
RESUMÉ

Dette referencedokument vedrørende anvendelsen af den bedste tilgængelige teknik til industrielle kølesystemer (BREF) afspejler informationsudvekslingen, der er foregået i overensstemmelse med Artikel 16 (2) i Rådets Direktiv nr. 96/61/EC vedrørende IPPC. Dokumentet skal ses i lyset af indledningen, som beskriver formålet med dokumentet og brugen deraf.

Inden for IPPC's rammer er industriel køling blevet identificeret som et horisontalt emne. Det betyder, at de "bedste tilgængelige teknik" (BAT) i dette dokument fastlægges uden en dybdegående fastlæggelse af den industrielle proces, som skal køles. Ikke desto mindre vurderes BAT for et kølesystem inden for kølekravene for den industrielle proces. Det anerkendes, at BAT til køling af en proces er en kompleks sag, hvor der sker en afvejning af processens kølekrav, de stedspecifikke faktorer og miljøkravene, hvilket tillader implementering under økonomisk og teknisk anvendelige forhold.

Termen "industrielle kølesystemer" henviser til systemer til at fjerne overskudsvarme fra et hvilket som helst medium ved anvendelse af varmeveksling med vand og/eller luft til at sænke mediets temperatur mod omgivelsesniveauerne.

I dette dokument beskrives BAT for kølesystemer, som betragtes som fungerende som hjælpesystemer til normal drift for en industriel proces. Det anerkendes, at pålidelig drift af et kølesystem på positiv måde vil påvirke pålideligheden af den industrielle proces. Driften af et kølesystem set i relation til processikkerhed er imidlertid ikke dækket i dette BREF.

Dette dokument præsenterer en integreret indfaldsvinkel til at opnå BAT for industrielle kølesystemer, idet det anerkendes, at den endelige BAT-løsning primært er en anlægsspecifik sag. I forbindelse med valget af et kølesystem kan det ved denne indfaldsvinkel kun diskuteres, hvilke elementer, der er knyttet til kølesystemets miljømæssige funktionskarakteristika, i stedet for at vælge og (dis-) kvalificere nogen af de anvendte kølesystemer. Hvor der anvendes reduktionsforanstaltninger, er det formålet med BAT-fremgangsmåden at oplyse om de tilknyttede effekter på tværs af medier, hvorved det understreges, at reduktion af forskellige emissioner fra kølesystemer skal afvejes.

De fem kapitler i hoveddokumentet beskriver BAT-fremgangsmåden, dens nøgleområder og – principper, kølesystemerne og deres miljømæssige aspekter, nøgle-BAT-områderne og konklusionerne og anbefalinger til fremtidigt arbejde. Elleve bilag giver baggrundsinformation omkring specifikke aspekter ved konstruktion og drift af kølesystemer og eksempler til at illustrere BAT-fremgangsmåden.

1. Integreret fremgangsmåde

Ved den integrerede BAT-fremgangsmåde tages der hensyn til kølesystemets miljømæssige præstation i sammenhæng med de samlede miljømæssige funktionskarakteristika for en industriel proces. Der sigtes mod minimering af både de indirekte og direkte virkninger af et kølesystems drift. Det er baseret på den erfaring, at de miljømæssige funktionskarakteristika for køling af en proces stort set afhænger af valget og udformningen af kølesystemet. Derfor fokuserer fremgangsmåden for nye installationer på at forhindre emissioner ved valg af en tilstrækkelig god kølekonfiguration og ved korrekt udformning og konstruktion af kølesystemet. Desuden opnås der reducerede emissioner ved optimering af den daglige drift.

For eksisterende kølesystemer er der på kort sigt mindre potentiale for reduktion ved teknologiske foranstaltninger, og vægten lægges på emissionsreduktion ved optimeret drift og systemstyring. For eksisterende systemer kan et stort antal parametre, såsom plads, tilgængelighed af driftsressourcer og eksisterende lovmæssige begrænsninger, være faste og

ikke give mulighed for nogen stor grad af frihed i forhold til ændringer. Den generelle BAT-fremgangsmåde i dette dokument kan imidlertid betragtes som et langsigtet mål, der passer til udstyrsudskiftningscykler for eksisterende installationer.

Ved BAT-fremgangsmåden anerkendes det, at køling er en essentiel del af mange industrielle processer og bør ses som et vigtigt element i det samlede energistyringssystem. Effektiv brug af energi ved industrielle processer er meget vigtig ud fra miljømæssige og økonomiske synsvinkler. For det første betyder BAT, at der skal rettes opmærksomhed mod den samlede energieffektivitet af den industrielle proces eller fremstillingsprocessen, før der udføres foranstaltninger til optimering af kølesystemet. For at forøge den samlede energieffektivitet sigter industrien mod at reducere mængden af ikke-genvindelig varme ved at anvende korrekt energistyring og ved at benytte en række integrerede energibesparende programmer. Dette omfatter udveksling mellem forskellige enheder inden i den kølede industrielle proces eller fremstillingsproces, samt forbindelse ud fra denne proces til tilgrænsende processer. Der er en tendens mod et koncept til varmegenvinding for industrielle sektorer, hvor industrianlæg er koblet sammen eller er koblet til lokal opvarmning eller drivhuskultivering. Hvis der er ikke nogen mulighed for yderligere genvinding og genbrug af denne varme, kan det være nødvendigt at afgive den til miljøet.

Der skelnes mellem ikke-genvindelig varme på lavt niveau (10-25°C), middelniveau (25-60°C) og højt niveau (60°C). Generelt anvendes der våde kølesystemer til varme på lavt niveau og tørre kølesystemer til varme på højt niveau. For middelniveauet er der ikke noget enkelt køleprincip, og der kan findes forskellige udformninger.

Efter optimering af den samlede energieffektivitet for den industrielle proces eller fremstillingsprocessen, er der stadig en given mængde og et givet niveau af ikke-genvindelig varme tilbage, og der kan udføres et første valg af køletype til afgivelse af denne varme ved at afveje:

- processens kølekrav,
- stedbestede begrænsninger (herunder lokale lovkrav) og
- de miljømæssige krav.

Kølekravene til en industriel proces eller en fremstillingsproces skal altid opfyldes for at sikre pålidelige procesforhold, også ved opstart og nedlukning. Den krævede mindste procestemperatur og den krævede kølekapacitet skal garanteres hele tiden for at forøge effektiviteten af den industrielle proces eller fremstillingsprocessen og reducere produkttab og emissioner til miljøet. Jo mere temperaturfølsomme disse processer er, jo vigtigere vil dette være.

Stedbestede forhold begrænser udformningsmulighederne og de mulige måder, et kølesystem kan drives på. De er bestemt af det lokale klima, af tilgængeligheden af vand til køling og udledning, af den tilgængelige plads til konstruktioner og af de omgivende områders følsomhed over for emissioner. Alt efter proceskravene til køling og den krævede kølekapacitet kan valget af sted være meget vigtigt (for eksempel tilgængelighed af en stor mængde koldt vand). Hvor valget af sted drives af andre kriterier eller i tilfælde af eksisterende kølesystemer, er processens kølekrav og stedets karakteristika faste.

I forbindelse med køling er det lokale klima vigtigt, da det påvirker sluttemperaturen af kølevandet og luften. Det lokale klima er karakteriseret ved mønstret af våd- og tørtemperaturer. Generelt er kølesystemerne konstrueret til at leve op til kølekravene under de mindst favorable klimatiske forhold, som kan forekomme lokalt, det vil sige med de højeste våd- og tørtemperaturer.

Det næste trin ved valget og udformningen af kølesystemet sigter mod at leve op til BAT-kravene inden for kravene til den proces, der skal køles, og de stedbestede begrænsninger. Dette betyder, at der her lægges vægt på valget af tilstrækkeligt gode materialer og tilstrækkeligt godt udstyr for at reducere kravene til vedligehold, for at lette drift af kølesystemet og

opfyldelsen af de miljømæssige krav. Ud over frigivelsen af varme til miljøet kan der forekomme andre miljømæssige påvirkninger, såsom emissioner af de additiver, der benyttes som tilsætningsstoffer til kølesystemerne. Det skal understreges, at hvor mængden og niveauet af varme, der skal frigives, kan reduceres, vil den resulterende miljømæssige påvirkning fra det industrielle kølesystem blive lavere.

Principperne for BAT-fremgangsmåden kan også anvendes på eksisterende kølesystemer. Der kan være teknologiske muligheder til rådighed, såsom ændring af køleteknologi eller en ændring eller modifikation af det eksisterende udstyr eller de kemikalier, der benyttes, men de kan kun anvendes i begrænset udstrækning.

2. Anvendte kølesystemer

Kølesystemer er baseret på termodynamiske principper og er konstrueret til at fremme varmeveksling mellem proces og kølemiddel og til at lette frigivelsen af ikke-genvindelig varme til miljøet. Industrielle kølesystemer kan kategoriseres efter deres konstruktion og deres hovedkøleprincip: brugen af vand eller luft eller en kombination af vand og luft som kølemidler.

Udvekslingen af varme mellem procesmedium og kølemiddel forstærkes ved hjælp af varmevekslere. Fra varmevekslere transporterer kølemidlet varmen til miljøet. I åbne systemer er kølemidlet i kontakt med miljøet. I lukkede systemer cirkulerer kølemidlet eller procesmediet inden i rør eller spiraler og er ikke i åben kontakt med miljøet.

Systemer med ét gennemløb anvendes almindeligvis til anlæg med stor kapacitet på steder, hvor der er tilstrækkeligt med kølevand og modtagende overfladevand til rådighed. Hvis der ikke er en pålidelig vandkilde til rådighed, benyttes der recirkulerende systemer (køletårne).

I tårne med åben recirkulering bliver kølevand kølet ved kontakt med en luftstrøm. Tårnene er udstyret med indretninger til at forøge kontakten mellem luft og vand. Luftstrømmen kan skabes ved hjælp af mekanisk træk ved anvendelse af ventilatorer eller ved naturligt træk. Tårne med mekanisk træk benyttes i vid udstrækning til små og store kapaciteter. Naturligt træk anvendes for det meste til store kapaciteter (for eksempel kraftværker).

I systemer med lukket kredsløb bliver de rør eller spiraler, hvori kølemidlet eller procesmediet cirkulerer, kølet, hvilket igen køler det stof, som de indeholder. I våde systemer køler en luftstrømning ved fordampning fra rørene eller spiralerne, der oversprøjtes med vand. I tørre systemer er det kun en luftstrøm, der passerer rørene/spiralerne. Ved begge konstruktioner kan spiralerne være udstyret med finner, der forøger køleoverfladen og dermed køleeffekten. Våde systemer med lukket kredsløb benyttes i vid udstrækning på området ved mindre kapaciteter. Princippet med tør luftkøling kan såvel findes til mindre industrielle anvendelser eller til store kraftværker i de situationer, hvor der ikke er tilstrækkeligt med vand til stede, eller vandet er meget dyrt.

Åbne og lukkede hybride kølesystemer er specielle mekaniske tårnudsformninger, der muliggør våd og tør drift for at reducere synlig dannelse af en røgsøjle. Med muligheden for at drive systemerne (især små enheder af celletypen) som tørre systemer under perioder med lave omgivelseslufttemperaturer kan der opnås en reduktion af det årlige vandforbrug og af dannelsen af synlig røgsøjle.

Tabel 1: Eksempel på tekniske og termodynamiske karakteristika for forskellige kølesystemer til industriel brug (ikke kraftværker)

Kølesystem	Kølemedium	Hovedkøleprincip	Mindste approach-temperatur (K) ⁴⁾	Mindste opnåelige sluttemperatur for procesmediet ⁵⁾ (°C)	Kapacitet for en industriel proces (MW _{th})
Åbent system med ét gennemløb - direkte	Vand	Varmeledning/ Konvektion	3 – 5	18 – 20	<0,01 - > 2000
Åbent system med ét gennemløb – indirekte	Vand	Varmeledning/ Konvektion	6 – 10	21 – 25	<0,01 - > 1000
Åbent recirkulerende kølesystem – direkte	Vand ¹⁾ Luft ²⁾	Fordampning ₃₎	6 – 10	27 – 31	< 0,1 - >2000
Åbent recirkulerende kølesystem – indirekte	Vand ¹⁾ Luft ²⁾	Fordampning ₃₎	9 – 15	30 – 36	< 0,1 - > 200
Vådt kølesystem med lukket kredsløb	Vand ¹⁾ Luft ²⁾	Fordampning + konvektion	7 – 14 ⁷⁾	28 – 35	0,2 – 10
Kølesystem med tør luft i lukket kredsløb	Luft	Konvektion	10 – 15	40 – 45	< 0,1 – 100
Åben hybridkøling	Vand ¹⁾ Luft ²⁾	Fordampning + konvektion	7 – 14	28 – 35	0,15 – 2,5 ⁶⁾
Lukket hybridkøling	Vand ¹⁾ Luft ²⁾	Fordampning + konvektion	7 – 14	28 – 35	0,15 – 2,5 ⁶⁾

Bemærkninger:

- 1) Vand er det sekundære kølemedium og recirkuleres for det meste. Fordampende vand overfører varmen til luften
- 2) Luft er det kølemedium, hvormed varmen overføres til miljøet.
- 3) Fordampning er det primære køleprincip. Varme overføres også ved varmeledning/konvektion, men i mindre målestok.
- 4) "Approach"-temperaturer i forhold til våd- eller tørtemperatur
"Approach"-temperaturerne for varmeveksler og køletårn skal lægges til
- 5) Sluttemperaturerne afhænger af stedets klima (dataene gælder for gennemsnitlige centraleuropæiske klimaforhold 30°/21°C tør- / vådtemperatur og maks. vandtemperatur på 15°C
- 6) Kapaciteten af små enheder – med en kombination af adskillige enheder eller specialbyggede kølesystemer kan der opnås systemer med højere kapaciteter.
- 7) Hvor der er tale om indirekte systemer, eller hvor der også forekommer konvektion forøges "approach"-temperaturen også i dette eksempel med 3-5 K, hvilket fører til en forøget procestemperatur

Tabellen viser karakteristikaene for de anvendte kølesystemer for en given klimatisk situation. Sluttemperaturen af det procesmedium, som forlader varmeveksleren efter køling, afhænger af kølemiddeltemperaturen og af udformningen af kølesystemet. Vand har en højere specifik varmekapacitet end luft og er derfor et bedre kølemiddel. Temperaturen af kølemidlerne luft og vand afhænger af lokale tør- og vådtemperaturer. Jo højere temperaturer, jo vanskeligere er det ved processen at køle ned til lave sluttemperaturer.

Processens sluttemperatur er summen af den laveste omgivelses- (kølemiddel-) temperatur og den mindste krævede temperaturforskul mellem kølemiddel (der kommer ind i kølesystemet) og procesmedium, (som forlader kølesystemet) over varmeveksleren, hvilket også kaldes "approach"-temperaturen. Teknisk set kan "approach"-temperaturen ved korrekt konstruktion være meget lille, men prisen er omvendt proportional med størrelsen. Jo lavere "approach"-temperatur, jo lavere kan processens sluttemperatur være. Hver varmeveksler vil have sin "approach"-temperatur og i tilfælde af yderligere varmevekslere i serie lægges alle "approach"-temperaturer sammen med temperaturen af kølemidlet (som kommer ind i kølesystemet) for at beregne den opnåelige sluttemperatur ved processen. Der benyttes yderligere varmevekslere i indirekte kølesystemer, hvor der tilføjet et ekstra kølekredsløb. Dette sekundære kredsløb og det primære kølekredsløb er koblet sammen ved hjælp af en varmeveksler. Der anvendes indirekte kølesystemer, hvor lækage af processtoffer til miljøet helt skal undgås.

For de kølesystemer, der almindeligvis anvendes på kraftværker, afviger de mindste "approach"-temperaturer og kølekapaciteter noget fra andre anvendelser, på grund af de

specielle krav til dampkondenseringsprocessen. De forskellige "approach"-temperaturer og relevante kraftgenereringskapaciteter er opsummeret i det følgende.

Tabel 2: Eksempler på kapacitet og termodynamiske karakteristika for forskellige kølesystemer til anvendelse i kraftværkssektoren

Kølesystem	Anvendte "approach"-temperaturer (K)	Kapaciteten af den kraftgenererende proces (MW_{th})
Åbne systemer med ét gennemløb	13-20 (slutforskel 3-5)	< 2700
Åbent vådt køletårn	7-15	< 2700
Åbent hybridkøletårn	15-20	< 2500
Tør luftkølet kondensator	15-25	< 900

3. Miljømæssige aspekter ved de anvendte kølesystemer

De miljømæssige aspekter af kølesystemer varierer med den anvendte kølekonfiguration, men fokus er fortrinsvis på forøgelse af den samlede energieffektivitet og reduktion af emissioner til vandmiljøet. Forbrugs- og emissionsniveauerne er meget anlægsspecifikke, og hvor det er muligt at kvantificere dem, viser de stor variation. I filosofien for en integreret BAT-fremgangsmåde, skal der tages hensyn til effekter på tværs af medier ved bestemmelsen af hvert miljømæssigt aspekt og de tilknyttede foranstaltninger.

• Energiforbrug

Det specifikke direkte og indirekte forbrug af energi er et vigtigt miljømæssigt aspekt, der er relevant for alle kølesystemer. Det specifikke indirekte energiforbrug er energiforbruget ved den proces, som skal køles. Dette indirekte energiforbrug kan forøges som følge af en mindre end optimal kølefunktion af den anvendte kølekonfiguration, hvilket kan føre til en temperaturstigning for processen (ΔK) og udtrykkes i $kW_e/MW_{th}/K$.

Det specifikke direkte energiforbrug for kølesystemet udtrykkes i kW_e/MW_{th} og henviser til den mængde energi, der forbruges af alt energiforbrugende udstyr (pumper, ventilatorer) af kølesystemet for hver MW_{th} , der afgives.

Foranstaltninger til at reducere indirekte energiforbrug er:

- at vælge den kølekonfiguration, der har det laveste specifikke indirekte energiforbrug (generelt systemer med ét gennemløb),
- at anvende en konstruktion med små "approach"-temperaturer, og
- at reducere modstanden mod varmeveksling ved korrekt vedligehold af kølesystemet.

For eksempel betyder en ændring fra ét gennemløb til recirkulerende køling i kraftværkssektorens tilfælde en forøgelse i energiforbruget for hjælpeudstyr, samt en reduktion af effektiviteten i den termiske cyklus.

For at reducere det specifikke direkte energiforbrug, kan der fås pumper og ventilatorer med højere effektivitet. Modstand og tryktab i processen kan reduceres ved konstruktionen af kølesystemet og ved anvendelse af vindspredningsfang og køletårnsoverrisningslementer. Korrekt mekanisk eller kemisk rensning af overflader vil bibeholde lav modstand i processen under drift.

- **Vand**

Vand er vigtigt til våde kølesystemer som det dominerende kølemiddel, men også som det modtagende miljø for kølevandsudledning. Fisk og andre vandorganismer kan rammes og rives med ved store vandindtag. Udledning af store mængder varmt vand kan påvirke vandmiljøet, men påvirkningen kan styres ved hjælp af hensigtsmæssige placeringer af indløb og udløb og vurdering af tidevands- eller flodstrømme for at sikre tilstrækkelig blanding og advektiv dispersion af det varme vand.

Forbruget af vand varierer mellem $0,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{MW}_{\text{th}}$ for et åbent hybridtårn og op til $86 \text{ m}^3/\text{h}/\text{MW}_{\text{th}}$ for et åbent system med ét gennemløb. Reduktion af store vandindtag ved systemerne med et gennemløb kræver en ændring til recirkulerende køling, og samtidigt vil det reducere udledningen af store mængder varmt kølevand og kan også reducere emissioner af kemikalier og affald. Vandforbruget ved recirkulerende systemer kan reduceres ved at forøge antallet af cykler, ved at forbedre vandbehandlingskvaliteten eller ved at benyttes spildevand, der kan fås på stedet eller andre steder fra. Begge muligheder kræver et komplekst kølevandsbehandlingsprogram. Hybrid køling tillader tør køling i nogle perioder af året med et lavt kølingsbehov eller med lave lufttemperaturer og kan således reducere vandforbruget især for små enheder af celletypen.

Udformning og placering af indløbet og forskelligt udstyr (sigter, barrierer, lys, lyd) anvendes for at reducere risikoen for, at vandige organismer rives med og rammes. Effekten af indretningerne afhænger af arten. Omkostningerne er høje og anvendes fortrinsvis i en barmarkssituation. Sænkning af den krævede kølekapacitet, om muligt ved at genbruge varmen kan reducere emissioner af varmt kølevand til det modtagende overfladevand.

- **Emissioner af varme til overfladevand**

Som nævnt ovenfor kan emissionerne af varme til overfladevand have miljømæssig indvirkning på det modtagende overfladevand. Faktorer af betydning er for eksempel tilgængeligheden af kølekapacitet for det modtagende overfladevand, den aktuelle temperatur og overfladevandets biologiske status. Emissioner af varme kan føre til overskridelse af EQS for temperaturen i varme sommerperioder som en følge af varmeudledning til overfladevandet fra kølevandet. For to økosystemer (laksevand og karpevand) er de termiske krav blevet behandlet i Direktiv nr. 78/659/EØF. Det er ikke kun den aktuelle temperatur i vandet, der er relevant for varmeemissionernes miljømæssige påvirkning, men også temperaturstigningen ved grænsen af blandezone som en følge af varmeudledningen til vandet. Mængden og niveauet af det vand, der udledes til overfladevandet, i forbindelse med dimensionerne af det modtagende overfladevand er relevante for graden af den miljømæssige påvirkning. I situationer, hvor varme udledes til relativt små overfladevande, og den varme vandfane når den modsatte side af floden eller kanalen, kan dette føre til barrierer for vandring af laksefisk.

Ud over disse effekter kan høj temperatur som en følge af varmeemissioner føre til forøget respiration og biologisk produktion (eutrofiering), hvilket fører til en lavere oxygenkoncentration i vandet.

Når et kølesystem konstrueres, skal der tages hensyn til de ovennævnte aspekter og muligheder for at reducere den varme, der udledes til overfladevandet.

- **Emissioner af stoffer til overfladevand**

Emissioner til overfladevand fra kølesystemer skabt af:

- Anvendte kølevandsadditiver og deres reaktanter,
- luftbårne stoffer, der kommer ind gennem et køletårn,
- korrosionsprodukter som følge af korrosion af kølesystemets udstyr, og

- lækage af proceskemikalier (produktet) og deres reaktionsprodukter.

Korrekt funktion af kølesystemet kan kræve behandling af kølevandet mod korrosion af udstyret, afskalning og mikro- og makrobevoksning. Behandlingerne er forskellige for åbne kølesystemer med ét gennemløb og recirkulerende kølesystemer. For de sidstnævnte systemer kan kølevandsbehandlingsprogrammer være meget komplekse, og spektret af kemikalier, der benyttes, kan være stort. Som en følge deraf udviser emissionsniveauerne ved "blowdown" af disse systemer en stor variation, og det er vanskeligt at angive repræsentative emissionsniveauer. Nogle gange behandles "blowdown"-materialet før udledning.

Emissioner af oxiderende biocider i åbne systemer med ét gennemløb, målt som fri mængde af oxidant ved udløbet, varierer mellem 0,1 [mg FO/l] og 0,5 [mg FO/l] afhængigt af mønstret og frekvensen af doseringen.

Tabel 3: Kemiske bestanddele til kølevandsbehandling, der benyttes i åbne og recirkulerende våde kølesystemer

Eksempler på kemisk behandling*	Vandkvalitetsproblemer					
	Korrosion		Afskalning		(Bio-)begroning	
	Systemer med ét gennemløb	Recirkulerende systemer	Systemer med ét gennemløb	Recirkulerende systemer	Systemer med ét gennemløb	Recirkulerende systemer
Zink		X				
Molybdat		X				
Silikater		X				
Phosphonater		X		X		
Polyphosphonater		X		X		
Polyolestre				X		
Naturlige organiske stoffer				X		
Polymerer	(X)		(X)	X		
Ikke-oxiderende biocider						X
Oxiderende biocider					X	X

* chromat benyttes ikke i nogen særlig udstrækning længere som følge af dets kraftige miljømæssige virkning

Valg og anvendelse af køleudstyr, der er fremstillet af et materiale, som er egnet til det miljø, hvori det skal fungere, kan reducere lækage og korrosion. Dette miljø kan beskrives som:

- procesforholdene, såsom temperatur, tryk og strømningshastighed,
- det kølede medium, og
- de kemiske karakteristika for kølevandet.

Materialer, der almindeligvis benyttes til varmevekslere, ledninger, pumper og indkapslinger, er carbonstål, kobber-nikkel og forskellige kvaliteter af rustfrit stål, men titan (Ti) anvendes i stigende grad. Coatninger og malinger anvendes også til at beskytte overfladen.

• Brugen af biocider

Åbne systemer med ét gennemløb behandles hovedsageligt med oxiderende biocider mod makrobegroning. Den mængde, der anvendes, kan udtrykkes i den årligt benyttede mængde af oxiderende additiv udtrykt som chlorækvivalent pr. MW_{th} i forbindelse med graden af begroning i eller tæt på varmeveksleren. Brugen af halogener som oxiderende additiver i

systemer med ét gennemløb, vil føre til miljømæssige belastninger primært ved at skabe halogenerede biprodukter.

Ved åbne recirkulerende systemer anvendes forbehandling af vand mod afskalning, korrosion og mikrobegroning. Med de relativt mindre volumener for de recirkulerende våde systemer, anvendes der med held alternative behandlinger, såsom ozon og UV-lys, men de kræver specifikke procesforhold, og de kan være ret dyre.

Driftsmæssige foranstaltninger, der reducerer skadelige effekter af kølevandsudledning er lukningen af overløbet under chokbehandling og behandlingen af "blowdown"-materialet før udledning til det modtagende overfladevand. Til behandling af "blowdown"-materialet i et spildevandsbehandlingsanlæg, skal den tilbageværende biocidaktivitet overvåges, da den kan påvirke den mikrobielle population.

For at reducere emissionerne i udledningen og for at reducere påvirkningen af vandmiljøet vælges der biocider, som sigter mod at afveje kølesystemernes krav med følsomheden af det modtagende vandmiljø.

- **Emissioner til luft**

Den udledte luft fra køletårne med tørt kredsløb, betragtes sædvanligvis ikke som det mest vigtige aspekt ved køling. Forurening kan forekomme, hvis der er en lækage af produktet, men korrekt vedligeholdelse kan forhindre dette.

Dråberne i det udledte stof fra våde køletårne kan være forurenet med vandbehandlingskemikalier, med mikrober og med korrosionsprodukter. Anvendelsen af vindspretningsfang og et optimeret vandbehandlingsprogram reducerer potentielle risici.

Der skal gøres overvejelser omkring røgfanedannelse, hvis der forekommer udsigtsødelæggende effekter, eller hvis der er risiko for at røgfanen når ned til jorden.

- **Støj**

Emissioner af støj er et lokalt problem for store køletårne med naturligt træk og alle mekaniske kølesystemer. Udæmpede lydstyrkeniveauer varierer mellem 70 for naturligt træk og ca. 120 [dB(A)] for mekaniske tårne. Variationen skyldes forskelle i udstyret og malested, da der er afvigelser mellem luftindløbet og luftudløbet. Ventilatorer, pumper og faldende vand er de primære kilder.

- **Risikoaspekter**

Risikoaspekter ved kølesystemer er forbundet med lækage fra varmevekslere, med oplagring af kemikalier og med mikrobiologisk forurening (såsom legionærsyge) i våde kølesystemer.

Forebyggende vedligehold og overvågning er foranstaltninger, der anvendes til at forhindre såvel lækage som mikrobiologisk forurening. Hvis lækage kan føre til udledning af store mængder stoffer, der er skadelige for vandmiljøet, skal indirekte kølesystemer eller specielle forebyggende foranstaltninger overvejes.

For at forhindre udviklingen af *Legionellae pneumophila (Lp)* anbefales et tilstrækkeligt vandbehandlingsprogram. Der kunne ikke fastlægges nogen øvre koncentrationsgrænser for *Lp*, målt i kolonidannende enheder [CFU pr. liter], under hvilken der ikke kunne forventes nogen risiko. Der skal især tages hensyn til denne risiko under vedligeholdelsesoperationer.

- **Reststoffer fra kølesystemdrift**

Der er kun få rapporter om reststoffer eller affald. Slam fra kølevandsbehandling eller fra køletårnenes bassiner skal betragtes som affald. Det behandles og bortskaffes på forskellige måder i afhængighed af de mekaniske egenskaber og den kemiske sammensætning. Koncentrationsniveauerne varierer i overensstemmelse med kølevandsbehandlingsprogrammet.

Emissioner til miljøet reduceres yderligere ved anvendelse af mindre skadelige beskyttelsesmetoder til udstyret og ved at vælge materiale, som kan recirkuleres efter nedbrydning eller udskiftning af kølesystemets udstyr.

4. Nøglekonklusioner vedrørende BAT

BAT eller den primære BAT-fremgangsmåde for nye og eksisterende systemer er præsenteret i kapitel 4. Resultaterne kan opsummeres på følgende måde.

Det er anerkendt, at den endelige BAT-løsning vil være en anlægsspecifik løsning, men for nogle problemer kan teknikker identificeres som generel BAT. I alle situationer skal de tilgængelige og anvendelige muligheder for genbrug af varme undersøges og benyttes til at reduceres mængden og niveauet af ikke-genvindelig varme, før udledning af varme fra en industriel proces til miljøet overvejes.

For alle installationer er BAT en teknologi, fremgangsmåde eller procedure og resultatet af en integreret indfaldsvinkel til at reducere den miljømæssig påvirkning fra industrielle kølesystemer, hvor balancen mellem både de direkte og indirekte påvirkninger bibeholdes. De reduktionsforanstaltninger, som bør overvejes, er dem, der som et minimum bibeholder effektiviteten af kølesystemet eller har et effektivitetstab, som er negligeabelt sammenlignet med de positive effekter på miljøpåvirkningen.

For et antal miljømæssige aspekter er der blevet identificeret teknikker, der kan betragtes som BAT inden for BAT-indfaldsvinklen. Det er har ikke været muligt at identificere nogen klar BAT i forbindelse med reduktion af affald eller teknikker til at håndtere affald, medens de miljømæssige problemer, såsom forurening af jord og vand eller, ved forbrænding, af luften, undgås.

- **Proces- og stedkrav**

Valget mellem våd, tør eller våd/tør køling for at leve op til proces- og stedkrav bør sigte mod den højeste samlede energieffektivitet. For at opnå en høj samlet energieffektivitet, når der håndteres store mængder af varme på lavt niveau (10-25°C), er det BAT at køle ved hjælp af åbne systemer med ét gennemløb. Ved en barmarkssituation kan dette retfærdiggøre valget af et (kystnært) sted med store pålidelige mængder vand til rådighed og med overfladevand med tilstrækkelig kapacitet til at modtage store mængder af udledt kølevand.

Hvis der køles farlige stoffer, som (udledt via kølesystemet) medfører en høj risiko for miljøet, er det BAT at anvende indirekte kølesystemer, hvor der benyttes et sekundært kølekredsløb.

I princippet skal brugen af grundvand til køling minimeres, hvor man for eksempel ikke kan udelukke en udtømning af grundvandsressourcer.

- **Reduktion af det direkte energiforbrug**

Der opnås et lavt direkte energiforbrug for kølesystemerne ved at reducere modstanden for vand og/eller luft i kølesystemet og ved at anvende udstyr med lavt energiforbrug. Hvis den proces,

der skal køles, kræver variabel drift, er modulering af luft- og vandstrømning blevet benyttet med held og kan betragtes som BAT.

- **Reduktion af vandforbrug og reduktion af varmeemissioner til vand**

Reduktionen af vandforbruget og reduktionen af varmeemissioner til vand er tæt forbundet, og der er de samme teknologiske muligheder.

Den mængde af vand, der er behov for til køling, er forbundet med den mængde varme, der skal afgives. Jo højere grad af genbrug af kølevand, jo lavere mængder af kølevand er der behov for.

Recirkulering af kølevand ved anvendelse af et åbent eller lukket recirkulerende vådt system er BAT, hvis der er dårlig eller upålidelig adgang til vand.

I recirkulerende systemer kan en forøgelse af antallet af cykler være BAT, men behovet for kølevandsbehandling kan være en begrænsende faktor.

Det er BAT at anvende vindspredningsfang for at reducere vindspredning til mindre end 0,01% af den samlede recirkulerende strømning.

- **Reduktion af medrivning**

Der er blevet udviklet mange forskellige teknikker til at forhindre medrivning eller til at reducere beskadigelse i tilfælde af medrivning. Succesen har været varierende og anlægsspecifik. Der er ikke blevet identificeret nogen klar BAT, men der lægges vægt på en analyse af biotopen, da succes og fiasko i høj grad afhænger af adfærdsmæssige aspekter for arten og af korrekt udformning og placering af indløbet.

- **Reduktion af emissioner af kemiske stoffer til vand**

På linie med BAT-fremgangsmåden bør anvendelsen af potentielle teknikker til at reducere emissioner til vandmiljøet betragtes i følgende rækkefølge:

1. valg af kølekonfiguration med lavere emissionsniveau til overfladevand,
2. brugen af mere korrosionsbestandigt materiale til køleudstyr,
3. forhindring og reduktion af lækage af processtoffer til kølekredsløbet,
4. anvendelse af alternativ (ikke-kemisk) kølevandsbehandling,
5. valg af kølevandsadditiver med sigt mod at reducere påvirkningen af miljøet, og
6. optimeret anvendelse (overvågning og dosering) af kølevandsadditiver.

BAT reducerer behovet for kølevandsbehandling ved at reducere forekomsten af begroning og korrosion ved korrekt udformning. I systemer med ét gennemløb går korrekt udformning ud på at undgå stillestående zoner og turbulens og at bibeholde en mindste vandhastighed (0.8 m/s for varmevekslere, 1,5 m/s for kondensatorer).

Det er BAT at vælge materiale til systemer med ét gennemløb i meget korroderende miljø indeholdende Ti eller rustfrit stål af høj kvalitet eller andre materialer med tilsvarende funktionskarakteristika, idet et reducerende miljø vil begrænse brugen af Ti.

Ved recirkulerende systemer går BAT ud på, ud over konstruktionsmæssige foranstaltninger, at identificere de anvendte cykler for koncentration og den korroderende effekt af processtoffet for at muliggøre valg af materiale med tilstrækkelig korrosionsmodstand.

Det er BAT for køletårne at anvende egnede typer af tilsætningsmaterialer under hensyn til vandkvalitet (indhold af faste stoffer), forventet begroning, temperaturer og erosionsmodstand, og at vælge et konstruktionsmateriale, der ikke har behov for kemisk beskyttelse.

Det VCI-koncept, der anvendes af den kemiske industri, sigter mod at minimere risiciene for vandmiljøet i tilfælde af, at processtoffet lækker ud. Konceptet kobler graden af miljømæssig påvirkning af processtoffet med den krævede kølekonfiguration og overvågningskravene. Ved højere potentiel risiko for miljøet i tilfælde af lækage fører konceptet til forbedret korrosionsbeskyttelse, indirekte kølingskonfiguration og en forøget grad af overvågning af kølevandet.

- **Reduktion af emissioner ved optimeret kølevandsbehandling**

Optimering af anvendelsen af oxiderende biocider i systemer med ét gennemløb er baseret på timingen og frekvensen af biociddosering. Det betragtes som BAT at reducere inputtet af biocider ved målstyret dosering i kombination med overvågning af adfærden af makrobegroningsarter (for eksempel muslingers ventilbevægelse) og udnyttelse af holdetiden for kølevand i systemet. For systemer hvor forskellige kølestrømme blandes i udløbet er pulsalternerende chlorinering BAT og kan yderligere reducere koncentrationerne af frie oxidanter i det udledte vand. Generelt er diskontinuerlig behandling af systemer med ét gennemløb tilstrækkelig til at forhindre begroning. Alt efter arten og vandtemperaturen (over 10-12°C) kan kontinuerlig behandling med lave niveauer være nødvendig.

For havvand varierer BAT-niveauer for fri restoxidant (FRO) i udledningen i forbindelse med denne praksis med den anvendte doseringsmetode (kontinuerlig eller diskontinuerlig) og doseringskoncentrationsniveau og med kølesystems-konfigurationen. De spænder fra $\leq 0,1$ mg/l til 0,5 mg/l med en værdi på 0,2 mg/l som et 24 timers gennemsnit.

Et vigtigt element ved indføring af en BAT-baseret fremgangsmåde til vandbehandling, især til recirkulerende systemer, hvor der benyttes ikke-oxiderende biocider, er foretagelse af velunderbyggede beslutninger om, hvilken vandbehandlingsmetode, der anvendes, og hvordan den skal styres og overvåges. Valget af en passende behandlingsmetode er en kompliceret øvelse, hvor der skal tages hensyn til et antal lokale og stedsspecifikke faktorer, og disse skal relateres til karakteristika for selve additiverne og de mængder og kombinationer, de benyttes i.

For at medvirke ved processen til bestemmelse af BAT vedrørende kølevandsadditiver på lokalt niveau tilstræber dette BREF at give de lokale myndigheder, der er ansvarlige for udstedelse af en IPPC-tilladelse, en baggrundsoversigt for en vurdering.

Direktivet vedrørende biocidprodukter nr. 98/8/EF regulerer tilgangen af biocidprodukter til det europæiske marked og angår som en specifik kategori de biocider, der benyttes i kølesystemer. Informationsudvekslingen viser, at der i nogle medlemslande er specifikke vurderingsmetoder til anvendelse af kølevandsadditiver.

Diskussionen, som var en del af informationsudvekslingen vedrørende industrielle kølesystemer, resulterede i to foreslåede koncepter vedrørende kølevandsadditiver, som kan benyttes som et supplerende værktøj for de godkendende myndigheder:

1. Et screeningsværktøj, der er baseret på de eksisterende koncepter, og som tillader en enkel indbyrdes sammenligning af kølevandsadditiver, hvad angår deres potentielle påvirkning af vandmiljøet (the Benchmarking Assessment, bilag VIII.1).
2. En stedsspecifik vurdering af den forventede påvirkning fra biocider, der udledes til det modtagende vand, som følger resultatet af Direktivet vedrørende biocidprodukter og benytter metodologien til at etablere miljømæssige kvalitetsstandarder (EQS'er) for det fremtidig rammedirektiv for vand som et nøgleelement (the Local Assessment for Biocides, bilag VIII.2).

”Benchmarking Assessment” kan ses som en metode til at sammenligne den miljømæssige påvirkning af adskillige alternative kølevandsadditiver, medens “the Local Assessment for Biocides” tilvejebringer en målestok til bestemmelsen af en BAT-kompatibel indfaldsvinkel i forbindelse med biocider, især (PEC/PNEC <1). Brugen af lokale vurderingsmetodologier som et værktøj til styring af industrielle emissioner er allerede almindelig praksis.

- **Reduktion af emissioner til luft**

Reduktionen af virkningen af emissionerne til luft fra køletårnsdrift er forbundet med optimering af kølevandsbehandling for at reducere koncentrationerne i de små dråber. Hvis vindspredning er den primære transportmekanisme, betragtes vindspredningsfang, der fører til, at mindre end 0,01% af den recirkulerende strømning forsvinder som vindspredning, som BAT.

- **Reduktion af støj**

De primære foranstaltninger er anvendelse af “low-noise”-udstyr. De dermed forbundne reduktionsniveauer er op til 5 [dB(A)].

Sekundære foranstaltninger ved indløb og udløb fra de mekaniske køletårne har dertil knyttede reduktionsniveauer på mindst 15 [dB(A)] eller derover. Det skal bemærkes, at støjreduktion, især sekundære foranstaltninger, kan føre til tryktab, hvilket betyder, at der er behov for ekstra energiinput til kompensering derfor.

- **Reduktion af lækage og mikrobiologisk risiko**

BAT er: at forhindre lækage ved konstruktionen, ved at drive anlægget inden for dimensionsgrænserne og ved jævnlig inspektion af kølesystemet.

Især for den kemiske industri betragtes det som BAT at anvende sikkerhedskonceptet VCI, som det er blevet nævnt ovenfor, til reduktion af emissioner til vand.

Forekomsten af *Legionella pneumophila* i et kølesystem kan ikke forhindres fuldstændigt. Det betragtes som BAT at anvende de følgende foranstaltninger:

- undgåelse af stillestående zoner og bibeholdelse af en tilstrækkelig vandhastighed,
- optimering af kølevandsbehandling for at reducere begroning, alge- og amøbevækst og -forplantning,
- udførelse af periodisk rensning af køletårnsbassinet, og
- reduktion af operatørernes rissiko for vejtrækningproblemer ved at udstyre dem med støj- og åndedrætsbeskyttelse, når de går ind i en enhed, der er i drift, eller når tårnet højtryksrenses.

5. Skelnen mellem nye og eksisterende systemer

Alle nøgle-BAT-konklusioner kan anvendes til nye systemer. Hvis det medfører teknologiske ændringer kan anvendelsen være begrænset for eksisterende kølesystemer. For små køletårne, der fremstilles i serie, betragtes en ændring i teknologi som teknisk og økonomisk gennemførlig. Teknologiske ændringer for store systemer er generelt dyre og kræver kompleks teknisk og økonomisk vurdering, der involverer en lang række faktorer. Relativt små tilpasninger af disse store systemer, for eksempel en ændring af en del af udstyret, kan være mulig i nogle tilfælde. For mere omfattende ændringer i teknologien kan det være nødvendigt med en detaljeret overvejelse og vurdering af de miljømæssige effekter og prisen.

Generelt er BAT for nye og eksisterende systemer ens, hvor fokus er på reduktion af den miljømæssige virkning ved forbedring af systemernes drift. Dette angår:

-
- optimering af kølevandsbehandling ved styret dosering og valg af kølevandsadditiver sigtende mod en reduktion af påvirkningen af miljøet,
 - regelmæssig vedligehold af udstyret, og
 - overvågning af driftsparametre, såsom korrosionshastigheden af varmevekslerens overflade, kølevandets kemiske sammensætning og graden af begroning og lækage.

Eksempler på teknikker, der betragtes som BAT for eksisterende kølesystemer:

- anvendelse af passende tilsætning for at modvirke begroning,
- erstatning af roterende udstyr med "low-noise"-indretninger,
- forhindring af lækage ved at overvåge varmevekslerlørene,
- sidestrømsbiofiltrering,
- forbedring af kvaliteten af tilsætningsvand, og
- målstyret dosering i systemer med ét gennemløb.

6. Konklusioner og anbefalinger for fremtidigt arbejde

Dette BREF har mødt en høj grad af støtte fra den tekniske arbejdsgruppe (TWG). At vurdere og identificere BAT for processer til industriel køling betragtes generelt som komplekst og meget anlægs- og processpecifikt og involverer mange tekniske og økonomiske aspekter. Der er dog stadig en klar støtte til konceptet omkring generel BAT for kølesystemer baseret på den generelle BREF-indledning og introduktionen til BAT i kapitel 4.

Informationsudvekslingsprocessen viste et antal emner, hvor der er behov for yderligere arbejde, når dette BREF evalueres. Den lokale fastlæggelse af kølevandsbehandlingen vil kræve yderligere undersøgelse omkring, hvordan der kan tages hensyn til alle relevante faktorer og kemiske karakteristika i tilknytning til anlægget, men samtidigt er der behov fra en klar styring og en praktisk udførlig procedure. Andre områder af interesse, hvor der vil være behov for yderligere arbejde, angår alternative kølevandsbehandlingsteknikker, minimering af den mikrobiologiske risiko og relevansen af emissioner til luft.