

COPPER BENELUX



Milieuaspecten van koperen daken en gevels

Definitief rapport

Copper Benelux

21 juni 2007

817240



A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
WATER

Barbarossastraat 35
Postbus 151
6500 AD Nijmegen
+31 (0)24 328 42 84 Telefoon
015 405657 Fax
info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Milieuaspecten van koperen daken en gevels

Verkorte documenttitel Koper emissie
Status Definitief rapport
Datum 21 juni 2007
Projectnaam Emissie van koper
Projectnummer 817240/ 9S0309
Opdrachtgever Copper Benelux
Referentie 9S0309/R0002/Nijm

Auteur(s) Ir. Filip Lauryssen
Collegiale toets ing. R. Hoeijmakers
Datum/paraaf
Vrijgegeven door Ing. G. Stam MSc
Datum/paraaf

INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	EMISSIE VAN KOPER	2
1.1	Corrosie en afspoeling van koper	2
1.2	Milieu-impact	4
2	LOZING VAN HEMELWATER MET KOPER: WETTELIJK KADER	5
2.1	Wet milieubeheer en het ALARA principe	5
2.2	Emissie-immissie toets	5
2.3	Normstelling versus risiconorm op basis van biobeschikbaarheid	6
3	MOGELIJKE LOZINGSSITUATIES VOOR HET REGENWATER VAN EEN KOPEREN DAK/GEVEL	7
3.1	Indirect lozen op het riool via een RWZI	7
3.2	Infiltratie via een wadi of andere infiltratievoorziening	8
3.3	Direct (of indirect) lozen op een klein oppervlaktewater (beek, gracht)	9
3.4	Direct (of indirect) lozen op een groot oppervlaktewater (rivier of kanaal)	9
3.5	Bufferen van het hemelwater in functie van hergebruik	9
4	MOGELIJKE MAATREGELEN OM DE EMISSIE VAN KOPER TE VERMINDEREN	10
4.1	Geometrie	10
4.2	Adsorberend materiaal	11
4.3	Bodempassage	11
4.4	Vijver, bufferbekken, sedimentatiebekken	12
4.5	Hergebruik regenwater	12
4.6	Filtereren	12
5	BESLUIT	13

Voorwoord

Deze handleiding geeft informatie over de milieuaspecten bij toepassing van koper als dak- en gevelbedekking, meer specifiek met betrekking tot de emissie van dit koper.

Koper als dak- of gevelbedekking is onderhevig aan corrosie waardoor koper vrijkomt dat met het regenwater kan afstromen en in het milieu terecht komt. Hierdoor is er een bezorgdheid ontstaan omtrent de mogelijke impact ervan op het milieu.

Anderzijds is er het zogenaamde afkoppelingsbeleid dat er naar streeft om regenwater zoveel mogelijk rechtstreeks op oppervlaktewater te lozen en aldus uit het rioleringsstelsel te weren. Zo worden de waterzuiveringsinstallaties minder belast, voornamelijk tijdens neerslagrijke periodes. Doel is uiteindelijk het aantal overstorten, waarbij te hoge debieten ongezuiverd rioolwater in het oppervlaktewater terecht komt, te verminderen.

De emissie van koper via afstromend regenwater van een koperen dak of gevel enerzijds en de afkoppeling van regenwater anderzijds geven aanleiding tot een verstrengde kijk van de vergunningsverlenende instanties op het gebruik van koper als dak of gevelbedekking en de impact ervan op het oppervlaktewater.

Voorliggende handleiding geeft wegwijs over deze aspecten en gaat in op wat emissie van koper is, zowel kwalitatief als kwantitatief. Verder worden aanbevelingen gegeven over welke 'Best Management Practices' (BMP) kunnen worden toegepast om de eventuele milieu-impact te verminderen.

De handleiding is opgesteld in opdracht van Copper Benelux, en heeft als doel helderheid te verschaffen over de milieu-impact van koper als dak- of gevelbedekking en de milieuwetgeving terzake in Nederland.

1 EMISSIE VAN KOPER

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de factoren die het vrijkomen van koper van een koperen dak- of gevelbedekking bepalen.

1.1 Corrosie en afspoeling van koper

Door corrosie, als gevolg van het aantasten van het koperoppervlak door contact met de lucht, wordt vast koper omgezet naar een geoxideerde vorm die los komt van het koperoppervlak. Doordat dit verweerd koper in contact komt met regenwater, zal een deel van het gecorrodeerde koper in oplossing gaan en met het regenwater afstromen. De hoeveelheid koper dat afspoelt met regenwater bedraagt 20 à 50 % van de corrosie (Odnevall Wallinder 2004), de rest wordt vastgehouden in de zogenaamde patina met de typische bruine of groene kleur.

In regenwater is reeds een beperkte hoeveelheid koper aanwezig. Voor Nederland bedraagt de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid aan koper dat per m² neerslaat 1,63 mg/m².j (RIVM, 1999, Landelijk meetnet regenwatersamenstelling). Het regenwater dat op een koperen dak valt zal een deel van het gecorrodeerde koper mee afvoeren, waardoor de concentratie aan koper verhoogt in het afstromende water (Odnevall Wallinder, 2004). Verschillende factoren beïnvloeden de mate van koperafspoeling:

- De ouderdom van het koperen dak of de gevel: Bij nieuw koper zal een hogere concentratie aan koper in het afstromende regenwater afspoelen in vergelijking met verouderd koper. Bij verouderd of verweerd koper ontstaat er een beschermende patina laag die bruin of groen van kleur is, afhankelijk van de ouderdom van het koper;
- De hoeveelheid neerslag: Hoe meer neerslag hoe meer koper kan afspoelen. De hoeveelheid neerslag kan aanzienlijk variëren zelfs op landelijk niveau (Athaniadiadis, 2006);
- De geometrie van het dak: de hellingsgraad en de oriëntatie van het dak of gevel geven aanleiding tot verschillende hoeveelheden ontvangend regenwater en zo verschillende afspoelingshoeveelheden van koper (Athaniadiadis, 2006);
- Tijdstip binnen één regenbui: In de beginperiode van een regenbui na een periode van droogte is de concentratie aan koper in het afspoelende water het hoogst. Dit is de zogenaamde 'first flush'. Deze beginconcentratie is van korte duur en daalt tot een min of meer constante waarde gedurende de rest van de bui;
- De vervuilingsgraad van de lucht: Voornamelijk SO₂, is een bepalende factor voor de mate van corrosie van het koper. Er wordt een dalende trend vastgesteld van de SO₂ concentratie als gevolg van de invoering van zwavelarme brandstoffen;
- De pH van het regenwater heeft eveneens invloed op de mate van afspoeling van koper. De oplosbaarheid van koper wordt mede bepaald door de zuurtegraad van het water. Bij een lagere pH is koper beter oplosbaar;

De hoeveelheid afspoeling van koper kan sterk variëren binnen één regenbui en eveneens tussen verschillende regenbuien. Er kan echter wel een jaarlijks gemiddelde worden bepaald dat vrijwel constant zal zijn voor een bepaalde locatie.

Verskillende onderzoeken hebben een gemiddelde hoeveelheid koper dat per m² dakoppervlak afspoelt bepaald. In tabel 1 is een overzicht gegeven van de verschillende onderzoeken en de resultaten. De verschillen die tot uiting komen zijn afhankelijk van de omstandigheden zoals geometrie, oriëntatie, jaarlijkse gemiddelde neerslag en omgevingsfactoren.

Tabel 1: Afspoeling van koper (g/m².j)

Studie	Afspoeling g/m ² .j	Specificaties
Odneval Wallinder, 2004	0,8-2,0	45° helling dak, Zuidelijk, 7 – 5 jaar 450-700 mm/j
TNO, 2003	1,6-1,8	45°
RIZA, 2003	1,7	Dak 7°, landelijk
	1,9	Dak 7°, stedelijk
	1,3	Dak 45°, landelijk
	1,4	Dak 45°, stedelijk
	0,44	Gevel 90°, landelijk
	0,47	Gevel 90°, stedelijk

Door Odnevall Wallinder et al. (2000) is een formule samengesteld waarmee de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid afstromend koper (g/m².j) kan worden bepaald op basis van de hoeveelheid neerslag (mm), de pH van het regenwater en de helling van het dak (θ). De specifieke emissie in g/m².j kan worden berekend aan de hand van volgende formule:

$$\text{Cu afspoeling (g/m}^2\text{.j)} = (1,04 + 0,96 \times \text{mm} \times 10^{-0,62\text{pH}}) \cos \theta / \cos 45^\circ.$$

Deze formule is tot stand gekomen door onderzoek op laboschaal en in het veld. Op basis van de formule zou bij een vertikaal dak of gevel (θ=90°) geen afspoeling plaatsvinden. Dit is in de praktijk echter niet zo. Daarom wordt bij daken (gevels) met een hellingsgraad tussen 85° en 90° 10% genomen van de berekende koperafspoeling van een dak met hellingsgraad 45°.

Een toepassing van de formule is gegeven in een rekenvoorbeeld op p.10.

Aan de hand van de gemiddelde jaarlijkse afspoeling per m² of specifieke emissie, kan berekend worden hoeveel de jaarlijkse vracht aan koper bedraagt.

Formule voor de berekening van de totale kopervracht:

$$\text{Dakoppervlak (m}^2\text{)} \times \text{Specifieke emissie (g/m}^2\text{.j)} = \text{Emissie (g/jaar)}$$

Afhankelijk van de gemiddelde jaarlijkse neerslag kan de uiteindelijke gemiddelde concentratie in het afstromende water worden berekend. De formule voor de gemiddelde concentratie koper in het afstromende water:

$$\text{Emissie (g/j)} / (\text{dakoppervlak (m}^2\text{)} \times \text{jaarlijkse neerslag (m}^3\text{/m}^2\text{.j)}) = \text{Concentratie (g/m}^3\text{ of mg/l)}$$

Deze formules kunnen worden aangewend om tijdens de ontwerpfase van een project een inschatting te kunnen maken van de mogelijk afspoeling van koper.

1.2 Milieu-impact

Koper is essentieel voor het goed functioneren van de meeste organismen. Er is echter een concentratiegrens vanaf welke koper toxisch wordt. De toxiciteit van koper wordt in grote mate bepaald door de vorm (speciatie) waarin het koper zich bevindt aangezien dit in belangrijke mate de biobeschikbaarheid van het koper bepaald.

Verschillende publicaties wijzen erop dat het door afspoeling vrijkomend koper niet 100 % het ontvangende water bereikt en dat het niet allemaal biobeschikbaar koper betreft. Biobeschikbaar koper is koper dat zich in de vorm bevindt die opneembaar is voor organismen, voornamelijk het vrije koperion.

Koper dat vrijkomt van een koperen dakbedekking kan verbindingen aangaan met bv. organische stof of neerslaan als onoplosbaar zout. Hierdoor vermindert niet de totale concentratie aan koper maar wel de concentratie die biobeschikbaar is. Verschillende factoren spelen daarbij een rol:

- Het al of niet in contact komen van het met koper beladen water met een betonnen constructie of verharding. Materialen zoals beton hebben een invloed op de mobiliteit van koper. Er is vastgesteld dat de concentratie aan koper in water dat over beton stroomt afneemt. Dit is voor een deel te wijten aan het pH verhogend effect of de basische werking van beton (Perkins, C., 2005, Chair, J.T., 2006);
- De beschikbaarheid van koper hangt af van o.a. pH en de hoeveelheid organische stof in het water. De uiteindelijke toxiciteit van koper in het ontvangende oppervlaktewater is afhankelijk van de biobeschikbaarheid en wordt in grote mate bepaald door de pH en de DOC-concentratie waarmee koper een stabiele verbinding kan vormen (Zwolsman, 2005);
- Infiltratie door de bodem kan tot 99 % van het koper in het doorsijpelend water weerhouden waarbij de pH van de bodem de meest bepalende factor is (Odnevall Willander, 2004, Bertling, S., 2005);

Dus niet al het koper dat vrijkomt door corrosie en afspoelt heeft een milieu-impact. Door wijzigingen onder invloed van betonnen oppervlaktes, bodem, organische stof, ... wordt het koper minder biobeschikbaar.

Er wordt opgemerkt dat er eveneens andere bronnen van koper emissie zijn zoals remblokjes van auto's en bepaalde pesticiden. In de ontwerpfase van een project, of tijdens het uitvoeren van praktijkonderzoek dient hiermee rekening te worden gehouden.

2 LOZING VAN HEMELWATER MET KOPER: WETTELIJK KADER

2.1 Wet milieubeheer en het ALARA principe

De keuze van materialen voor een nieuw gebouw moet worden aangegeven in de aanvraag Bouwvergunning bij de Gemeente. In het Bouwbesluit staan geen beperkingen voor het gebruik van koper. Dit neemt niet weg dat Gemeenten, op basis van het ALARA principe (As Low As Reasonably Acceptable) uit de Wet Milieubeheer (WM) individueel een eigen beleid kunnen hanteren en beperkingen kunnen opleggen voor de toepassing van koper. Dit kan verschillen per Gemeente en kan ondermeer afhankelijk zijn van de kwetsbaarheid van het gebied.

Wanneer een bepaalde Gemeente zich beroept op het ALARA principe, kan het lastig zijn om de koper als bouw materiaal toe te passen. In die gevallen is het van groot belang dat voldoende aandacht wordt besteedt aan de werkelijke milieu-impact van koper. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de emissie - immissie toets (zie volgende paragraaf), het nemen van maatregelen om de emissie van koper te beperken (zie volgende hoofdstuk) of het wijzigen van de lozings situatie. Door het vergroten van het inzicht in de milieu-impact en het nemen van realistische maatregelen kan een werkbare oplossing gevonden worden. Hierbij kan men zich beroepen op het BBT principe (Best Beschikbare Techniek).

2.2 Emissie-immissie toets

Voor de lozing van schoon hemelwater geldt in Nederland geen Wvo vergunningplicht (Wet verontreiniging oppervlaktewater). In principe moeten wel alle lozingen op oppervlaktewater voldoen aan de emissie – immissie toets uit de gelijknamige CIW nota (Commissie Integraal Waterbeheer). (lit. 4). De waterbeheerder is in deze materie het bevoegd gezag en zal een beoordeling geven over het resultaat van de uitgevoerde toets. Dit is hetzij Rijkswaterstaat, hetzij het betreffende Waterschap afhankelijk van het oppervlaktewater waarin geloosd wordt. Momenteel is een nieuwe Integrale waterwet in voorbereiding. Er is sprake van een verschuiving van bevoegdheden, waarbij de gemeenten meer bevoegdheden zouden krijgen voornamelijk aangaande lozingen op het riool. Inzake deze materie is het aangewezen de aangepaste bevoegdheden te controleren zoals vermeld in de Wet Milieubeheer.

De emissie – immissie toets werkt vanuit twee oogpunten:

- enerzijds wordt vanuit het watersysteem gekeken naar de prioritering van stoffen en bronnen. De mate van overschrijding van de MTR is het belangrijkste criterium voor prioritering van stoffen. De prioritering van bronnen is gebaseerd op de daadwerkelijke belasting van het oppervlaktewater;
- anderzijds wordt gekeken naar de toelaatbare restlozing, na toepassing van de bronaanpak. Daarbij mag de lozing niet significant bijdragen aan het overschrijden van de kwaliteitsdoelstelling voor het watersysteem waarop wordt geloosd, mag binnen de mengzone de lozing niet leiden tot acuut toxische effecten voor waterorganismen en mag de lozing binnen de mengzone niet leiden tot acuut toxische effect voor sediment bewonende organismen. Dit geldt voor zowel puntbronnen (ook RWZI's als diffuse bronnen).

Verder wordt een onderscheid gemaakt tussen bestaande en nieuwe lozingen. Bestaande lozingen kunnen in principe niet bijdragen tot een verslechtering van de waterkwaliteit. Voor nieuwe lozingen geldt het 'stand still' principe en mag de bijdrage

aan de verslechtering van de waterkwaliteit niet significant zijn. Voor zwarte-lijst stoffen mag het totaal aan emissies in het beheersgebied niet toenemen. Een bijdrage is significant wanneer de concentratietoename in het ontvangende water als gevolg van de lozing meer dan 10 % bedraagt van het MTR. Indien het concentratieniveau onder deze drempel blijft mag de toename t.o.v. de achtergrondwaarde of concentratie stroomopwaarts van het nieuwe lozingspunt niet meer zijn dan 10 %. In dit laatste geval wordt nagegaan of er sprake is van een significante overschrijding van het stand-still beginsel. In het geval uit de toets blijkt dat er bij nieuwe lozing een overschrijding zal zijn van bovenstaande voorwaarden zullen bijkomende maatregelen gevraagd worden aan de bron.

De huidige MTR-waarde (Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau) voor koper in oppervlaktewater bedraagt 3,8 µg/l. Met behulp van de immissietoets kan worden berekend wat de specifieke bijdrage van de koperlozing op het betreffende oppervlaktewater wordt, waarbij rekening wordt gehouden met het debiet van het ontvangende water, de achtergrondconcentratie van de betreffende te lozen stof, in dit geval koper en het lozingsdebiet.

Door de Nederlandse overheid wordt een rekenblad voor de uitvoering van de emissie - immissie toets aangeboden via onderstaande link:

Link naar de web pagina van de commissie integraal waterbeheer waar bijkomende informatie kan worden gevonden over het onderwerp:

http://www.helpdeskwater.nl/emissiebeheer/industrieel/afvalwater/beoordelen_emissies/emissie-immissie/

Of rechtstreeks inladen van de nota emissie-immissie::

http://www.helpdeskwater.nl/aspx/download.aspx?File=/publish/pages/577/ciw42000-06emissie_immissie.pdf

en rechtstreeks inladen van download emissie-immissie toets xls file:

http://www.helpdeskwater.nl/aspx/download.aspx?File=/publish/pages/967/ciw_immissie_toets_versie_1.2.xls

Van deze emissie-immissie toets is gebruik gemaakt om een matrix samen te stellen waarin afhankelijk van de grootte van het koperen dak per lozingssituatie (grote ontvangende water) kan berekend worden of er al dan niet bijkomende bronmaatregelen noodzakelijk zijn (bijlage 1).

2.3 Normstelling versus risiconorm op basis van biobeschikbaarheid

Recente wetenschappelijke publicaties (lit. 2 en 3) tonen aan dat het 'koperprobleem' in Nederland zeer waarschijnlijk wordt overschat. Koper gaat namelijk een sterke binding aan met opgeloste organische stof, dat van nature voorkomt in oppervlaktewater. Hierdoor is het koper slechts beperkt beschikbaar voor de organismen in het water (verminderde biobeschikbaarheid).

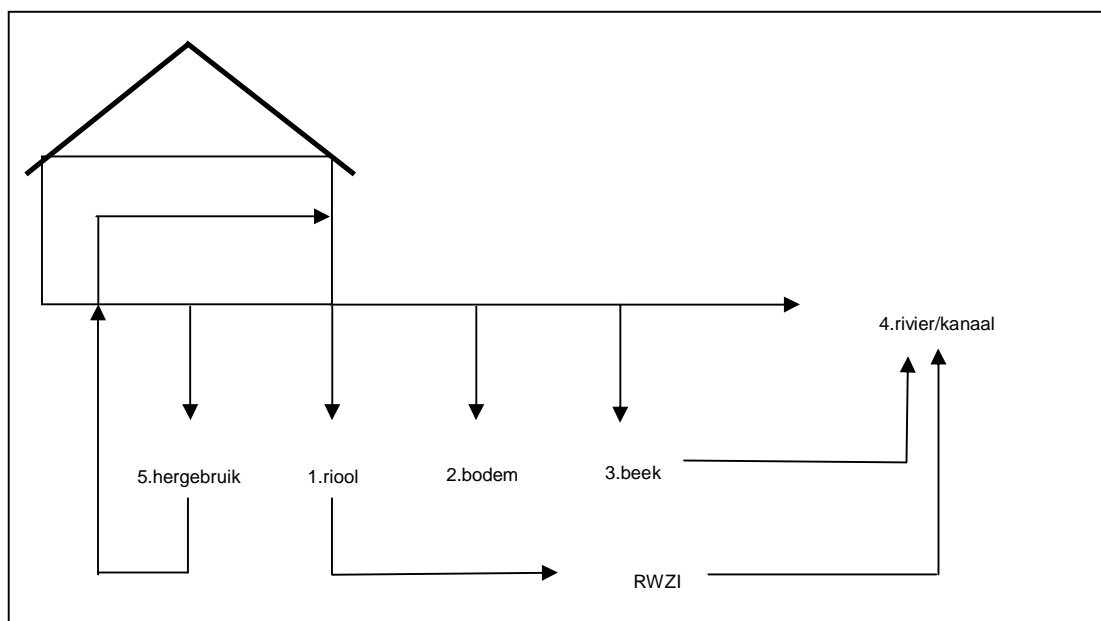
In de betreffende publicaties wordt gepleit voor een gebiedseigen MTR-waarde voor koper, specifiek voor het ontvangende water. Dit zou betekenen dat de huidige normen voor de meeste oppervlaktewateren ruimer worden (Zwolsman, 2005).

3 MOGELIJKE LOZINGSSITUATIES VOOR HET REGENWATER VAN EEN KOPEREN DAK/GEVEL

Het van een koperen dak afstromende hemelwater kan op verschillende manieren worden afgevoerd:

1. Indirect via het riool aangesloten op een RWZI;
2. infiltratie in de bodem via een Wadi of infiltratieput;
3. Direct (of indirect) op klein oppervlaktewater = beek, gracht
4. Direct (of indirect) op groot oppervlaktewater = rivier of kanaal
5. Bufferen van hemelwater voor hergebruik. Na hergebruik wordt het uiteindelijk geloosd, veelal als huishoudelijk afvalwater via het riool.

Deze verschillende lozingsituaties worden individueel besproken. De keuze van de meest geschikte afvoer voor het afstromende hemelwater is uiteraard afhankelijk van de locatie.



Figuur 1. Schematische voorstelling lozingsituaties.

3.1 Indirect lozen op het riool via een RWZI

In dit geval is er toestemming verkregen om het afstromend regenwater aan te sluiten op het riool. Dit riool is aangesloten op een RWZI. Hier zal zuivering plaatsvinden van het afvalwater, waarbij ook het aanwezige koper deels verwijderd wordt. In een normale RWZI wordt circa 85 % van het koper verwijderd. Uit de matrix in bijlage 1 is vervolgens af te leiden dat wanneer de RWZI uiteindelijk loost op een sloot, gracht of vaart er mogelijk een overschrijding van de 10 % MTR regel zal zijn bij daken groter dan 2.500 m². In de meeste gevallen vindt lozing van RWZI effluent echter plaats in grotere stromen. Hiervoor zullen zelden problemen met de kopernorm optreden.

Deze situatie gaat in tegen het afkoppelingsbeleid en zal in praktijk niet altijd worden aanbevolen, doch is niet ondenkbaar in bepaalde stedelijke gebieden die niet voorzien zijn van een gescheiden rioleringsstelsel.

3.2 Infiltratie via een wadi of andere infiltratievoorziening

In het Lozingenbesluit Bodembescherming, gebaseerd op de Wet Bodembescherming, staat dat niet verontreinigd hemelwater in principe in de bodem geïnfiltreerd kan worden, ook als dat in contact is geweest met oppervlakken als daken, wegen of parkeerterreinen. Ingevolge de algemene zorgplicht die deze wet voorschrijft zal altijd moeten worden bekeken of de infiltratie niet tot onverantwoorde vervuiling zal leiden, zeker als er een redelijk vermoeden bestaat dat het afstromend hemelwater in contact is geweest met een vervuilend oppervlak.

Wanneer de ondergrond en de omgeving (ruimte) het toelaten een infiltratievoorziening aan te leggen is dit een milieuvriendelijk alternatief voor lozing van regenwater.

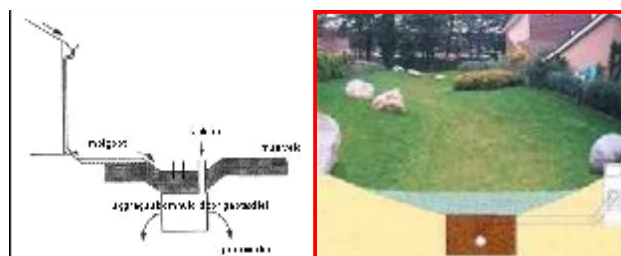
Het regenwater van het koperen dak wordt via de infiltratievoorziening geloosd in de bodem. De adsorptiecapaciteit van de ondergrond en andere materialen in de infiltratievoorziening zorgen ervoor dat er geen koper naar het grondwater doorslaat. Het aanleggen van een infiltratievoorziening vergt kennis ter zake. Eveneens dient rekening te worden gehouden met onderhoud van de infiltratievoorziening, o.a. periodieke verwijdering van bezonken deeltjes.

Verschillende uitvoeringsvormen van infiltratievoorzieningen zijn mogelijk. Indien slechts beperkte ruimte beschikbaar is kan via een ondergrondse infiltratieput regenwater worden geloosd naar de bodem. De diepte van de grondwatertafel en de doorlatendheid van de ondergrond zijn daarbij bepalende factoren.



Figuur 2. Infiltratievoorziening.

Een andere mogelijkheid, waarvoor echter meer oppervlakte noodzakelijk is, is een wadi. Een wadi (Arabisch voor dal) is een laagte waarin het hemelwater zich kan verzamelen en in de bodem kan infiltreren. Meestal is een wadi beplant met gras of biezen.



Figuur 3. Schematische weergave en een foto van een wadi.

Voor de grootte van de Wadi kan de volgende vuiستregel worden gehanteerd:

Oppervlakte wadi = 10% van dakoppervlak.

De oppervlakte is wel afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem. Bij een minder goed doorlatende bodem dient een grotere oppervlakte ingericht te worden. Voor extreme afvoeren dient in een overstort te worden voorzien.

3.3 Direct (of indirect) lozen op een klein oppervlaktewater (beek, gracht)

Lozing op een klein oppervlaktewater (debiet <math><15 \text{ m}^3/\text{s}</math>) kan wel aanleiding geven tot overschrijding van de 10% MTR regel. Uit de matrix in bijlage 1 kan worden afgeleid dat er mogelijk overschrijding plaatsvindt vanaf een dakoppervlak van 250 m².

3.4 Direct (of indirect) lozen op een groot oppervlaktewater (rivier of kanaal)

Lozing van het regenwater rechtstreeks op een groot oppervlaktewater levert op basis van de 10 % MTR regel geen problemen, ook niet bij grotere daken.

3.5 Bufferen van het hemelwater in functie van hergebruik

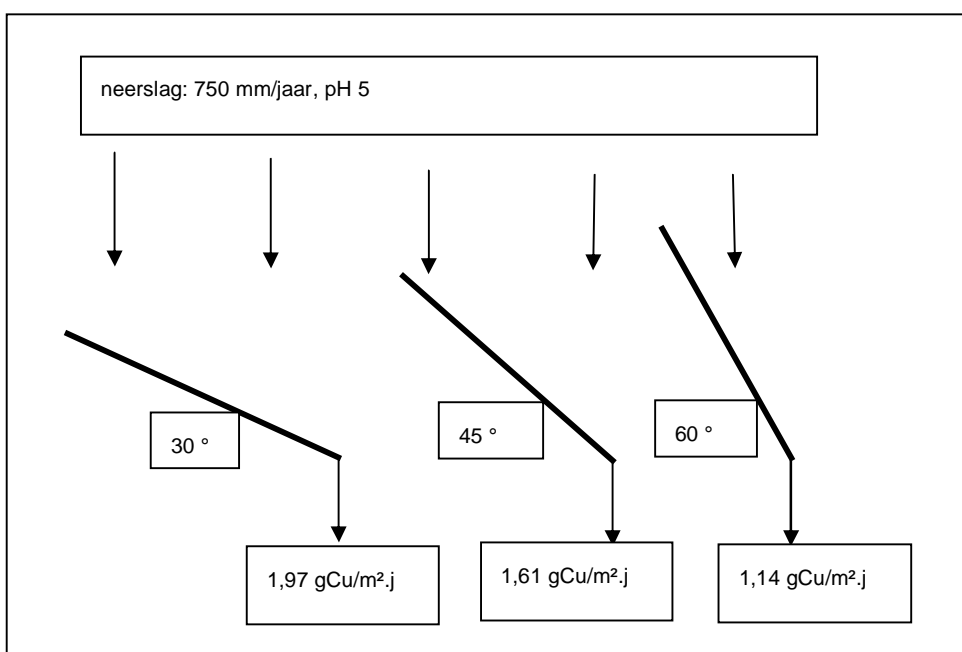
Hergebruik van hemelwater wordt veelvuldig toegepast en gestimuleerd door de overheid. Het opvangen en bufferen van regenwater geeft aanleiding tot een verminderde afvoer naar de oppervlaktewateren en biedt mogelijkheden voor leidingwaterbesparing. Er zijn tal van mogelijkheden om regenwater te hergebruiken, maar 'laagwaardige' toepassingen liggen het meest voor de hand. Daarbij kan het hemelwater na een eenvoudige filtratie en wellicht desinfectie worden aangewend, bv. voor toiletspoeling.

4 MOGELIJKE MAATREGELEN OM DE EMISSIE VAN KOPER TE VERMINDEREN

Er kunnen talrijke Best Management Practices (BMP) en combinaties ervan worden toegepast zodat de koperconcentratie hetzij verminderd hetzij minder biobeschikbaar wordt. Deze BMP kunnen worden ingezet om in het geval het ALARA principe wordt toegepast door de betreffende Gemeente, toch een basis voor gesprek te creëren. Het toepasbaar zijn van deze BMP is sterk afhankelijk van de ruimtelijke mogelijkheden en dienen per project te worden overwogen:

4.1 Geometrie

de geometrie van het koperen dak (helling en oriëntatie) kan een significant effect hebben op de vermindering van mogelijke afspoeling van koper;



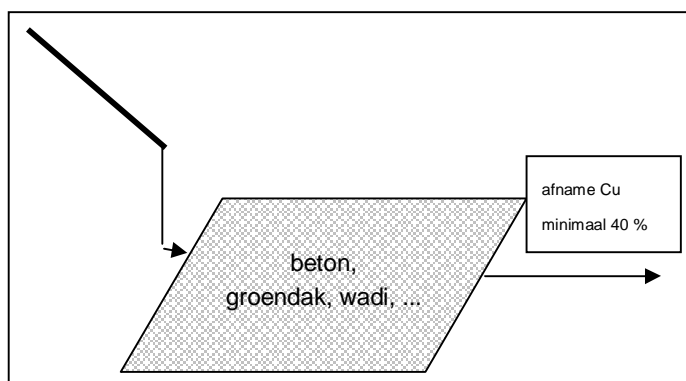
Figuur 4. Afstroming van koper (g/m².j) berekend aan de hand van formule Odnevall Wallinder

Rekenvoorbeeld:

$$\begin{aligned}
 \text{Cu afspoeling (g/m}^2\text{.j)} &= (1,04 + 0,96 \times \text{mm} \times 10^{-0,62\text{pH}}) \times \cos \theta / \cos 45^\circ \\
 &= (1,04 + 0,96 \times 750 \times \frac{1}{10^{3,1}}) \times 0,866026 / 0,707107 \\
 &= (1,04 + \frac{0,96 \times 750}{1258,925412}) \times 1,225 \\
 &= (1,04 + 0,572) \times 1,225 \\
 &= 1,97 \text{ g Cu/m}^2\text{.j}
 \end{aligned}$$

4.2 Adsorberend materiaal

Door het afstromende regenwater over een adsorberend materiaal als beton te laten stromen kan een gedeelte van het koper (minimaal 40 %) worden weerhouden;

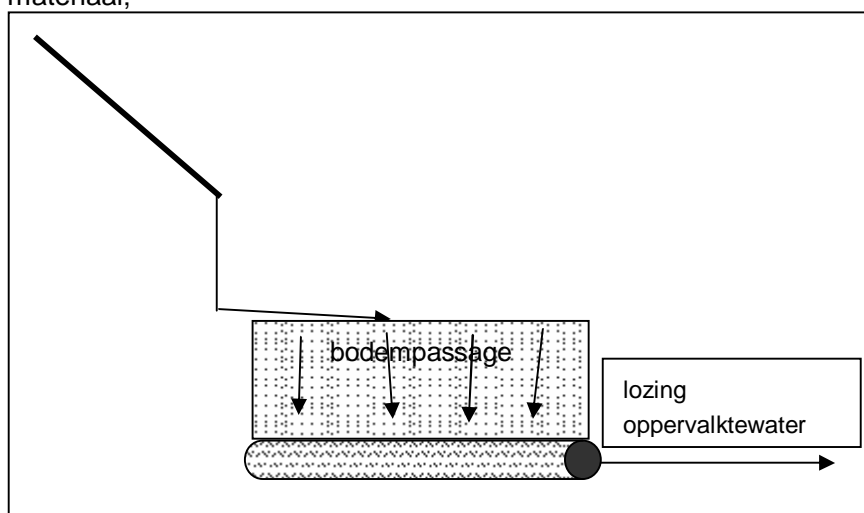


Figuur 5. Schematische voorstellen afstroming regenwater via adsorberende voorziening

het van het koperen dak afspoelend regenwater kan in specifieke gevallen wordt afgeleid naar een groendak. De filterende werking van de combinatie van bodem en planten kan de koperconcentratie sterk doen dalen.

4.3 Bodempassage

Het afstromende regenwater via een bodempassage lozen op oppervlaktewater voldoet volgens het RIZA aan de stand der techniek voor zuivering van verontreinigd hemelwater (Nieuwsbrief emissies nr. 26, 2005). Door het regenwater over een poreuze verharding (bv. beton) te laten infiltreren in een adsorberende laag van zand, bodem of kalk en daarna via drainage het teveel aan water af te leiden naar een oppervlaktewater wordt de aanwezige verontreiniging van zware metalen als koper weerhouden aan het materiaal;



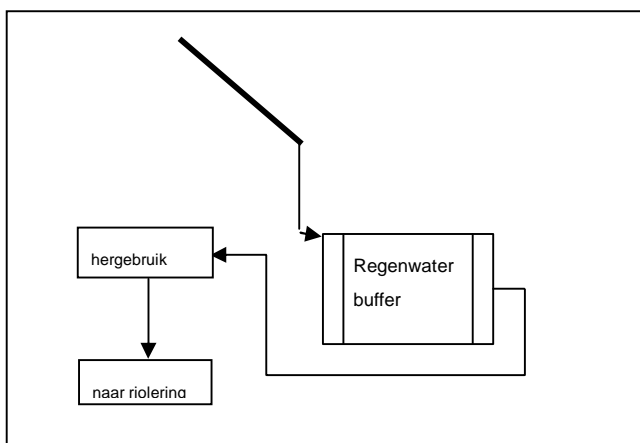
Figuur 6. Schematische weergave van een bodempassage

4.4 Vijver, bufferbekken, sedimentatiebekken

Het regenwater afleiden naar een vijver of bufferbekken kan eveneens de hoeveelheid aan koper verminderen door sedimentatie en binding aan organisch materiaal (German, J., Ponds for stormwater treatment, 2002). Tijdens de betreffende IWA conferentie over diffuse verontreiniging werden vijvers (ponds) aangemerkt als oplossing voor het afvangen van verontreiniging die meekomt met regenwater en run off zoals zware metalen.

4.5 Hergebruik regenwater

Opvangen en bufferen van het water in een regenwaterput geeft de mogelijkheid het regenwater te hergebruiken waardoor enerzijds minder water wordt verbruikt en anderzijds het ontvangende water minder wordt belast. Voor het overstort van de regenwaterput kunnen eveneens voorzieningen worden getroffen die koper tegenhouden. Indien het water gebruikt wordt in sanitaire installaties zal het water via het riool worden verwijderd en zo gezuiverd in een RWZI.



Figuur 7. Schematische voorstelling regenwater hergebruik

4.6 Filtreren

Het afgevoerde regenwater kan via een filter met adsorberend materiaal als zeoliet of filterend materiaal als zand, kalksteen, etc. worden geleid waardoor koper in belangrijke mate uit het water wordt verwijderd. Het verwijderingsrendement van een dergelijk filter wordt geraamd op ca. 75%.



Figuur 8. Voorbeeldvoorziening met zeolietfilter.

5 BESLUIT

Dit rapport geeft een overzicht van de mogelijke milieu-invloeden van een koperen dak of gevel en de huidige regelgeving. Het gaat daarbij in de eerste plaats over de belading van het afspoelende regenwater met koper. Aangezien koper als toxisch wordt beschouwd dient de nodige aandacht te worden besteed aan de lozing van het regenwater. Het afkoppelingsbeleid spoort aan om regenwater zo veel mogelijk rechtstreeks te lozen op oppervlaktewater. In dit laatste geval is de emissie-immissie toets van belang. Daarmee kan op basis van de beschikbare MTR-norm voor koper getoetst worden of het ontvangende oppervlaktewater een bijkomende hoeveelheid koper zonder verhoogd risico kan ontvangen. Op basis van diverse onderzoeken is gebleken dat verschillende maatregelen kunnen worden ondernomen om de vracht aankoper in het regenwater te verminderen alvorens het wordt geloosd. Deze maatregelen zijn in dit rapport kort besproken. In bijlage 2 is een stappenschema opgenomen dat, samen met dit rapport, kan dienen als leidraad bij de eerste stappen in een project waarbij een koperen dak. wordt overwogen.

Lijst van gebruikte literatuur

- RIZA rapport 2003.027. Emissies van bouwmaterialen, vaststelling van afspoelsnelheden op basis van metingen aan proefopstelling.
- Bertling, S., 2005, Corrosion-induced metal runoff from external constructions and its environmental interaction. – a combined field and laboratory investigation of Zn, Cu, Cr and Ni for risk assessment;
- Rijkswaterstaat Noord Holland, Syncera water, 28 maart 2006, Instrumenten aanpak diffuse bronnen;
- STOWA, 2005, Kwaliteitsaspecten infiltreren stedelijk water beter bekeken;
- CIW, juni 2000, Emissie – Immissie, prioritering van bronnen en de immissietoets;
- TDC environmental, november 2004, Copper sources in urban runoff and shoreline activities;
- Palo Alto regional water quality control plant, november 2001, Architectural uses of copper, an evaluation of stormwater pollution loads and best management practices;
- Sansalone, J., Zheng Teng, Journal of environmental engineering, september 2004, Vol. 130, Nr. 9, pp. 990-1007, In situ partial exfiltration of rainfall runoff I;
- Zhen Teng, Sansalone J, Journal of environmental engineering, september 2004, vol. 130, Nr. 9, pp. 1008-1020, In situ partial exfiltration of rainfall runoff II;
- Athanasioadis, et al, 2006, Water Science and Technology, vol 54, Nr. 6-7, pp. 281-289, Infiltration of a copper roof runoff through artificial barriers;
- Odnevall W, et al., 11/204, Metall, vol. 58, Environmental interaction of copper and zinc released from building materials as a result of atmospheric corrosion;
- Zwolsman, 2005, H2O vol 14/15, Toxiciteit van koper in oppervlaktewater: een non-probleem;
- Zwolsman, 2005, H2O Vol 21, Koper in oppervlaktewater (2): methodiek voor bepaling van gebiedseigen normen;
- Copper Development Association inc. (CDA), 2002, Copper roof stormwater runoff - corrosion and the environment;
- ECI, 2002, Synthesis ECI research findings, bioavailability and effects of copper in aquatic systems;
- Meire P. et al., Water, december 2005, Kwaliteit van afstromend regenwater;
- Trowsdale, S., contaminant retention of six urban stormwater filter media;
- TNO, oktober 2002, Vervuiling van infiltratievoorzieningen;
- US department of health and human services, september 2004, toxicological profile for copper;
- Universiteit Utrecht, 06-2004, Regenwater afkoppelen in Zeeland
- Chair, J., T., 2006, Shallow stormwater infiltration devices vs. injection well systems: a comparison of groundwater contamination potential;
- German, J., 2002, Ponds for stormwater treatment;
- Dierkes, C., et al., 2005, Pollution retention of different permeable pavements with reservoir structure at high hydraulic loads;
- Perkins, C., et al., 2005, Effects of PVC, cast iron and concrete conduit on concentrations of copper in stormwater, Urban Water Journal, Vol. 2, N° 3, sept. 2005, pp. 183-191;

- Chair, J.T., May 2006, Shallow stormwater infiltration devices vs. injection well systems: a comparison of groundwater contamination potential, Landscape and liveable environments, N° 13;
- Arnold, R., 2005, Estimations of Copper roof runoff rates in the United States, Integrated environmental assessment and management – Volume 1, Number 4 – pp. 333-342;
- Odnevall Wallinder, I. et al., 2006, Modelling and mapping of copper runoff for Europe, Journal of Environmental Monitoring;
- Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, januari 2005, Nieuwsbrief Emissies nr. 26;
- Stolk, A., P., juni 2001, RIVAM rapport 723 101 056, Landelijk meetnet regenwatersamenstelling, maatresultaten 1999.

=O=O=O=

Bijlage 1

Matrix immissietoets

Uitgangspunten voor de berekeningen:

Typering oppervlaktewateren

	Breedte	Diepte	Stroomsnelheid	Afvoer
	m	m	m/s	m ³ /s
sloot	1	0,3	0,1	0,03
gracht / vaart	5	2	0,01	0,1
kanaal	50	3	0,1	15
rivier	150	3	0,3	135
grote rivier	400	5	0,5	1000

Kerngegevens koper

MTR	3,8	ug/l (totaal)
stap 2 immissietoets	0,38	ug/l (totaal)
verwijdering op RWZI	85%	
jaaremissie	1,7	g/m ² .j

Berekening significante bijdrage bij directe lozing

Dakoppervak m2	sloot	gracht/vaart	kanaal	rivier	grote rivier
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
10	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00
25	0,12	0,04	0,00	0,00	0,00
50	0,24	0,07	0,00	0,00	0,00
100	0,47	0,14	0,00	0,00	0,00
250	1,18	0,35	0,00	0,00	0,00
500	2,36	0,71	0,00	0,00	0,00
1000	4,73	1,42	0,01	0,00	0,00
2500	11,82	3,55	0,02	0,00	0,00
5000	23,64	7,09	0,05	0,01	0,00
10000	47,29	14,19	0,09	0,01	0,00

Berekening significante bijdrage bij lozing via RWZI

Dakoppervak m2	sloot	gracht/vaart	kanaal	rivier	grote rivier
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
50	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00
100	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00
250	0,18	0,05	0,00	0,00	0,00
500	0,35	0,11	0,00	0,00	0,00
1000	0,71	0,21	0,00	0,00	0,00
2500	1,77	0,53	0,00	0,00	0,00
5000	3,55	1,06	0,01	0,00	0,00
10000	7,09	2,13	0,01	0,00	0,00

De rood gearceerde gebieden geven aan dat er aanvullende actie ondernomen moet worden. Hierbij dient de hemelwaterafvoer hetzij behandeld te worden of dient een alternatieve lozings situatie te worden gezocht.



Bijlage 2 stappenschema

Afvoer hemelwater koperen dak

