



**De Watergroep**  
WATER. VANDAAG EN MORGEN.

## TECHNISCHE STEEKKAART

afdeling Assetbeheer - cel Assettechnologie

**Nr. T.V./092/9-B**

Datum: 27.11.2018

Aantal bladzijden: 29.

# KATHODISCHE BESCHERMING VAN STALEN EN DUCTIEL GIETIJZEREN LEIDINGSYSTEMEN

## INLEIDING.

Deze steekkaart vervangt het referentieplan nr. R/092/1-C "Kathodische bescherming".

Aan de identificatie van de typeplannen, referentieplannen en/of andere technische steekkaarten waarvan in de tekst melding wordt gemaakt, ontbreekt de alfabetische aanwijzer; deze aanwijzer heeft betrekking op de editie; de in beschouwing te nemen documenten zijn steeds deze met de recentste datum voor zover ze de uitgiftedatum van deze steekkaart niet overschrijden.

De normen waar naar verwezen wordt in de onderstaande tekst, zijn steeds deze met de recentste versie voor zover ze de uitgiftedatum van deze steekkaart niet overschrijden.

## 1. ONDERWERP EN TOEPASSINGSGEBIED

Dit document is bedoeld als technische specificatie zowel voor de aanleg van nieuwe leidingen in staal, siderocement of ductiel gietijzer als voor de exploitatie van bestaande kathodische beschermingsinstallaties. De basis zijn onderstaand vermelde normen al dan niet gewijzigd door onderhavig document.

## 2. NORMATIEVE REFERENTIES

- het "Algemeen reglement op de elektrische installaties" (AREI)
- NBN EN 12954: "Cathodic protection of buried or immersed metallic structure - General principles and application for pipelines"
- NBN EN 13509: "Cathodic protection measurement techniques"
- NBN EN 50162: "Protection against corrosion by stray current from direct current systems"

### 3. KATHODISCHE BESCHERMING VAN STALEN LEIDINGSYSTEMEN

#### 3.1. ALGEMEEN

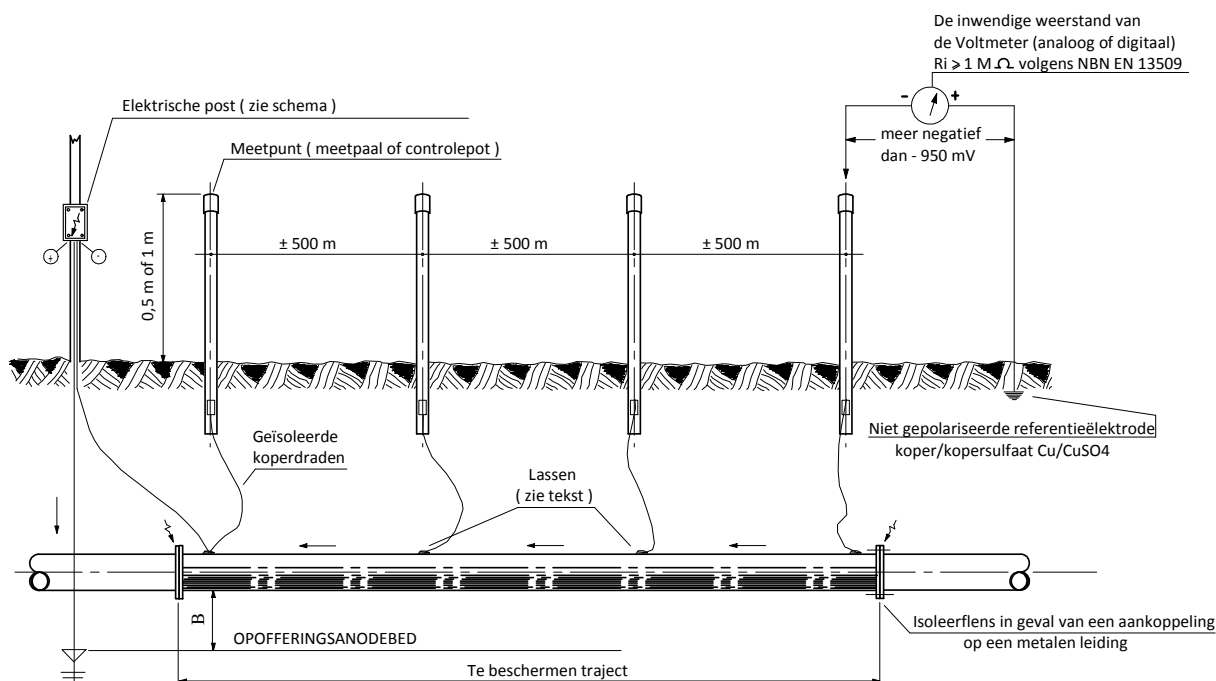
Leidingen in staal of in siderocement worden steeds beschermd door een elektrische post met opgedrukte stroom (een "KB-post").

Ook de kleinere leidinggedeelten in siderocement worden met een elektrische post beschermd. In dit geval worden deze delen leiding met elkaar verbonden via overbruggingskabels met een voldoende sectie (zie verder). Kleinere stalen leidinggedeelten met buitenoppervlakte kleiner dan of gelijk aan 50 m<sup>2</sup> mogen ook beschermd worden met reactieve anodes.

#### 3.2. BESCHERMING DOOR OPGEDRUKTE STROOM

##### 3.2.1. Principe

De bescherming gebeurt met een elektrische gelijkstroompost, waarvan de positieve klem verbonden is met het opofferingsanodebed en de negatieve klem met de te beschermen leiding. Via de opofferingsanodes wordt een beschermstroom opgestuurd naar de te beschermen leiding.



De afstand B tussen het grondbed (horizontaal en/of verticaal) is minimum 50 m en dit ongeacht de op te sturen stroomsterkte.

Figuur 1 – Principe kathodische bescherming met opgedrukte stroom

### 3.2.2. Berekening van de kathodische bescherming met opgedrukte stroom

Bij de berekening van de elektrische post moet rekening gehouden worden met volgende uitgangspunten:

1. Een MEP potentiaal meer negatief dan  $-950$  mV over de volledige lengte van de te beschermen installatie;  
*Opmerking:* Voor siderocement leidingen mag bijkomend het MEP potentiaal niet meer negatief worden dan  $-1500$  mV.
2. De veroudering van de bekleding van het stalen leidingsysteem;
3. Bij de definitieve oplevering van de installatie dient de KB-post nog 30 % stroom meer te kunnen leveren dan de minimum intensiteit vereist voor het kathodisch beschermen van de stalen leidinginstallatie.  
Vervolgens kiest men een elektrische post met een naar boven afgeronde stroomsterkte, bv. 5, 10, 15 A, 20 A;
4. Het offeringsanodebed wordt dusdanig berekend dat de levensduur minimum 80 jaar bedraagt.

Het principeschema van de KB-post en de functionele aansturing ervan is beschreven in de bijlagen. Deze post is zodanig uitgerust dat ook de OFF potentialen kunnen gemeten worden.

**Het algemeen uitgangspunt is dat de kathodisch beschermde leiding bij definitieve oplevering een ON én OFF MEP<sup>1</sup> heeft over de volledige lengte die meer negatief is dan  $-950$  mV, gemeten ten opzichte van een niet polariseerbare Cu/CuSO<sub>4</sub> referentie-elektrode.**

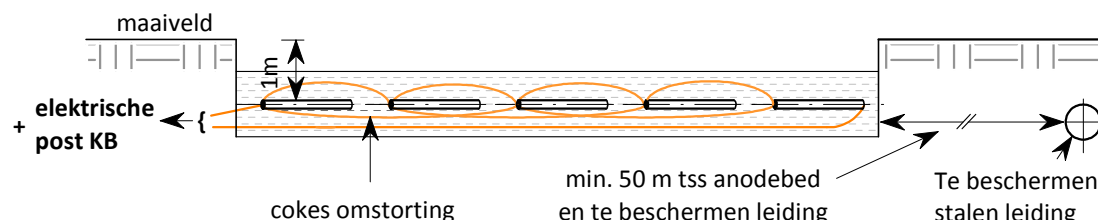
### 3.2.3. Uitvoering offeringsanodebedden

De offeringsanodes zijn MMO<sup>2</sup>-titaan anodes, verticaal of horizontaal geplaatst al naargelang de plaatselijke omstandigheden (zie onderstaande figuren).

De afstand in alle richtingen tussen het anodebed en de te beschermen leiding is minimaal 50 m.

Om de overgangsweerstand tussen de grond en de anodes te verbeteren, worden zij met poedercoques of een ander backfill omstort.

Het aantal anodes wordt bepaald uitgaande van een minimale levensduur van 80 jaar. De verbindingkabels zijn van het type XVB. De verschillende anodes worden op zo een manier met elkaar verbonden dat het weg corroderen van één anode de goede werking van het geheel niet kan verstoren (zie de onderstaande figuren).

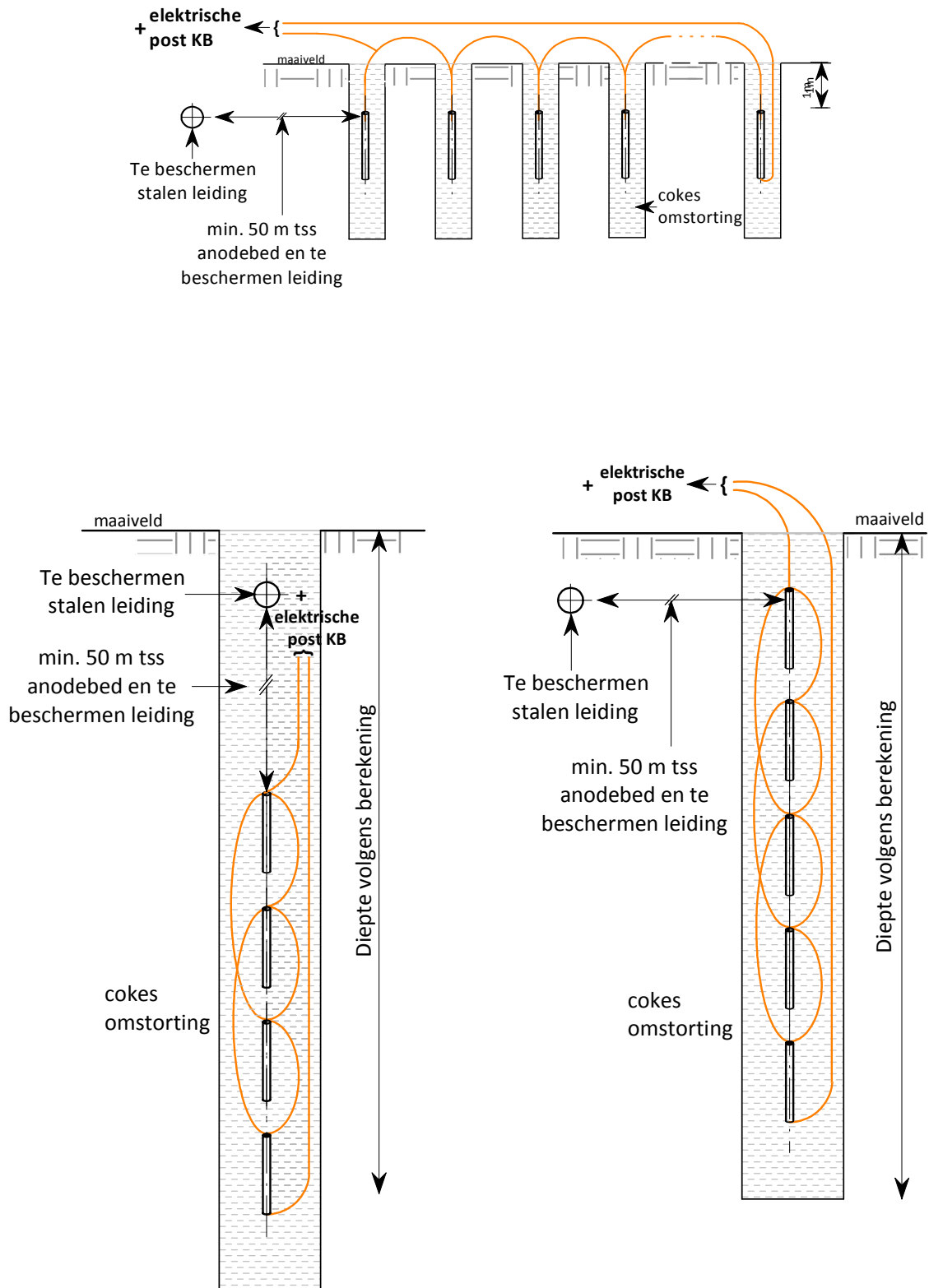


Nota: de anodes liggen op een diepte van  $\pm 1$  m.

Figuur 2 – Principe van een horizontaal bed offeringsanodes

<sup>1</sup> Metaal-Elektrolyt Potentiaal (MEP)

<sup>2</sup> Mixed Metal Oxide (MMO)



Figuur 3 – Principe van verticaal geboorde opofferingsanodes

### 3.3. BESCHERMING DOOR REACTIEVE Mg-ANODES

#### 3.3.1. Principe

Kleinere stalen leiding gedeelten (*stalen zinkers, afloopleidingen, ...*) mogen evenwel beschermd worden met reactieve anodes (magnesiumanodes) voor zover de buitenoppervlakte niet meer bedraagt dan 50 m<sup>2</sup>. De reactieve anode is tegelijk stroombron en opofferingsanode.

Ingeval van gebruik van reactieve anodes (Mg-anodes) mag de hieronder vermelde beschermingscapaciteit niet overschreden worden:

Tabel 1 – Beschermingscapaciteit reactieve Mg-anodes

Gewicht in pond [lb]	Beschermingscapaciteit
5/lb	12 mA – 20 jaar
9/lb	20 mA – 20 jaar
22/lb	50 mA – 20 jaar

nota: 1 lb = 0,4536 kg

#### 3.3.2. Berekening van het aantal reactieve anodes

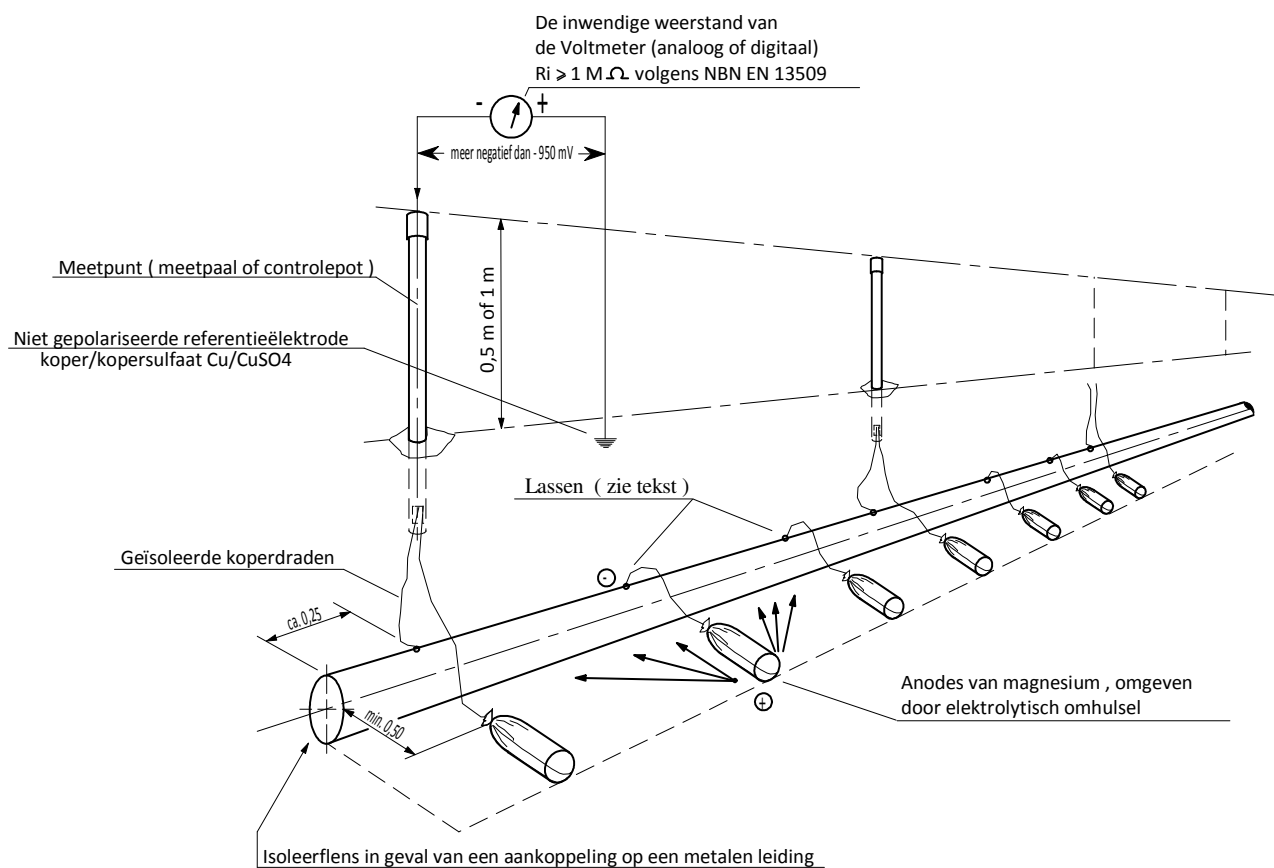
Voor de berekening van het aantal reactieve anodes of opofferingsanodes moet men rekening houden met het totale te beschermen buitenoppervlak alsook de stroomverliezen in functie van het type bekleding en of het gaat om nieuwe of verouderde bekleding (zie tabel 2 hieronder).

Tabel 2 – Stroomverlies i.f.v. de bekleding van de leiding

Bekleding	Stroomverlies, uitgedrukt in mA/m <sup>2</sup>
Bitumen (oud)	0,1 – 0,5
PE (nieuw)	0,001 – 0,01
PE (verouderd)	0,01 – 0,2

### 3.3.3. Uitvoering bed met reactieve anodes

De reactieve anodes zijn Mg-anodes.



Figuur 4 – Principe kathodische bescherming via reactieve anodes

Ten minste één anode op drie zal uitgerust worden met een meetdoos of meetpaal om de door haar afgeleverde stroom te kunnen meten.

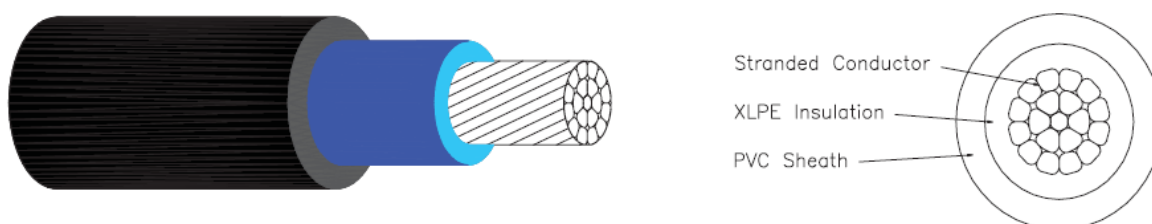
De verbindingkabel is van het type XVB, lengte 10 m, kabelmantel in rode kleur ofwel duurzame rode markering aan kabeluiteinden (zie verder).

## 3.4. GRONDKABELS TYPE XVB

### 3.4.1. Type grondkabel

Alle bekabeling in de grond (equipotentiale verbindingen, overbruggingen, meetkabels, anodebedden, ...) worden uitgevoerd met XVB kabel cf. IEC 60502 met de volgende opbouw:

1. Soepele, blanke kern uit koper
2. XLPE isolatie
3. PVC mantel



Nota: de kabel wordt in geen geval voorzien van een metalen bepantsering of van een metalen scherm.

Figuur 5 – Opbouw van de XVB grondkabel

De nominale spanning van de kabel  $U_0/U$  bedraagt 0,6/1kV.

De bekabeling tussen elke twee eindpunten wordt in één ononderbroken lengte uitgevoerd. Er worden geen kabels aan elkaar verbonden op niet toegankelijke plaatsen.

De (isolatie van de) kabel is bestand tegen de temperatuur die ontstaat bij het lassen ervan aan de te beschermen leiding.

De sectie van de kabel wordt als volgt bepaald:

Tabel 3 – Sectie van de te gebruiken kabels

Functie van de kabel	Sectie in mm <sup>2</sup>
Kabel tussen anodebed en KB post	$\geq 10 \text{ mm}^2$
Kabel tussen KB post en te beschermen structuur	$\geq 10 \text{ mm}^2$
Meetdraden, algemeen	$\geq 10 \text{ mm}^2$
Meetdraden, op parallelle leidingen met geëlektrificeerde spoorlijnen	$\geq 50 \text{ mm}^2$
Overbruggingskabels	Te berekenen, $\geq 10 \text{ mm}^2$

De sectie van de overbruggingskabels wordt voor elke situatie *geval per geval* berekend door de inschrijver, maar zal nooit kleiner zijn dan  $10 \text{ mm}^2$ . De spanningsval over de overbruggingskabel moet klein genoeg blijven om de MEP potentiaal over de volledige leiding te garanderen i.f.v. de capaciteit van de KB-post.

Voor overbruggingen van afsluiters en gietijzeren hulpstukken worden tot een overbruggingslengte van 10 m volgende secties genomen in functie van de DN leiding:

- DN < 200 : 1 x 10 mm<sup>2</sup>
- 200 ≤ DN ≤ 300 : 1 x 16 mm<sup>2</sup>
- 300 ≤ DN ≤ 500 : 2 x 10 mm<sup>2</sup>
- DN > 500 : 2 x 16 mm<sup>2</sup>

Voor langere overbruggingslengten wordt steeds een berekening uitgevoerd.

De doorsnede van de overbruggingskabel wordt berekend met de formule  $A = \frac{\rho \cdot L}{\Delta U} \cdot I$  en hierin is

$\Delta U$ : het toegelaten potentiaalverschil in V

A: doorsnede van de kabel in mm<sup>2</sup>

L: lengte van de kabel in m

I: de beschermstroom die nodig is om het leidinggedeelte na de overbrugging te beschermen in A

$\rho$ : de soortelijke weerstand van koper, zijnde 0,0175 ohm meter/mm<sup>2</sup> (bij 20°C)

Kleur kabelmantel: - anodekabel = rood

- alle andere kabels = zwart


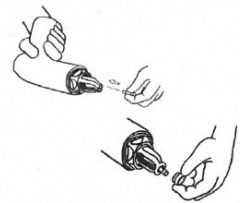

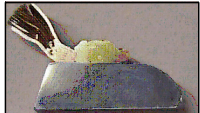

Indien er geen kabels beschikbaar zijn met een rode of zwarte kabelmantel worden beide uiteinden verplicht afgewerkt met een rode respectievelijk zwarte krimpkous.

Alle kabels moeten mechanisch beschermd worden met kabelafdekpannen of geschikte beschermingskokers. Er wordt geen gebruik gemaakt van metalen schermen, schilden, ... .

### 3.4.2. Lassen van de kabels op de as van de leidingen

De overbruggingskabels, de meetkabels, ... mogen enkel gebraseerd worden (PIN BRAZING) op de as van de leiding en zo mogelijk op de flens. Het procédé van braseren is dusdanig dat de inwendige bekleding niet beschadigd wordt. In sommige gevallen moeten 2 vlakken coating verwijderd worden: 1 waar er gelast wordt en 1 als massa voor het lastoestel. Indien dit het geval zou zijn, moeten beide vlakken opnieuw hersteld worden.

#### 5 EENVOUDIGE STAPPEN:

1.  Coating verwijderen (3/3 cm) en metaal reinigen door met professionele set op te schuren tot op het blanke staal
2.  Pistoel klaarmaken met pin, zonder schroefverbinding
3.  Juist positioneren
4.  Braseren
5.  Test of de verbinding elektrisch OK is

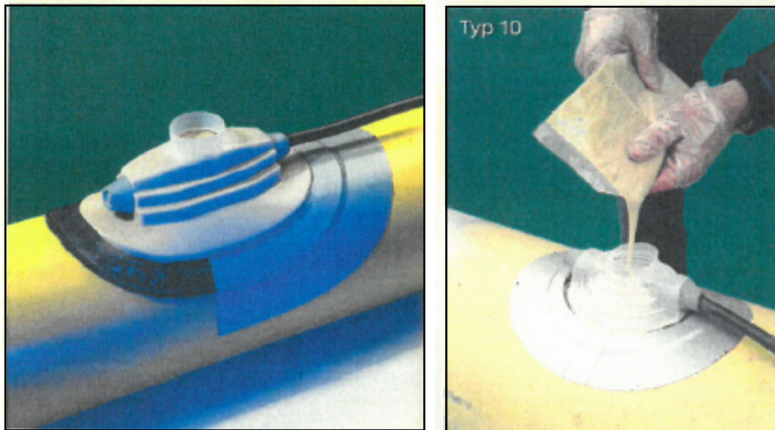
Figuur 6 – Procédé "PIN BRAZING"



Na het braseren van de draad zal zowel het soldeerpunt / kabelverbinding als de bekleding van de leiding hersteld worden door één van de volgende herstellmethoden:

a) Overkapping kabelverbinding leiding:

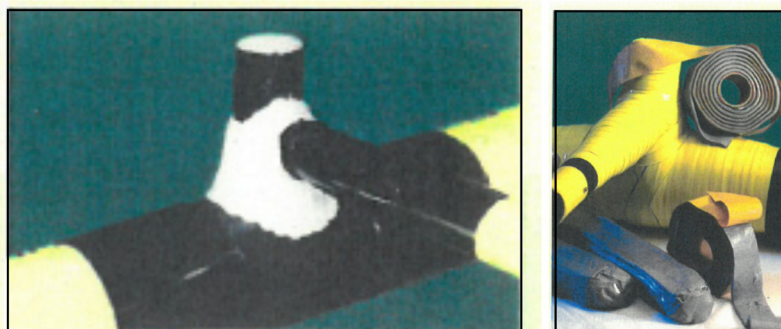
Toepasbaarheid  $DN \geq 80$  en kabeldiameters begrepen tussen 9 en 17 mm. De maat van de overkapping hangt af van het aantal te beschermen soldeerpunten. De overkapping is bovenaan voorzien van een opening voor opvulling met hars, zie figuur 7 hieronder:



Figuur 7 – Cable potting set

b) Met butylmastiek

De gereinigde kabelverbinding en metaaloppervlakte leiding, alsook holle ruimtes, worden met een spatel of handmatig met butylmastiek gevuld en aangedrukt. Nadien wordt deze mastiekmassa met vetbanden aangespannen en tot slot afgewerkt met een PE-band.



Figuur 8 – Palimex butylmastiek

**Opmerking:** Zowel voor de Pin-brasering als voor de herstelling bekleding in gevolge kabelverbinding moet de uitvoerder gecertificeerd worden door een erkende instelling.

### 3.5. ELEKTRISCHE CONTINUÏTEIT

De elektrische continuïteit van de te beschermen installatie moet verzekerd worden door het aanbrengen van de nodige overbruggingen met XVB kabel. De doorsnede van deze kabel moet zodanig berekend worden opdat de spanningsval over de overbruggingskabel klein genoeg blijft om de MEP potentiaal over de volledige leiding te garanderen (zie formule onder punt 3.4.1. pagina 7).

Alle verbindingen op hoofdleidingen en huisaansluitingen, van welk type ze ook zijn, behalve de lasverbindingen, apparaten in gietijzer (afsluiters, hydranten, demonteer koppelingen, uitzettingstukken, ontluchtingen enz.) alsook andere leidingmaterialen tussengeplaatst in een kathodisch beschermde stalen leiding, moeten elektrisch overbrugd worden met behulp van kabels met een minimale doorsnede van 10 mm<sup>2</sup>, één per verbinding voor diameters kleiner dan 200 mm, twee per verbinding voor diameters gelijk aan of groter dan 200 mm.

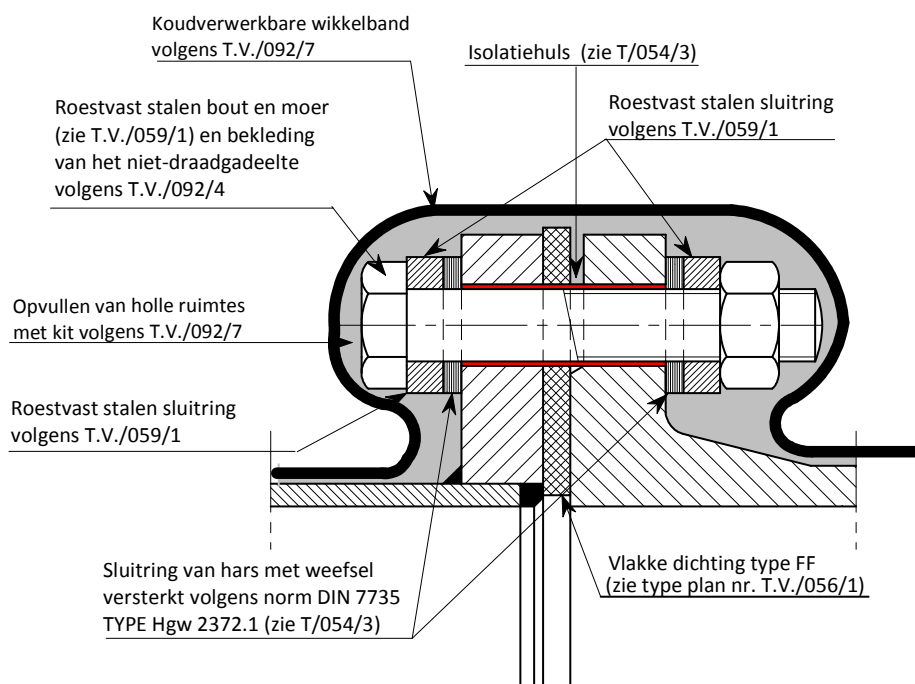
Het is essentieel dat het kathodisch beschermde deel van een installatie niet galvanisch verbonden wordt met niet beschermde metalen delen (bv. de ondergrondse leiding t.o.v. het buizenstel in een waterproductiecentrum). Elke aarding van de kathodisch beschermde installatie dient vermeden te worden.

Stalen leidingen in kamers / gebouwen inclusief de muurdoorgangstukken, worden niet kathodisch beschermd. Voor en na het muurdoorgangstuk is bijgevolg een isolatieflens noodzakelijk.

Bijkomend wordt ingeval van kamers tevens een overbrugging voorzien van buitenkant muurdoorgangstuk tot buitenkant muurdoorgangstuk. De overbruggingskabels XVB moeten een doorsnede hebben van 10 mm<sup>2</sup> (twee kabels indien de diameter van de leiding groter dan of gelijk is aan 200 mm).

### 3.6. ISOLATIEFLENS

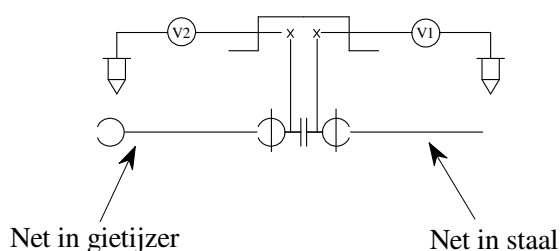
Isolatieflenzen worden toegepast voor het isoleren van gietijzeren apparaten, de overgang naar andere leidingmaterialen, muurdoorgangen enz. volgens typeplan T/054/3.



Figuur 9 – Opbouw van een isolatieflens

### 3.7. ISOLATIEVOEGEN (STALEN ZINKERS)

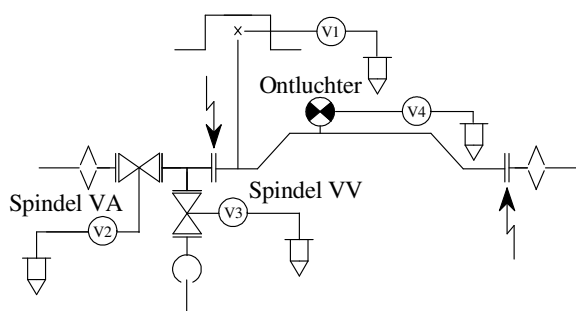
Bij isolatievoegen (= isolatieflens) zijn volgende minimum potentiaalwaarden van toepassing:



V1 moet meer negatief zijn dan  $-950$  mV t.o.v. een Cu/CuSO<sub>4</sub> referentie-elektrode

V2 moet positiever zijn dan V1 én meer positief zijn dan  $-500$  mV t.o.v. een Cu/CuSO<sub>4</sub> referentie-elektrode

Figuur 10 – Bescherming van twee verschillende netten



V1 moet meer negatief zijn dan  $-950$  mV

V2 moet positiever zijn dan V1 én meer positief zijn dan  $-500$  mV

V3 moet positiever zijn dan V1 én meer positief zijn dan  $-500$  mV

V4 moet positiever zijn dan V1 én meer positief zijn dan  $-500$  mV<sup>(1)</sup>

V4 = V1<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Wanneer ontluchter BK is of VV geïsoleerd van het staal

<sup>(2)</sup> Wanneer ontluchter rechtstreeks op de leiding in staal (bv. peelafsluiter ¾" of 4/4")

Figuur 11 – Bescherming van een zinker (sifon)

### 3.8. KOKERS UIT STAAL OF SIDEROCEMENT

Normaal worden kokers (in staal, siderocement) niet kathodisch beschermd. In uitzonderlijke gevallen kan De Watergroep de bescherming in het bestek of de prijsvraag opleggen.

Bijkomend moeten waar flensverbindingen voorzien zijn, isolatieflenzen aangebracht worden.

### 3.9. INTERFERENTIES MET ANDERE AANWEZIGE INSTALLATIES

Het potentiaal van de andere aanwezige installaties mag niet nadelig beïnvloed worden. Deze potentialen dienen dan ook tegensprekelijk gemeten te worden.

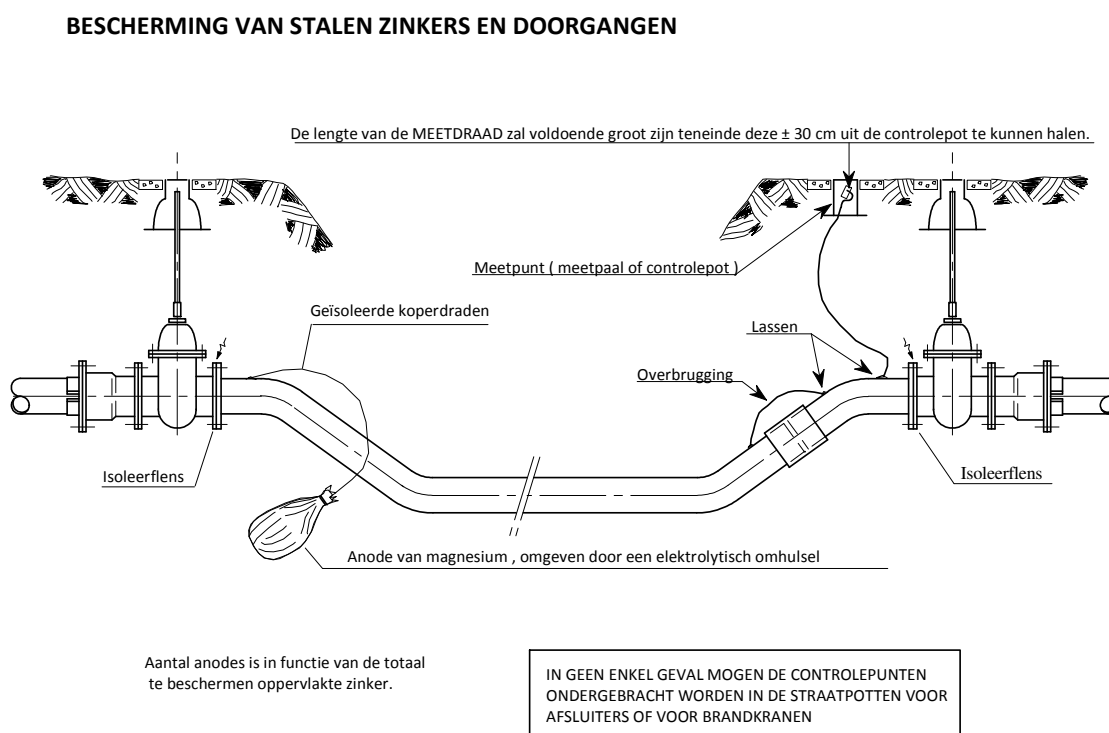
Als principe geldt dat het potentiaal van de andere installaties niet nadelig mag beïnvloed worden door de bescherming. Alle schikkingen dienen bijgevolg getroffen te worden om interferenties met andere leidingen te minimaliseren. De eigenaar(s) van de bestaande installatie(s) kan (kunnen) hier zijn (hun) eisen opleggen. Meestal zal(zullen) hij(zij) het behoud van de bestaande toestand opleggen.

In dergelijke gevallen dienen equipotentiaal verbindingen te worden voorzien tussen de bestaande vreemde installatie en de beschermde aangelegde leiding, waarop eventueel zelfs regelweerstand worden voorzien. Met deze laatste kan de potentiaal van de vreemde leiding worden bij geregeld tot de opgelegde waarden.

### 3.10. MEETINRICHTINGEN

#### 3.10.1. Algemeen

De kathodisch beschermde leiding wordt voorzien van de nodige meetpunten. De afstand tussen 2 opeenvolgende meetpunten is maximum 500 meter. Er wordt ook steeds een meetpunt voorzien op de eindpunten van stalen leidingen, ter hoogte van elke isolatievoeg, op plaatsen waar interferentiemetingen voorzien zijn tussen andere kruisende of parallel liggende kathodisch beschermde leidingen, alsook voor de bescherming van stalen zinkers.



Figuur 12 – Bescherming van stalen zinkers en doorgangen

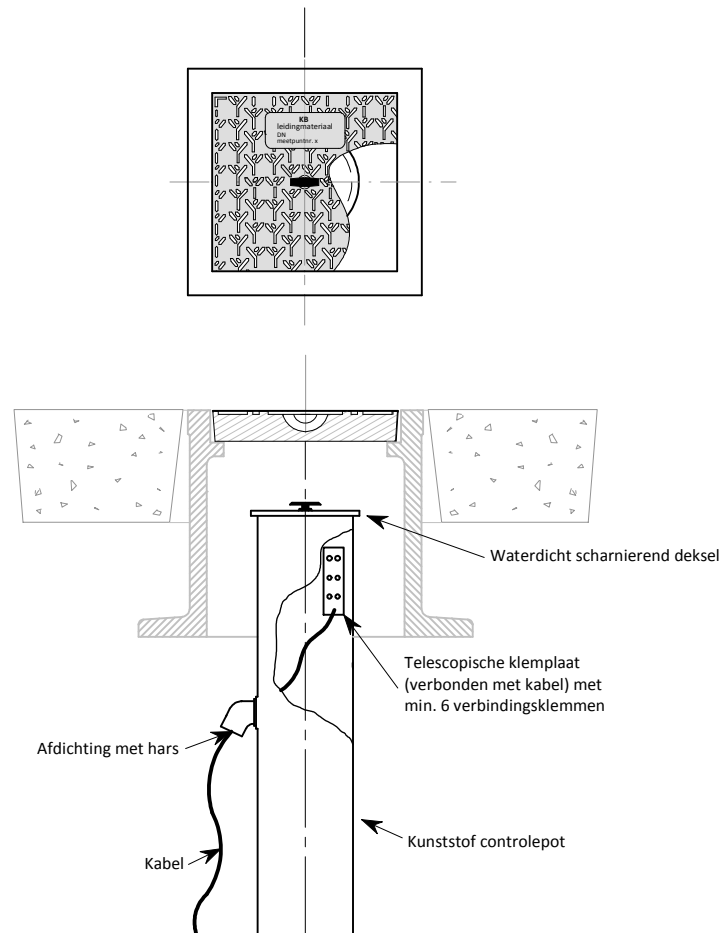
De plaats van de meetpunten wordt zo bepaald dat er een controlemeting kan worden uitgevoerd.

### 3.10.2. Meetpalen en meetpotten

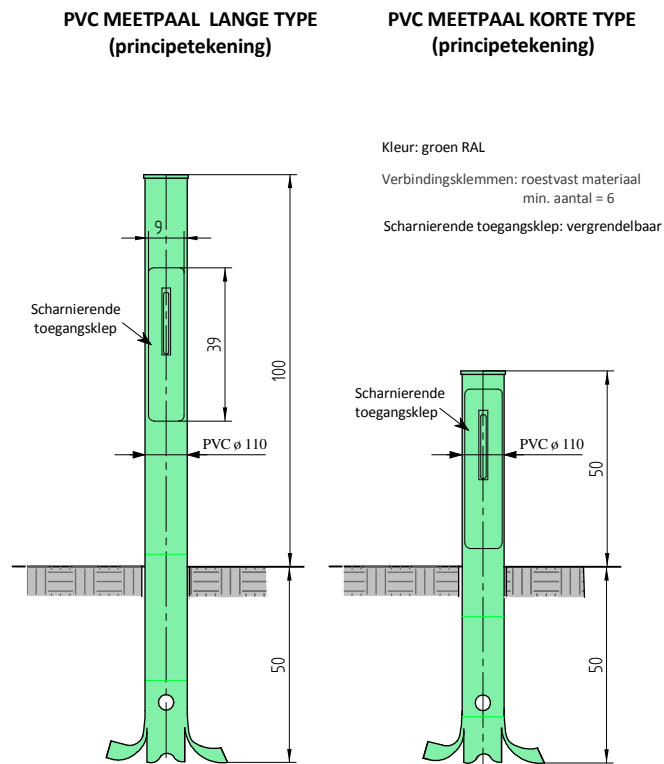
De meetpunten worden afgewerkt in meetpalen of meetpotten (zie onderstaande figuren).

De keuze meetpaal /meetpot wordt als volgt gemaakt:

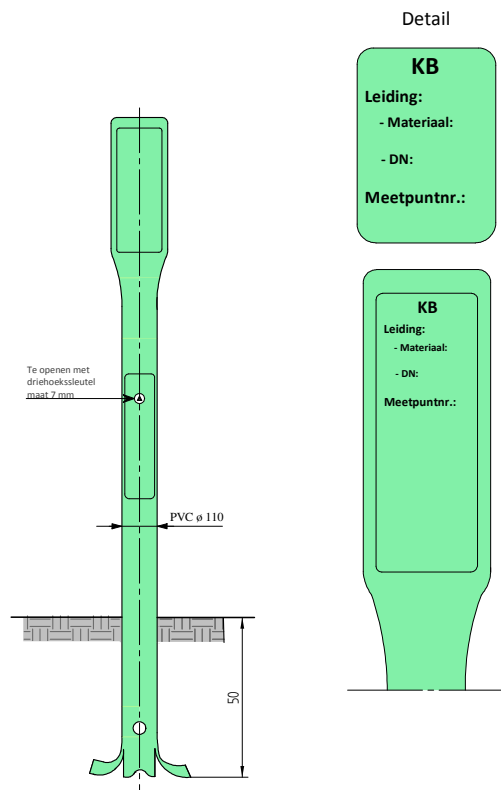
1. In verstedelijkt gebied worden meetpotten toegepast in voetpaden en wegen.
2. In landelijke zones (bermen, weiden, landbouwgrond enz.) worden meetpalen gebruikt omwille van de opspoorbaarheid.



Figuur 13 – Opbouw van een meetpot



Figuur 14 – Opbouw van een meetpaal (1)



Figuur 15 – Opbouw van een meetpaal (2)

De meetpalen zijn op te delen in een kort en lang type:

1. Kort type: hoogte: 1,00 m (boven maaiveld 0,50 m)
2. Lang type: hoogte: 2,00 m (boven maaiveld 1,50 m)

De meetpalen hebben een groene kleur (RAL 6018 "Geelgroen" of RAL 6038 "Briljantgroen").

De verbindingen in meetpotten of meetpalen dienen uitgevoerd met roestvaste wegneembare verbindingen. De kabels dienen voorzien te worden van kabelschoenen (eveneens in roestvast staal).

Bij aansluiting van nieuw aangelegde leidingen (staal, siderocement en gietijzer) op bestaande leidingen (eveneens in staal, gietijzer en siderocement) moet de meetinrichting van de kathodische bescherming er als volgt uitzien:

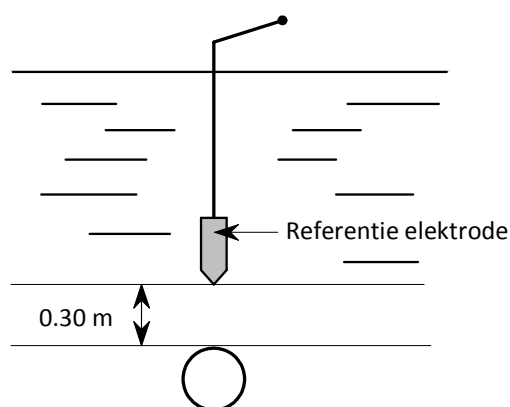
1. De twee leidingen dienen van elkaar geïsoleerd te worden.
2. Op elk van de respectievelijke leidingen dient één meetdraad van 10 mm<sup>2</sup> doorsnede (twee ingeval de diameter van de leiding  $\geq 200$  mm is) gesoldeerd te worden. Deze meetdraden dienen afgewerkt te worden in een meetpot, respectievelijk meetpaal.

### 3.10.3. Standaard referentie-elektroden voor permanente opstelling

Er wordt standaard een referentie-elektrode aangebracht bij de KB-post en bij automatische meetpunten.

De permanente opgestelde referentie-elektroden voldoen aan de volgende specificaties:

- Principe: verzadigd "koper/kopersulfaat" elektrode (Cu/CuSO<sub>4</sub> elektrodes)
- Meetoppervlak: minimaal 50 cm<sup>2</sup>
- Materiaal: keramisch vocht vasthoudend membraan
- Stabiliteit: minimaal 5 mV bij 3,0  $\mu$ A
- Temperatuurbereik: minimaal -20° tot 70°C
- Geschikt voor plaatsing in droge bodems
- Levensduur: minimaal 20 jaar



Figuur 16 – Principe MEP meting

De permanent opgestelde referentie-elektrode is verder voorzien van een aansluitdraad, die in de meetpaal eindigt.

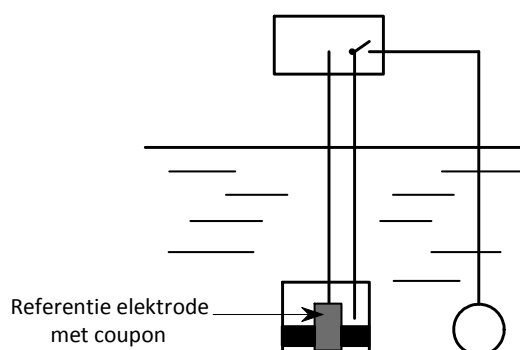
### 3.10.4. Referentie-elektroden met coupon voor permanente opstelling

De meting van het OFF-potentiaal vereist in principe het voortdurend in- en uitschakelen van de KB-post. Men kan dit vermijden door de OFF-potentiaal te meten m.b.v. een "coupon".

Een coupon is niets anders dan een stalen plaatje met een voorgeschreven afmeting en een bepaalde bekleding, dat naast de te beschermen leiding wordt aangebracht. De coupon is verder voorzien van een aansluitdraad, die in de meetpaal eindigt. In de meetpaal wordt ook een aansluitdraad naar de kathodisch beschermde leiding ondergebracht. Via een doorverbinding in de meetpaal wordt ook de coupon kathodisch beschermd. De coupon mag aanzien worden als een simulator voor de te beschermen leiding.

De coupon wordt naast de te beschermen leiding aangelegd, in dezelfde grondsoort.

(zie EN 13509:2003, Annex G, figuur c).



Figuur 17 – Principe MEP meting m.b.v. een "coupon"

Er bestaan referentie-elektroden met een aangebouwde coupon. Deze referentie-elektroden voldoen aan de volgende specificaties:

- Ingebouwde referentie-elektrode
  - Principe: verzadigd Cu/CuSO<sub>4</sub> elektrodes
  - Meetoppervlak : minimaal 50 cm<sup>2</sup>
  - Materiaal: keramisch vocht vasthoudend membraan
  - Stabiliteit: minimaal 10 mV bij 3,0 μA
  - Temperatuurbereik: minimaal 0° tot 60°C
- Ingebouwde coupons
  - Voorzien van 2 stalen coupons
  - Het oppervlak van de coupon en de eventuele shunt weerstanden worden berekend cfr. de voorschriften van de leverancier, uitgaande van de te beschermen leiding.  
Het oppervlak zal minimaal 1 cm<sup>2</sup> zijn.
- Geschikt voor plaatsing in droge bodems
- Levensduur: minimaal 20 jaar

De permanente opgestelde referentie-elektrode met een aangebouwde coupon is verder voorzien van drie aansluitdraden, die in de meetpaal eindigen:

1. Aansluitdraad van de ingebouwde Cu/CuSO<sub>4</sub> elektrode
2. Aansluitdraad van het coupon ("live")
3. Aansluitdraad van het coupon ("dead")



## 3.11. HERSTEL BEKLEDING KATHODISCH BESCHERMDE LEIDINGEN

Tabel 4 – Herstel bekleding

Kathodisch beschermde leiding	Uitwendige bekleding	Toegelaten herstelling * Beschadigingsoppervlakte		Eisen
staal	bitumen	≤ 10 x 10 mm stick met vulhars	] >10 x 10 mm overschuifbare krimpmoffen of omwikkelbare krimpband volgens TV/092/6 of koudverwerkbare wikkelbanden PE/butylrubber volgens TV/092/7	C50 volgens NBN EN 12068
staal	PE-bekleding (gewikkelde PE- butylband of cogeëxtrudeerde PE)			
siderocement	betonbekleding volgens TV/058/6	met betonspecie volgens fabrikant		zie fabrikant

(\*) De herstellingen uitwendige bekleding bitumen / PE moeten verplicht uitgevoerd worden door gekwalificeerde uitvoerder, zie ook respectievelijk technische voorschriften TV/092/6 en TV/092/7.

## 4. KATHODISCHE BESCHERMING VAN DUCTIEL GIETIJZEREN LEIDINGSYSTEMEN

De voorschriften voor het beschermen van stalen leidingen blijven geldig.

Voor ductiel gietijzeren buizen en hulpstukken in de nabijheid van geëlektrificeerde spoorlijn, bovengrondse hoogspanningsleidingen en in de omgeving van een anodebed.

In de onderstaande gevallen moet de ductiel gietijzeren leiding beschermd worden door een uitwendige PUR - of PE-bekleding, zie technische steekkaart T.V./058/3 "Ductiel gietijzeren buizen en hulpstukken".

- Wanneer een ductiel gietijzeren leiding een geëlektrificeerde spoorlijn (gelijkstroomtractie) kruist, zal de bescherming aangebracht worden 25 m langs weerszijde van de kruising, d.w.z. over een totale afstand van 50 m.
- Wanneer de ductiel gietijzeren leiding parallel ligt met een geëlektrificeerde spoorlijn (afstand kleiner dan 10 m tussen de leiding en de dichtstbijzijnde spoorrail), dient de leiding beschermd te worden over de ganse lengte van de parallelligging, lateraal vermeerderd met 25 m.
- Wanneer een ductiel gietijzeren leiding een geëlektrificeerde spoorlijn en/of een kathodisch beschermde leiding kruist of er evenwijdig mee loopt, moeten naast de andereopgelegde eisen alle voorziene flensverbindingen van deze ductiel gietijzeren leiding voorzien worden van een isolatievoeg.

- d. In de omgeving van een anode is de afstand in grote mate afhankelijk van de weerstand van de ondergrond en de stroomintensiteit ( $I_a$ ) van de anode.  
Men kan ook met volgende vuistregel rekening houden: indien de leiding een cirkel met een diameter van 100 m rondom het anodebed doorloopt, moet men de leiding bijkomend beschermen.
- e. Indien de leiding evenwijdig loopt binnen een afstand van 50 cm met een kathodisch beschermde leiding moet de leiding beschermd worden over de ganse lengte van parallellogram lateraal vermeerderd met een lengte van 25 m aan beide einden.
- f. Bij kruising van een kathodisch beschermde leiding moet de leiding over eenzelfde afstand beschermd worden als bij kruising van een spoorweg.
- g. Indien de leiding evenwijdig loopt met een bovengrondse hoogspanningsleiding moet ze beschermd worden binnen een afstand van :
- 30 m voor een spanning < 220 kV
  - 50 m voor een spanning  $\geq$  220 kV
- h. Indien de leiding een bovengrondse hoogspanningsleiding kruist moet zij bijkomend uitwendig bekleed worden binnen een cirkel van 50 m rond de voet van de pylon.

## 5. ADMINISTRATIEVE ASPECTEN

De aannemer is verplicht in zijn inschrijving melding te maken van het gebruikte systeem voor kathodische bescherming. Bovendien zal hij aan De Watergroep samen met het synoptisch plan een plan van kathodische bescherming ter goedkeuring voorleggen.

De aannemer dient de indienststelling van de kathodische beschermingsinstallaties te waarborgen, zodanig dat de bescherming van de buizeninstallatie voor 100 % verzekerd is op zijn laatste 75 werkdagen na de aanleg ervan.

De aannemer dient toelating te vragen voor het plaatsen van de kathodische beschermingsinstallatie aan alle betrokken diensten:

- voor rijkswegen: Agentschap wegen en verkeer (AWV)
- voor gemeentewegen: Stads- of Gemeentebestuur;
- N.M.B.S., Infrabel, trammaatschappij e.d. indien gebruik gemaakt wordt van een geëlektrificeerde rail of van een onderstation.

De aannemer staat in voor het aanvragen van de elektrische aansluiting bij de lokale distributienetbeheerder. De Watergroep staat in voor het aanvragen van een leveringscontract op dit aansluitpunt.

De KB-installatie wordt voorlopig en definitief opgeleverd.

Na de installatie moet de aannemer in drievoud een as built opleveringsdossier opleveren. In dit dossier zijn minstens de volgende zaken opgenomen:

1. Beschrijving van de werking van de installatie
2. De berekeningsnota's
3. Alle liggingplannen op schaal (anodebedden, KB-post, referentie-elektrodes, ...)
4. De datasheets en handleidingen van alle geleverde apparatuur

5. Alle keuringsattesten
6. ...

**Alle documenten** (*zelf geschreven documenten, handboeken, berekeningsnota's, ...*) **worden eveneens toegeleverd in elektronische vorm op een USB stick.**

De zelf gemaakte documenten worden toegeleverd in de volgende vorm:

Tabel 5 – Toegelaten formaten elektronische documenten

tekstverwerking	MS Word 2010, MS Excel 2010 (of hoger)
presentaties	MS Powerpoint 2010 (of hoger)
tekeningen, algemeen	Visio 2010 (of hoger) of Autocad dwg files
tekeningen, elektrisch	bij voorkeur Eplan P8 (versie 2.4) files
planningen	MS Project 2010 (of hoger)
algemene documenten	Acrobat Reader pdf files

De aannemer zal alle benodigde pdf/A files zo nodig volledig downloaden van het internet; een URL naar de plaats waar de informatie op het internet staat wordt niet aanvaard.

Elke file krijgt een zinnige, begrijpbare naam en wordt ingedeeld in een logisch opgebouwde boomstructuur.

Vooran in de boomstructuur wordt een MS Word 2010 file met als naam "index.docx" geplaatst. In deze file wordt een logisch overzicht gemaakt van alle aanwezige documenten, incl. de hyperlinks naar de documenten in de boomstructuur.

**Bijlage 1: elektrisch principeschema KB-post****A. Draaddoorsnede geleiders in LSB**

De bedrading in het LS bord is van het type VOBs, tenzij anders vermeld. De analoge kringen worden uitgevoerd in LiYCY kabel.

De sectie van de bedrading in het LS bord wordt bepaald uitgaande van de onderstaande tabel.

Tabel B1.1 – Doorsnede geleiders in het LS bord cf. EN 60439-1

beveiliging [A]	doorsnede draadwerk cf. EN 60439-1	
	zekeringen [mm <sup>2</sup> ]	automaten [mm <sup>2</sup> ]
2	1	1
4	1	1
6	1	1
10	1,5	1
16	2,5	1,5
20	4	2,5
25	4	4
32	6	4
40	10	6
50	10	10
63	16	10
80	25	16
100	35	25
125	60	55
≥ 125	Cu ETP barenstel verplicht	Cu ETP barenstel verplicht

**B. Draaddoorsnede beschermingsgeleiders**

De sectie van de bedrading in het LS bord wordt bepaald uitgaande van de onderstaande tabel.

Tabel B1.2 – Doorsnede beschermingsgeleiders in het LS bord cf. EN 60439-1

doorsnede van de fasegeleiders [mm <sup>2</sup> ]	doorsnede van de beschermingsgeleiders [mm <sup>2</sup> ]
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$\frac{S}{2}$

## C. Draadkleur

Het draadwerk in het LS bord wordt uitgevoerd in de onderstaande kleurencodes<sup>3</sup>:

Tabel B1.3 – Kleurencode geleiders in het LS bord cf. IEC 60757

functie	kleurencode
fasegeleiders sterkstroom	Zwart (black)
nulleider	Blauw/Lichtblauw (blue)
PE geleider, beschermingsgeleiders	
+ 24 V d.c./ 24 V a.c.	Paars (violet)
+ 48 V d.c. /48 V a.c.	Oranje
massa (0 V)	Grijs (grey)
potentiaalvrije contacten	Bruin (brown)
meetsignalen (mA, V, ...)	Wit (white)
vrij te gebruiken	Rood (red)
vrij te gebruiken	Roze (pink)
vrij te gebruiken	Turquoise
<u>verboden te gebruiken</u> (verwarring met PE)	Groen (green)
<u>verboden te gebruiken</u> (verwarring met PE)	Geel (yellow)

**Nota:** voor meetsignalen verdeeld in een LiCY kabel geldt deze kleurencode niet: de kleuren van de paren in de kabel worden gebruikt.

**Nota:** de volgende signalen worden als meetsignaal beschouwd en dienen bijgevolg in witte draad te worden uitgevoerd:

- bedrading tussen een elektrisch meettoestel en zijn eventuele meettrafo's (TI en/of TP's);
- bedrading tussen de differentieelschakelaars en hun torussen
- bedrading tussen niveaudetectieapparatuur en zijn elektrodes
- alle bedradingen tussen een versterker en zijn sensor welke niet in LiCY wordt uitgevoerd.

## D. Omgevingsfactoren

De omgeving waarin de opstelling wordt geplaatst wordt beschreven door de volgende omgevingsfactoren (cf. art. 19 AREI).

Tabel B1.4 – Omgevingsfactoren LS bord cf. AREI art. 19

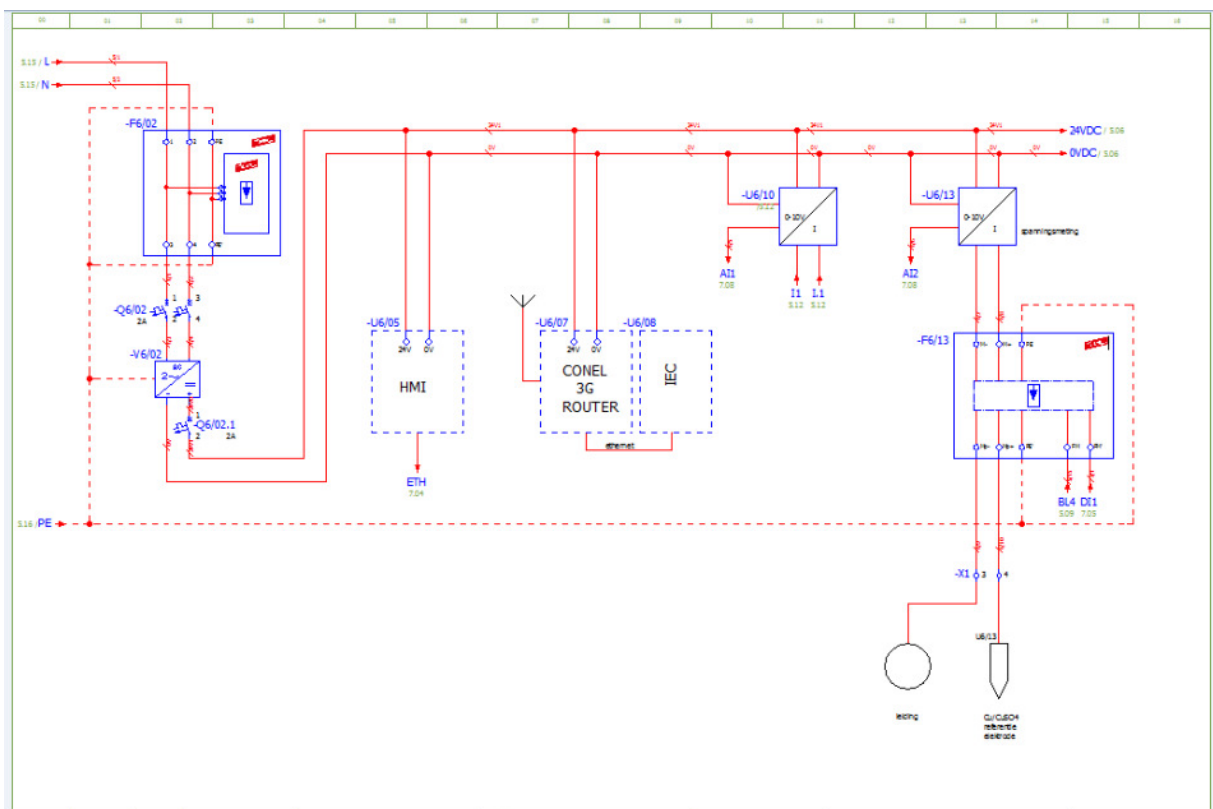
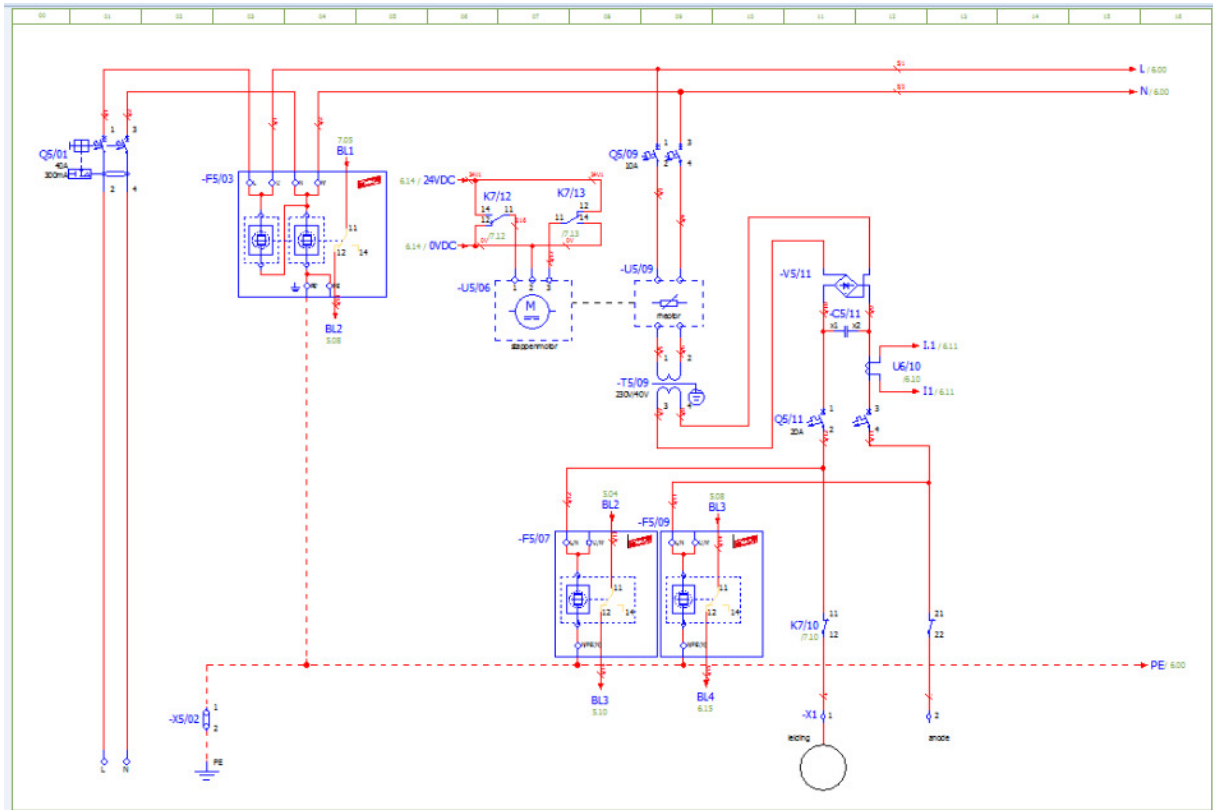
Classificatie	artikel AREI(*)			Omschrijving
	A	G	M	
AA4		144	225	omgevingstemperatuur
AD5	84	145	226	gevoeligheid aan water
AE4		-	227	vreemde vaste voorwerpen
AK4		149	231	flora en schimmels
AL2		149	231	fauna
AN2		-	232	zonnestraling
BA4	47	-	233	bekwaamheid van personen

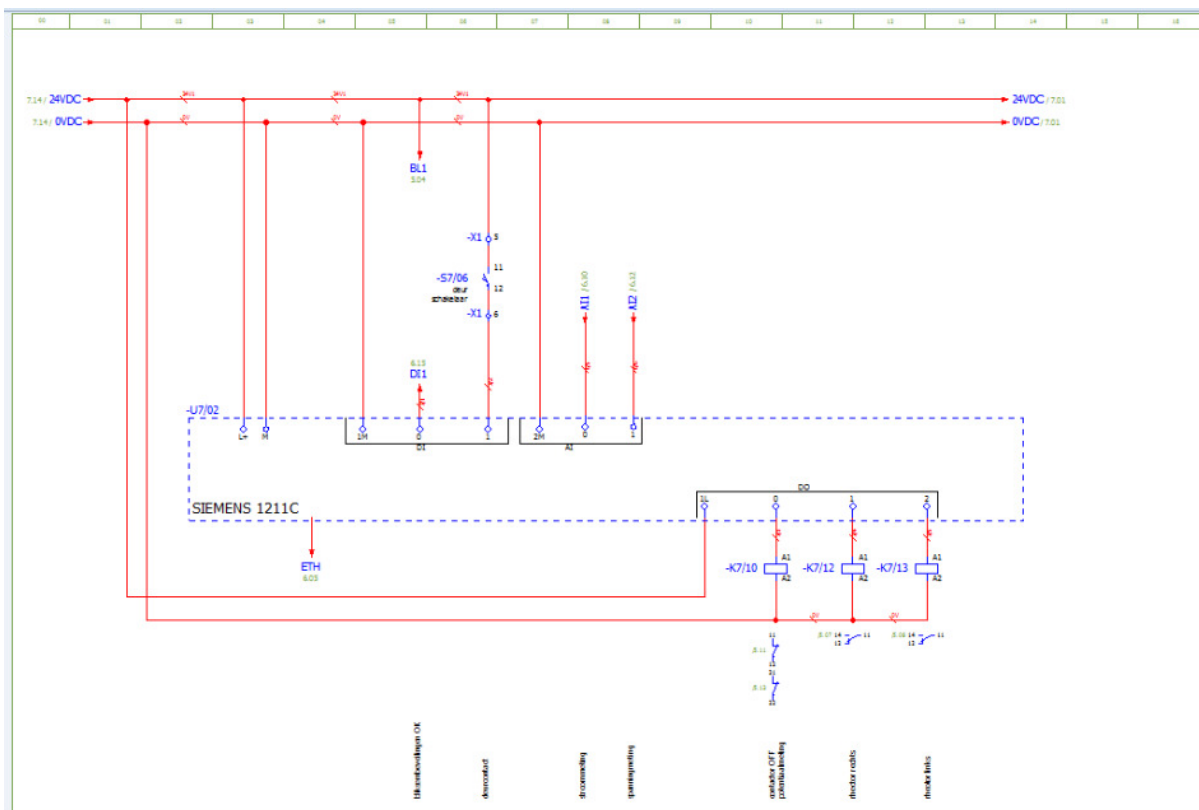
<sup>3</sup> draadkleuren cf. IEC 60757 "Code for designation of colours"

(\*)De artikels onder de kolom A zijn algemeen; deze onder de kolom G slaan op de geleiders en deze onder de kolom M op de machines.

E. Principeschema LS bord

Het LS bord wordt opgebouwd volgens de voorschriften vervat in de norm EN IEC 60204-1 "Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements".





onderdeelcodering	beschrijving	artikelnummer
Q5/01	differentieelautomaat 40 300mA	5SM36446BA
X5/02	aardingsonderbreker	legrand 34389
F5/03	bliksembeveiliging DEHNventil 2P	DV M TT 2P 255 FM
U5/06	motoraandrijving voor rheotor	THALHEIMER GMBH
Q5/09	automaat 2P 10A	SIE.55Y6210-7
U5/09	Rheotor BLOCK	ESS 106
T5/09	transformator BLOCK	ST/X B1501084
V5/11	gelijkrichterbrug	GBPC3510
C5/11	condensator 0.1F 63V	EPCOS B41580A8100M000
Q5/11	automaat 2P 20A	SIE.55Y6220-7
F5/07	overspanningsbeveiliging type 1+2 DEHNblock+DEHNguard	DBM 1 150 FM + DG S 150 FM
F5/09	overspanningsbeveiliging type 1+2 DEHNblock+DEHNguard	DBM 1 150 FM + DG S 150 FM
F6/02	bliksembeveiliging type 3 DEHnrail M 2P	DR M 2P 255
Q6/02	automaat 2P 2A	SIE.55Y6202-7
V6/02	omvormer 230VAC/24VDC	6EP13315BA10
Q6/02.1	elektronische zekering 1P 2A voet voor zekering	CB E1 24DC/2A S-C P 2800923 CB1/6-2/4 PT-BE 2800929
U6/05	HMI	6AV6 647-0AA11-3AX0
U6/07	conel 3G router	URS1 v2B SL
U6/08	IEC communicatiemodule	6ES7 243-1PX30-0XE0
U6/10	meetomvormer I/U	SENECA T201DCH
U6/13	meetomvormer I/U	SENECA K109LV
F6/13	overspanningsbeveiliging DEHN BLITZCONDUCTOR	BVT KKS APD 36
U6/13	referentie elektrode	SRE-007-CU4 Borin stelh
U7/02	CPU1211C	6ES7 211-1HE40-0XB0
K7/10	contactor	
K7/12	contactor	
K7/13	contactor	

## F. Functionele beschrijving van de werking van de PLC in het KB-bord

### F.1. Fysieke IO punten Siemens S7-1200, CPU 1211C

Tabel B1.5 – IO layout van de PLC

DI1	Alarm overspanningsbeveiliging
DI2	RESERVE
DI3	RESERVE
DI4	RESERVE
DI5	RESERVE
DI6	RESERVE
DO1	Rheotor links aansturen
DO2	Rheotor rechts aansturen
DO3	Contactoor sluiten
DO4	RESERVE
AI1	Stroommeting opgedrukte stroom (0-10 V) <sup>4</sup>
AI2	Spanningsmeting t.o.v. referentie-elektrode (0-10 V) <sup>5</sup>

### F.2. Noodzakelijke instelwaarden

- **Gewenste MEP<sup>6</sup> t.o.v. Cu/CuSO<sub>4</sub> elektrode**, in mV (ook ON-potentiaal genoemd).  
nota: Om voldoende beschermd te zijn dient de MEP over de volledige lengte van de leiding meer negatief te zijn dan -950 mV. Ter hoogte van de KB-post wordt een meer negatieve waarde ingesteld. Te negatieve MEP waarden kunnen schadelijk zijn voor de bekleding van de leiding.
- Status **“Normaal” / “Meting OFF-potentiaal”**
  - o “Normaal”: de KB-post drukt de nodige stroom op de leiding.
    - **“Ingesteld”**: een vaste, ingestelde stroomwaarde wordt opgedrukt;
    - **“Geregeld”**: de waarde van de opgedrukte stroom past zich aan op een gewenste waarde van de MEP op basis van een regelkring.
  - o “Meting OFF-potentiaal”: idem normaal, maar de KB-post schakelt de opgedrukte stroom aan/uit volgens een ingestelde duty-cycle. Als de stroom wordt afgeschakeld, is alle stroomdoorgang door de bodem, de leiding en de meetdraden geëlimineerd. Alle versturende spanningsverschillen (de zg. “IR-drop”) zijn hierdoor verdwenen. Ten gevolge van de polarisatie

<sup>4</sup> De accuraatheid van de stroommeting moet beter zijn dan 2,5% van de meetwaarde en de spanningsval over het meetapparaat mag maximaal 10 mV zijn (EN 13509:2003, annex I)

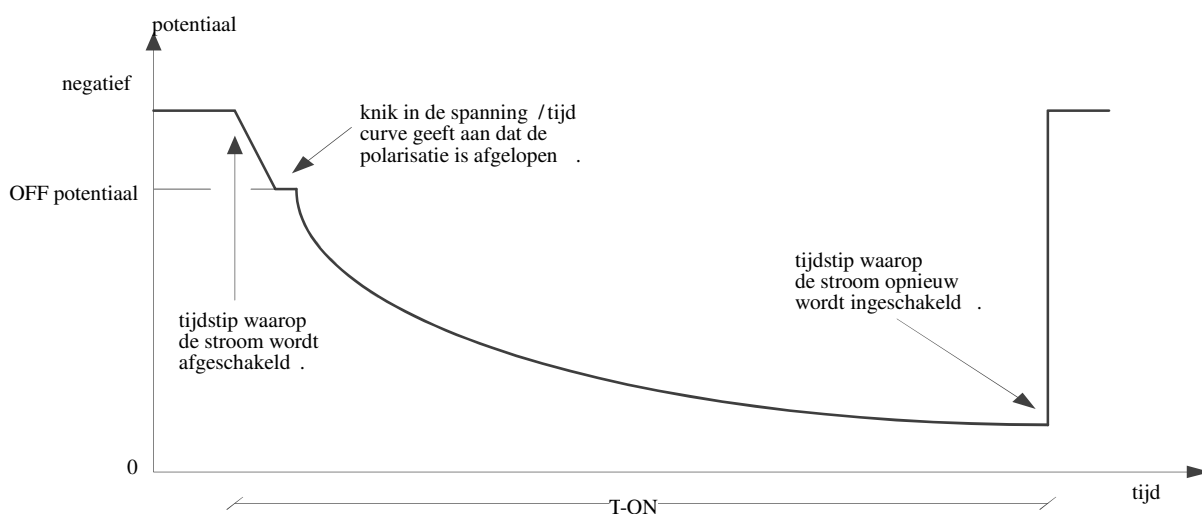
<sup>5</sup> De accuraatheid van de spanningsmeting moet beter zijn dan 2% F.S. (analoog) of beter zijn dan 1% van de meetwaarde (digitaal).

<sup>6</sup> Metaal Elektrolyt Potentiaal



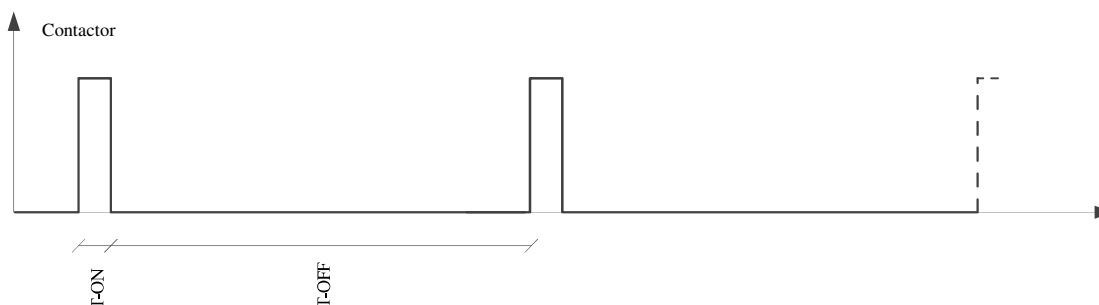
blijft het spanningsverschil tussen het elektrolyt (de grond) en de leiding korte tijd aanwezig. Deze spanning noemt men de OFF-potentiaal en is de potentiaal die we willen kennen om te beoordelen of de leiding al dan niet correct is beschermd. Hoe lang de OFF-potentiaal aanwezig blijft hangt af van de grondsoort. In kleigronden kan dit zeer lang zijn (weken?) terwijl in zandgronden dit seconden zullen zijn. (De MEP of ON-potentiaal is een schatter voor de OFF-potentiaal) (zie onderstaande figuren).

We stellen voor de OFF potentiaal bij conventie te meten 1 s na afschakelen van de stroom. De gemiddelde waarden van een aantal opeenvolgende metingen wordt berekend. De gemeten potentiaal moet meer negatief zijn dan -950 mV.



Figuur B1.1 – typisch verloop OFF-potentiaalmeting

- Duty cycle “meting OFF potentiaal”
  - **T-ON**: tijd van openen van de contactor in seconden (typisch 3 s)
  - **T-OFF**: tijd van sluiten van de contactor in seconden (typisch 57 s)



Figuur B1.2 – Duty-cycle contactor meting OFF-potentiaal

- Instelling **meetduur manuele OFF-potentiaal meting**, in minute (bv. 120 min).

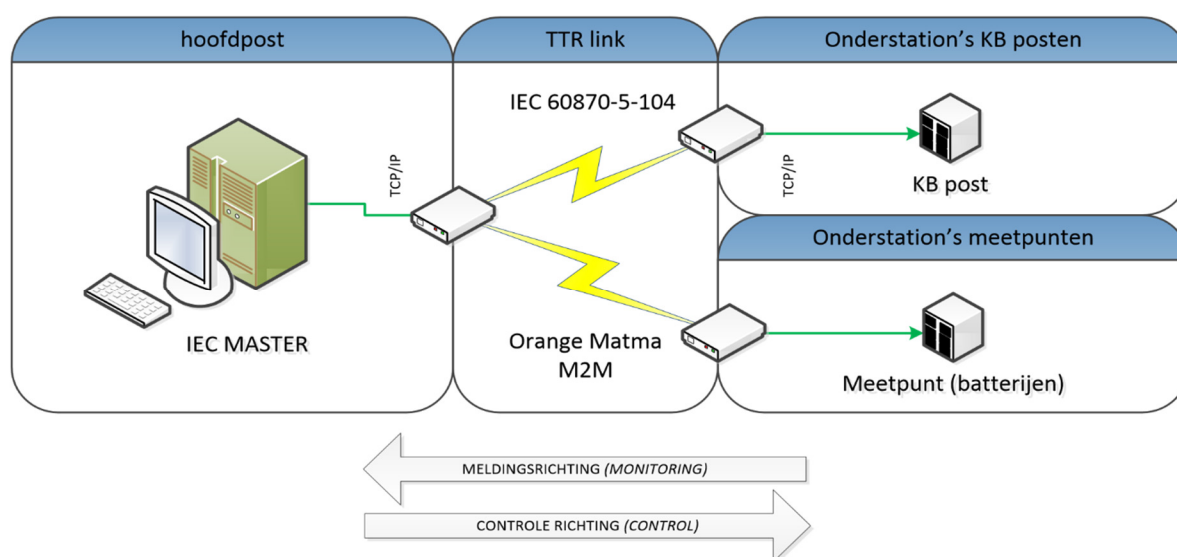
Al deze waarden kunnen ingesteld worden via een (kleine) lokale HMI of via de telemetrie.

### F.3. Noodzakelijke lokale visualisatie

Het onderstaande wordt op de lokale HMI voorzien:

- De waarde van alle ingestelde parameters (zie hierboven);
- De waarde van de MEP ter hoogte van de KB-post in mV;
- De waarde van de opgedrukte stroom in mA;
- De alarmen (functioneel en technisch);
- De diagnosegegevens van de PLC an sich.

### F.4. Koppeling met telemetrie / SCADA



Figuur B1.3 – opbouw van de communicatie volgens het IEC 60870-5-104 protocol

#### Meldingsrichting

- Status overspanningsbeveiliging: OK / NOK  
type: Single point information with time tag CP56Time2a (M\_SP\_TB\_1, 30), on change
- Status werking: normaal / meting OFF potentiaal  
type Single point information with time tag CP56Time2a (M\_SP\_TB\_1, 30), on change
- *Ist-wert* MEP potentiaal t.o.v. Cu/CuSO<sub>4</sub> referentie-elektrode, in mV  
type: Measured value, short floating point value with time tag CP56Time2a (M\_ME\_TF\_1, 36),  
periodiek (bv. elke dag om 00:00 h en  $\Delta$ -event)
- *Ist-wert* opgedrukte stroom, in mA  
type: Measured value, short floating point value with time tag CP56Time2a (M\_ME\_TF\_1, 36),  
periodiek (bv. elke dag om 00:00 h en  $\Delta$ event)

*Controlerichting*

- Gewenste werking: normaal / meting OFF potentiaal  
type: Single command (SCO) (C\_SC\_NA\_1,45), persistent output, on change
- *Ist-wert* MEP potentiaal t.o.v. CuSO<sub>4</sub> referentie-elektrode, in mV (typ. ≈ -1000 mV)  
(indien strategisch meetpunt beschikbaar)  
type: Setpoint command, short floating point value (C\_SE\_NC\_1, 50), on change
- *Soll-wert* MEP potentiaal t.o.v. Cu/CuSO<sub>4</sub> referentie-elektrode, in mV (typ. ≈ -1000 mV)  
type: Setpoint command, short floating point value (C\_SE\_NC\_1, 50), on change

## F.5. PROCESSEN

De volgende processen worden geprogrammeerd:

*Werking van de installatie*

Er zijn twee werkingsmodi. De keuze tussen beiden wordt gemaakt door het manipuleren van de merker "Status werking" (via de telemetrie) of door het duwen op de drukknop "Meting OFF potentiaal" op de HMI in het LS bord.

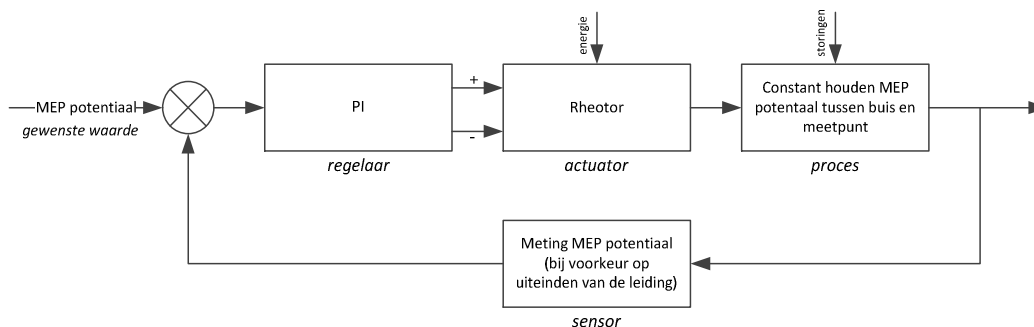
- Via de telemetrie kan men beide modi instellen en blijven deze behouden tot ze terug worden aangepast.
- Via de drukknop "Meting OFF potentiaal" op de HMI in het LS bord wordt overgeschakeld van de modus "Normale werking" naar de modus "Meting OFF potentiaal" gedurende een ingestelde tijd (bv. 2 uur). Na deze tijd gaat men terug over naar de modus "Normale werking".

Tabel B1.6 – schema werkingsmodi KB-posten

Normale werking		Meting OFF potentiaal
De contactor is gesloten		De contactor wordt geopend en gesloten volgens een ingestelde duty cycle.
Instelling	Regeling	
De MEP potentiaal wordt ingesteld op vaste waarde door het instellen van rheotor en blijft nadien onveranderd.	De MEP potentiaal wordt via een trage PI regelaar geregeld op de gewenste MEP potentiaal (zie lager). Door deze regelactie zal de waarde van de opgedrukte stroom veranderen.	De MEP potentiaal wordt via een trage PI regelaar geregeld op de gewenste MEP een potentiaal (zie lager). Door deze regelactie zal de waarde van de opgedrukte stroom veranderen.
De meting van MEP en de opgedrukte stroom wordt 1 keer per dag doorgestuurd naar de hoofdpst.		De transmissie van de meting van de MEP potentiaal gebeurt (veel) sneller dan normaal (fracties van seconden)

Het blokschema van de te gebruiken regelkring is hieronder voorgesteld.

- De gewenste waarde (*soll wert*) van de MEP potentiaal wordt ingesteld (lokaal of via de telemetrie).
- De gemeten waarde (*ist wert*) kan uit twee bronnen bekomen worden:
  - Lokale meting op de KB-post;
  - Meting op een strategisch punt (bv. de uiteinden van de te beschermen leiding), welke dan via de telemetrie wordt doorgegeven.



Figuur B1.4 – blokschema regelkring MEP potentiaal ter hoogte van de KB post

Alarmverwerking - Functionele alarmen

Tabel B1.7 – analyse functionele werking KB-post

	J laag	J hoog	J variabel
E <sub>ON</sub> laag	Weinig stroom nodig om E <sub>ON</sub> laag te krijgen. KB post werkt correct. KB werkt correct.	Veel stroom nodig om E <sub>ON</sub> laag te krijgen. KB post werkt correct. KB werkt correct, maar onderzoek nodig	
E <sub>ON</sub> hoog	Bijsturen van de KB post noodzakelijk.  KB werkt niet correct.	KB post werkt maximaal en kan E <sub>ON</sub> niet voldoende laag krijgen. KB werkt niet correct.	
E <sub>ON</sub> variabel			KB post defect? Zwerfstromen?

E<sub>ON</sub> laag, d.w.z. voldoende negatief

E<sub>ON</sub> hoog, d.w.z. niet voldoende negatief

De installatie werkt functioneel niet meer correct indien:

- De MEP en/of de opgedrukte stroom niet stabiel is
- De ist wert van de MEP potentiaal te hoog is (niet voldoende negatief, richtwaarde -850 mV)
- De ist wert van de opgedrukte stroom op de maximale waarde blijft hangen.

---

De PLC kan dit enkel vaststellen, maar niets doen. Het heeft weinig zin deze data apart naar de hoofdpst te versturen, daar deze dit ook autonoom kan vaststellen en een alarm creëren.

#### *Alarmverwerking - Overspanningsbeveiliging*

Wanneer het IO punt "overspanningsbeveiliging" actief wordt, wordt een alarm naar de hoofdpst verstuurd. Er wordt verder geen actie ondernomen.

\*

\*

\*