



Best Practice Proceswater

1. Inleiding

In vrijwel ieder bedrijf wordt water gebruikt als een transportmiddel, koelvloeistof, of als warmtetransporteur. Water is aanwezig in onze leefomgeving en niet toxisch, wat het werken ermee vergemakkelijkt. Ook is het in veel grondstoffen aanwezig en wordt het gemengd met eindproducten om zo de bruikbaarheid en toepasbaarheid ervan te vergroten.

Een unieke eigenschap van water is de hoge soortelijke warmte in vergelijking met andere vloeistoffen, dit maakt het een zeer geschikt medium voor opslag van energie, dit kan zowel koelend zijn als verwarmend. De zuiverste vorm van water is als H₂O, zonder de aanwezigheid van andere stoffen. In de praktijk komt dit echter niet voor vanwege het oplosvermogen van stoffen van bijvoorbeeld natuurlijke mineralen en lucht. Hierdoor is het soms noodzakelijk om de samenstelling van water zodanig aan te passen dat het geschikt is voor bepaalde toepassingen in de industrie.

Water wordt in de industrie gebruikt voor:

- Spoelwater; drinkwaterkwaliteit volstaat in meeste toepassingen, behalve in de voedings- en genotmiddelenindustrie en in farmaceutische bedrijven, waar een hogere zuiveringsgraad wordt geëist.
- Ketelvoedingswater; zie best practice "Stoom- en condensaatssystemen".
- Koelwater; zie best practice "Waterkoeling".
- Proceswater; toepassing in productieprocessen, of warmwatercircuits.

Iedere toepassing vraagt zijn specifieke waterkwaliteit. De gewenste kwaliteit en eigenschappen van het water worden bereikt door het op een specifieke manier te behandelen.

In deze best practice zal worden ingegaan op de verschillende soorten van water en waterbehandelingen. Tevens zullen de energetische aspecten van de behandelingsmethoden en toepassingen aan de orde komen.

2. Vuistregels

Hieronder worden enige vuistregels gegeven waarmee u kan identificeren de kwaliteit van uw water alsmede de waterbehandelingsmethoden om de benodigde waterkwaliteit voor specifieke toepassing binnen uw bedrijfsvoering te verkrijgen.

In navolgend overzicht zijn de soorten water met de kwaliteit, uitgedrukt als geleidbaarheid, weergegeven.

Type water	Geleidbaarheid	Opmerking
Regenwater	30 – 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$	landelijk – industrieel gebieden
Drinkwater	300 tot 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$	
Grondwater	200 – 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	afhankelijk van de locatie
Koelwater bij open koeltoren	ca 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	richtwaarde voor spuien
Zeewater	54000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	afhankelijk van de locatie

Tabel 1 Overzicht van soorten water met bijbehorende geleidbaarheid [1].

Elke toepassing vereist een bepaalde type water met de bijbehorende kwaliteit. Hieronder is een overzicht van gangbare toepassingen en gangbare waterbehandelingsmethoden met drinkwater als ingaande stroom.

Type water	Onthard water ($< 8 \text{ dH}$)	Demiwater	Hoge kwaliteit	Zeer zuiver – Ultra zuivere
Geleidbaarheid $\mu\text{S}/\text{cm}$	5 – 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$	$< 5 \mu\text{S}/\text{cm}$	$< 0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$	$< 0.05 \mu\text{S}/\text{cm}$
Ketelvoedingswater	Lage druk ketels 0.5 – 1.5 barg	Midden druk ketels 1.5 – 20 barg	Hoge druk ketels > 20 barg	Hoge druk ketels met stoomturbines > 20 barg
Verwarming/Koeling circuits	Lage druk systeem	n.v.t	n.v.t.	Bij kerncentrales
Proceswater (voorbeeld toepassingen)	Voedings-industrie	Voedings-industrie	Farmacie industrie, Injectiewater gasturbines	Semi conductor en farmacie industrie, Kritische proces-applicaties
Technologie (uitgegaan van ingenomen drinkwater)	Deelbehandeling met: Ionenwisseling, of; Ultra/nano-	Omgekeerde osmose of; Ionenwisseling en/of;	Omgekeerde osmose + volledige (mengbed) ionenwisseling	Omgekeerde osmose + volledige ionenwisseling + high performance

	filtratie	Destillatie		mengbed ionenwisseling of CDI
--	-----------	-------------	--	-------------------------------

Tabel 2 Overzicht van toepassing van verschillende water typen [1].

Recirculatie en hergebruik van waterstromen, verlagen in het algemeen de operationele kosten, wanneer het direct kan worden hergebruikt of met eenvoudige middelen te behandelen zijn. Voorbeelden hiervan zijn het recirculeren van stoomcondensaat en koelwater.

3. Watervoorziening

3.1 Waterinname

Bedrijven moeten water innemen om te kunnen produceren. De beschikbaarheid en de kwaliteit van het ingenomen water worden bepaald door de lokale omstandigheden. Meestal is een drinkwateraansluiting aanwezig voor de watervoorziening. Afhankelijk van de geografische locatie kan ook grondwater en/of oppervlaktewater worden ingenomen.

3.1.1 Levering door drinkwaterbedrijven

Drinkwaterbedrijven leveren tot "voor de deur". Drinkwater is vrij van zwevende stof en is van consumptieve kwaliteit. De kwaliteit is (per leverancier) redelijk constant en de temperatuurverschillen zijn gering. Voor het toepassen van drinkwater als proceswater is meestal een behandeling nodig om tot de gewenste, hogere kwaliteit te komen, zie tabel 2.

Drinkwater is, tot op zekere hoogte, in iedere gewenste hoeveelheid beschikbaar. De innameprijs, vaak gekoppeld met de in te nemen hoeveelheid, is relatief hoog. In sommige gebieden biedt het drinkwaterbedrijf ook "grijs" of *E water* aan. In het algemeen is deze watersoort goedkoper dan drinkwater. Ook is het soms mogelijk om demiwater of industriewater in te nemen van het drinkwaterbedrijf. Deze is echter aanzienlijk duur dan standaard drinkwater.

3.1.2 Inname van oppervlaktewater (rivier, kanaal, meer, eventueel zee)

Oppervlaktewater wordt in het algemeen gebruikt als koelwater. De samenstelling en beschikbaarheid van oppervlaktewater is in het algemeen wisselend en seizoen afhankelijk. In de winterperiode bijvoorbeeld, dient rekening gehouden te worden met ijsgang. De hoeveelheid zwevende stof in het ingenomen oppervlaktewater kan sterk worden beïnvloed door variërende stroomsnelheden ten gevolge de effecten van bijvoorbeeld scheepvaart en hoeveelheid neerslag.

Inname van oppervlaktewater vraagt een uitgebreid filtersysteem voor het tegengaan van inname van drijvende delen, modder en vissen. Micro-organismen (bacteriën), organisch materiaal en andere fijne deeltjes kunnen vaak bio-fouling veroorzaken, zoals slijmafzettingen en aangroei van mosselen. Hierdoor neemt het koelvermogen van warmtewisselaars af en door een verhoogde stromingsweerstand in het systeem neemt het elektriciteitsverbruik van de koelwaterpompen toe.

Periodiek reinigen is noodzakelijk. De frequentie van reinigen wordt verlaagd door het doseren van chemicaliën in de ingaande stroom.

3.1.3 Inname van grond- of bronwater

Het gebruik van grond- of bronwater wordt steeds meer gebonden aan zeer strenge overheidseisen, waardoor de beschikbaarheid voor industriedoeleinden zeer wordt beperkt. Dit geldt in het bijzonder voor laagwaardige toepassingen zoals proceskoeling.

Wanneer echter het gebruik is toegestaan, is de lage temperatuur (5 – 10°C) voor koeldoeleinden een voordeel. Vaak bevat grond- of bronwater mangaan- en ijzerverbindingen die hardnekkige afzettingen in de apparatuur kunnen geven. De bruine kleur van bronwater kan bij contact met producten aanleiding tot problemen geven. Daarom moet dit water ontdaan worden van ijzer en mangaan. De klassieke methode hiervoor is beluchten waardoor het ijzer en mangaan oxideren tot onoplosbare verbindingen die te verwijderen zijn door filtratie. Alternatief kan het nog anaerobe water met membraantechnologie (nanofiltratie) ontdaan worden van de meeste Fe²⁺- en Fe³⁺- en Mn²⁺- ionen (ijzer en mangaan zijn dan in opgeloste vorm).

3.1.4 Hergebruik van waterstromen

Een deel van de waterbehoefte binnen het bedrijf kan worden verkregen door gebruikte waterstromen te recirculeren voor hergebruik. Indien de kwaliteit het toelaat, kan het gerecirculeerde waterstroom direct worden hergebruikt. Voorbeelden hiervan zijn:

- Koelwaterretour
- Stoomcondensaatretour
- hergebruik van productcondensaat¹
- gereinigd afvalwater

3.2 Soorten proceswater

3.2.1 Algemeen

Wanneer water voor een specifieke toepassing, onvoldoende van kwaliteit is, kan dit negatieve effecten hebben het leidingwerk, apparatuur, product en gezondheid. Dit uit zich door onder andere;

- vervuiling door zwevende deeltjes;
- afzettingen;
- microbiologische vervuiling;
- corrosie.

Het is daarom belangrijk dat voor de specifieke toepassing de juiste waterkwaliteit wordt gebruikt. Een korte omschrijving wordt hieronder gegeven van de volgende, meest gangbare soorten.

3.2.2 Proceswater

- gefiltreerd water
- onthard water / gedeeltelijk onthard water
- demi water
- condensaat
- gedestilleerd water en ultra zuiver water

3.2.3 Gefiltreerd water

Met deze methode worden zwevende deeltjes uit het water verwijderd. De daarbij toegepaste methode is afhankelijk van de deeltjesgrootte:

- **Grof;** hiervoor worden roosters en zeven gebruikt. Zeven kunnen met gaas of doek worden uitgevoerd. Afhangelijk van de benodigde capaciteit kan er worden gekozen voor trommelfilters (10-3000 micron) of in-line filters (25-1000 micron).
- **Fijn;** hiervoor worden zand- of cycloonfilters toegepast. Cycloonfilters behoeven geen aparte speelstap. Een zandfilter bestaat in een drukketel gevuld met een laag filterzand dat op een

¹ In het algemeen zal voor hergebruik van productcondensaat een reinigingstap noodzakelijk zijn.

doppenbodem (een plaat die het zand draagt en via zogenaamde doppen het water doorlaat) ligt. Bij het overschrijden van een instelbare drukval wordt het filter automatisch gespoeld, meestal met lucht en water.

3.2.3 Onthard water

In natuurlijk water komt hardheid meestal voor in de vorm van blijvende en tijdelijke hardheid. Blijvende hardheid ontstaat door CaCl_2 , CaSO_4 , MgCl_2 , MgSO_4 en tijdelijke hardheid door $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Hard water kan ongewenste afzetting van kalksteen in leidingwerk en apparatuur veroorzaken.

Door de hardheidsionen calcium (Ca^{2+}) en magnesium (Mg^{2+}) gedeeltelijk of vergaand te verwijderen, wordt zacht water of onthard water verkregen.

Het ontharden van water kan met de volgende behandelingsmethoden worden uitgevoerd.

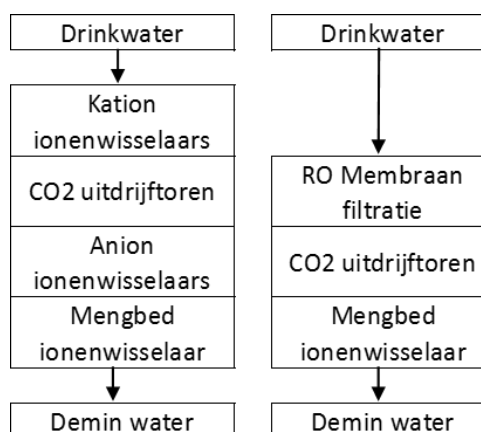
- Ionenwisselaar. Hierbij worden Ca- en Mg-ionen uitgewisseld tegen natriumionen (Na). Wanneer de ionenwisselaar verzadigd is wordt de ionenwisselaar geregenereerd met een pekeloplossing.
- Membraanfiltratie (nanofiltratie)
- Dosering van kalkmelk of natronloog gevolgd door een bezinktank. De bezinktank is tegenwoordig veelal vervangen door korrelreactor. Deze toepassing wordt soms toegepast bij de bereiding van drinkwater bij de drinkwaterbedrijven, en slechts sporadisch bij productiebedrijven.

3.2.4 Demiwater

Wanneer het water volledig vrij moet zijn van ionen, dus volledig gedemineraliseerd, worden de ionen verwijderd in verschillende stappen. Dit kan worden uitgevoerd met ionenwisselaars of met een combinatie van ionenwisselaars met omgekeerde osmose (RO) filtratietechniek.

De behandelingsstappen zijn voor beide alternatieven schematisch hieronder weergegeven, uitgaande van drinkwater als voeding.

In het kationfilter worden alle kationen (positief geladen ionen) zoals Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ verwijderd. Wanneer het filter volledig is beladen, wordt het geregenereerd met een zuur. Meestal wordt hiervoor in Nederland gewerkt met zoutzuur, soms met zwavelzuur. Bij gebruik van zwavelzuur moet gelet worden op de zuurconcentratie: Wanneer deze te hoog is, kan met de vrijkomende calciumionen calciumsulfaat worden gevormd, wat neerslaat op de harskorrels die daardoor worden gedeactiveerd.



In het tweede filter, het anionfilter, worden de anionen Cl^- , SO_4^- verwijderd. Afhankelijk van de harssoort kan ook silica en koolzuur worden verwijderd. Meestal wordt koolzuur verwijderd in een uitdrijftoren die achter het kationfilter is geplaatst. Het water is daar zuur waardoor de oplosbaarheid van CO_2 gering is. Wanneer het filter is beladen, wordt het geregenereerd met een natronloogoplossing.

Ionenwisselreacties zijn evenwichtsreacties. Sporen natrium slippen door het kationfilter en nemen uit het anionfilter een equivalente hoeveelheid chloride-ionen mee. De geleidbaarheid achter het anionfilter bedraagt meestal 1-5 μ Siemens/cm.

Het water is nog niet volledig gedemineraliseerd. Daarom wordt meestal nog een mengbed of monobedfilter nageschakeld. Hierin zit een mengsel van kation- en anionhars. Men kan het zien als een oneindig aantal achter elkaar geschakelde kation- en anionfilters die de laatste ionen uit het water halen (politiefilter). De geleidbaarheid is daarna meestal in de orde grootte van 0,1-0,5 μ Siemens/cm. Voor de regeneratie van een mengbed worden de twee harssoorten gescheiden, (door gebruik te maken van hun dichtheidsverschillen), in een anion- en kationlaag die apart worden geregenereerd met loog en zuur. Hierna worden de twee harslagen weer gemengd door een water- en luchtstroom door het filter te voeren.

Met de huidige membraantechniek is het ook via omgekeerde osmose mogelijk alle ionen in één stap uit het water te verwijderen. Soms wordt dan voor alle zekerheid nog een mengbed ionenwisselaar nageschakeld.

Wanneer het ingaande water een lagere kwaliteit heeft dan drinkwater, dan dient het water een voorbehandeling te ondergaan ter bescherming tegen vervuiling en schade.

3.2.5 Retourcondensaat

Onder retourcondensaat wordt hier onderscheid gemaakt in stoomcondensaat en productcondensaat.

Stoomcondensaat. Stoomcondensaat maakt deel uit van de stoom-condensaat cyclus. Door lekkage in warmtewisselaars en andere procesapparatuur kunnen producten in de stoomcondensaat terecht komen en de stoom-condensaat cyclus contamineren. Het is belangrijk dat kwaliteit van het retourstoomcondensaat gecontroleerd wordt en dat bij constatering van contaminatie, adequaat wordt gereageerd ter voorkoming van contaminatie en uit-bedrijfname van de stoomketel. Een gangbare kwaliteitscontrole is het nemen van monsters en het laten analyseren in de laboratorium. Deze periodieke kwaliteitsbewaking heeft echter als nadeel dat er niet direct gereageerd kan worden bij constatering van contaminatie in de retourcondensaat. Een snellere kwaliteitsbewaking is in-line meting van bijv. de zuurgraad (pH) en geleidbaarheid of de Total Organic Carbon (TOC) voor organische componenten.

Wanneer in het retourstoomcondensaat contaminatie is geconstateerd, dan wordt dit als een incident beschouwd. In de meeste gevallen wordt de gecontamineerde retourstoomcondensaat omgeleid en afgevoerd, terwijl tegelijkertijd de oorzaak van de contaminatie wordt verholpen.

Productcondensaat. Productcondensaat komt vrij bij verdampings- en droogprocessen, en maakt als zodanig deel uit van het productieproces. Productcondensaat bevat veelal vluchtige en condenseerbare componenten. De restwarmte in de stoomcondensaat kan worden teruggewonnen via warmtewisselaars voor bijv. het opwarmen van ketelvoedingswater. Afhankelijk van het debiet, de concentraties en soort contaminaties, kan het zinvol zijn een waterbehandelingsinstallatie te installeren voor hergebruik van productcondensaat. Deze productstromen zijn echter zodanig specifiek en sterk afhankelijk van het soort productieproces, dat deze waterstromen niet onder de gangbare proceswaterstromen in dit artikel vallen.

3.2.6 Gedestilleerd water en ultra zuiver water

Grootschalige productie van gedestilleerd water vindt over het algemeen plaats daar waar veel laagcalorisch restwarmte beschikbaar is, bijv. bij olierafinaderijen. Door gebruik te maken van deze (gratis) restwarmte kan grootschalig gedestilleerd water worden gemaakt in een meertraps verdampingsunit met vacuümdampcompressiesysteem. Deze techniek wordt veel toegepast bij de productie van drinkwater uit zeewater in het Midden-Oosten. Tegenwoordig wint de toepassing van omgekeerde osmose met zeewater membranen steeds meer terrein. Grootschalige productie van

gedestilleerd water valt niet onder de gangbare proceswaterstromen in dit artikel, en wordt niet nader beschreven.

Gedestilleerd water en ultra zuiver water behoren tot de hoogste kwaliteit water. Deze watersoorten worden gebruikt in bijv. laboratoria, ziekenhuizen, in de farmacie en bij de productie van semi-conductoren. Behandelingsinstallaties met een relatief geringe capaciteit, bestaan uit meervoudige zuiveringsstappen van omgekeerde osmose, of ionenwisselaars, of combinaties van omgekeerde osmose en ionenwisselaars, om een geleidbaarheid te verkrijgen van onder de $0.05 \mu\text{Siemens/cm}$. Soms wordt in de zuiveringsstappen toegevoegd een verdampingsunit of een EDI (Electro de-ionisatie) unit en een desinfectiestap met UV licht of met ozon. Gezien de veelheid aan combinaties van nageschakelde behandelingstechnieken, is het raadzaam om meerdere configuraties en meerdere leveranciers te betrekken, voorafgaand de aanschaf een waterbehandelingsunit.

3.3 Belangrijke waterbehandelingsprocessen

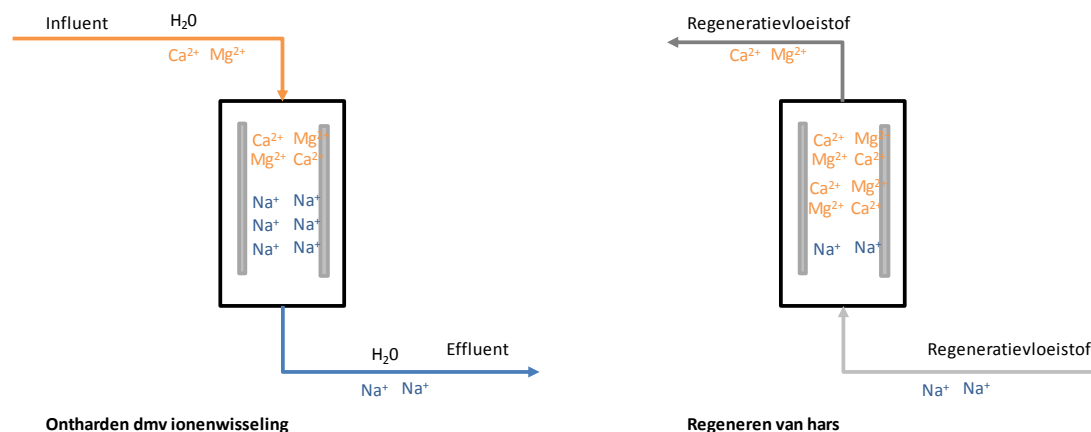
De meest toegepaste waterbehandelingen zijn:

- ionenwisseling;
- membraantechnologie;
- koelwaterbehandeling;
- ketelwaterbehandeling;
- stoomcondensaatbehandeling.

In de volgende paragrafen wordt ingegaan op enige belangrijke aspecten van deze processen.

3.3.1 Ionenwisseling

Ionenwisselharsen zijn kunststofkorrels waar actieve groepen in zijn aangebracht die de eigenschap hebben om te reageren met in water aanwezige ionen. Afhankelijk van het soort actieve groep worden kationen of anionen uit het water opgenomen en uitgewisseld tegen een ion uit de actieve groep. Vandaar de naam ionenwisselaars. Wanneer alle actieve groepen zijn bezet met de opgenomen ionen wordt de hars geregenereerd. Door de hoge concentratie van het regenerant worden de opgenomen ionen weer vervangen door actieve ionen en het hars is weer gebruiksklaar. Er bestaan ook harsen die aan één korrel beide groepen verenigen en een gunstig regeneratierendement hebben.



Figuur 1: Ontharding en regenereren van een ionenwisselaar [1].

Na de regeneratie worden de restanten regenerant en uitgedreven ionen verwijderd door de harskolom te spoelen. Alle reacties zijn evenwichtsreacties. Om tijdens de regeneratie de opgenomen ionen zo goed

mogelijk te verdrijven, is een grotere hoeveelheid zout, zuur of loog nodig dan theoretisch vereist is. Hoe groter deze overmaat, hoe lager het regeneratierendement. De hoogte van deze overmaat (meestal 1,1 tot 1,5) bepaalt de slip van ionen door het filter.

De overmaat regenerant spoelt meestal weg en wordt niet opgevangen voor hergebruik, maar verdwijnt naar de afvalwaterzuiveringsinstallatie, eventueel via een neutralisatiebassin om sterke pH-fluctuaties van de overmaat regeneranten uit te vlakken, die de effectiviteit van de afvalwaterzuivering negatief beïnvloeden.

Bij het beoordelen van aanbiedingen moet hierop worden gelet om te kunnen bepalen wat de jaarkosten zijn voor regeneranten en hoe groot het opvangbassin moet zijn voor neutralisatie van de overmaat regenerant, voordat dit mag worden geloosd op het riool of een zuiveringsinstallatie. Voor een goede evaluatie van aangeboden installaties is de beste manier om het water- en chemicaliënverbruik uit te drukken in m^3 spoelwater/ m^3 geproduceerd water, respectievelijk kg regenerant/ m^3 geproduceerd water.

Bij de tegenwoordig algemeen toegepaste tegenstroomregeneratie wordt meestal op het harsbed een laag inert materiaal (polytheen- of polypropyleenkorrels) aangebracht om zo het harsbed te fixeren tijdens de regeneratie. De praktische uitvoering kan verschillen per fabrikant.

Een alternatief voor demineralisatie met ionenwisselaars is de toepassing van Omgekeerde Osmose, met eventueel een nageschakeld mengbed voor polishing, zie ook de volgende paragraaf.

3.3.2 Membraantechnologie

Bij watersoorten met een hoog zoutgehalte kan het voordeliger zijn om met membraantechnologie te werken. Bij lage zoutgehalten kan ionenwisseling voordeliger zijn. In twijfelgevallen moet daarom een vergelijking worden gemaakt tussen de twee systemen, waarbij ook goed moet worden gekeken naar het gebruik van energie, chemicaliën en water.

De laatste jaren is er een snelle ontwikkeling in soorten membranen en is de betrouwbaarheid en levensduur toegenomen. Ook is het elektriciteitsverbruik van de voedingspompen van reverse osmose units lager geworden door gebruik te maken van de druk in de breinstroom bij het aandrijven van de voedingspomp. Hierdoor is een dalende tendens in het energiegebruik waarneembaar, wat toepassing ook aantrekkelijker maakt.

Afhankelijk van de poriëngrootte in de membranen kan een klassering worden opgesteld naar de grootte van de deeltjes die verwijderd kunnen worden.

Klasse	Deeltjes μ	Poriën μ	Voordruk Bar	Toepassing
Microfiltratie	> 0,08	> 0,1	0,1 – 0,3	Ruwwaterzuivering
Ultrafiltratie	0,008	< 0,1	3 – 10	Ruwwaterzuivering/desinfectie
Nanofiltratie	0,0008	<< 0,1	10 – 30	Verwijdert ook 2+ en 3+ ionen
Omgekeerde Osmose	0,0004	<< 0,1	20 – 60	Demineralisatie

Tabel 3. Poriëngrootte versus deeltjesgrootte

Belangrijk bij membraantechnologie is het voorkomen van vervuiling van de membranen. Een regelmatige spoeling en periodieke reiniging met chemicaliën zijn essentieel en moeten bij de evaluatie van alternatieven worden opgenomen. Luchtspoeling wordt steeds veelvuldiger toegepast als een energiezuinige en milieuvriendelijke reinigingsmethode. Bij relatief weinig verontreinigingen wordt wel "dead end"- filtratie toegepast. Wanneer het water meer verontreinigingen bevat is "cross flow"- filtratie aantrekkelijker. Het geeft minder membraanvervuiling, maar heeft wel een hoger energiegebruik. Een tussenstap met een lager energiegebruik is "Semi Dead End"- filtratie. Het wordt meestal gecombineerd met luchtspoeling van de verticaal opgestelde membraanmodules.

Micro- en ultrafiltratie worden al op meerdere plaatsen ingezet voor de directe reiniging van oppervlaktewater dat dan als uitgangsbasis dient voor het bedrijfswater. Soms wordt het gecombineerd met een coagulatiestap om zo de membranen schoner te houden.

Desinfectie gaat goed met microfiltratie, echter beter met ultrafiltratie. Dan is desinfectie met chloorbleekloog niet nodig of het gebruik is een stuk minder.

Er zijn inmiddels ook installaties waarbij in één stap met behulp van nanofiltratie een goede kwaliteit water uit oppervlaktewater wordt geproduceerd voor verdere verwerking tot demi-, ketelvoeding- en proceswater. Het is een energiezuinige techniek met een laag chemicaliëngebruik.

Voor de directe bereiding van proceswater uit afvalwater van een communale afvalwaterzuivering is de toepassing van microfiltratiemembranen in een vergevorderd stadium. Het geproduceerde permeaat is vrij van zwevende stof en micro-organismen.

3.3.3 Koelwaterbehandeling

Het koelvermogen van open koeltoren is direct gerelateerd aan de capaciteit van waterverdamping. Via waterverdamping wordt de warmte in koelwater afgevoerd wat tot verlaging van de koelwatertemperatuur leidt.

Doordat het koelwater in direct contact komt met omgevingslucht, kunnen micro-organismen in het koelwater zich ontwikkelen en bio-fouling in het koelwatersysteem veroorzaken.

Daarnaast worden de opgeloste componenten in het koelwater geconcentreerd door onttrekking van water door verdamping. Wanneer de concentraties de oplosbaarheidsconcentraties overschrijden, gaan een deel van de opgeloste componenten over naar een vaste vorm, wat tot scaling leidt.

Ook kan het koelwater het materiaal van leidingwerk en apparatuur aantasten en corrosie veroorzaken. Om vervuiling en aantasting van het koelsysteem te voorkomen, dient enerzijds een deel van het koelwater te worden afgevoerd (spuien) en anderzijds worden chemicaliën gedoseerd die bio-fouling, scaling en corrosie tegen gaan. De verliezen door spuien en verdamping dienen te worden gecompenseerd door toevoeging van vers suppletiewater.

Controle van bio-fouling.

Om groei van micro-organismen tegen te gaan, wordt veelal een biocide toegevoegd. Het meest gebruikte is chloorbleekloog, ook wel natriumhypochloriet genoemd.

Het is een waterige oplossing, die in verse toestand omgerekend 150 mg/l actief chloor bevat.

Afhankelijk van de grootte van het koelsysteem vindt opslag plaats in jerrycans van 25-40 liter of bulk opslagtanks vanaf 0,5 m³. Dosering geschiedt met een plunjer/membraanpomp. De te doseren hoeveelheid hangt af van de verontreiniging van het koelwater, dat wil zeggen of het gemakkelijk reageert

met chloorbleekloog omdat het bijvoorbeeld veel organisch materiaal bevat. Voor een effectieve reactie is 30 minuten na de dosering een restgehalte van vrij chloor van 0,1-0,5 mg/l voldoende. Hogere concentraties zijn meestal niet nodig en zijn formeel vaak niet toegestaan in verband met de lozing van het spuiwater. In de praktijk komt dit erop neer dat een dosering van 1-2 mg/l chloor wordt aangehouden voor het berekenen van de dosering. De doseerfrequentie hangt ook weer sterk af van de eigenschappen van het systeem en kan variëren van 3x per etmaal tot enkele malen per week. De doseerpomp is dan meestal tijdgestuurd. In plaats van deze zogenaamde "stootdosering", wordt ook wel eens continu chloorbleekloog gedoseerd, waarbij de concentratie op 0,1-0,2 mg/l vrij chloor wordt gehandhaafd. Dosering is dan vaak gekoppeld aan een chloor-analyser. Meestal gaat het dan om grote koeltorensystemen.

Naast chloorbleekloog, een oxiderend biocide, bestaan er niet-oxiderende biocides, meestal organische verbindingen, op de markt gebracht door de waterbehandelingsfirma's. Deze verbindingen hebben meestal specifieke eigenschappen om de groei van algen, bacteriën, schimmels of gisten te bestrijden. Dosering vindt vrijwel altijd stootsgewijze plaats. De doseermethode is net als bij chloorbleekloog met een doseerpompje, dat tijdgestuurd is.

Controle van corrosie en fouling

Hoewel corrosie en fouling twee verschillende begrippen zijn, hebben de toegepaste chemicaliën vaak gecombineerde functies, waarin de corrosie-inhibitor uit fosfaat of een fosfaatverbinding bestaat met daarnaast een organische polymeerverbinding die dispergerende eigenschappen heeft. Deze verbinding verhindert neerslagvorming van calciumverbindingen, zwevende stof en ijzeroxides. De juiste keuze wordt in nauw overleg met een waterbehandelingsfirma gemaakt, die daarbij onderzoekt wat de watersamenstelling is, de verblijftijd in het systeem, de temperaturen van warmtewisselaars meeweegt en probeert de hoogst mogelijke indikkingsfactor (laagste spuiverliezen en chemicaliënverbruik) te bereiken.

Door de eigenschappen van deze producten is er een relatief nauwe speelruimte in de samenstelling van het koelwater. Komt de samenstelling daarbuiten, dan is er een verhoogde kans op vervuiling of corrosie. Een goede controle is daarom essentieel.

De benodigde chemicaliën kunnen op de klassieke manier per drum worden ingekocht, wat het probleem van restemballage geeft. Tegenwoordig wordt steeds meer overgeschakeld op vast opgestelde (mini)containers, die ter plaatse worden bijgevuld door de leverancier met een tankwagen of vanuit een wisselcontainer. Naast de lagere kosten van deze systemen zijn ze ook betrouwbaarder en milieuvriendelijker. NB: Ook voor de dosering van niet-oxiderende-biocides worden deze containersystemen toegepast. Om te voorkomen dat door het onjuist toepassen of doseren van chemicaliën afzettingen of vervuilingen van warmtewisselaars in het koelwatersysteem optreden, is het raadzaam om de waterbehandelingsfirma niet alleen de chemicaliën te laten leveren maar ook de controle te laten uitvoeren in combinatie met het geven van een doseringsadvies.

3.3.4 Ketelwaterbehandeling

Afhankelijk van het type stoomketel (werkdruk, vlampijp- of waterpijpketel) wordt een ketelwaterbehandeling voorgeschreven. Zoals hierboven al vermeld zijn uit het voedingswater de niet-gewenste ionen verwijderd en wordt het water vervolgens ontgast (meestal thermisch) om de zuurstof te verwijderen. Na de ontgassing worden de laatste spoortjes zuurstof meestal verwijderd door ze chemisch te binden. Voor ketels tot een werkdruk van 20-25 bar wordt gekatalyseerd sulfiet gebruikt.

Voor hogere werkdrukken is sulfiet minder geschikt en worden organische verbindingen gebruikt.

Om aantasting van het ketelstaal te voorkomen, is het nodig dat het ketelwater alkalisch wordt gehouden. Afhankelijk van keteltype en druk is dit meestal een pH-waarde tussen 9 en 11. Deze waarde kan op

verschillende manieren bereikt worden. De eenvoudigste methode is het doseren van een geringe hoeveelheid natronloog. Een andere methode is het doseren van fosfaatmengsels.

In hogedrukketels wordt wel ammoniak als alkaliseermiddel toegepast. Omdat dit een vluchtige stof is, zal slechts een geringe hoeveelheid in het ketelwater blijven. De rest gaat mee met de stoom en helpt mee het condensaatnet te beschermen.

In het nieuwe type once-through (Benson) ketels wordt het zuurstofgehalte in boilers juist verhoogd (30-50 ppb) om de oplossing van ijzer in het voedingswater te verminderen. Hierdoor zal een hematiet laag gevormd worden op het ijzer, boven op het magnetiet, die beschermend werkt voor de ketel.

Hoewel het ketelvoedingswater, en ook het eventuele retourstoomcondensaat, er ogenschijnlijk schoon uitziet, kunnen toch op de lange termijn afzettingen in de ketel worden gevormd die de warmteoverdracht negatief beïnvloeden. Dit gebeurt ondanks het periodiek of continu spuien van de ketelinstallatie. Het hiervoor genoemde fosfaat kan tot op zekere hoogte deze sludge in dispersie houden. Hiernaast zijn door de waterbehandelingsfirma's diverse organische verbindingen ontwikkeld die dispergerende eigenschappen hebben en zo afzettingen van calcium- en ijzerverbindingen tegengaan.

De meeste van de hierboven genoemde stoffen worden toegevoegd aan het ketelvoedingswater; de zuurstofbinders meestal na de thermische ontgassingsstap, de alkaliseermiddelen en sludgeconditioners kunnen vóór de ontgasser worden gedoseerd met een plunjerpomp. Net als bij koelwaterchemicaliën worden ook ketelwaterchemicaliën steeds meer in wisselcontainers of plaatselijk navulbare containers geleverd.

3.3.5 Stoomcondensaatbehandeling

Stoomcondensaat kan zeer corrosief zijn wanneer het geringe hoeveelheden zuurstof en/of koolzuur bevat die via een buffertank of onderweg in het retourleidingsstelsel door beluchting zijn opgenomen. Corrosieschade aan de condensaatleidingen en een verhoogd ijzergehalte in het retourstoomcondensaat zijn de gevolgen.

Om de invloed van zuurstof te minimaliseren, is een goede ontgassing en zuurstofbinding bij het ketelvoedingswater de eerste stap.

Na de stoomverbruikers dient de temperatuur van het condensaat, over het algemeen, zo hoog mogelijk te worden gehouden, bij voorkeur boven 85°C, omdat daarbij:

- het geringste energieverlies optreedt (afhankelijk van de systeemconfiguratie kan juist het afkoelen van condensaat een gunstig effect hebben op het energiegebruik);
- de laagste opname van zuurstof plaatsvindt.

Daarom zijn goede isolatie en gesloten systemen een eerste vereiste bij condensaatssystemen.

Om de invloed van koolzuur te neutraliseren, worden wel aan het condensaat alkaliserende amines toegevoegd die de pH-waarde verhogen. De amines worden meestal aan het ketelvoedingswater toegevoegd en omdat ze redelijk vluchtig zijn gaan ze als gas mee met de stoom. Bij het condenseren van de stoom lossen de amines weer op in het gevormde condensaat. De snelheid waarmee dit gebeurt, is afhankelijk van het type amine. De selectie wordt gemaakt in overleg met de waterbehandelingsfirma.

4. Overige Energiebesparende maatregelen

4.1 Distributie systeem audit, lekdetectie en onderhoud

Om water gebruik te besparen is monitoring van verbruik (totale afname t.o.v. som van gebruikers) verstandig. Door het doen van een systeem audit, lek detectie en een onderhoudsprogramma kunnen lekken geïdentificeerd worden.

4.2 Koeltorenwater systemen

De open koeltorens verbruiken suppletiewater om het verlies bij verdamping en spuien te compenseren. Een besparende maatregel hier is om spui te monitoren door geleidbaarheidsmetingen. Hierdoor kan er actief geregeld worden op de waterkwaliteit en zodoende kan er suppletiewater worden bespaard.

4.3 Ketel- en stoomsystemen

Verliezen bij ketel en stoominstallaties komen voort uit spui en flash stoom verliezen. Spui is al aan bod geweest in vorige paragraaf, de besparing kan gevonden worden in actief meten van ketelwater kwaliteit. Hiernaast is recuperatie van condensaat (uit condenspotten), en flash stoom (uit condensaat- en spuiwat) mogelijk door aanpassingen aan het distributiesysteem. Afhankelijk van de procescondities kunnen hier veel besparingen gerealiseerd worden.

5. Aandachtspunten bij nieuwe installaties of renovaties

In het algemeen kan worden gesteld dat de keuze tussen een eenvoudig of een complex waterbehandelingssysteem enerzijds afhangt van de kwaliteit van het beschikbare water en anderzijds van de gewenste waterkwaliteit benodigd voor de toepassing in het productieproces. Zo kan ingenomen drinkwater zonder behandeling worden gebruikt voor spoeldoelinden terwijl ingenomen ijzerhoudend grondwater uitgebreide behandelingsstappen vereist om tot ketelwatervoedingswater te kunnen gebruiken.

Bij uitbreiding van een installatie is verstandig om eerst de maatregelen uit vorige paragraaf ter hand te nemen. Uit besparing op drink- of proceswater kan extra capaciteit vrijkomen. Ook is het verstandig om bij fluctuerende vraag te denken aan buffer capaciteit. Zodoende zal een lager aansluit vermogen kunnen worden gekozen.

6. Referenties

Dit is een publicatie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl).

In de periode 2000 - 2002 heeft de VNCI een reeks brochures uitgebracht onder de verzamelnaam "Leidraad voor energie-efficiency". In de reeks worden dertig verschillende bestaande praktische toepassingen beschreven van energiebeheer in chemische bedrijven. Deze publicatie, 'Best Practice Proceswater' is een actualisering van het document 'Leidraad voor energie efficiency, Proceswater', ee21.

De huidige actualisering van de Best Practice is tot stand gekomen in het kader van meerjarenafspraken energie-efficiëntie MJA3 en MEE. Als onderdeel van de samenwerking met de VNCI is besloten het merendeel van deze Best Practices geactualiseerd opnieuw te publiceren. Deze Best Practice Proceswater is geactualiseerd met medewerking van Tebodin (www.tebodin.nl) .

De meerjarenafspraken energie-efficiëntie MJA3 en MEE zijn overeenkomsten tussen de overheid en bedrijven, instellingen en gemeenten. Het ministerie van Economische Zaken (EZ) het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijkrelaties (BZK) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M)

stimuleren met deze afspraken het effectiever en efficiënter inzetten van energie. De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) is verantwoordelijk voor de uitvoering van de meerjarenafspraken.

Waar geen bronvermelding is aangegeven bij de tabellen en figuren is gebruik gemaakt van het oorspronkelijke document (zie hierboven).

Voor deze brochure is naast het oorspronkelijke document gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

1. Tebodin, 2015
2. Watersymposium 2001, NCC Bilthoven.
3. EEG IPPC document Best Available Techniques to industrial cooling systems 2000
4. http://www.metresys.nl/pdf/ga/geleidbaarheid_algemene_informatie.pdf
5. http://www.epa.gov/greeningepa/water/best_practices.htm

Colofon

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Prinses Beatrixlaan 2 | 2595 AL Den Haag
Postbus 93144 | 2509 AC Den Haag
T +31 (0) 88 042 42 42
F +31 (0) 88 602 90 23
E info@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Economische Zaken (EZ) het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koningsrijkrelaties (BZK) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M)

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | juli 2015

Publicatienummer: RVO-120-1501/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken.

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is samengesteld kan RVO.nl geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten.