Klimaatbeheersing (elektrische) bedrijfsruimten en schakelkasten	15
4.8	H ₂ S werende en neutraliserende maatregelen en voorzieningen	15
4.9	Verlichting en wandcontactdozen	16
4.10	Elektrische veiligheidsvoorzieningen.....	16
4.10.1	Spanningsloos maken van werktuigen en apparatuur	17
4.10.1.1	Werkschakelaars.....	17
4.10.1.2	Decontactor	18
4.10.2	Uitwendige bliksembeveiligingsinstallatie	18
4.11	Machinebeveiligingen	18
4.12	Aanzetinrichtingen motorgroepen	19
4.13	Instrumentatie	19
4.14	Lokale bediening en signalering	19
4.14.1	Bediening	19
4.15	Bekabeling.....	19
4.16	Kabeltracé	19
	Eindnoten	i

1. Visie

Uitgangspunt is om vanuit LCC tijdig installatiedelen te vernieuwen.ⁱ

In dit stuk is voor de elektrotechnische hoofddelen de beoogde levensduur vastgelegd.

Voor het proces essentiële elektrotechnische hoofddelen zijn schakelkasten, besturing en bekabeling.

Deze onderdelen vormen een systeem met samenhang en onderlinge afhankelijkheid. Zonder bekabeling (voeding) werken de losse onderdelen bijvoorbeeld niet.

Binnen dit systeem volstaat het één op één vervangen van defecte onderdelen, zoals schakelmaterieel en instrumentatie. Ter vervanging van hoofddelen is het niet handig om tot dit ene hoofddeel te beperken, omdat dit praktische bezwaren met zich mee brengt.ⁱⁱ

Daarom is het voor grootschalig onderhoud van belang te denken in vernieuwing van systemen in plaats van onderdelen.

Het biedt de kans om:

- *naar de actuele standaard door te groeien, waarbij de elektrotechnische installatie geëngineerd wordt met EPLAN;*
- *alle documentatie voor het systeem op orde te krijgen.*

2. Toepassingsgebied

Deze SOR geldt voor **nieuwbouw en te vernieuwen elektrotechnische installaties** van het Hoogheemraadschap van Rijnland.

2.1 Relatie tot detail engineering

Aan de hand van de P&ID's moet een taglijt, een instrument- en verbruikerslijst worden samengesteld. In het geval dat in opdracht van Rijnland een ontwerp, bestek of vraagspecificatie wordt opgesteld, maakt de instrument- en verbruikerslijst hier deel uit van.

Het elektrotechnisch detailontwerp wordt door de opdrachtnemer tijdens de engineeringfase gemaakt.

Installaties moeten aantoonbaar worden geëngineerd met in achtneming van reductiefactoren in overeenstemming met normering. Het resultaat moet herleidbaar in het objectdossier worden vastgelegd. Waarbij alle te engineeren onderdelen duidelijk identificeerbaar zijn.

Als uitgangspunt voor dit detailontwerp gelden de P&ID's - de SOR delen – de eisen uit de Rijnlandse Bundelⁱⁱⁱ – de Rijnlandse elektrotechnische typicals.

Voor detail engineering moeten de elektrotechnische typicals worden aangehouden. Deze elektrotechnische typicals vormen de leidraad om te komen tot een, vanuit onderhoudsoptiek gewenste, éénduidige opzet ter standaardisatie van installatie.

Rijnland kent de elektrotechnische typicals voor:

- Watersystemen
- AfvalWaterTransportGemalen
- AfvalWaterZuiveringsInstallaties

Voor boezemgemalen is er geen separaat typical pakket. Als ontwerp van boezemgemalen zijn de principes uit de andere E-typical over te nemen.

Standaard engineeringdocumenten³ zijn beschikbaar als basis om te komen tot een éénduidig object specifiek detailontwerp.

³ Bestaande uit verbruikerslijst, instrumentenlijst, kabellijst, naamplatenlijst, IO-lijsten.

3. Systeemeisen

3.1 Wettelijk kader

3.1.1 Europese richtlijnen

Installaties bouwen volgens de Europese richtlijnen, waarvan de belangrijkste de laagspanningsrichtlijn, de machinerichtlijn en de EMC richtlijn.

Om aan de wetgeving te voldoen worden normen gehanteerd. Artikel 2.1 uit bundeldeel "Elektrotechnische installaties" schrijft voor in overeenstemming met welke normen voor Rijnland gebouwd moet worden.

3.1.1.1 Demarcatie installatiedelen

Eisen uit de laagspanningsrichtlijn kunnen afwijken van eisen uit de machinerichtlijn. Om conflicten in eisen te voorkomen geldt de volgende demarcatie:

- In het kader van de laagspanningsrichtlijn, de NEN1010 toepassen voor de verdeelinrichting (tot het beveiligingstoestel van de eindgroep) en voor de gebouw gebonden installatie (verlichting & wandcontactdozen).
- In het kader van de machinerichtlijn, de NEN-EN-IEC 60204 toepassen voor het circuitdeel vanaf het beveiligingstoestel van de eindgroep tot en met de machine, plus de machinebesturing.

3.1.2 Kwaliteitsaspecten elektrische energie

In artikel 31 van de Elektriciteitswet 1998 is vastgelegd dat een ieder op het openbare energienet aangesloten afnemer moet voldoen aan de Netcode elektriciteit.

Dit verplicht Rijnland tot het nakomen van de volgende kwaliteitsverplichtingen:

- Het ongewenste blindvermogen moet beperkt blijven, hiervoor moet de arbeidsfactor ($\cos \varphi$) op overdrachtpunt minimaal 0,85 bedragen^{iv};
- Beperken van hogere harmonische, ter voorkomen van elektromagnetische verstoringen^v;
- Zorgen voor een zo veel mogelijk gelijke verdeling van de belasting over de drie fasen. [2.2.1.5] Met in het verlengde hiervan machines vanaf 2 kW uitvoeren met 3 fasen aansluitingen^{vi}.

Ter voorkoming van (onverklaarbare) uitval van apparatuur heeft Rijnland zelf ook belang bij naleving van deze kwaliteitsverplichtingen.^{vii}

Onder paragraaf 4.3.5 staan de maatregelen om aan de kwaliteitsaspecten te voldoen.

Via powermonitoren, zie paragraaf 4.4, is vast te stellen dat Rijnland aan de gesteld kwaliteitsverplichtingen voldoet.

3.2 Life Cycle Costs

Voor het ontwerp van elektrotechnische installaties worden de laagste LCC (Life Cycle Costs) als uitgangspunt genomen.

3.2.1 Levensduur

Materiaal moet minimaal 15 jaar mee.

3.2.2 Beschouwing levensduur versus inspectiebeleid

Ter borging van de bedrijfszekerheid is beleid:

<i>NEN3140 inspectie cycli, eens per</i>	<i>Essentiële onderdelen vervangen, na (= groot onderhoud)</i>	<i>Einde levensduur, vervanging (= renovatie)</i>
<i>5 jaar</i>	<i>15 jaar</i>	<i>30 jaar</i>

Uitgangspunt voor het vervangen van onderdelen is, één op één vervanging van materiaal van dezelfde fabrikant en hetzelfde type. Dit is het voordeligst omdat de objectdossier documentatie dan geen aanpassing behoeft.

Mocht het originele materiaal niet meer verkrijgbaar zijn moet een MOC-procedure doorlopen worden en de materiële wijziging in het objectdossier verwerkt worden.

3.3 Duurzaamheid

Vanwege het door Rijnland afgesloten energieconvenant is een verplichting aangegaan energie te besparen. Dit betekent dat de Europese Eco richtlijn gevolgd wordt voor de energieklassen van verlichting en industriële motoren.

De verlichting uitvoeren in Energie Efficiëntie Label (EEL) "A" of hoger.

Normmotoren zijn conform de regelgeving minimaal IE3, ook bij toerengeregelde motoren. Waar voor apparatuur keus is in hogere energieklassen, vindt inzet van energiezuinige apparatuur plaats op basis van LCC berekening.

3.4 Beschikbaarheid, betrouwbaarheid en onderhoudbaarheid (RAM)

3.4.1 Ontwerp uitgangspunten

Uitgangspunt is dat installaties zo ontworpen worden dat bij een enkelvoudige storing / overbelasting / kortsluiting de bedrijfsvoering zo min mogelijk gehinderd wordt.

Voor procesdelen (werktuigen inclusief besturing) die een zelfde functie vervullen, mag slechts het procesdeel waar zich de fout in voor doet uitvallen.

Stroomketens failsafe^{viii} uitvoeren.

3.4.2 Selectiviteit elektrotechnisch beveiligingen

Voedingsketens uitleggen op optimale selectiviteit^{ix}, zonder de hoofdbeveiliging tot een hogere aansluitwaarde te verhogen.^x

3.4.3 Compartimentering elektrische bedrijfsruimten op zuiveringen en bij boezemgemalen

Schakelkasten en kabeltracés per proceslijn scheiden.

- Per proceslijn worden de schakelkasten opgesteld in elektrische bedrijfsruimten.
- Elektrische bedrijfsruimten van verschillende proceslijnen^{xi} worden door brand compartimentering onderling gescheiden. Tijdsduur van de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken is 60 minuten. Rookschade moet beperkt blijven tot de betreffende ruimte. Essentieel is dat andere proceslijnen geen hinder mogen ondervinden.

3.5 Dimensionering en materiaalkeuze

Al het materiaal moet geschikt zijn voor zijn doel en door berekening aantoonbaar zijn gedimensioneerd.

Geleiders⁴ (zoals rail, contactblokken, bekabeling, bedrading) uitvoeren in koper. Aluminium geleiders zijn niet toegestaan^{xii}.

Stroomketens (componenten en bekabeling) moeten geschikt zijn voor de nominale stroom van de verbruikers. Dit geldt ook voor ketens waarbij de motoren in deel last draaien.^{xiii}

Uitvoering instrumentatie, elektrotechnisch en procesautomatiseringsmateriaal in overeenstemming met bundeldeel "Toe te passen materialen".

3.6 Bedrijfsomstandigheden

De installaties ontwerpen voor de volgende bedrijfsomstandigheden^{xiv}:

- Omgevingstemperatuur, in overeenstemming met de uitgangspunten uit de NEN-EN-IEC 61439-1 artikel 7.1.1.^{xv}
- Relatieve vochtigheid, materialen en apparatuur moet geschikt zijn tegen een niet condenserende relatieve vochtigheid van 90%.
- Blootstelling aan vreemde stoffen
 - Vervuilingsgraad: 2, in overeenstemming de NEN-EN-IEC 61439-1 artikel 7.1.3.^{xvi}
 - Op zuivering technische installaties vormt zich H₂S, ofwel waterstofsulfidegas (zwavelwaterstofgas). H₂S tast de geleiders aan. Maatregelen om elektrische installaties op AWZI's en AWTG's tegen H₂S te beschermen zijn in paragraaf 4.8 vermeld.
- Voorkomen van elektromagnetische interferentie:
 - Inrichting schakelkasten in overeenstemming met de uitgangspunten uit de NEN-EN-IEC 61439-1 bijlage J.^{xvii}
 - Frequentieregelaars in overeenstemming met de NEN-EN-IEC 61800-3^{xviii}.

3.6.1 Functie van ruimten

Als uitgangspunt voor het elektrotechnisch ontwerp is de functie van een ruimte van belang.

Normen maken onderscheid in: o.a. bedieningsruimten, bedrijfsruimten, elektrische bedrijfsruimten, meetruimten, ruimte met een publieke functie. Naast functie zijn ook bijzonderheden van belang zoals nauw geleidende ruimten, stoffige ruimten, ruimte met brand of explosiegevaar, met vermelding van de classificatie.

Voor ruimten moet de functie en bijzonderheden uit het ontwerp blijken.

3.6.1.1 Elektrische bedrijfsruimten

Elektrische bedrijfsruimten moeten op indelingstekeningen (lees ontwerptekeningen) benoemd worden.

Op zuiveringen en bij boezemgemalen zo mogelijk schakelkasten in elektrotechnische bedrijfsruimten onder brengen.

Bij rioolgemalen en bij watersysteeminstallaties (poldergemalen) ontbreekt vaak de ruimte om een afzonderlijk vertrek als elektrische bedrijfsruimte in te richten.

Als er geen vertrek als elektrische bedrijfsruimte is ingericht, geldt de schakelkast als de elektrische bedrijfsruimte. Schakelkasten dan zo veel mogelijk in bedrijfsruimte plaatsen. Eventueel in bedieningsruimte, meetruimten, of verkeersruimten (hal/gangpad). Plaatsen van schakelkasten in ruimte met een publieke functie zo mogelijk vermijden.

⁴ Met uitzondering voor de geleiders van de bliksembeveiligingsinstallatie.

3.7 Beheer- en onderhoud

3.7.1 Documentatie

Ter plaatse moet een actuele papieren versie van de elektrotechnische tekeningen aanwezig zijn. Hiervoor in toereikende berging voorzien.^{xix}

3.7.2 Toegang elektrische bedrijfsruimten

Alleen bevoegd personeel heeft toegang tot elektrische bedrijfsruimte. Elektrische bedrijfsruimten zijn daarom afsluitbaar. Deuren uitvoeren als naar buiten open draaiende vluchtdeuren. Sluitwerk buitenzijde vaste klink^{xx}, binnenzijde paniekdeursluiting.

3.7.3 Toegang schakelkasten

Schakelkasten mogen niet zonder sleutel of gereedschap te openen zijn.

Schakelkasten bij voorkeur uitvoeren met dubbelbaard sluitingen.

NB.: Voor MRK schakelkasten deel uit makend van de Proces Automatisering Installatie, gelden afwijkende eisen. Deze staan in het Basisbestek PA.

3.7.4 Vluchtwegen

- Vluchtwegen moeten minimaal 0,8 meter^{xxi} breed zijn, ook bij geopende kasten / getrokken laden.
- Aantal vluchtdeuren elektrische bedrijfsruimten in overeenstemming met de NEN1010.
- Vluchtwegaanduiding volgens de NEN 6088.
- Noodverlichting vluchtwegen volgens de NEN-EN 50271.

3.7.5 Noodverlichting

- Uitvoeren in overeenstemming met de NEN1838 en de NEN-EN 50172.
- Ter vluchtrouteaanduiding (vluchtwegsignalering) in continu verlichtende armaturen^{xxii} voorzien. Pictogrammen conform NEN 6088 / NEN3010. Aanbrengen nabij:
 - Elke richtingsverandering, kruising, splitsing. De reeks vluchtroute aanduidingen leidt via de snelste weg naar de (nood)uitgang: 1 Lux.
 - Iedere brandbestrijdingsuitrusting, brandmelders, EHBO-post: 5 Lux.
- Vluchtwegverlichting voor aanlichten:
 - Traptreden en niveauverschillen, 1 Lux.
 - Anti-paniekverlichting (in ruimte > 60m²), 1 Lux.
 - Werkplekken met verhoogd risico, 15 Lux en minimaal 10% van de normale verlichtingssterkte. Tijdens het ontwerp moet een inventarisatie van werkplekken met gevaarlijke apparatuur en gevaarlijke stoffen gemaakt worden.

3.7.6 Brandveiligheid

- Bekabeling moeilijk brandbaar, halogeenvrij, brandveiligheidsklasse Dca conform de NEN8012.
- Gescheiden vertrekken op boezemgemalen en zuiveringen uitrusten met brandwerende doorvoerramen gebruiken voor brandscheiding tussen ruimten.
- Er gelden geen brandwerendheidseisen^{xxiii} ter selectie van materiaal in schakelkasten.

4. Elementen elektrische installatie

4.1 Elektrische veiligheid

Alle onderdelen moeten bestand zijn tegen de thermische en dynamische kortsluitstroom, beschermen tegen elektrocutie door aanraking^{xxiv}.

Aardlekbeveiligingen voor verlichtingsgroepen, wandcontactdoosgroepen, krachtwandcontactdozen.

Stuurstroom en motorgroepen worden beveiligd door automaten of motorbeveiligingen.

Leidingwerk (voor vloeistoffen) boven schakelkasten is niet toegestaan.

4.2 Machineveiligheid

Voor machines^{xxv} moet een RI&E uitgevoerd worden conform de NEN-EN-ISO 12100. Uit de RI&E moet blijken welke veiligheidsvoorzieningen nodig zijn.

Het resultaat aantoonbaar documenteren en opnemen in het op te leveren objectdossier:

- Stop categorie^{xxvi} bepalen conform de NEN-EN-IEC 60204-1,
- Categorie noodstoprelais bepalen conform de NEN-EN-ISO 13849 (PL) of de NEN-EN-IEC 62061 (SIL). Het aantal ingrijpende magneetschakelaars (vanaf categorie 3 per keten 2 stuks) moet in lijn zijn met de vigerende bepalingen.
- Uit de documentatie moet blijken dat het geselecteerde materiaal voldoet.

Speciale aandacht voor veiligheidsvoorzieningen betreffende inspectieluiken.

Uit de RI&E moet blijken welke machines een noodstop moeten krijgen bij het openen van inspectieluiken. Voor samenwerkende machines moet de noodstop gelijktijdig ingrijpen.

Nadat alle inspectieluiken gesloten zijn moet ter plaatse met een reset drukknop de gestopte installatiedelen herstart kunnen worden.

Activatie van een noodstopcircuit moet leiden tot melding op het BBS/ lokale touchscreen. Op het BBS/lokale touchscreen kan men een melding accepteren. Resetten van de melding kan alleen met een drukknop ter plaatse. (Geen accept drukknop ter plaatse, alleen acceptatie vanaf het BBS / touchscreen.)

De installatie moet na netspanningsuitval zelfstartent zijn. Daar bij netspanningsuitval de noodstroomrelais uitvallen, moet de PLC bij initialisatie een reset op afstand aan de noodstroomrelais geven.

In vertrekken waar machines noodstopknoppen of noodstopkoorden krijgen, nabij iedere doorgangsdeur een noodstopknop aanbrengen, die alle machines met een noodstopcircuit afschakelt.

Wettelijke verplichtingen veiligheidsfuncties

- De machinefabrikant moet een RI&E voor de machineveiligheid doen.
- Als een machine een veiligheidsfunctie heeft moet de machinefabrikant volgens de normen aantonen dat een veiligheidsfunctie volstaat (ofwel de veiligheidsfunctie een robuuste architectuur en een lage faalkans heeft).
- De fabrikant van de machine behoort in de gebruiksaanwijzing aan te geven wat de levensduur van de componenten is die onderdeel uitmaken van een veiligheidsfunctie. Uit de documentatie van de machine moet blijken hoe lang de onderdelen van een veiligheidsfunctie mee gaan (T10D tijd). Volgens de norm gaat een veiligheidsfunctie maximaal 20 jaar mee en moet dan vervangen worden.
- Voor een machine/proceslijn moet van alle aanwezige veiligheidsfuncties een overzicht opgenomen zijn in de gebruiksaanwijzing.

Door Rijnland verplicht gesteld

- Het op te leveren onderhoudsadvies moet een overzicht bevatten van alle componenten met een veiligheidsfunctie, met per component vermelding van

Voor ieder schakelkast met noodstoprelais, moet per type noodstoprelais een reserve exemplaar worden meegeleverd.

4.2.1 Programmeerbare noodstoprelais

In principe niet toegestaan.

4.3 Energievoorziening

4.3.1 Voedingsspanning apparatuur

- Gebouw gebonden installatie (verlichting, wandcontactdozen):
 - Verlichting, wandcontactdozen: 230VAC.
 - Krachtwandcontactdozen: 400VAC.Voeding vanuit de lichtverdeler.
- 3 fase motoren: 400VAC, voeding vanuit het MCC.
- 1 fase motoren: 230VAC, voeding vanuit het MCC.
- **Stroomstroom: 230VAC, voeding vanuit het MCC.**
- **NB. 24VDC, voeding Procesautomatisering vanuit de MRK.**

4.3.2 Beveiliging van de elektrotechnische installatie

De elektrische installatie is bestand tegen het door de netbeheerder ter plaatse verwachte kortsluitvermogen^{xxviii}.

4.3.3 Elektriciteitsaansluiting

- Spanning energieaansluiting: 3 fase 400VAC 50Hz.
- **Stroomstelsel: TN (3 fase + PEN), of TT (3 fase + N + "plaatselijke aarding als PE").**
- **Doorsnede nulleider gelijk aan de fasen.**
- **Aansluitgrootte:**
 - PG / AWTG / BG: afgestemd op de meest economische waarde (Inom totaalverbruik⁵), om exploitatiekosten de laag te houden.
 - AWZI: afgestemd op de meest economische waarde (Inom totaalverbruik). Mocht binnen enkele jaren een forse uitbreiding verwacht worden, dan tevens hiervoor de nodige reserve in acht nemen.

4.3.3.1 Verplichtingen naar de netbeheerder

- **Ervoor te zorgen dat de aansluiting voor de netbeheerder en het meetbedrijf 24/7 goed bereikbaar blijft.^{xxix};**
- **De aansluiting en meetinrichting opstellen in een droge ruimte waar geen bijtende gassen, dampen, stoffen, ontplofingsgevaar en brandgevaar is.^{xxx};**
- **Stoom- of vloeistoftransport leidingen nabij de aansluiting en meetinrichting voorkomen.^{xxxi};**
- **De elektrische installatie is bestand tegen het verwachte kortsluitvermogen.^{xxxii}**

⁵ Gebaseerd op het opgestelde vermogen met in acht name van de verwachte gelijktijdigheid.

4.3.3.2 Kleinverbruik aansluiting (t/m 3 x 80A)

- Stroomstelsel afhankelijk van het aanbod van de netbeheerder.
 - Bij voorkeur een TN-S stelsel⁶.
 - Bij aanbod van een TN-C stelsel, onder de eigen installatie overgaan in TN-C-S.
 - In geval van een TT-stelsel, wordt een eigen veiligheidsaarde geslagen.

4.3.3.2.1 Meetinrichting energiebedrijf

- Vanuit de landelijk verplichte meetcode wordt een meetverantwoordelijke vereist. Voor een kleinverbruik aansluiting treedt de netbeheerder op als meetverantwoordelijke. [Meetcode, artikel 2.6.2]
- Uitvoering kWh meter: slimme energiemeter in overeenstemming met de NTA 8130 standaard, volgens de actuele DSMR standaard (Dutch Smart Meter Requirements), op afstand uit te lezen, voorzien van een dubbel telwerk met onderscheid naar normaal tarief (dal) en hoog tarief (piek).
- Plaatsing meetinrichting conform de Meetcode.
- LS-aansluiting en meetinrichting zo plaatsen dat deze voor het meetbedrijf toegankelijk is. Bij voorkeur bereikbaar vanaf de openbare weg. Zo nodig voor toegang sleutelkluisjes aanbrengen.

4.3.3.3 Grootverbruik aansluiting

De netcode maakt onderscheid tussen het gereguleerd domein en het vrije domein. Voor het gereguleerd domein levert de netbeheerder de voorzieningen, voor het vrije domein moet Rijnland (als afnemer) de voorzieningen verzorgen.

4.3.3.4 Gereguleerd domein (hoogspanningsaansluiting)

- De netbeheerder levert voor grootverbruikers een TN stelsel.
 - Bij voorkeur een TN-S stelsel.
 - Bij aanbod van een TN-C stelsel, onder de eigen installatie overgaan in TN-C-S.
- Het HS-verdeler ringstation (eigendom netbeheerder) zo plaatsen dat deze voor de netbeheerder 24/7 toegankelijk is, bij voorkeur vanaf de openbare weg. Uitvoering bij voorkeur als compact station.
Opstelling conform de voorwaarden uit de netcode en voorschriften van de netbeheerder. De toegangsdeur(en) tot de ruimte afsluitbaar met een door de netbeheerder ter beschikking gesteld slot.

4.3.3.5 Vrije domein (hoogspanningsaansluiting)

- Voor zuiveringen en boezemgemalen krijgt iedere proceslijn^{xxxiii} een eigen distributietrafo. Distributietrafo komt in de buurt van de hoofdverbruikers en daarmee in de buurt van de hoofdverdelers.
- De grootte van de distributietrafo's in overeenstemming met de aansluitgrootte, zie paragraaf 4.3.3.
- Voor iedere distributietrafo in een gescheiden brandwerende ruimte voorzien^{xxxiv}.
- Voor AWZI's bij nieuwbouw van vaste ruimtes^{xxxv} ter opstelling van distributietrafo's, deze ruimtes zo inrichten dat iedere distributietrafo in de toekomst is te vervangen door één slag zwaardere distributietrafo.^{xxxvi}

4.3.3.5.1 Aanvullende verplichtingen naar netbeheerder

- Opstellen en indienen staffelplan.^{xxxvii}
- Aan kunnen tonen dat de installatie aan de voorwaarden uit de Netcode voldoet.^{xxxviii}

4.3.3.5.2 Meetinrichting energiebedrijf

⁶ Een TN-S stelsel wordt in de NEN-1010 uit 2015 aanbevolen omdat de van aarde afgescheiden nul minder EMC verstoringen op pikt.

- Voor een grootverbruik aansluiting treedt de netbeheerder op als beheerder voor de meetinrichting.^{xxxix}
- kWh meter op afstand uit te lezen, voorzien van een dubbeltelwerk met onderscheid naar normaal tarief (dal) en hoog tarief (piek).
- Plaatsing meetinrichting conform de Meetcode.
- De meetinrichting in een afzonderlijke meetruimte in het HS-verdeler ringstation aanbrengen.
- Meetinrichting zo plaatsen dat deze voor het meetbedrijf toegankelijk is, bij voorkeur bereikbaar vanaf de openbare weg. Opstelling conform de voorwaarden uit de netcode^{xl}.
- De ruimte waarin de meetinrichting is opgesteld voorzien van verlichting.

4.3.3.6 Vrije domein (omzetting naar laagspanning)

- [Eigenverbruikstransformator op huurbasis.](#)^{xli}
- Voorzien in een droge, (H2S) gasvrije ruimte voor opstelling van het materieel.
- Inrichting ruimte volgens de wensen en eisen van het contract.
- Sluitwerk op de toegangseisen afstemmen. Zo nodig bij de toegang in een sleutelkuisje voorzien.

4.3.3.7 Transportcapaciteit

- De netcode vereist voor HS-aansluitingen kleiner dan 2 MW bij aansluiting een belastingkarakteristiek wordt vastgesteld ter bepaling van de aansluitcategorie voor de netbeheerder.^{xlii}
- Voor HS-aansluitingen vanaf 2 MW geeft de afnemer jaarlijks een zo goed mogelijke inschatting van het af te nemen vermogen.^{xliii}

4.3.4 Noodstroom

Poldergemalen worden standaard voorzien van een aansluiting ten behoeve van een mobiel noodstroomaggregaat welke de energievoorziening kan overnemen in het geval de openbare energievoorziening faalt.^{xliv}

Bij boezemgemalen is het gebruikelijk om:

- in een vast noodstroomaggregaat te voorzien voor de energievoorziening van de gebouw gebonden installatie (verlichting, wandcontactdozen, verwarming en ventilatie) en de procesbesturing;
- in een aansluiting voor mobiele noodstroomaggregaten te voorzien voor de energievoorziening van de opvoerwerktuigen.

Voor AWTG's en AWZI's is een aansluiting voor een mobiel noodstroomaggregaat ongebruikelijk.^{xlv} In geval op een zuivering proceskritische onderdelen continu spanning nodig hebben, in een permanent aanwezige noodstroominstallatie voorzien.

4.3.4.1 Noodstroomaggregaat aansluiting

- Voor kleinverbruikersaansluitingen uitvoering in CEE contactmateriaal 3f+N+A 400Vac keuze uit 32/63/125A (EN 60309-2) af te stemmen op de grootte van de aansluiting.
- Voor grootverbruikersaansluitingen uitvoering in zware uitvoering CEE contactmateriaal 3f+N+A 400Vac 125/200/250/400A (EN 60309-2) af te stemmen op de grootte van de aansluiting.
- Bij aansluitingen >400A voorzien in een noodstroom aansluitrail om de connectie tot stand te brengen. De verbinding met vlakke vlaggen tot stand brengen.

4.3.5 Voorzieningen als borging van de kwaliteit voedingsspanning

Elektrische apparatuur is gevoelig voor de volgende spanningverstoringen: spanningsdips, flicker, asymmetrie, transiënten, harmonischen.

Energieleveranciers en afnemers moeten voldoen aan de netcode volgens de Elektriciteitswet 1998. Deze wet stelt kwaliteitseisen. Zie ook paragraaf 3.1.2.

4.3.5.1 Maatregelen als borging van de spanningskwaliteit

Aangeleverde netspanning door de energieleverancier voldoet aan de kwaliteitseisen volgens de netcode, artikel 3.2.1 / Elektriciteitswet 1998, artikel 36.

In hoofdlijnen komt dit neer op: 50Hz frequentie $\pm 1\%$; spanning variatie $+10\%$ / -15% .

Elektrische apparatuur is geschikt voor deze variaties.

Het is voor eigen verantwoording:

- Om spanningsverlies in eigen leidingen te beperken, zodat de voedingsspanning van apparatuur voldoende op niveau blijft;
- Om apparatuur tegen overspanning te beveiligen (als gevolg van blikseminslag, veroorzaakte spanningspieken als gevolg van eigen schakelhandelingen, zoals dender op een magneetschakelaar).

Hiervoor worden in De Bundel eisen gesteld.

4.3.5.2 Maatregelen als voorkoming van asymmetrie

De energieaansluiting bestaat uit een 3 fasen stelsel. Om onbalans in het net te vermijden moeten de fasen zo gelijkmatig mogelijk in stroom belast worden. Dit wordt bereikt door bij het ontwerp, op basis van de verbruikerslijst, de 1 fase verbruikers (230VAC) gelijkmatig over de fasen te verdelen. Ook Rijnland heeft er belang bij dat dit goed gebeurt, door asymmetrie kunnen apparaten verstoord en beschadigd raken.

4.3.5.3 Maatregelen als borging van de arbeidsfactor (cosinus ϕ compensatie)

In overeenstemming met de netcode mag de arbeidsfactor op het overdrachtspunt minimaal 0,85 (inductief) bedragen. [Netcode artikel 2.1.5.6].

Het zijn veelal motoren die zorgen voor een slechtere arbeidsfactor.

De arbeidsfactor kan met een cosinus ϕ batterij gecorrigeerd worden, dit staat bekend als blindstroomcompensatie.

Bij poldergemalen en afvalwatertransportgemalen is geen blindstroomcompensatie nodig. Dit omdat daar slechts kleine ongeregelde motoren gebruikt worden en/of de grotere toerengeregelde motoren. Bij de toerengeregelde motoren zorgt de frequentieregelaar dat de arbeidsfactor gecorrigeerd wordt.

Voor zuiveringsinstallaties moet nabij iedere hoofdverdeler voldoende ruimte voor een cosinus ϕ batterij gereserveerd worden. Bij ontwerp van de AWZI moet, op basis van de verbruikerslijst, de verwachte arbeidsfactor bepaald worden. Op basis hiervan moet bepaald worden of een cosinus ϕ batterij nodig is en welke grootte deze moet hebben. Mocht blindstroomcompensatie nodig zijn wordt dit nabij het inkooppunt gecorrigeerd, ofwel uitvoering als centrale blindstroom compensatie. Decentrale blindstroom compensatie is vanuit kosten/baten niet interessant.

4.3.5.4 Borging powerfactor

Vanuit de energiewet is geen maximum displacement power factor opgelegd^{xlvi}. Het volstaat om (het blindvermogen ten gevolge van) de arbeidsfactor en hogere harmonische te beperken.

4.3.5.5 Maatregelen als borging van de hogere harmonische

Hogere harmonische worden veroorzaakt door vermogenselektronica zoals frequentieregelaars, gelijkrichters voor computers, LED/TL-verlichting, zonnepanelen.

Het totaal aan hogere harmonische verstoring (THD) mag 8% bedragen.

Daarom worden er eisen gesteld aan de maximale stroomvervuiling die apparaten mogen veroorzaken. Voor apparatuur met stromen < 16A per fase geldt de EN 61000-3-2 norm, voor apparatuur met stromen vanaf 16A tot 75A per fase geldt de EN 61000-3-12 norm. Voor apparatuur met een vermogen groter dan 11 kVA zijn de "Richtlijnen voor toelaatbare harmonische stromen geproduceerd door apparatuur met een vermogen groter dan 11 kVA" d.d. januari 1996 uitgegeven door EnergieNed van toepassing.^{xlvii}

Om hogere harmonische te beperken is de eerste maatregel om alleen apparatuur toe te staan, die voldoet aan Europese productnormen. Apparatuur die volgens Europese productnormen geproduceerd is voldoet aan de gestelde eisen voor EMC en hogere harmonische. Voor frequentieregelaars betreft dit de EN 61800-3. In De Bundel staan hiervoor voorschriften. LED verlichting moet beschikken over het Dekra LED Performance keurmerk.

Via de powermonitor op de verdeler, zie paragraaf 4.4, is de THD uit te lezen.

Mocht de THD boven de gestelde waarde uitkomen, dan zijn aanvullende maatregelen nodig. Er zijn verschillende methoden om harmonische vervuiling terug te dringen, zoals het toepassen van passieve filters voor een specifieke frequentie en actieve filters die zich kunnen aanpassen aan de variatie van de harmonische.

Ook Rijnland heeft er belang bij dat de harmonische richtlijn nageleefd wordt, door hogere harmonisch kunnen leidingen te heet worden waardoor deze kunnen beschadigen en apparaten verstoord of beschadigd raken.

4.3.5.6 Maatregelen als voorkoming van elektromagnetische interferentie (EMI)

In overeenstemming met de EMC richtlijn moet apparatuur Electro Magnetisch Compatibel zijn^{xlviii}. Eerste maatregel is om alleen apparatuur toe te staan die voldoet aan Europese productnormen. Deze apparatuur voorziet in EMC afscherming voor de behuizing. Daarnaast is het zaak dat apparatuur volgens de voorschriften van de fabrikant wordt geïnstalleerd. Aanvullende eis is dat motorkabels van geregelde motoren van EMC afscherming zijn voorzien, dit omdat deze motorkabel anders als antenne gaat werken en overige apparatuur kan verstoren.

Aardschermen (signaal) bekabeling twee zijdig aan aarde leggen, tenzij uit de aansluitvoorschriften voor de aangesloten apparatuur anders blijkt.

4.3.5.7 Power Quality Management

Een slechte kwaliteit van elektrische energie (Power Quality) kan leiden tot verhoging van kosten als gevolg van kortere levensduur, uitval van apparatuur en hoger energieverbruik. Tijdens het dagelijks gebruik krijgt Power Quality nauwelijks aandacht. Defecte onderdelen worden vervangen zonder dat de oorzaak onderzocht wordt. Als materiaal bij herhaling defect raakt is dit een trigger om verder te kijken. Eerste hulpmiddel is de powermonitor te raadplegen. Deze kan zo ingesteld worden dat de hoogste periodieke THD waarde wordt vast gehouden. Een powermonitor is echter geen Power Quality Analyzer, waarmee nauwkeurig gegevens getrend en gelogd kunnen worden. Als hier aanleiding toe is kan voor nader onderzoek een mobiele Power Quality Analyzer geplaatst worden.

4.4 Meting & monitoring

Iedere energieverdeler krijgt een powermonitor voor het meten van de spanning, de totaal afgenomen stroom van de verdeler, het opgenomen vermogen, de cosinus ϕ en de totale hogere harmonische vervorming.^{xlix}

Via bovengenoemde meetwaarde is vast te stellen dat Rijnland voldoet aan de onder paragraaf 3.1.2 vermelde kwaliteitseisen voor elektrische energie.

4.4.1 Verbruiksmeting

Desgewenst kan per verdeler het (kWh) totale verbruik via een pulsuitgang op de powermonitor door de PLC geregistreerd worden.ⁱ

Voor individuele werktuigen en groepen van werktuigen is op basis van de opgenomen stroom en de draaiuren het verbruik te berekenen.ⁱⁱ

4.5 Energieverdeling

- Achter iedere elektriciteitsaansluiting volgt een hoofdverdeler (HK, of HVK + HVL).
- Bij de opzet van de verdelers op zuiveringen en boezemgemalen rekening houden met de compartimenteringseisen uit par. 3.4.3, door iedere proceslijn eigen (sub)verdelers te geven.
- De laagspanningsschakel- en verdeelinrichtingen ontwerpen conform de NEN1010 en de NEN-EN-IEC 61439.
- Verdelers dimensioneren (*inclusief schakeltoestellen en componenten*) op basis van de nominale en kortsluitstromenⁱⁱⁱ.
- Maximale belasting railsysteem bij 1^e aanleg:
 - 60% voor AWZI's (exclusief reserve groepen);
 - 85% voor BG's, AWTG's, PG's met een grootverbruikersaansluiting.Uitgangspunt is om het railsysteem over te dimensioneren om de bedrijfstemperatuur van de rail bewust laag te houden. Voor AWZI's is extra reserve nodig als voorbereiding op toekomstige uitbreiding.
- Inrichting stroomdragers verdeelsysteem bestand tegen de kortsluitkrachten.
- Nominale stromen in de verbruikerslijst vast leggen (per werktuig).
 - Verbruikerslijst onderverdelen in secties per verdeler. Secties per procesinstallatie en secties per gebouwgebonden installatie.
 - De lichtverdeler(s) afscheiden van de krachtverdeler(s).^{liii}
 - Voor elektrische installaties van Watersystemen met een kleinverbruikersaansluiting volstaat een gezamenlijke verdeler.^{liv}
- Hoofdschakelaar kracht om de krachtverdeler spanningsloos te maken.
- Hoofdschakelaar licht om de lichtverdeler spanningsloos te maken.
 - Installaties voor watersystemen met een kleinverbruikersaansluiting, kennen geen separate lichtverdeler.
- Hoofdschakelaars als vermogensautomaat uitvoeren als beveiliging tegen kortsluiting en overbelastingstromen.
 - Installaties voor watersystemen met een kleinverbruikersaansluiting, mogen de hoofdschakelaars als lastscheiders worden uitgevoerd.
- Hoofdschakelaars vergrendelbaar uitvoeren om veilig spanningsloos onderhoud aan de verdeler te kunnen doen.
- Verdeler uitvoeren met een railsysteem.
 - Rail 3f+N+PE. N-rail met minimaal dezelfde doorsnede als de 3f rails.
 - Railsysteem op AWZI's en AWTG's tegen de invloed van H₂S afschermen door de rail te vernikkelen of van een epoxycoating te voorzien.
 - Installaties voor watersystemen met een kleinverbruikersaansluiting, mogen voor de verdeling verdeelblokken worden gebruikt.
- Verdelers voor AWTG's, AWZI's en boezemgemalen kennen een MCC indeling, voor de voeding en beveiliging van motorgroepen.

Als resumé staat onder eindnoot^{iv}, een overzicht per installatietype van de verdeleropzet in relatie tot schakelkastuitvoering en uitvoering van de hoofdbeveiligingen.

4.6 Schakelkasten

- Verdeelkasten voor energiedistributie naar andere schakelkasten. Met onderscheid in verdelers kracht (HVK), verdelers licht (HVL) en verdelers algemeen (HV).
- Motor Control Centers (MCC's) voor het voeden, schakelen en beveiligen van motorgroepen.
- Meet en Regel Kasten (MRK's) voor het aansluiten van instrumentatie, het herbergen van de PLC besturing.
- In het veld kunnen voor de aansluiting van apparatuur klemmenkasten (KK) voorkomen.
- Bouwvorm^{vi} schakelkasten (HV/HVK/HVL/MCC):
 - HV/HVK/HVL/MCC:
 - Bouwvorm 1 voor WS met kleinverbruikersaansluiting (niet gecompartmenteerd). Bij kleine installaties uitgevoerd als wandkast. Bij middelgrote installaties zo nodig als staande uitvoering;
 - Bouwvorm 4A voor WS met grootverbruikersaansluiting (gecompartmenteerd, aansluitklemmen in het motorcompartiment). Staande uitvoering;
 - Bouwvorm 4A voor AWTG's. Staande uitvoering;
 - Bouwvorm 4B voor AWZI's / BG (gecompartmenteerd systeem met uittrekbare lade^{vii}) met railsysteem. Lichtboogbestendig. Staande uitvoering.
 - MRK, bouwvorm 1. Bij WS kleinverbruik integreren met HV/HVK/HVL/MCC. Staande uitvoering bij WS grootverbruik, op AWTG's, AWZI's, boezemgemalen.
 - Klemmenkasten/junction boxen, bouwvorm 1.

Uitvoering van schakelkasten inclusief kastventilatie en verwarming, conform De Bundel.

4.6.1 Verbruikers

- Verbruikers gebouw gebonden installatie worden op een lichtverdeler (HVL of LV) aangesloten.
- Werktuigen procesinstallatie worden op een MCC aangesloten.
 - Bedrijfskeuzeschakelaar op front MCC compartiment.
 - Stuurstroom ter aansturing van een werktuig in het betreffende compartiment van het werktuig opnemen. Machinebeveiligingen & besturing voor het handbedrijf maken deel uit van de stuurstroom.
- Instrumenten proceslijn worden op een MRK aangesloten.
- Sensoren van een specifiek werktuig worden op een MCC aangesloten.

4.6.1.1 Hulpwerktuigen

Hulpwerktuigen zijn ondersteunend aan specifieke procesdelen of ondersteunend als algemene voorziening, dit volgt uit de P&ID indeling.

voor specifieke procesdelen	P&ID 710 e.v.	Proces installatie	Aansluiten op MCC
Voor algemene voorziening	P&ID 790 e.v.	Proces ondersteunend	Aansluiten op MCC
		Gebouw gebonden functies	Aansluiten op lichtverdeler

- Hulpwerktuigen voor specifieke werktuigen vallen onder de procesinstallatie en worden op een MCC aangesloten. Voorbeelden hiervan zijn koelventilatoren en vetsmeerapparaten.
- Voor hulpwerktuigen behorend tot de algemene voorzieningen moet tijdens het ontwerp de keus gemaakt worden of deze proces ondersteunend zijn^{lviii}. Proces ondersteunende hulpwerktuigen worden op een MCC aangesloten,

gebouwgebonden werktuigen op een lichtverdeler.

Voorbeelden, proces ondersteunend, op MCC aan te sluiten:

- Hydrofoor en lenspompen^{lix};
- Proces verwarming (biogisting / tracing);
- Proces koeling (airco & ventilatie bedrijfsruimten);
- Geurfilters.

Voorbeelden, gebouw gebonden, op lichtverdeler aan te sluiten:

- Installatie inbraakdetectie (voor zover vereist);
- Installatie branddetectie (voor zover vereist);
- Toegangscontrole (voor zover vereist);
- Rolpoort (voorkeur: gebouwgebonden);
- Motor aangedreven hijswerktuigen (voorkeur: gebouwgebonden);
- Ruimte verwarming, ventilatie en koeling bedieningsruimte, kantoor, keuken, wasruimte, werkplaats.

4.7 Klimaatbeheersing (elektrische) bedrijfsruimten en schakelkasten

Dimensionering op basis van warmtehuishoudingberekening.

(Elektrische) bedrijfsruimten

- Minimum temperatuur in schakelkast: 5°C.
- Maximum temperatuur in schakelkast: 40°C, bij een buitentemperatuur van 30°C en een windstille situatie.
- Minimum temperatuur in het pand: 5°C, bij een buitentemperatuur van -12°C en een windsnelheid van 8 m/s.
- Instelling ruimteventilatieregeling op een setpoint van 30°C.
- Instelbaarheid verwarmingstemperatuur: 5 °C tot 20 °C.
- Instelling relatieve luchtvochtigheid betreedbare omkastingen Watersystemen: 75%^{lx}.
- Ruimte verwarming via thermostaat geregelde elektrische plaatradiatoren of ribbenbuisen met vaste aansluiting^{lxi}.
- **Prestatie-eis ventilatiesysteem SFP2 volgens NEN-EN 16798-3.**

Schakelkasten

- Naar voorkeur:
 1. Natuurlijke koeling
 2. Geforceerde ventilatie
 3. Klimaat geregelde installatie schakelkastsectie.*NB.: Zie ook aanwijzingen in de volgende paragraaf betreffende H2S werende maatregelen.*
- Hygrostaat/thermostaat geregelde verwarming.
- Thermostaat geregelde ventilatie.
- Geforceerde ventilatie van schakelkasten uitvoeren op overdruk.

4.8 H2S werende en neutraliserende maatregelen en voorzieningen

Maatregelen om elektrische installaties op AWZI's en AWTG's tegen H2S te **beschermen** zijn:

- Schakelkasten bij voorkeur in elektrische bedrijfsruimten/ (LS-ruimten) te plaatsen.
NB.: Klemmenkasten wel in het veld plaatsen.
- Schakelkasten gesloten uitvoeren. Schakelkasten die geforceerde koeling behoeven^{lxii}, uitvoeren met warmtewisselaars of de kastenbatterij ventileren door lucht van buiten aan te zuigen via H2S neutraliserende filters.
- Doorvoeringen invoer gebouw en doorvoeringen naar elektrische bedrijfsruimten gasdicht uitvoeren.
- Kelder doorvoeringen gasdicht uitvoeren.
 - Bekabeling ten behoeve van onderwaterpompen aansluiten via uitpandig (op het kelderdek) geplaatste stalen klemmenkasten.
 - Bekabeling ten behoeve van hangende drukdozen, ultrasone en radar niveaumeters uitpandige klemmenkasten of junctionboxen.

- o Doorvoeringen ten behoeve van onderwaterpompen, hangende drukdozen, ultrasone en radar niveaumeters uitvoeren via een gasdichte plug per kabel.^{lxiii}
- Toerengeregelde onderwaterwerktuigen (dompelpompen) worden via een RVS klemmenkast aangesloten. Bij AWTG's wordt de klemmenkast op de buitenwand van het gemaal gemonteerd. Ter aansluiting van de motor loopt voor iedere motorkabel een metalen doorvoerpijp naar de natte kelder. De doorvoerpijp is in de klemmenkast met een gasdichte plug afsluitbaar.
- Elektronica, zoals frequentieomvormers, laten leveren met een H₂S resistente coating, voor zover dit vanaf de fabriek mogelijk is.
- Stuurstroomrelais voor zuivering technische werken uitvoeren in industriële kwaliteit, met verzilverde schakelcontacten. Rijnlandstandaard voor 230VAC relais Mors Smitt type D4. 24VDC relais Mors Smitt type M4-L-D024^{lxiv}.
- Interfacerelais voor zuivering technische werken uitvoeren in industriële kwaliteit, met gasdichte schakelcontacten. Rijnlandstandaard, Mors Smitt type D4.

4.9 Verlichting en wandcontactdozen

- Verlichting en wandcontactdozen maken deel uit van de gebouw gebonden installatie.
- Gebouw gebonden installatie voeden vanuit de lichtverdeler(s).
- Aparte voedingsgroepen voor verlichtingsgroepen, 230Vac wandcontactdoosgroepen, per 3f 400VAC krachtwandcontactdoos.
- Projectie verlichtingsarmaturen op basis van een lichtplan. Verlichtingsterkte in overeenstemming met bundeldeel Elektrotechnische installaties.
- Onderscheid naar binnenverlichting en terreinverlichting.
- Binnenverlichting symmetrisch uitvoeren. Ruimte met meer dan 6 verlichtingsarmaturen over meerdere lichtgroepen verdelen.
- Verlichting bedieningsruimten dimbaar uitvoeren.
- Verlichting in technische ruimten uitvoeren als long life buis^{lxv}.
- Op zuiveringen en boezemgemalen zorgen aanwezigheidssensoren voor automatische verlichtingssturing in verblijfsruimten (kantine, bedieningsruimte, toilet, wasruimte).
- Op het terrein moeten kleuren van o.a. waarschuwingsborden duidelijk waarneembaar zijn, daarom de terreinverlichting uitvoeren in witte lichtkleur^{lxvi}.
- Terreinverlichting wordt onderverdeeld in zones. Binnen een zone is onderscheid in oriëntatieverlichting terrein, werkverlichting terrein. Bedientableau terreinverlichting bij ingang bedrijfsgebouw. Met een aan/uit (I/O) bedieningsschakelaar voor de werkverlichting per zone. Een H-0-A bedieningsschakelaar voor de oriëntatieverlichting per zone. In de A-stand wordt de verlichting door een astrologische schakelklok geschakeld. De oriëntatieverlichting op AWZI's brandt 's nachts als anti inbraak preventie.
- Lichtgroepen van de oriëntatieverlichting terrein zijn tevens via het BBS in- en uitschakelbaar. Dit kan ook op afstand vanuit de Centrale Proces Kamer (CPK).
- Terreinverlichting kan uitgevoerd worden als gevelverlichting en/of als lichtmasten.
- Lichtmasten in aluminium, kantelbaar uitvoeren (knikmast) zodat onderhoud zonder hulpmiddelen is uit te voeren. Masthoogte rondom bassins 3 m. Bij draaiende objecten, zoals ruimerbruggen, de vereiste vluchtbreedte vrij houden door geen lichtmasten binnen het loopvlak te plaatsen. Lichtpunt hoogte overige masten volgt uit het lichtplan. Bij de projectering terreinverlichting rekening houden met vanuit vergunningsverlening gestelde (lichtvervuiling) eisen.
- Entree deuren worden aangelicht door gevelverlichting, geschakelde door een PIR schemerschakeling.

4.10 Elektrische veiligheidsvoorzieningen

- Hoofdschakelaars vergrendelbaar uitvoeren om spanningsloos onderhoud aan de verdeler te kunnen plegen.

- Motorgroepschakelaar beveiligt het motorcircuit tegen kortsluiting. Bij ongeregelde motoren beveiligt de motorgroepschakelaar ook tegen overbelasting.
- Motorgroepschakelaars vergrendelbaar uitvoeren om spanningsloos onderhoud aan de motor te kunnen plegen.
- Aardlek automaten voor de beveiliging van verlichtingsgroepen en wandcontactdozen
- Beschermingsklasse elektrotechnisch materiaal (conform NEN-EN-IEC 60529):
 - in elektrische bedrijfsruimten uitvoeren in IP41 (aanrakingsveilig en druiptwaterdicht), schakelkasten in overige ruimten uitvoeren in IP54 (stofvrij en spatwaterdicht);
 - overig vrij opgesteld inpandig materiaal IP54 (stofvrij en spatwaterdicht);
 - vrij opgesteld uitpandig materiaal IP66 (stofdicht en waterdicht);
 - inwendige inrichting schakelkasten in IP20B (aanrakingsveilig).
- Veiligheidsaarding potentiaalvereffening, uitvoeren conform de NEN1010.
- Per gebouw een Hoofd Aard Rail (HAR) op de wand. Paneelaarde in de kast.

4.10.1 Spanningsloos maken van werktuigen en apparatuur

Om veilig onderhoud aan werktuigen en apparatuur te kunnen plegen moet volgens het Arbobesluit het te onderhouden deel spanningsloos worden gemaakt.

Artikel 5.4 uit de NEN-EN-IEC 60204 geeft aan dat hiervoor een schakelaar ter voorkoming van onverwacht inschakelen moet zijn aangebracht. Rijnland heeft er voor gekozen om de groepsbeveiliging hiervoor te gebruiken.

De groepsbeveiliging is schematisch gezien het hoogst gelegen schakelcomponent in de voedingsketen. Zo wordt bereikt dat een keten zo ver als mogelijk spanningsloos raakt.

In overeenstemming met artikel 5.4 moet de beveiliging na uitschakeling tegen (her)inschakeling vergrendeld kunnen worden. Vermogensautomaten en motorbeveiligingsschakelaars moeten daarom op het huis in uitgeschakelde toestand mechanisch geborgd kunnen worden via een (hang)slotvergrendeling. Installatieautomaten zijn met universeel vergrendelingsmateriaal tegen (her)inschakeling te borgen. Uitschakeling verloopt volgens de LOTOTO procedure.

4.10.1.1 Werkschakelaars

De Machinerichtlijn (NEN-EN-IEC 60204) kent geen werkschakelaars. Werkschakelaar is een begrip uit de NEN1010. Zoals in paragraaf 3.1.1.1 uit een gezet, valt het circuit voor een werktuig onder de NEN-EN-IEC 60204 en niet onder de NEN1010. Daarmee is het aanbrengen van werkschakelaars geen verplichting.

Aanvullend op de schakelaar ter voorkoming van onverwacht inschakelen mogen werkschakelaars worden aangebracht. Voorwaarde is dat de werkschakelaar in de hoofdstroom wordt opgenomen bij het werktuig. Aanbrengen is zinvol als de werkschakelaar nabij het werktuig kan worden aangebracht. Voor toerengeregelde motoren wordt het niet toegestaan om een werkschakelaar in de motorkabel tussen de frequentieregelaar en de motor aan te brengen^{lxvii}.

Dus:

NIET TOEGESTAAN

- Werkschakelaars in de stroom
- Werkschakelaar in de motorkabel van een toerengeregelde motor

Werkschakelaars met standmelding naar de PLC plaatsen voor:

- D.O.L. aangestuurde ruimte ventilatoren;
- D.O.L. aangestuurde afsluiters;
- D.O.L. aangestuurde werktuigen, met I_{nom} tot $63A^{lxviii}$, welke zich buiten de elektrische bedrijfsruimten bevinden.

Koelventilatoren van motoren krijgen geen werkschakelaar als het hoofdwerktuig ook geen werkschakelaar heeft.^{lxi}

D.O.L aangestuurde onderwaterwerktuigen krijgen stekerverbindingen (decontactors), zie artikel 4.10.1.2.

Werkschakelaars die als nood-uitschakelaar fungeren, krijgen een geel schild met rode knop. Overige werkschakelaars hebben een grijs schild met een zwarte knop.

4.10.1.1.1 Werkschakelaar in de stuurstroom bij bestaande installaties

Werkschakelaars in de stuurstroom zullen geleidelijk verdwijnen.

NB.: Vanuit het PA-vitaliseringsproject wordt alleen de PLC vervangen. Deze werken worden opgeleverd met handhaving van de bestaande werkschakelaars in de stuurstroom.

De wetgeving verplicht maatregelen te nemen tegen vergissingen^{lxx}. Om personeel dat niet bekend is met de installatie te duiden, moet bij deze werkschakelaars een waarschuwingplaat (rode resopal met witte tekst) aangebracht worden om op de verplichte afschakeling te wijzen.

VOOR AANVANG
WERKZAAMHEDEN
MOTORGROEP IN HET
MCC UITSCHAKELEN

4.10.1.2 Decontactor

D.O.L aangestuurde onderwaterwerktuigen (mixers, voortstuwars) worden via een decontactor aangesloten. Een decontactor is een contactstekker met ingebouwde werkschakelaar. De decontactor voorziet in een hulp-pin-paar, voor melding aan de PLC dat het werktuig is aangesloten.

NB.: Toerengeregelde onderwaterwerktuigen (dompelpompen) moeten door middel van een RVS klemmenkast worden aangesloten.

Decontactoren worden ook gebruikt om perscontainers te voeden.

4.10.2 Uitwendige bliksembeveiligingsinstallatie

Monumenten, ATEX installaties en kantoorpanden moeten vanuit de wetgeving van uitwendige bliksembeveiliging worden voorzien.

Vanwege risicobeheersing beschermt Rijnland boezemgemalen en bedrijfsgebouwen op zuiveringen en tegen directe bliksem inslag. Deze objecten worden van een uitwendige bliksembeveiliging voorzien.

AWTG's worden niet van een uitwendige bliksembeveiliging voorzien.

Watersysteem objecten met een kleinverbruikersaansluiting worden niet van een uitwendige bliksembeveiliging voorzien.

4.11 Machinebeveiligingen

Machinebeveiligingen worden in de stuurstroom aangebracht. Het aanspreken van een machinebeveiliging wordt separaat aan de PLC gemeld.

Rijnland hanteert als machinebeveiliging: WOV (Water Op Vloer) beveiliging, klixon beveiliging, thermistor beveiliging, droogloop beveiliging, staffelbeveiliging^{lxxi}.

Aangevuld met specifieke door de fabrikant voorgeschreven machinebeveiligingen, zoals pers- en zuigdrukbeveiliging voor verdringerpompen.

Rijnland hanteert geen 'water in olie' beveiliging^{lxxii}.

4.12 Aanzetinrichtingen motorgroepen

Aanzetinrichtingen

- Direct On Line (D.O.L.) voor ongeregelde motoren tot 2,5 kW.
- Softstarter voor ongeregelde motoren vanaf 4 kW^{lxxiii}.
- Frequentieregelaar voor geregelde motoren.
- D.O.L. en softstarters opnemen in schakelkasten (MCC).

Frequentieregelaars uitvoeren in IP54, buiten de schakelkast monteren^{lxxiv} op een frame, of met behulp van chemische ankers aan de wand monteren. De nodige filters en smoorspoelen moeten in een IP54 behuizing worden ondergebracht. In verband met het kunnen vollopen van kelders, mogen er geen frequentieregelaars onder maaiveldniveau worden aangebracht.

4.13 Instrumentatie

Uitvoering instrumentatie als analoge meting met een 4-20 mA meetsignaal.

In de object specifieke SOR delen (deel II) staat de instrumentatie omvang voor dat type object vermeld.

4.14 Lokale bediening en signalering

4.14.1 Bediening

- Bedrijfskeuzeschakelaar per (hoofd)werktuig op frontschakelkast met standmelding naar de PLC.
- Geen bedrijfskeuzeschakelaar^{lxxv} voor: drukverhogingsinstallatie, lenspompen, ventilatoren.
- Potmeter nabij frequentieregelaar voor handinstelling toerengeregelde werktuigen.

4.15 Bekabeling

- Kabeldoorsneden berekenen met in acht neming van de reductiefactoren zoals vast gelegd in de NEN1010.
- Intredende bekabeling met overspanning beveiligingen beveiligen.
- Motorbekabeling frequentiegeregelde motoren uitvoeren met EMC kabel.

4.16 Kabeltracé

Als kabeldragers kunnen kabelgoten, kabelladders en draadgoten dienst doen.

Per proceslijn (waterlijn 1 / waterlijn 2 / sliblijn / etc.) in een separaat tracé leggen, zodat als een proceslijn ontmanteld wordt de kabels van de andere delen onaangeroerd blijven^{lxxvi}.

Eindnoten

Een nieuwe bijlage begint minimaal op een nieuwe regel met de titel van de bijlage. Vervolgens selecteert u op deze alinea de opmaakprofiel Kop 7. De bijlage wordt automatisch genummerd, begint altijd op een nieuwe pagina en krijgt genoeg 'lege regels' achter.

ⁱ Par. 1. Het tijdig vernieuwen van installatiedelen, heeft als doel de kosten beheersbaar te houden, uitval van systemen te vermijden, continuïteit te borgen.

ⁱⁱ Par.1. Praktische bezwaren bij het vervangen van een enkel hoofddeel:

- Afwijkende coderingen (identificatiemarkeringen)
Om efficiënt onderhoud te kunnen plegen is het essentieel dat onderdelen snel te vinden en identificeerbaar zijn. Ter identificatie werkt Rijnland met coderingssystemen voor elektrotechnische onderdelen. De uniforme codeerwijze is in De bundel vastgelegd. In de praktijk komen vaak nog afwijkende coderingsystemen voor. Voor personeel dat hiermee niet bekend is, is het lastig deze coderingswijze te doorgronden. Dit vergt extra arbeidstijd. Afwijkende coderingswijzen zijn niet toegestaan. Tot op heden werd in de praktijk noodgedwongen afwijkende coderingswijze toegestaan. Dit omdat we veelal een enkel installatiedeel (werktuig, schakelkast, besturing) vernieuwden. Vanwege deze werkwijze is het niet mogelijk om door te groeien naar de huidige coderingsmethodiek. Enerzijds omdat de ongewijzigde delen hun code behouden, anderzijds omdat de codes voor hergebruikte (grond)kabels blijven zitten doordat hier lastig is bij te komen zonder nevenschade te veroorzaken.
- Onsamenhangende coderingen
Kabelcodes verwijzen naar het schakelkastcompartiment. Als een schakelkast vervangen zou worden door een kast met een andere naam (code), kloppen de verwijzingen niet meer.
- Ongewenste nevenschade bekabeling
Het bekabelingssysteem bestaat uit de kabels, de kabeldragers en de kabellabels ter identificatie van de kabels. Kabels kunnen lang mee als ze maar ongemoeid blijven. Probleem is dat als je enkele kabels gaat vernieuwen de omliggende bekabeling aan bewegingen (mechanische stress) bloot gesteld wordt. Hierdoor ontstaat voor de omliggende bekabeling risico op aantasting met een kortere levensduur tot gevolg, of erger kans op beschadiging. Waarbij de bekabeling gerepareerd of vervangen moet worden. Met vervolg risico voor nog meer kabels. Vanuit onderhoudsmanagement is het daarom slim alle kabels samen te vernieuwen.
- Ontbreken van synergie
Uit projecten waarbij eerst de werktuigen vernieuwd werden en later de besturing, is ondervonden dat er arbeidsintensieve trajecten zijn, waarbij:
 - Het een crime is om de tagcodes door de hele installatie op P&ID, in de documenten (tekeningen) en in het veld eenduidig te krijgen.
 - De simpele gedachte dat een werktuig bij vernieuwing van de PLC volledig volgens aan laatste functionaliteit voldoet, werkt niet omdat hiervoor een 2^e elektrotechnische ombouwrond nodig is.
 - Het een hele uitdaging is om de documentatie ABC (actueel, betrouwbaar en compleet) te krijgen, omdat voor bestaande te handhaven delen:
 - Berekeningen ontbreken.
 - Materiaalstaten niet op orde zijn.
 - Verbruikerslijsten, instrumentatielijsten veelal niet beschikbaar zijn. Pogingen om aannemers complete lijsten te laten verzorgen falen omdat daar niet de essentie van hun werk ligt.

- Gevolg van het ontbrekende verbruikerslijsten en instrumentatielijsten is dat op basis van een P&ID (beeldplaatje) niet uit de documentatie blijkt op welke schakelkast specifieke veldapparatuur is aangesloten.
- *NB.: In het veld is dit uiteindelijk wel via het kabelnummer te achterhalen, tenminste als het Rijnlandse kabelcoderingsysteem gehanteerd is).*
- Kortom het niet op orde zijn van documentatie leidt tot extra zoektijd en daarmee duurt het langer voordat een storing verholpen is. Zaak dus om dit op orde te krijgen.

Het is dus niet handig door te borduren op verouderde informatie en systemen. Beheersbaarder is, door volledige vervanging, opnieuw te beginnen.

Als alle onderdelen vanuit LCC overwegingen vervangen moeten worden, geeft de integrale aanpak een kortere doorlooptijd tegen lagere kosten. Bovendien leidt het tot minder storingen en/of gevaarlijke situaties, waarop afdeling Onderhoud moet reageren en spaart zo significant veel uren voor de storingsdienst uit.

iii Par. 2.1. Relatie tot De Bundel

- Hoofdstuk 3 van bundeldeel "Elektrotechnische installaties" omschrijft de verlangde engineeringdocumenten.
- Hoofdstuk 5 van bundeldeel "Elektrotechnische installaties" omschrijft globaal de opzet van installaties, regels ter dimensionering en materiaalselectie.
- Bundeldeel "Toe te passen materialen Elektrotechniek en Automatisering installaties" omschrijft welke fabricaten en typen zijn toegestaan.

iv Par. 3.1.2. [Netcode elektriciteit 2017, artikel 2.1.5.6]

v Par. 3.1.2. [Netcode elektriciteit 2017, artikel 2.1.5.8]

vi Par. 3.1.2. [Netcode elektriciteit 2017, artikel 2.2.1.7]

vii Par. 3.1.2. Een slechte kwaliteit van elektrische energie (Power Quality) kan leiden tot verhoging van kosten als gevolg van, kortere levensduur en (onverklaarbare) uitval van apparatuur, haperende elektronica, kabels en motoren die **te warm worden**, aardlekschakelaars of thermische beveiligingen die om onduidelijke reden steeds afschakelen en een hoger energieverbruik. Hierdoor kan een **potentieel gevaarlijke situatie** ontstaan, dit moet hoe dan ook voorkomen worden.

viii Par. 3.4.1. Failsafe: faalveilig ontwerpen. Bij failsafe staat de instandhouding van het **veiligheidsniveau** voorop. Bij failsafe wordt bij het ontwerp de eis gesteld dat voorzienbare fouten, gebreken en verstoringen niet mogen leiden tot een minder veilige situatie. Voorzienbare fouten: uitvallen van de voedingsspanning, draadbreek, defecte sensoren en relais.

ix Par. 3.4.2. Als **beveiligingen selectief** zijn, blijft de uitval beperkt tot het beveiligde installatiedeel waarin zich een overbelasting of kortsluiting heeft voor gedaan. Als beveiligingen niet selectief zijn vallen veel meer installatiedelen uit. Selectiviteit is dus van invloed op beschikbaarheid. Dit staat los van de elektrotechnische veiligheid. Voor installaties die selectief zijn, is het risico op spanning blootstelling en brandgevaar even hoog als voor niet selectieve installaties.

Ter optimalisatie op selectiviteit moet een selectiviteitsanalyse gedaan worden waarvan de resultaten aantoonbaar worden vastgelegd in een selectiviteitsrapport. Zie ET-bundel artikel 10.3.2. voor nadere eisen met betrekking tot selectiviteit.

x Par. 3.4.2. Uit de verbruikerslijst volgt de grootte van de elektriciteitsaansluiting. Verhogen van de grootte van de elektriciteitsaansluiting is ongewenst omdat dit hogere maandlasten met zich mee brengt.

^{xi} Par. 3.4.3. Proceslijnen op zuiveringen zijn bijvoorbeeld algemeen, waterlijn 1, waterlijn 2, sliblijn. Proceslijnen op boezemgemalen zijn bijvoorbeeld algemeen, waterlijn 1, waterlijn 2, waterlijn 3.

^{xii} Par. 3.5. Aluminium geleiders zijn niet toegestaan, wegens H₂S aantasting, grotere kwetsbaarheid bij temperatuurverhoging (smeltpunt ligt lager dan bij koper, daardoor kwetsbaarder voor thermisch effect kortsluitstromen), hogere corrosie gevoeligheid (bij zilte omgeving kuststreek).

^{xiii} Par. 3.5. Elektrische circuits uitleggen op de nominaal stroom van het werktuig. **UITLEGGEN OP DE VERWACHTE BEDRIJFSSTROOM IS NIET TOEGESTAAN!!!**
Motivatie: in de praktijk komt wordt de capaciteit van werktuigen in de loop der tijd verhoogd tot nominaal gebruik.

^{xiv} Par. 3.5. In de normen staan conditie gerelateerde eisen, daarom zijn de bedrijfsomstandigheden van belang.

^{xv} Par. 3.6. Omgevingstemperatuur in overeenstemming met de NEN-EN-IEC 61439-1:

- Niet hoger dan +40 °C en de gemiddelde waarde ervan gedurende een periode van 24 uur wordt niet hoger dan +35 °C.
- Bij binnenopstelling: Ondergrens: – 5 °C.
- Bij buitenopstelling: Ondergrens: –25 °C.

^{xvi} Par. 3.6. Vervuilingsgraad 2 in overeenstemming met de NEN-EN-IEC 61439-1:
Er treedt slechts niet-geleidende vervuiling op, met uitzondering van enige tijdelijke geleidbaarheid die af en toe kan optreden als gevolg van condensatie.

^{xvii} Par. 3.6. EMC omgeving schakelkasten overeenkomstig de NEN-EN-IEC 61439-1:

- Omgeving A, voor schakelkasten gevoed via het openbare laagspanningsnet (kleinverbruikersaansluiting), of aangesloten op een gelijkstroombron (zoals zonnepanelen).
- Omgeving B, voor schakelkasten gevoed via een middenspanningstransformator (grootverbruikersaansluiting).

^{xviii} Par. 3.6. EMC omgeving frequentieregelaars in overeenstemming met de NEN-EN-IEC 61800-3:

- Categorie C2 (1e omgeving / huishoudelijke omgeving) als de installatie niet via een eigen distributietrafo gevoed wordt maar via een "buurt trafo";
- Categorie C3 of C4 (2e omgeving / industriële omgeving) als de installatie achter een eigen distributietrafo is aangesloten.

^{xix} Par. 3.7.1. Bergingsvoorziening documentatie kan naar gelang van de omvang bestaan uit een duidelijk zichtbare tekeninghouder aan de wand, een bureau of documentatiekast. Voorzien van het opschrift "DOCUMENTATIE".

^{xx} Par. 3.7.2. Een deur met vaste klink valt vanzelf in het slot als deze gesloten wordt. Zo wordt onafgesloten elektrische bedrijfsruimten voorkomen en belet dat onbevoegde personen toegang kunnen krijgen tot deze ruimten.

^{xxi} Par. 3.7.4. Minimale doorgang vluchtweg volgens NEN1010 bedraagt 600mm, Rijnland kiest voor 800mm.

^{xxii} Par. 3.7.5. Rijnland kiest vanuit het veiligheidsaspect voor continu verlichte armaturen. Het alternatief om noodverlichting mee te schakelen met lichtgroepen (via een brandweerschakeling) wordt niet gebruikt, vanwege risico om bij vluchten in onverlichte ruimte te kunnen belanden.

^{xxiii} Par. 3.7.6. Voor elektrotechnisch materieel is het aanbod van vlamdovend en halogeenvrij (nog) te beperkt, om dit te kunnen vereisen. Gevolg is dat bij brand in een ruimte zich giftige gassen kunnen vormen.

^{xxiv} Par. 4.1. Aanraakveiligheid IP20 en IPXXB, zie ook E-bundel art. 10.1 lid 3.

xxv Par. 4.2. Denk voor een **onderbouwende RI&E** bijvoorbeeld aan krooshekreinigers, loopbruggen, centrifuges, zeefbandpersen.

xxvi Par. 4.2. De NEN-EN-IEC 60204-1 kent de volgende stop categorieën:

- Stop categorie 0: stoppen van bewegingen door meteen de voeding 'power' af te schakelen.
- Stop categorie 1: gecontroleerd tot stilstand brengen (aftoeren, remmen, enz.) en daarna de voeding afschakelen.
- Stop categorie 2: gecontroleerd tot stilstand brengen waarbij de energie beschikbaar mag blijven.

xxvii Par.4.3.1. Uit de evaluatie van dit spanningsniveau bleek, het uitsluitend gebruikt voor aansturing van signaallampen en voor besturing voor de krooshekreiniger. Beide kan ook in 24VDC, dit biedt het voordeel dat minder componenten (geen 24VAC voeding meer) nodig zijn en een kleinere diversiteit aan onderdelen (minder onderdelen op voorraad) nodig is.

Afweging spanningsniveau stuurstroom:

230VAC circuits	24VDC circuits
230VAC relais solide en betrouwbaar, geen voedingomzetter nodig.	Voedingomzetter nodig, daardoor een lagere beschikbaarheid.
Betrouwbare signaaloverdracht.	Naderingschakelaars werkend onder 24V geven wegens (6,5V) spanningsval geen betrouwbare detectie!
Geen veilige spanning. De stuurstroom zit vanwege de beschikbaarheid niet achter aardlekbeveiliging.	Veilige spanning.
Conclusie: Met 24VDC is niet altijd een bedrijfszekere stuurstroominstallatie te realiseren. Omdat vanuit onderhoudsoptiek een eenduidige uitvoering gewenst is, wordt de stuurstroom standaard in 230VAC uitgevoerd.	

xxviii Par. 4.3.2. [Netcode artikel 2.1.5.4 en 2.3.3.2]

xxix Par.4.3.3.1. [Netcode elektriciteit 2017, artikel 2.1.2.1]

xxx Par.4.3.3.1. [Netcode elektriciteit 2017, artikel 2.1.2.5]

xxxi Par.4.3.3.1. [Netcode elektriciteit 2017, artikel 2.1.2.6]

xxxii Par.4.3.3.1. [Netcode elektriciteit 2017, artikel 2.1.5.4]

xxxiii Par. 4.3.3.4. Proceslijnen op zuiveringen zijn bijvoorbeeld algemeen, waterlijn 1, waterlijn 2, sliblijn. Proceslijnen op boezemgemalen zijn bijvoorbeeld algemeen, waterlijn 1, waterlijn 2, waterlijn 3.

xxxiv Par.4.3.3.4. Distributietrafo's kunnen in brand vliegen en ploffen. Om te voorkomen dat hierbij ook andere distributietrafo's beschadigd raken waardoor meer procesdelen zullen uitvallen, is de maatregel om door brandcompartimering de trafo's ruimtelijk te scheiden.

xxxv Par.4.3.3.4. Deze eis geldt niet voor prefab stations.

xxxvi Par.4.3.3.4. Deze eis geldt niet voor polder- en afvalwatergemalen, daar hierbij geen toekomstige vermogenstoename verwacht wordt. Voor boezemgemalen moet beslist worden aan de hand van het toekomstscenario.

xxxvii Par.4.3.3.5.1. [Netcode artikel 2.3.2.1]

xxxviii Par.4.3.3.5.1. [Netcode artikel 2.2.4.9]

xxxix Par.4.3.3.5.2. [Meetcode, artikel 2.6.3]

^{xi} Par.4.3.3.5.2. *[NB.: Voor industriële objecten hoeft de NEN 2768, betreffende aanleg van meterkasten, niet gevolgd te worden].* kWh meter voorzien van dubbel telwerk en uitlezing op afstand.

^{xli} Par. 4.3.3.6. In overeenstemming met de energiewet moet een klant met een aansluiting boven de 175 kVA een eigen verbruikstransformator verzorgen. De klant moet zelf de voorzieningen regelen, in de Energiewet wordt dit geduid als inrichting van het vrije domein. Uit eigen onderzoek blijkt huren via de installateur van de netbeheerder in de regio (Joulz, of Kenter) voordeliger dan kopen. Dit omdat bij de aangeboden diensten tevens het ontwerp van de installatie, het installatiewerk, het beheer, het onderhoud, periodieke inspectie, het hoogspanning IV-schap en ontmanteling van de HS-installatie is inbegrepen. Defecten in de HS-installatie komen op kosten van de verhuurder. Bij komend voordelen zijn korte aanrijtijd en dat men gangbare onderdelen op voorraad heeft, wat resulteert in relatief korte hersteltijden als materiaal wegens schade vervangen moet worden. Hiermee wordt Rijnland als klant maximaal ontzorgd. Het is dus zaak bij aanbesteding van het vrije domein de installateur van de netbeheerder uit te nodigen.

^{xlii} Par.4.3.3.7. [Netcode artikel 2.1.1.3]

^{xliii} Par.4.3.3.7. [Netcode artikel 4.1.1.1 en 5.1.1.1]

^{xliv} Par. 4.3.4. Wateroverlast moet zoveel mogelijk beperkt worden, ook bij langdurige uitval van de openbare netspanning. Daarom krijgen poldergemalen een noodstroomaansluiting.

Gemiddelde uitval voor een LS aansluiting duurt 2½ uur. [Brongegevens, zie <https://energiecijfers.info/hoofdstuk-2/>]. Daar het plaatsen van een mobiel noodstroomaggregaat langer in beslag neemt, is werkwijze om via het Nationaal Storingsnummer (gas en) stroom 0800 - 9009 op te vragen hoe lang het duurt voordat een storing verholpen is.

^{xlv} Par. 4.3.4. Het is zeer ongebruikelijk om een AWTG uit te rusten met een aansluiting voor een mobiel noodstroomaggregaat. Bij een regionale storing zal de toelevering door omliggende gemeentelijke gemalen zeer waarschijnlijk ook stagneren. Daarbij komt dat uitval voor een MS aansluiting gemiddelde 1¼ uur duurt, dit is korter dan het nodig is om een mobiel aggregaat ter plaatse te krijgen. [Brongegevens, zie <https://energiecijfers.info/hoofdstuk-2/>]. In zeer uitzonderlijke situaties kan een AWTG een noodstroomaansluiting krijgen, dit moet dan in SOR deel III gemotiveerd worden.

^{xlvi} Par. 4.3.5.4 Het faseverschil tussen de spanning en de stroom is de arbeidsfactor (cosinus ϕ , ook bekend als power factor), de arbeidsfactor is geënt op een zuivere sinusvormige spanning. Moderne elektronica benut slechts een deel van het beschikbare vermogen door in de sinusvormige spanning te gaan schakelen. Dit veroorzaakt hogere harmonische welke de sinusvormige spanningen en stromen vervormen. Het totaal opgenomen vermogen uit het net bestaat uit de (vectorische) som van het werkelijk vermogen en het blindvermogen + het hogere harmonische aandeel. De verhouding tussen het werkelijk vermogen en de som van het blindvermogen + het hogere harmonische aandeel, heet displacement power factor (DPF).

^{xlvii} Par. 4.3.5.5. [Netcode artikel 2.1.5.8].

^{xlviii} Par. 4.3.5.6. Apparatuur mag geen elektromagnetische energie uitstralen en elektrische apparatuur mag niet door elektromagnetische straling worden verstoord. Elektromagnetische straling wordt veroorzaakt door hogere harmonische die ontstaan bij hoogfrequente schakelingen van de spanning door (vermogens)elektronica. Zoals in de voorgaande paragraaf te lezen is moeten hogere harmonische daarom beperkt worden. Tweede maatregel is te zorgen dat de resterende harmonische vervorming niet naar

elektromagnetische energie kan worden omgezet. Circuitdelen zoals bekabeling kan namelijk als zendantenne gaan werken. Overige bekabeling kan als ontvangstantenne fungeren die de verstoring opvangt. Ook elektronica is gevoelig voor elektromagnetisme.

^{xlix} Par. 4.4. Via de spanning uitlezing op de powermonitor is te zien dat er spanning aanwezig is, via de stroom en vermogensuitlezing is te zien hoe zwaar de verdeler belast wordt. Deze informatie is bij uitbreiding van de installatie nodig.

^l Par. 4.4. Handiger is om de verbruiksstand van een meter door de PLC via een veldbus uit te lezen, de PA is hier echter niet op voor bereid.

^{li} Par. 4.4. Aangezien bij het ontwerp vaak nog niet duidelijk is voor welke werktuigen verbruiksmeting nodig is, is Rijnland bij een flexibel inricht baar energieregistratie systeem gebaat. Gebruik van losse energiemeters past niet in het concept (duur, star achteraf moeilijk bij te plaatsen wegens ruimtegebrek). Praktisch is om te starten met een concept waarbij de PLC het verbruik berekend op basis van de stroom en de inbedrijftijd.

- Bij werktuigen zonder stroommeting, uitgaan van de nominale stroom.
- Bij werktuigen met stroommeting is berekening op basis van de werkelijke stroom mogelijk.

In de toekomst is over te stappen naar apparatuur met veldbus aansluiting. Dan wordt real time energiemonitoring mogelijk. Waarbij bij voorkeur de PLC rechtstreeks het apparaat verbruik uit leest, of het verbruik berekent op basis van de werkelijke stroom.

^{lii} Par.4.5. Rijnland hanteert (voor als nog) geen minimum kortsluitvastheid voor materiaal. Voor installaties met een kleinverbruikersaansluiting, is overwogen om een minimale kortsluitvastheid van 25kA te stellen, maar hier niet toe overgegaan. De motivatie staat in besluit E18.001.

^{liii} Par.4.5. De lichtverdeler afscheiden van de krachtverdeler om er voor te zorgen dat het licht niet uitvalt als de hoofdbeveiliging de krachtverdeler aanspreekt. Deze scheiding maakt het mogelijk om onder verlichte omstandigheden spanningsloos onderhoud aan de krachtverdeler te kunnen doen.

^{liv} Par.4.5. Dit soort installaties heeft een kleine overzichtelijke omvang. Vanwege de kosten en selectiviteit heeft de verdeler een eenvoudig opzet. Voor het spanningsloos verrichten van onderhoud volstaat het afschakelen van de groepen met uitzondering van de lichtgroep. Alternatief is uitschakelen van de hoofdschakelaar en handverlichting te gebruiken.

^{lv} Par. 4.5. Resumé verdeler opbouw per installatietype.

Kleinverbruik PG: Wandkast. Bouwvorm 1 (ongecompartimenteerd) met verdeelblok of railsysteem.
• Net/noodscheider als hoofdschakelaar op montageplaat in de kast. • Zekering(automaat) nutsbedrijf doet dienst als hoofdbeveiliging. • Groepsautomaten (installatieautomaten en motorgroepbeveiligingschakelaars) op dinrail in de kast
Grootverbruik PG: Staande uitvoering. Bouwvorm 4a (gecompartimenteerd, aansluitklemmen in het motorcompartiment) met railsysteem.
• Separate lichtverdeler, naast krachtverdeler. • Hoofdschakelaars op montageplaat in de kast. • Motorgroepbeveiligingschakelaar op montageplaat in de kast.
BG: Staande uitvoering. Bouwvorm 4b (gecompartimenteerd systeem met uittrekbare lade) met railsysteem.
• Separate lichtverdeler, naast krachtverdeler. • Bediening hoofdschakelaars op het kastfront. • Bediening motorgroepbeveiligingschakelaar op het kastfront.

AWTG: Staande uitvoering. Bouwvorm 4a (gecompartimenteerd, aansluitklemmen in het motorcompartment) met railsysteem. Lichtboogbestendig. Railsysteem H2S bestendig, in elektrolytisch vernikkeld koper.

- Separate lichtverdeler, naast krachtverdeler.
- Hoofdschakelaars op montageplaat in de kast.
- Motorgroepbeveiligingschakelaar op montageplaat in de kast.

AWZI: bouwvorm 4b (gecompartimenteerd systeem met uittrekbare lade) met railsysteem. Lichtboogbestendig. Railsysteem H2S bestendig: horizontale rails in koper met een epoxy coating, verticale rails in elektrolytisch vertint koper.

- Separate licht- en kracht verdelers.
- Bediening hoofdschakelaars op het kastfront.
- Bediening motorgroepbeveiligingschakelaar op het kastfront.

^{lvi} Par. 4.6. Bouwvorm 1, niet gecompartimenteerde bouw wordt gebruikt bij schakelkasten van elektrische installaties met een beperkte omvang. Bouwvorm 4a, gecompartimenteerde bouw wordt gebruikt bij schakelkasten voor middel grote en grote installaties. Ieder werktuig krijgt een eigen compartiment zodat voor het verhelpen van storingen snel onderdelen zijn te vinden. Bij 4a is het voor het spanningsloos kunnen vervangen van onderdelen acceptabel dat de hele schakelkast gedurende een bepaalde tijd uitgeschakeld wordt. Bouwvorm 4b, gecompartimenteerde bouw met uittrekbare lade, worden gebruikt voor grote installaties die bij het plegen van onderhoud in bedrijf moeten blijven.

^{lvii} Par. 4.6. Voor MCC met uittrekbare lade is het vaststellen van storingen nog al eens een uitdaging. Dit omdat niet direct op de klemmen van de componenten is te meten. De lades beschikken over een teststand waarbij de hoofdstroom afgeschakeld met behoud van stroom. Probleem is dat daarbij het werktuig niet draait, wat van invloed is op de status van veldsensoren. Dit maakt het vaststellen van een storing lastig.

Werkwijze om storing vast te stellen:

- 1^e status van de veldsensoren via de PLC ingangen op afwijkingen na lopen,
- 2^e la in teststand trekken, via meetpennen zijkant lade kijken of de storingoorzaak is vast te stellen,
- 3^e la geheel verwijderen, bekijken of componenten beschadigd zijn,
- 4^e la via teststeker aansluiten, op de componenten nameten of deze correct schakelen, let op vast geplakte contacten.

^{lviii} Par. 4.6.1.1. Als hulpwerktuigen zowel beschouwd kunnen worden als gebouw gebonden en als proces ondersteunend (omdat ze zowel de functionaliteit van het gebouw ondersteunen als het proces), dan ligt het zwaartepunt bij de procesfunctie.

^{lix} Par. 4.6.1.1. Het functioneren van deze hulpwerktuigen is van invloed op het proces. Als bijvoorbeeld een lenspomp niet werkt, volgt een water op vloer melding en wordt het proces stil gelegd.

^{lx} Par. 4.7. Van wege een goede huishouding is gekozen voor een relatieve vochtigheid van 75%. Zo wordt schimmelvorming door condens vermeden. Deze maatregel is niet noodzakelijk ter behoud van elektrotechnische materialen en apparatuur, omdat deze geschikt zijn tegen een niet condenserende relatieve vochtigheid van 90%.

^{lxi} Par. 4.7. Ruimteverwarming niet via stekerverbinding aansluiten. Dit is ongewenst omdat de apparatuur dan periodiek mee genomen moet worden met de gereedschapskeuring, waarbij de apparatuur tijdelijk ter keuring wordt afgevoerd en juist beschadigd kan raken.

^{lxii} Par.4.8. Voor schakelkasten moet uit warmtehuishoudberekening blijken of geforceerde ventilatie danwel koeling nodig is.

^{lxiii} Par. 4.8. Losse pluggen per kabel worden geprefereerd boven het gebruik van CSD ramen, omdat herstel van los genomen kabel bij ramen lastiger is.

^{lxiv} Par. 4.8. Relais D4 heeft een afwijkende voet ten opzichte van relais M4, zo wordt voorkomen dat 24V relais in 230V voeten zijn te steken.

^{lxv} Par. 4.9. TL5 of LED tube, 50.000 branduren.

^{lxvi} Par. 4.9. Lichtkleur: vanaf 3000K (warmwit) – 6500K (koelwit).

^{lxvii} Par. 4.10.1.1. Voor toerengeregelde motoren wordt uitschakeling via de motorkabel niet toegestaan omdat de frequentieregelaar kan beschadigen.

^{lxviii} Par. 4.10.1.1. Op basis van de kosten ligt de grens bij werkschakelaars tot 100A, operationeel 63A. Schakelbevoegdheid VOPers zijn namelijk schakelbevoegd tot 63A.

^{lxix} Par. 4.10.1.1. Om te voorkomen dat de werkschakelaar van de koelventilator als de werkschakelaar voor het hoofdwerktuig wordt aangezien. Dit is gevaarlijk bij het veilig stellen van het hoofdwerktuig.

^{lxx} Par. 4.10.1.1.1. Vergissingen vallen juridische onder voorzienbaar misbruik.

^{lxxi} Par. 4.11. WOV detectie wordt via een vlotter verzorgd. Voor toerengeregelde motoren wordt de thermistor op de frequentieregelaar aangesloten, bij aanspreken meldt de regelaar dit aan de PLC. Drooglooptdetectie wordt bij vuilwaterpompen door detectie op de terugslagklep verzorgd. Staffelveiliging zorgt binnen een groep werktuigen ervoor dat gelijker tijd niet meerdere werktuigen opstarten. Deze beveiliging diende oorspronkelijk om ontoelaatbaar hoge aanloopstromen van meerdere tegelijkertijd aanlopende motoren te voorkomen. Voor frequentiegeregelde motoren is dat niet meer nodig omdat deze de aanloopstroom beperken. De staffelveiliging is bij vuilwaterpompen nog nodig als anti waterslag voorziening, als meerdere pompen tegelijkertijd aanlopen kan waterslag ontstaan.

^{lxxii} Par. 4.11. Water in olie wordt niet langer toegepast omdat ervaring leert dat deze regelmatig valse meldingen geven. Na het openen van het huis blijkt daarna de afdichting juist te gaan lekken. Strategie is daarom niet langer gebruik te maken van de water in olie beveiliging.

^{lxxiii} Par. 4.12. Ster driehoek aanzetinrichting worden vanuit LCC niet langer gebruikt.

^{lxxiv} Par. 4.12. Door frequentieregelaars buiten de kasten te monteren, verbetert de bereikbaarheid en wordt verlieswarmte buiten de schakelkast gehouden.

^{lxxv} Par. 4.14.1. Deze hulpwerktuigen hebben geen bedrijfskeuze nodig omdat 24/7 werken. Voor onderhoud zijn deze hulpwerktuigen spanningsloos te maken door de motorbeveiliging af te schakelen en te vergrendelen.

NB. Zowel de gebouwventilatoren als koelventilatoren krijgen geen bedrijfskeuzeschakelaar.

Gebouwventilatoren werken zelfstandig maar staan in principe altijd aan/paraat. Koelventilatoren schakelen met het hoofdwerktuig mee.

Lenspomp krijgt geen bedrijfskeuzeschakelaar om te dwingen via de decontactor buiten gebruik te stellen. De lenspomp wordt daarmee spanningsloos.

^{lxxvi} Par.4.16. Als kabels onaangeroerd kunnen blijven liggen, kunnen ze tientallen jaren lang mee.