



Handreiking Duurzaamheid Staalconservering

Datum	9 februari 2022
Versie	1.0
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door Steunpunt Conserveringskennis
Auteur Branco Schipper (SGS Search)
Informatie Steunpunt Conserveringskennis
Telefoon 06-11526438
E-mail conserveringskennis@rws.nl

Datum 9 februari 2022
Versie 1.0
Status Definitief

Versiebeheer

1.0	4 maart 2022	Branco Schipper

Inhoud

Inleiding 4

1 Algemeen/Scope 5

1.1 Duurzaamheid 5

1.2 Materiaalkeuze 6

1.3 Scope 6

1.3.1 Beschermingstechniek – met duurzaamheidsgegevens 6

1.3.2 Ontwikkelingen 7

2 Keuze conserveringstechniek 8

2.1 Duurzaamheid keuzematrix 8

2.2 Toelichting afweging duurzaamheid conserveren per objecttype 11

2.2.1 Vermoeiingsgevoelige constructies 11

2.2.2 Niet-vermoeiingsgevoelige constructies 11

2.2.2.1 Lange levensduur 11

2.2.2.2 Korte levensduur 11

2.2.3 Vermoeiingsgevoelige constructie met niet-vermoeiingsgevoelige onderdelen 12

2.2.4 Damwanden 12

2.2.5 Remming- en geleidewerken + aanleg constructies en steigers/pontons 12

2.2.6 Sluisdeuren 12

2.2.7 Waterkerende middelen 12

2.2.8 Krooshekken 13

2.3 Invloed levensduur en onderhoudsregime 13

2.4 Geen conservering 14

Inleiding

Staalconservering en kathodische bescherming wordt toegepast om staalconstructies en stalen onderdelen te beschermen tegen corrosie door de invloeden van weer en water, zodat deze langdurig gebruikt kunnen worden. Binnen Rijkswaterstaat hebben we een duurzaamheidsambitie, waarbij past dat we ook duurzaam conserveren.

In het kader hiervan is in aanvulling op de technische eisen gesteld in de

- RTD 1029 Eisen aan kathodische bescherming voor waterbouwkundige staalconstructies en de
- RTD 1032 Eisen staalconserveren,

dit document/hoofdstuk opgesteld welke een projectteam helpt om de meest duurzame keuze te maken om een object te conserveren.

Het brede begrip duurzaam(heid) staat daarbij centraal; duurzaam in de zin van langdurig gebruik, maar ook duurzaamheid als brede term voor het reduceren van milieubelasting.

Indien de technische eisen aan de conserveringskeuze van het type conserveringssysteem het toelaten, is het wenselijk te kiezen voor de *duurzaamste* optie van conservering – zijnde het systeem met de minste milieubelasting, want alles wat we doen binnen Rijkswaterstaat, doen we duurzaam.

Dit document gaat in op de milieubelasting van staalconservering en heeft als doel de lezer te sturen naar de beste optie van staalconservering voor verscheidene toepassingen.

1 Algemeen/Scope

1.1 Duurzaamheid

Het ministerie van IenW heeft de ambitie uiterlijk in 2030 volledig klimaatneutraal te zijn en circulair te werken. Rijkswaterstaat heeft, als uitvoeringsorganisatie van IenW, deze ambities omarmd. De Strategie Naar klimaatneutrale en circulaire Rijksinfrastructuurprojecten (KCI) moet helpen om de gestelde ambities te realiseren, waarbij duurzaam inkopen een van de instrumenten die wordt ingezet. Rijkswaterstaat streeft ernaar om duurzaam inkopen bij de aanbesteding van infrastructuurprojecten op uniforme wijze vorm te geven, conform de Aanpak Duurzaam GWW. Een van de inkoopinstrumenten om te sturen op klimaatneutrale en circulaire producten of oplossingen is de Milieu Kosten Indicator (MKI). In aansluiting hierop wordt ook in dit document de mate van duurzaamheid (milieubelasting) gekwantificeerd aan de hand van levenscyclusanalyse (LCA) en de MKI.

LCA is een rekenmethode waarmee de milieubelasting wordt berekend van de gehele levenscyclus van een product. Elf verschillende milieu-impactcategorieën worden berekend met LCA, naast andere indicatoren. Onder meer klimaatverandering (in kg CO₂-eq), ozonlaagaantasting, verzuring, en toxicologische effecten zijn onderdeel van de berekening. De milieubelasting van de verschillende categorieën wordt gewogen en uitgedrukt in een 1-punts score, de milieukostenindicator, uitgedrukt in euro. Aan de hand van de MKI kunnen verschillende conserveringstechnieken worden vergeleken. Het is echter wel noodzakelijk dat conserveringstechnieken op een gelijkwaardige manier worden vergeleken. Dit wordt binnen de LCA methode gedaan aan de hand van een functionele eenheid, waarin onder andere de eenheid (kg, m²), de levensduur en technische eisen kunnen worden verwerkt. In dit document worden de conserveringstechnieken vergeleken aan de hand van de functionele eenheid m²/jaar.

In dit document wordt aangegrepen op eerder uitgevoerd generieke (categorie 3) LCA's. De achtergrond gegevens van deze berekening zijn openbaar, te downloaden via de website van de Nationale Milieudatabase (NMD). Naarmate meer generieke LCA's worden uitgewerkt specifiek over conservering van staal kunnen deze aan dit document worden toegevoegd.

De MKI waarden uit de generieke LCA's worden uiteengezet voor meerdere toepassingen in twee keuzematrices. Op basis van de matrices kan men snel en eenvoudig de duurzaamste conserveringstechniek vinden. De uiteindelijke keuze voor type staalconservering is echter afhankelijk van meer dan duurzaamheid alleen. Onder andere de gestelde eisen, de vormgeving, de toepassing, en de (snelheid van) degradatie van het conserveringssysteem (afhankelijk van de omstandigheden waarin de constructie zich bevindt), zijn van belang. De MKI waarden (of range aan waarden) uit de categorie 3 (generieke) LCA's zijn tot stand gekomen op basis van aangenomen omstandigheden. Specifieke situaties kunnen echter anders zijn dan waarvoor de MKI is berekend, met gevolg voor de daadwerkelijke milieu impact. In sommige gevallen kunnen specifieke omstandigheden leiden tot een andere keuze dan degene die naar voren zal komen in de keuzematrices. Voorbeelden van zulke situaties zullen worden beschreven en daarbij wordt het effect op de MKI meegegeven. Deze kennis kan men voor

specifieke situaties meewegen om een betere afweging op het vlak van duurzaamheid te maken.

1.2 Materiaalkeuze

Voorafgaand aan de keuze van de staalconserveringstechniek dient er allereerst een keuze gemaakt te worden voor het materiaal van de constructie voor de betreffende toepassing. Alternatieven van staal (aluminium, beton, kunststof, hout, RVS) hebben mogelijk geen conservering nodig. In totaal leidt een andere materiaal keuze wellicht tot een duurzamere optie. Echter, deze discussie is geen onderdeel van dit document. Wanneer een constructie van staal wordt gemaakt kan worden gekozen voor verschillende typen conservering, afhankelijk van de omstandigheden. Niet conserveren en afroesten compenseren door middel van overdimensionering kan ook een optie zijn. Deze laatste optie wordt op het gebied van duurzaamheid ook toegelicht in dit document.

1.3 Scope

Dit hoofdstuk behandelt uitsluitend duurzaamheid en milieubelasting omtrent staalbescherming. Daaronder wordt verstaan conserveringssystemen zoals verflagen (natlak), thermisch verzinken, thermisch gespoten deklagen en combinaties van deze lagen zoals beschreven in RTD 1032, maar ook kathodische bescherming met opofferingsanodes of opgedrukte stroom zoals beschreven in RTD 1029. De begrippen en exacte definities die in dit document worden gebruikt zijn op te zoeken in RTD 1029 en 1032.

1.3.1 *Beschermingstechniek – met duurzaamheidsgegevens*

In de onderstaande opsomming wordt beschreven welke conserveringstechnieken aan bod komen in dit document, en de verschillen binnen de technieken.

- Verfsysteem – Betreft de som van verflagen die is aangebracht op een stalen ondergrond
 - Verfsystemen moeten bij atmosferisch belasting voldoen aan de hoogste corrosiebelastingscategorie (C5) waardoor een langere onderhoudsvrije periode wordt afgedwongen, indien het object niet in corrosiebelastingscategorie C5, maar C4 of C3 staat. We hebben bij onze objecten natuurlijk wel te maken met microklimaten op bepaalde delen van de brug.
 - Om oude verflagen te verwijderen kunnen verschillende verwijderingstechnieken worden gebruikt.
- Metallieke deklagen – Betreft een deklaag van metaal (aluminium of zink)
 - Thermisch verzinken
 - Metalliseren (thermisch spuiten). De deklaag kan bestaan uit
 - Zink
 - Aluminium
 - Legering van zink en aluminium (ZnAl15)
- Duplex systeem – een combinatie systeem van twee conserveringstechnieken
 - Thermisch verzinken + verfsysteem (nog geen LCA berekening beschikbaar)
 - Metalliseren + verfsysteem

- Kathodisch beschermen – voorkomt corrosie in de immersiezone (alleen onder water)
 - Opofferingsanodes
 - Verschillende typen anodes beschikbaar, welke afhankelijk van de omstandigheden worden toegepast:
 - Aluminium
 - Zink (nog geen LCA berekening beschikbaar)
 - Magnesium (nog geen LCA berekening beschikbaar)
 - Ogedrukte stroom
 - Combinatie kathodische bescherming met verfsysteem (nog geen LCA berekening beschikbaar)

1.3.2 *Ontwikkelingen*

Naast de huidige beschikbare en op milieubelasting onderzochte technieken, worden ook nieuwe technieken ontwikkeld. Deze worden nog niet veel toegepast, maar zouden de potentie kunnen hebben een reductie van milieubelasting te realiseren. Dat moet echter nog worden onderzocht. In onderstaande lijst zijn een aantal voorbeelden van technieken in ontwikkeling genoemd. Onderzoek moet uitwijzen of deze technieken ook daadwerkelijk duurzamer zijn, daar kan op voorhand nog niet van worden uitgegaan.

Voorbeelden:

- Oplosmiddelvrije systemen
- Hernieuwbare grondstoffen als basis (bindmiddel) van de verf (dus niet op basis van aardolieproducten)
- Keramische coating
- Nieuwe verwijderingstechnieken voor verfsystemen, zoals inductie reinigen en laser reinigen, zonder de combinatie met nastralen.

2 Keuze conserveringstechniek

2.1 Duurzaamheid keuzematrix

In de onderstaande keuzematrixes worden de verschillende conserveringstechnieken beoordeeld op hun toepasselijkheid bij brede toepassingsgroepen en hun milieubelasting. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een matrix voor toepassingen boven de waterlijn (atmosferisch) en een matrix voor toepassingen onder de waterlijn (immersie).

In de matrix voor atmosferische conservering staat per conserveringstechniek aangegeven wat de berekende MKI is en de levensduur waarop de MKI betrekking heeft. De levensduur kan afwijken van de gebruikelijke levensduur gesteld in RTD 1032, omdat onderhoud onderdeel is van de LCA. De levensduur van een natlak systeem zou doorgaans hoog moeten zijn (>25 jaar). In de generieke LCA wordt rekening gehouden met tweemaal klein onderhoud en eenmaal groot onderhoud, waarmee in atmosferische omstandigheden een levensduur van 100 jaar bereikt kan worden. De levensduur is geen exact gegeven, deze is namelijk afhankelijk van onder andere de (weers-/milieu)omstandigheden en de kwaliteit van applicatie. Voor immersie ligt de onderhoudsfrequentie hoger, en gelden andere MKI getallen. Voor afwijkende onderhoudsregime kan op basis van verschillen grofweg bepaald worden wat het effect op de MKI is. Zie hiervoor de paragraaf 2.3 over invloed van levensduur en onderhoudsregimes.
















De MKI en levensduur worden in de matrices gecombineerd tot een MKI per m² per levensduur. Zo zijn de conserveringssystemen gelijkwaardig te beoordelen (alhoewel nog zonder specifieke kwaliteiten of specificaties). De generieke LCA's waarop de MKI getallen in de matrices zijn gebaseerd zijn elk berekend aan de hand van een specifieke levensduur. Het advies voor een conserveringstechniek kan echter afhangen van de levensduur van een constructie. Zodoende is er in de matrix voor atmosferische constructies onderscheid gemaakt tussen de MKI van een conserveringstechniek met een korte levensduur (<40 jaar) en een lange levensduur (>40 jaar). Om tot de MKI waarden te komen voor een levensduur anders dan het uitgangspunt van de originele LCA zijn grove benadering gemaakt aan de hand van de uitgangspunten van de LCA's. Voor een korte levensduur wordt gerekend met 25 tot 40 jaar, voor een lange levensduur met 100 jaar.

Aan de hand van de technische eisen en de MKI (per m² en per jaar) zijn de matrices ingevuld met opties per toepassing en een kleurcodering (groen, geel, rood). De kleurcodering weergeeft de voorkeur voor een conserveringstechniek, groen is de meest duurzame optie en moet in het kader van duurzaamheidsambities gekozen, gevolgd door geel. Een rode kleur is bij enkele specifieke gevallen mogelijk het duurzaamst, maar wordt doorgaans niet toegepast.

Aflezen keuzematrixes

Stel men wil een stalen hekwerk plaatsen voor een periode van 30 jaar, en wil een duurzame optie kiezen om het hekwerk te conserveren. Het betreft een atmosferische constructie, welke niet gevoelig is voor vermoeiing. De keuzematrix van toepassing is dus de matrix voor atmosferisch constructies. De derde regel betreft niet gevoelige constructies met een korte levensduur. In die regel kan men vervolgens in één oogopslag aflezen aan de groene kleur codes, dat verzinken, natlak of metalliseren alle drie relatief duurzame opties zijn.

Atmosferische constructies

	Natlak / verfsysteem	Thermisch verzinken	Metalliseren (ZnAl15)	Duplex systeem: verzinken + natlak	Duplex systeem: metalliseren + natlak	Geen conservering
	Inclusief onderhoud verlaag: • 2x klein onderhoud • 1x groot onderhoud	Laagdikte: 85 µm Levensduur afhankelijk van zink laagdikte en omstandigheden		Inclusief onderhoud verlaag: • 2x klein onderhoud • 1x groot onderhoud	Inclusief onderhoud verlaag: • 2x klein onderhoud • 1x groot onderhoud	MKI kosten vergelijking mogelijk a.d.h.v. complete constructie. Zie document
Levensduur (vlg. LCA)	100 jaar	20-40 jaar	40 jaar	100 jaar	100 jaar	-
MKI [€/m ²]	€ 3,53	€ 2,33	€ 1,73	Ca. € 5,51	€ 4,91	Zie document
MKI per jaar [€/m ² /jaar] (LD = 25 – 40 jaar)	Ca. € 0,044 - 0,071	€ 0,057 - 0,117	€ 0,043 – 0,069	Ca. € 0,098 - 0,157	Ca. € 0,083 - 0,133	Zie document
MKI per jaar [€/m ² /jaar] (LD = 100 jaar)	€ 0,035	€ 0,057 - 0,117	€ 0,043	Ca. € 0,055	€ 0,049	Zie document
Vermoeiingsgevoelige constructies of onderdelen						
Niet-vermoeiingsgevoelige constructies (levensduur >40 jaar)						
Niet- vermoeiings-gevoelige constructies (levensduur 25-40 jaar)						

Immersie constructies

	Natlak / verfsysteem	Metalliseren (ZnAl15)	Kathodisch beschermen Aluminium opofferings- anode	Kathodisch beschermen met opgedrukte stroom	Natlak + Kathodisch beschermen opofferings- anode	Natlak + Kathodisch beschermen opgedrukte stroom	Geen conserving
Uitgangspunt: Inclusief onderhoud Zout: • 6x klein onderhoud • 3x groot onderhoud Zoet: • 3x klein onderhoud • 3x groot onderhoud			Levensduur afhankelijk van omvang anode. LCA berekening a.d.h.v. zout milieu	Op basis van anodes van titanium met iridium en niobium. Uitgangspunt is verbruik grijze stroom. Huidige MKI alleen representatief voor damwanden.	Uitgangspunt: • Gemiddeld ca. 10% van natlak beschadigd • 20% van MKI KB met anode • Natlak excl. onderhoud, levensduur 25 jaar		MKI kosten vergelijking mogelijk a.d.h.v. complete constructie. Zie document
Levensduur	100 jaar	40 jaar	-	-	-		-
MKI [€/m ²]	€ 5,30 - € 7,16	€ 1,73	-	-	-	n.t.b.	Zie document
MKI per jaar [€/m ² /jaar]	€ 0,053 - € 0,072	€ 0,043	€ 1,424 - € 2,136	€ 0,111	Ca. € 0,354 - € 0,497	n.t.b.	Zie document
Damwanden	Zoet milieu	Zoet milieu	Zoet milieu	Zoet milieu			Zoet milieu
	Zout milieu	Zout milieu	Zout milieu	Zout milieu			Zout milieu
Remming- en geleidewerken	Zoet milieu	Zoet milieu			Zoet milieu	Zoet milieu	Zoet milieu
	Zout milieu	Zout milieu			Zout milieu	Zout milieu	Zout milieu
Aanleg constructies en steigers/pontons	Zoet milieu	Zoet milieu			Zoet milieu	Zoet milieu	Zoet milieu
	Zout milieu	Zout milieu			Zout milieu	Zout milieu	Zout milieu
Sluisdeuren	Zoet milieu	Zoet milieu			Zoet milieu	Zoet milieu	
	Zout milieu	Zout milieu			Zout milieu	Zout milieu	
Waterkerende middelen	Zoet milieu		Zoet milieu	Zoet milieu	Zoet milieu	Zoet milieu	
	Zout milieu		Zout milieu	Zout milieu	Zout milieu	Zout milieu	
Krooshekken	Zoet milieu						Zoet milieu
	Zout milieu						Zout milieu

2.2 Toelichting afweging duurzaamheid conserveren per objecttype

In deze paragraaf wordt voor elke toepassing kort stilgestaan bij de invulling van de keuze matrix en de redenen achter de gekozen kleurcodering.

2.2.1 *Vermoeiingsgevoelige constructies*

Voor conservering van permanente vermoeiingsgevoelige constructies zoals bepaalde stalen bruggen en sluisdeuren is weinig keuze, enkel natlak mag worden toegepast. Metallische deklagen zijn niet toegestaan omdat de constructie niet kan worden onderzocht op vermoeiing door niet destructief onderzoek (NDO). Niet conserveren en overdimensionering zouden in principe toegepast kunnen worden, maar deze optie zal zelden tot minder milieubelasting leiden.

2.2.2 *Niet-vermoeiingsgevoelige constructies*

Niet-vermoeiingsgevoelige constructies zijn een vrij brede groep, waarvoor dan ook een breed aanbod conserveringstechnieken toegepast kan worden. Er wordt onderscheid gemaakt tussen constructies met lange levensduur (>40 jaar) en korte levensduur (25 tot 40 jaar).

2.2.2.1 Lange levensduur

De milieubelasting door thermisch verzinken ligt iets hoger dan de andere technieken vandaar de gele markering. De milieubelasting is echter afhankelijk van de laagdikte en de levensduur. Waarbij de levensduur afhankelijk is van de laagdikte en de corrosiebelasting. De laagdikte is slechts beperkt beïnvloedbaar. M.a.w. thermisch verzinken zou in sommige omstandigheden beter uit de vergelijking kunnen komen. Echter het thermisch verzinken is slecht toepasbaar voor kleinere stalen delen in verband met de grote van het verzinkbad, tevens zijn door de vormgeving niet alle onderdelen geschikt thermisch te verzinken en de ongewenste vervorming door de hoge temperaturen van het verzinkbad.

Indien de keuze het toelaat, geeft conserveren middels natlak de minste milieubelasting. Let wel, dat leuningwerk uitgevoerd moet worden in duplex (verzinken + natlak) en trappen en bordessen thermisch verzinkt moeten te worden. Dit is theoretisch de minste milieubelasting, echter in de praktijk blijkt dat aan leuning vaak mechanische beschadigingen ontstaan door fietsen, gereedschappen bij werkzaamheden e.d. Door het thermische verzinken zal een dergelijk schade niet direct tot corrosie leiden en dus geen extra onderhoud nodig hebben, waardoor in de praktijk dit duurzamer is.

2.2.2.2 Korte levensduur

Voor het bepalen van de MKI van conserveringstechnieken zijn de MKI getallen grofweg benaderd op basis van de bekende getallen. Voor het verfsysteem is uitgegaan van een ander onderhoudsregime; één maal klein onderhoud. De range van MKI voor de korte levensduur is bepaald aan de hand van levensduren van 25 en 40 jaar. Zie de paragraaf Invloed levensduur en onderhoudsregime voor een globale uitleg van de rekenwijze.

Uit deze benadering volgt dat duplex lagen minder gunstig zijn voor constructies van kortere levensduur. In feite worden twee conserveringslagen aangebracht (alhoewel minder dik), welke vervolgens korter meegaan dan mogelijk is. Thermisch verzinken komt bij deze levensduur beter uit de vergelijking en heeft een van de lagere milieubelastingen. Samen met metalliseren en natlak zijn deze opties met groene indicatie voorzien.

- 2.2.3 *Vermoeiingsgevoelige constructie met niet-vermoeiingsgevoelige onderdelen*
 Vermoeiingsgevoelige constructies mogen alleen geconserveerd worden met een natlaksysteem. Zoals genoemd bestaat deze regel omdat niet destructief onderzoek mogelijk moet zijn voor de vermoeiingsgevoelige onderdelen. Het komt echter voor dat vermoeiingsgevoelige constructies ook niet-vermoeiingsgevoelige onderdelen bevatten, waarvoor dezelfde regel in principe niet geldt. In die gevallen kunnen verschillende conserveringstechnieken worden gebruikt binnen één constructie. De vermoeiingsgevoelige onderdelen worden alleen met natlak beschermd, maar op andere onderdelen kan een duplex systeem worden toegepast met bijvoorbeeld metalliseren en natlak. Ten behoeve van de esthetiek is natlak vermoedelijk wel een vereiste. In dit geval kan men ook gebruik maken van de keuze matrix, om de keuze per onderdeel te maken.
- 2.2.4 *Damwanden*
 Niet-conserveren van damwanden komt, zeker in zoet milieu vaak voor. Het is dan vaak milieuvriendelijker om niet te conserveren. Desalniettemin kan in zout milieu conserveren wel een realistische optie zijn. In dat geval lijkt kathodische bescherming met opgedrukte stroom een voor de hand liggende conserveringstechniek om toe te passen. Conservering met natlak of metalliseren zou vanuit de MKI gezien de beste optie zijn voor conservering, ware het niet dat het onderhoudsregime anders is dan in atmosferische omgeving, en bovendien lastig uit te voeren en erg duur in de immersiezone. Deze twee aspecten zijn slechts deels verwerkt in het MKI getal. In de praktijk wordt vaak gekozen om eerst een natlak aan te brengen en gelijker tijd of na einde levensduur conservering pas KB. Een LCC berekening kan daarin helpen om een juiste keuze te maken.
- 2.2.5 *Remming- en geleidewerken + aanleg constructies en steigers/pontons*
 Remming- en geleidewerken en andere aanleg constructies zoals meerpalen, kan men wat betreft duurzaamheid het best conserveren met natlak of metallische laag. Kathodische bescherming wordt niet toegepast zonder natlaksysteem bij deze constructies. Niet conserveren en overdimensioneren is ook een realistische optie, maar duurzaamheid van deze optie zal afhangen van de MKI van de constructie. Zie paragraaf 2.4 voor een uitleg hoe deze afweging kan worden benaderd op het gebied van duurzaamheid.
- 2.2.6 *Sluisdeuren*
 Sluisdeuren worden altijd voorzien van natlaksysteem, mogelijk in combinatie met kathodische bescherming. Tegenwoordig wordt ook metalliseren toegepast. Er wordt verondersteld dat in een zout milieu de conservering met enkel een natlaksysteem vanwege het nodige onderhoud minder milieuvriendelijk is. Hierom is een gele kleur code meegeven.
- 2.2.7 *Waterkerende middelen*
 Waterkerende constructies zoals bijvoorbeeld schuiven en schotten kunnen afhankelijk van het formaat waterkering worden beschermd met natlak al dan niet in combinatie met kathodische bescherming. Lang niet alle waterkerende constructies liggen constant onder de waterlijn, sommige alleen bij hoog water. Bij hoogwater laat men de schuiven zakken, worden schotten geplaatst zoals bij de stuwen in de Maas of wordt de kering gesloten zoals de Maeslantkering. Bij waterkeringen die alleen in het water staan bij hoogwater en dit weinig dagen/weken in een jaar betreft heeft het toepassen van kathodische bescherming geen toegevoegde waarde. Bij keringen die het merendeel van de tijd in het water staan is kathodische bescherming wel een techniek die toegepast kan worden. Bij keringen die zich veelal boven water bevinden is het onderhoud van het

natlaksysteem eenvoudiger uit te voeren dan een constructie die zich permanent onder de waterlijn bevindt. Vandaar ook de groene kleur codering bij het natlaksysteem in een zout milieu.

2.2.8 *Krooshekken*

Vanwege de vorm van krooshekken ligt het niet voor de hand deze te conserveren met kathodische bescherming. Krooshekken kunnen in tegenstelling tot de **andere constructies in de keuzematrix** ook worden verzinkt indien de afmetingen het toelaten, al is deze optie niet opgenomen in de keuzematrix.

2.3 **Invloed levensduur en onderhoudsregime**

De generieke levenscyclusanalyses gehanteerd voor de keuze matrices zijn berekeningen gemaakt aan de hand van een aantal aannames. Voor specifiekere situaties zijn deze MKI getallen niet altijd representatief. Waterkeringen of andere constructies in het kustgebied vragen bijvoorbeeld om een intensiever onderhoudsregime, waar in de LCA geen rekening mee is gehouden. Omstandigheden kunnen bijvoorbeeld ook leiden tot een kortere levensduur bij hetzelfde onderhoudsregime. Alhoewel er geen berekeningen zijn gemaakt van deze specifieke situaties, kan wel een benadering worden gemaakt van de milieubelasting. Over het algemeen leiden een kortere levensduur en een intensiever onderhoudsregime tot een relatief hogere milieubelasting. Door deze situatie specifieke omstandigheden zouden de MKI-waarden anders kunnen uitvallen. Het zou daarom kunnen voorkomen dat thermisch verzinken in sommige gevallen duurzamer is dan conserveren met een natlaksysteem.

Om deze effecten bij benadering te kwantificeren zal de aangepaste omstandigheid moeten worden vergeleken met de uitgangspunten van de originele LCA. Zo zal halvering van de levensduur leiden tot verdubbeling van de milieubelasting, omdat een constructie of conserveringssysteem éénmaal geheel moet worden vervangen t.o.v. de originele levensduur. Ter illustratie, een conserveringstechniek met een MKI van €2 per m² en een levensduur 100 jaar heeft een MKI van:

- $€ 2 / 100 \text{ jaar} = € 0,02 \text{ per m}^2/\text{jaar}$

Wanneer dezelfde conserveringstechniek wordt toegepast in een omstandigheid waar de laag (bij hetzelfde onderhoudsregime) maar 50 jaar meegaat is de MKI verdubbeld:

- $€ 2 / 50 \text{ jaar} = € 0,04 \text{ per m}^2/\text{jaar}$

Een intensiever onderhoudsregime dient eveneens vergeleken te worden met het aangehouden scenario in de LCA. In de LCA van het natlaksysteem wordt uitgegaan van tweemaal klein onderhoud (bijplekken, 3% van oppervlak) en éénmaal groot onderhoud (gehele vervanging verfsysteem). Tijdens de levensduur wordt als gevolg van het onderhoud 106% van de verflaag vervangen. De MKI van het verfsysteem met het beschreven onderhoudsregime is in feite niets anders dan 206% van de MKI van een verfsysteem zonder onderhoud. De MKI van de verflaag exclusief onderhoud is dus:

- $€ 3,53 / 206\% = € 1,71 \text{ per m}^2$

Als indicatief voorbeeld gaan we uit van een fictieve intensiever onderhoudsregime waarin 12 keer klein onderhoud en 3 keer groot onderhoud wordt gepleegd in hetzelfde tijdsbestand. Voor het voorbeeld nemen we net als in de originele LCA aan dat bij klein onderhoud 3% van het oppervlak wordt bijgeplekt, en bij groot onderhoud het hele oppervlak opnieuw van conservering wordt voorzien. In onderstaande tabel is aangegeven wat de benaderde MKI zou zijn van dit fictieve onderhoudsregime. Dit is geen exacte berekening, maar desalniettemin een prima benadering om invloed van onderhoudsregime te benaderen.

Scenario	Aantal keer klein onderhoud	Oppervlak vervangen klein onderhoud	Aantal keer groot onderhoud	Oppervlak vervangen groot onderhoud	Totaal oppervlak vervangen tijdens levensduur	MKI (per 100 jaar)
Origineel onderhoudsregime	2	3%	1	100%	2 * 3% + 1 * 100% = 106 %	€ 1,71 * 206% = € 3,53
Intensiever onderhoudsregime	12	3%	3	100%	12 * 3% + 3 * 100% = 336%	€ 1,71 * 436% = € 7,46

2.4 Geen conservering

Tot slot is er ook een optie om niet te conserveren. De constructie wordt in dit geval overgedimensioneerd. Dit houdt in dat de afmetingen van een constructie zo groot worden gekozen dat het risico op instorten door aantasting of uitputting nul is. M.a.w. er wordt bewust een te stevige constructie gebouwd, waarbij conservering geen toegevoegde waarde meer heeft. Deze optie om niet te conserveren is meegenomen in de keuzematrix, maar de milieubelasting van deze keuze kan niet worden bepaald zonder een LCA-berekening van de gehele constructie te maken.

Staalconservering verlengt de levensduur van de stalen constructie aanzienlijk. Het voordeel van de levensduurverlenging kan je alleen berekenen door beide situaties (wel/geen conservering) in beschouwing te nemen. Het valt niet te bepalen a.d.h.v. conserveringstechniek alleen. Desalniettemin kan het voordeliger zijn ten aanzien van de milieu impact maar ook vanuit economisch opzicht, om niet te conserveren. Een voorbeeld hiervan zijn damwanden, welke als tijdelijke constructie (voor een bouwput) maar ook als permanente toepassing (kadewand) worden gebruikt zonder conservering tegen corrosie. Hier wordt dan voor een corrosietoeslag gekozen, zeker in zoet water is de materiaalafname ten gevolge van corrosie klein.

De afweging kan bij benadering gemaakt worden met behulp de volgende formule, waarmee de milieu impact van niet conserveren wordt berekend aan de hand van de levensduur van de situaties met en zonder conservering en de MKI van de totale constructie zelf.

$$\frac{\left(\frac{L_c}{L_{nc}} - 1\right) \cdot MKI_{constructie,nc} + MKI_{overdimensionering}}{A_c \cdot L_c}$$

L_c	De levensduur van de geconserveerde stalen constructie.
L_{nc}	De levensduur van de niet-conserveerde overgedimensioneerde constructie.

A_c	Het te conserveren oppervlak van de normaliter geconserveerde constructie.
$MKI_{constructie,nc}$	De MKI van de niet geconserveerde constructie exclusief conservering inclusief overdimensionering.
$MKI_{overdimensionering}$	De toegevoegde MKI waarde als gevolg van overdimensionering. Het betreft de delta waarde tussen de niet geconserveerde (overgedimensioneerde) constructie en de waarde van de normaliter geconserveerde constructie (excl. de MKI-waarde voor conservering zelf).

Met deze formule wordt in feite het totaal aantal vervangingen binnen de geconserveerde levensduur berekend, en dit wordt gedeeld door het totale oppervlak en de levensduur. Dit zijn de extra milieukosten als gevolg van niet-conserveren, uitgedrukt in de eenheid van een conserveringstechniek. De uitkomst kan worden vergeleken met de toepasselijke MKI-getallen (in €/m²/jaar) in de keuzematrixes.

Deze formule geeft slechts een benadering, omdat een bijkomend effect van conserveren is dat er geen of nauwelijks staal roest en verloren gaat aan de omgeving. Van een geconserveerde constructie kan in de praktijk meer staal worden gerecycled, wat voordelig is ten aanzien van de milieubelasting. Dit effect wordt niet meegewogen in de formule. De grote van dit effect hangt af van de mate van afroesting. In een goede vergelijking zou dat effect meegewogen moeten worden. Desalniettemin kan met de formule een eerste inschatting worden gemaakt. Om de afweging te illustreren wordt in onderstaand kader twee fictieve voorbeelden gegeven.

Voorbeeld

In het eerste fictieve voorbeeld wordt een afweging gemaakt om een stalen damwand wel of niet te conserveren. Hierbij wordt aangegrepen op een categorie 3 LCA berekening van een AZ24-700 damwand. De (cradle-to-grave) MKI van 1 m² AZ24-700 damwand is € 30,79, zonder dat deze is geconserveerd. In de LCA wordt uitgegaan van een vrij corrosieve omgeving, er wordt rekening gehouden met 45% afroesting. In de originele LCA hebben we dus in feite te maken met 45% overdimensionering. De levensduur, ondanks ontbreken van conservering is 100 jaar. Wij nemen aan dat de damwand als kadewand in een haven of sluis wordt toegepast (de levensduur is echter wel afhankelijk van omstandigheden als zoutconcentratie, stroming, etc.). In dit voorbeeld nemen we aan dat de levensduur kan worden verlengd naar 150 jaar als kathodische bescherming toegepast wordt.

L_c	150 jaar
L_{nc}	100 jaar
A_c	1 m ²
$MKI_{constructie,nc}$	€ 30,79
$MKI_{overdimensionering}$	€ 30,79 - (€ 30,79 / 145%) = € 9,56

$$\frac{\left(\frac{150}{100} - 1\right) \cdot € 30,79 + € 9,56}{1 \cdot 150} = € 0,166$$

De MKI-kosten van niet conserveren komen dus uit op €0,166 per m² per jaar. Dit is een hogere milieubelasting dan kathodische bescherming (€0,111 per m² per jaar), wat dus duurzamer zou zijn in deze situatie. De omstandigheden zijn blijkbaar dusdanig corrosief dat kathodische bescherming nuttig zou zijn.

Voorbeeld vervolg

Stel dat we uitgaan van een minder corrosieve omgeving, waar 20% overdimensionering volstaat. Er wordt aangenomen dat dezelfde levensduur (L_{nc}) en levensduurverlenging als gevolg van conserveren (L_c) gelden. In dat fictieve geval ziet de vergelijking er anders uit. Aangezien we voor dit voorbeeld niet kunnen aangrijpen op een bestaande LCA berekening, hebben we de MKI met een grove benadering bepaald op € 20,00 per m².


L_c	150 jaar
L_{nc}	100 jaar
A_c	1 m ²
$MKI_{constructie,nc}$	€ 20
$MKI_{overdimensionering}$	€ 20 - (€ 20 / 120%) = € 3,33

$$\frac{\left(\frac{150}{100} - 1\right) \cdot € 20 + € 3,33}{1 \cdot 150} = € 0,089$$

In deze situatie blijkt niet conserveren een duurzamere optie. De MKI van kathodische bescherming is namelijk hoger.

Heb je vragen over dit hoofdstuk of over duurzaamheid bij RWS? Op intranet vind je de link naar het steunpunt Duurzaamheid.

https://corporate.intranet.rws.nl/Organisatie/Eén_RWS/Duurzaamheid_en_Leefomgeving/Wie_kan_mij_helpen/Steunpunt_Duurzaamheid/



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Intranet Rijkswaterstaat

[Home](#)
[Actueel](#)
[Organisatie](#)
[Ondersteuning](#)
[Medewerkers](#)
[Projecten](#)
[Kennis en Expertise](#)

Zoeken

- ▼ Organisatie
- ▼ Eén RWS
- ▼ Duurzaamheid en Leefomgeving
- ▼ Wie kan mij helpen
- ▼ Steunpunt Duurzaamheid
 - > Duurzaamheidscoördinatoren RWS
 - > FAQ: Veelgestelde vragen

[Organisatie](#) > [Eén RWS](#) > [Duurzaamheid en Leefomgeving](#) >
[Wie kan mij helpen](#) > Steunpunt Duurzaamheid

Steunpunt Duurzaamheid


Welkom bij het Steunpunt duurzaamheid! Het Steunpunt is dé centrale vraagbaak voor alle RWS-medewerkers rond alle thema's binnen duurzaamheid en leefomgeving.

Bij ons kan je terecht voor vragen en advies over de toepassing van duurzaamheid in jouw werk. Dit kunnen integrale, specialistische of toetsende vragen zijn, zoals bijvoorbeeld advies bij het formuleren van ambities en doelen op het gebied van duurzaamheid of het vertalen van deze ambities in handvaten voor jouw werk. Denk hierbij aan de inzet van de beschikbare instrumenten, zodat de doelstellingen voor duurzaamheid vanuit de projectopdracht in de verkenning, planuitwerking, contractvoorbereiding of realisatie, uniform kunnen landen.

Heb je vragen over duurzaamheid, benader dan eerst jouw [duurzaamheidscoördinator](#). In overleg kan je besluiten je vraag in te sturen naar het steunpunt duurzaamheid.

Hoe stel ik een vraag aan het steunpunt?
Stuur een [e-mail](#) naar het Steunpunt Duurzaamheid.
We streven ernaar altijd binnen 5 werkdagen met een reactie te komen.

Onze adviseurs
Achter het steunpunt duurzaamheid zit een netwerk van experts met



Ga snel naar

- ↳ handreiking KCI inkopen
- ↳ Handreiking verduurzaming MIRT
- ↳ handreiking duurzaamheid planfase VenR
- ↳ Handreiking MIRT-MER
- > Duurzaam Aanleg & Onderhoud
- > Ambitieweb
- > CO2-prestatieladder
- > DuboCalc
- > De Omgevingswijzer
- > Loket Energie
- > Duurzame Mobiliteit

Documenten

- 📄 Factsheet sturen op MKI