

## Kathodische bescherming



### Introductie

De meeste staalsoorten die in de constructiepraktijk worden toegepast zijn thermodynamisch niet stabiel, staal wordt aangetast door (elektro)chemische processen. In aanwezigheid van een elektrolyt, ofwel vocht, verloopt de aantasting hoofdzakelijk door elektrochemische reacties aan het blootgestelde oppervlak, corrosie. In de praktijk is het alleen mogelijk de snelheid te beïnvloeden waarmee deze aantasting plaatsvindt.

Schade als gevolg van corrosie aan ondergrondse structuren kan worden beperkt door:

- Het nemen van maatregelen die de corrosiviteit van het milieu beïnvloeden
- Het aanbrengen van een passieve of actieve metaalbescherming

Een passieve metaalbescherming bestaat uit het aanbrengen van een bekleding of deklaag op het metaal, zodanig dat tussen het metaal en het omringende milieu een isolerende werking ontstaat.

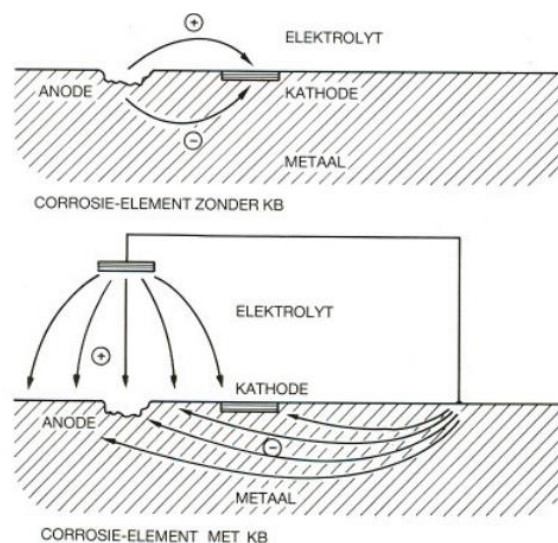
Een actieve metaalbescherming bestaat uit een kathodische bescherming, een verlaging van de elektrochemische potentiaal van het metaal ten opzichte van het omringende milieu in de negatieve richting door het metaal geleidend te verbinden met een minder edel metaal. Het te beschermen metaal wordt op deze manier tot kathode gemaakt.

Bij volledige kathodische bescherming wordt aan het te beschermen metaaloppervlak zoveel stroom toegevoerd, dat aan het grensvlak van het metaal met het omringende milieu (elektrolyt) geen corrosiestromen meer uit het metaal treden. Bij onvolledige bescherming resteert een geringe corrosiestroom die tot een, minimale, aantasting van het metaal kan leiden.

## Kathodische bescherming



wtcb.be  
Onderzoek • Getuigheit • Informatie



*Corrosie-element voor en na toepassing van kathodische bescherming*

Kathodische bescherming vindt in de praktijk steeds meer toepassing, met name op staalconstructies die aan een agressief milieu zijn blootgesteld ofwel in direct contact staan met waterige oplossingen, verontreinigd water, grond en beton. In principe twee methodieken staan ter beschikking voor kathodische bescherming ofwel het opwekken van de benodigde beschermstroom door elektronen aan het staal toe te voeren:

- Het toepassen van galvanische anoden,
- Het toepassen van opgedrukte stroom middels een secundaire (uitwendige) stroombron

### Galvanische anoden

De benodigde beschermstroom wordt ontleend aan een metaal dat in het betreffende milieu elektronegatiever, minder edel, is dan het metaal dat beschermd moet worden, met andere woorden aan een metaal dat een relatief overschot aan elektronen bezit.

Wanneer twee verschillende metalen met elkaar worden verbonden terwijl ze beide met elkaar in contact staan middels een elektrolyt, zal een galvanische cel worden gevormd. De drijvende elektrische spanning wordt veroorzaakt door het potentiaalverschil dat aanvankelijk tussen beide metalen aanwezig is. Binnen een gesloten elektrisch circuit bestaande uit staal, anode en bodem, zal dit potentiaalverschil tussen staal

## Kathodische bescherming



en anode een stroom opwekken. De negatievere elektrode gedraagt zich als anode die elektronen levert, en daardoor ook sneller in oplossing gaat. De positievere elektrode gedraagt zich als kathode die minder snel zal oplossen. De toepassing van galvanische anoden is gebaseerd op dit fenomeen van spontane galvanische wisselwerking, waarbij het anodemateriaal wordt verbruikt ter bescherming van de staalconstructie. De grootte van de drijvende elektrische spanning is afhankelijk van de gekozen metalen en het milieu waarin beide zijn blootgesteld.

Anoden worden in het algemeen vervaardigd uit zink, aluminium of magnesium, al dan niet gelegeerd. Deze hebben een lagere elektrochemische potentiaal dan het merendeel van de te beschermen metalen. Magnesium wordt veelvuldig toegepast in de bodem, aluminium wordt vooral toegepast in zeewater, terwijl zink in zowel de bodem als zeewater toepassingen vindt. Magnesium wordt gekenmerkt door een hoge eigen corrosiesnelheid. Aluminium heeft een relatief hoge elektrochemische capaciteit, dat wil zeggen hoeveelheid (nuttige) elektrische lading per kilogram materiaal dat in oplossing gaat, zink een relatief lage.

Het gebruik van galvanische anoden heeft een grote flexibiliteit, deze kunnen onafhankelijk van de beschikbaarheid van een secundaire stroombron over het te beschermen metaal verdeeld worden. Nadeel is dat de beschikbare elektrochemische potentiaal beperkt is tot het spanningsverschil tussen de metalen van de anode en de kathodisch te beschermen constructie. Bovendien is de levensduur van anoden beperkt, deze gaan in oplossing en dienen deze na verloop van tijd vervangen te worden. Met simulaties kan het benodigde oppervlak en volume berekend worden. Ook de plaats waar de anode komt is van belang. Zo wordt een grote stalen plaat maar aan beschermd met aan weerszijden van de plaat sacrificiële anoden in de bodem, met anoden aan slechts één zijde wordt enkel die kant van de plaat afdoende beschermd.

De toepassing van galvanische anoden wordt typisch gekenmerkt door een groot aantal anodes die op een korte afstand, in het algemeen minder dan een halve meter, tot het te beschermen metaaloppervlak door middel van direct elektrisch contact moeten worden aangebracht.

### Opgedrukte stroom

Bij systemen met opgedrukte stroom wordt de potentiaalverlaging voor de gewenste bescherming verkregen door de benodigde elektrische lading te onttrekken aan een externe stroombron. In de meeste gevallen wordt gebruik gemaakt van gelijkrichters, die speciaal voor het betreffende doel zijn ontworpen, in combinatie met inerte anoden. De potentiaal van de te beschermen constructie wordt verlaagd door een koppeling van de constructie met de negatieve pool van een externe gelijkstroombron. De positieve

## Kathodische bescherming



pool van e gelijkstroombron wordt gekoppeld aan een inerte hulpelektrode. Hierbij ontstaat een galvanische cel, waarbij de te beschermen constructie fungeert als kathode en de hulpelektrode als anode.

Voor constructies onder niet stationaire toestanden kan gebruik gemaakt worden van gestuurde gelijkrichters waarbij de gelijkstroom die nodig is om een beschermpotential te handhaven automatisch wordt ingesteld. Voornaamste inerte anodematerialen zijn koolstof (grafiet), siliciumijzer en geplatineerd titanium. De optredende anodereacties betreffen de ontleding van water onder vorming van zuurstofgas of de oxidatie van opgeloste chloride ionen. De levensduur van anoden kan worden verlengd, en de stroomverdeling verder verbeterd, door er een speciaal, elektrisch geleidend, materiaal omheen te storten. Voor een dergelijk 'grondbed' of 'anodebed' worden meestal cokes en grafiet gebruikt. Kant-en-klare systemen zijn beschikbaar, waarbij anodekabels vervaardigd uit een geleidend polymeer omhuld zijn met koolstofmateriaal en het geheel verpakt is in een doorlatende nylon hoes.

En groot voordeel van deze methode is dat de uitgangsspanning en daarmee de stroomsterkte van de externe stroombron over een willekeurig groot bereik geregeld kan worden. Een hogere drijvende kracht betekent ook dat, in vergelijking met galvanische beschermingssystemen, minder anodes nodig zijn. Bij systemen met opgedrukte stroom wordt een klein aantal chemisch inerte anodes op grote afstand, soms tientallen meters, van het te beschermen metaaloppervlak geplaatst. Ook is deze methode minder afhankelijk van de aanwezigheid elektrolyt en de geleidbaarheid daarvan.

### Galvanische anoden versus opgedrukte stroom

Voor koolstofstaal en laaggelegeerde staalsoorten moet kathodische bescherming vooral worden beschouwd als een techniek waarmee corrosie kan worden gecontroleerd en niet waarmee corrosie volledig kan worden geëlimineerd. De resterende aantastingssnelheid kan tot zeer lage waarden worden teruggedrongen. Kathodische bescherming kan bovendien mogelijk niet volledig effectief zijn onder omstandigheden van microbiële corrosie. Dit geldt eveneens voor oppervlakken die moeilijk bereikbaar zijn voor de beschermstroom, zoals in nauwe spleten.

Grote voordelen van een opgedrukt stroomsysteem zijn een automatische controle en de beschikbare overcapaciteit. De automatische controle compenseert de natuurlijke variaties in bodemcondities. De overcapaciteit komt van pas bij beschadigingen van aangebrachte coatings. Grote voordelen van galvanische anoden zijn de betrouwbare werking en het minimale benodigde onderhoud gedurende de levensduur. Tabel 1 geeft een vergelijking van beide methodieken voor kathodische bescherming.

## Kathodische bescherming



In het algemeen, is kathodische bescherming met behulp van galvanische anoden aangewezen bij bodems met een resistiviteit lager dan 5 kOhm.cm, wanneer slechts kleine beschermstromen nodig zijn, en bij afwezigheid van zwerfstromen. In andere gevallen verdient een kathodische bescherming met opgedrukte stroom de voorkeur.

### *Vergelijking methodieken galvanische anoden en opgedrukte stroom*

<b>Galvanische anoden</b>	<b>Opedrukte stroom</b>
Onafhankelijk van stroombron	Vereist een elektrische voeding
Inspectie vraagt testen, met draagbare apparatuur, voor elke anode of tussen twee naburige anoden	Maakt inspectie op weinig locaties noodzakelijk, draagbare apparatuur kan worden aangesloten op voedingspunten met gemakkelijke toegang
Eenvoudig te installeren, uitbreidingen kunnen indien nodig worden aangebracht totdat het gewenste effect is bereikt	Vraagt een zorgvuldig initieel ontwerp, hoewel de stroomafgifte gemakkelijk kan worden aangepast in functie van onvoorziene of veranderende condities
Gebruik praktisch in bodem met een lage specifieke weerstand	Gebruik wordt vrijwel niet beperkt door specifieke weerstand van de bodem
Grote te beschermen objecten vragen anodes op een groot aantal locaties. De levensduur varieert met de omstandigheden zodat vervangingen op verschillende tijdstippen nodig kunnen zijn op verschillende locaties van een systeem	Vraagt over het algemeen slechts een beperkt aantal anodes
Minder waarschijnlijk dat beïnvloeding van nabijgelegen constructies optreedt aangezien de stroomafgifte laag is	Vraagt controle van mogelijke beïnvloeding van nabijgelegen constructies
Stroomafgifte kan niet worden gecontroleerd maar de stroom heeft de neiging zelfregelend te zijn omdat de condities zodanig veranderen in de tijd dat het te beschermen metaal minder negatief wordt. Hierdoor nemen de drijvende spanning en stroomsterkte toe.	Vraagt (automatisch uit te voeren) controles om potentialen binnen beperkte grenzen te handhaven. Omdat de drijvende spanning typisch groter is dan bij galvanische anoden, kunnen de effecten van een niet juiste aanpassing, zoals beschadiging van coatings, groter zijn.
Ook de bevestigingen worden kathodisch beschermd	Vraagt een perfecte isolatie van de verbindingen die met de positieve pool van een gelijkrichter verbonden zijn én

## Kathodische bescherming



wtcb.be  
Onderzoek • Getuigkatt • Informatie



in contact staan met de bodem om corrosie van deze verbindingen te vermijden

Kunnen niet verkeerd worden verbonden zodat de polariteit omkeert

Vraagt dat tijdens activeren van het systeem de polariteit gecontroleerd wordt aangezien een verkeerde verbinding ofwel omgekeerde polariteit corrosie juist kan versnellen

### Bronnen

J.J.W. Gulikers, Kathodische beschermingsystemen voor stalen damwanden, Stafafdeling Bouwspeurwerk, 2000

A.G.C. Kobussen, B.H. Wijngaard, Kathodische en anodische bescherming, Nederlands Corrosie Centrum (NCC)

W. Bogaerts, Corrosie van ondergrondse structuren, VLAREM II – Reglementering, criteria en interpretatie