
TIIVISTELMÄ

Tämä teollisuuden jäähdytysjärjestelmien parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa koskeva referenssiasiakirja on neuvoston direktiivin 96/61/EY (IPPC-direktiivin) 16 artiklan 2 kohdan perusteella toteutetun tietojenvaihdon tulos. Asiakirjaa on tarkasteltava suhteessa esipuheessa esitettyihin tavoitteisiin ja käyttötarkoitukseen.

Ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämisen yhteydessä teollista jäähdytystä pidetään eri teollisuudenalojen välisenä asiana. Tämän vuoksi käsitettä ”parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukainen” on tässä asiakirjassa arvioitu syventymättä lähemmin niihin teollisiin prosesseihin, joiden jäähdytyksestä on kyse. Tästä huolimatta jäähdytysjärjestelmien parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa on arvioitu siihen liittyvän teollisen prosessin jäähdytysvaatimukset huomioon ottaen. On selvää, että jäähdytysjärjestelmien paras käytettävissä oleva tekniikka on monimutkainen asia, jota arvioitaessa on otettava tasapuolisesti huomioon prosessin jäähdytysvaatimukset, kunkin laitoksen erityispiirteet sekä ympäristönsuojelunäkökohdat, jolloin löydetään ratkaisu, joka on taloudellisesti ja teknisesti toteuttamiskelpoinen.

”Teollisilla jäähdytysjärjestelmillä” tarkoitetaan järjestelmiä, joilla poistetaan liika lämpö mistä tahansa väliaineesta veden ja/tai ilman kanssa tapahtuvan lämmönvaihdon avulla, jolloin kyseisen väliaineen lämpötila alenee lähemmäksi ympäristön lämpötilaa.

Tässä asiakirjassa kuvataan parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa jäähdytysjärjestelmille, joiden katsotaan toimivan teollisen prosessin normaalikäytön apujärjestelminä. Jäähdytysjärjestelmän luotettavalla toiminnalla tiedetään olevan myönteinen vaikutus teollisen prosessin luotettavuuteen. Tässä referenssiasiakirjassa ei kuitenkaan käsitellä jäähdytysjärjestelmän toimintaa prosessin turvallisuuden kannalta.

Tässä asiakirjassa asiaa tarkastellaan kokonaisvaltaisesti, ja tarkoituksena on löytää teollisuuden jäähdytysjärjestelmien paras käytettävissä oleva tekniikka ja samalla tiedostaa, että lopullinen parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukainen ratkaisu on ennen kaikkea laitoskohtainen asia. Jäähdytysjärjestelmän valinnan osalta näin voidaan vain arvioida, mitkä tekijät liittyvät jäähdytysjärjestelmän ympäristövaikutuksiin, sen sijaan, että valittaisiin (tai hylättäisiin) joitain käytettäviä jäähdytysjärjestelmiä. Kun sovelletaan ympäristön kuormitusta vähentäviä menetelmiä, parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaisella lähestymistavalla yritetään tuoda esiin niihin liittyvät ympäristön eri osatekijöitä koskevat seikat ja näin korostaa, että jäähdytysjärjestelmien erilaisten päästöjen vähentämisessä on eri osatekijät otettava tasapuolisesti huomioon.

Pääasiakirjan viidessä luvussa kuvataan parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaista tarkastelutapaa, sen keskeisimpiä kohtia ja periaatteita, jäähdytysjärjestelmiä ja niihin liittyviä ympäristönsuojelunäkökohtia, parhaan käytettävissä olevan tekniikan kannalta tärkeimpiä havaintoja sekä päätelmiä ja jatkotoimia koskevia suosituksia. Yhdessätoista liitteessä annetaan taustatietoja jäähdytysjärjestelmien suunnitteluun ja käyttöön liittyvistä erityiskysymyksistä sekä esimerkkejä, joilla havainnollistetaan parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaista lähestymistapaa.

1. Kokonaisvaltainen tarkastelutapa

Parhaan käytettävissä olevan tekniikan kokonaisvaltaisessa tarkastelussa arvioidaan jäähdytysjärjestelmän toimintaa ympäristön kannalta osana koko teollisen prosessin ympäristövaikutuksia. Sen tavoitteena on jäähdytysjärjestelmän käytön välillisten ja suorien ympäristövaikutusten minimointi. Tarkastelutavan perusteena on kokemus, jonka mukaan jäähdytysjärjestelmän valinnalla ja suunnittelulla on suuri vaikutus prosessin jäähdytyksen ympäristövaikutuksiin. Uusien laitosten osalta tarkastelussa keskitytään sen vuoksi päästöjen ehkäisemiseen valitsemalla tarkoituksenmukainen jäähdytyslaitteisto sekä jäähdytysjärjestelmän

asianmukaiseen suunnitteluun ja rakenteeseen. Päästöjä voidaan lisäksi vähentää optimoimalla laitosten käyttöä.

Valmiissa jäähdytysjärjestelmissä on vähemmän mahdollisuuksia päästöjen vähentämiseen teknisin keinoin, ja etusijalla onkin päästöjen vähentäminen käytön optimoinnin ja järjestelmien ohjauksen avulla. Valmiissa järjestelmissä saattavat monet tekijät, kuten käytettävissä oleva tila, käyttöresurssit ja voimassa olevat lait ja säädökset, olla muutoksia rajoittavina tekijöinä. Tässä asiakirjassa käytettyä parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaista yleistä tarkastelutapaa voidaan kuitenkin pitää pitkän ajan tavoitteena, joka voidaan sovittaa yhteen valmiiden laitteistojen uusintavälin kanssa.

Parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaisessa lähestymistavassa otetaan huomioon, että jäähdytys on monen teollisen prosessin oleellinen osa, joka on nähtävä osana energian kokonaishallintajärjestelmää. Teollisissa prosesseissa energian tehokas käyttö on tärkeää niin ympäristönsuojelun kuin kustannustehokkuudenkin kannalta. Ensinnäkin paras käytettävissä oleva tekniikka tarkoittaa sitä, että teollisuus- tai valmistusprosessin energiatehokkuuteen on kiinnitettävä huomiota ennen kuin ryhdytään optimoimaan jäähdytysjärjestelmää. Energiankäytön kokonaistehokkuuden kohentamiseksi teollisuuden tavoitteena on vähentää hukkaan menevän lämpöenergian määrää asianmukaisen energianhallinnan avulla ja ottamalla käyttöön erilaisia kokonaisvaltaisia energiansäästöohjelmia. Näihin kuuluu jäähdytetyn teollisuus- tai valmistusprosessin sisäiset energiansiirrot sekä prosessien kytkeminen viereisiin prosesseihin. Teollisuusalueilla ollaan ottamassa käyttöön lämmön talteenottojärjestelmiä, joissa teollisuuslaitokset on kytketty toisiinsa, kaukolämpöverkkoon tai kasvihuoneisiin. Kun tätä lämpöä ei voida enempää ottaa talteen tai käyttää uudelleen, saatetaan se joutua päästämään ympäristöön.

Asiakirjassa erotellaan alhainen (10 – 25 °C), keskitason (25 – 60 °C) ja korkea (60 °C) hukkalämpö. Yleensä alhaisia lämpötiloja käsitellään nestejäähdytysjärjestelmillä ja korkeita kuivilla jäähdytysjärjestelmillä. Keskitason lämpötiloille ei ole olemassa mitään tiettyä ensisijaista jäähdytysmenetelmää, ja niissä käytetään erilaisia laitteistoja.

Kun teollisuus- tai valmistusprosessin energiankäytön kokonaistehokkuus on optimoitu, jäljelle jää tietty määrä hukkalämpöä, jonka poistamiseksi tarkoitettujen jäähdytyslaitteiston valinnassa on tasapuolisesti otettava huomioon seuraavat seikat:

- prosessin jäähdytystarve
- laitoksen sijainnin asettamat rajoitukset (paikallinen lainsäädäntö mukaan luettuna)
- ympäristönsuojeluun liittyvät vaatimukset.

Teollisuus- tai valmistusprosessin jäähdytystarve on aina tyydytettävä, jotta prosessin olosuhteet, mukaan luettuina sen käynnistys ja sulkeminen, olisivat vakaat. Prosessin vaatima vähimmäis- ja enimmäislämpötila ja vaadittava jäähdytyskapasiteetti on kyettävä takaamaan kaikissa oloissa, jotta teollisuus- tai valmistusprosessin tehokkuus säilyy ja tuotantohävikit ja päästöt ympäristöön vähenevät. Tämä on sitä tärkeämpää, mitä herkempiä mainitut prosessit ovat lämpötilan suhteen.

Laitoskohtaiset olosuhteet asettavat rajoituksia jäähdytysjärjestelmän rakenteelle ja käyttötavoille. Nämä olosuhteet riippuvat paikallisesta ilmastosta, jäähdytysveden saatavuudesta ja laskumahdollisuuksista, rakenteille käytettävissä olevasta tilasta sekä lähiympäristön herkyydestä päästöjen kannalta. Prosessin jäähdytystarpeen ja tarvittavan jäähdytystehon takia uuden laitoksen oikean sijoituspaikan valinta voi olla hyvin tärkeää (esimerkiksi lähellä riittävää kylmän veden lähdettä). Kun laitoksen sijoituspaikka ratkeaa muiden tekijöiden perusteella tai kun on kyse valmiista jäähdytysjärjestelmästä, prosessin jäähdytystarve ja laitoksen sijoituspaikan olot ovat ennalta määrättyt.

Jäähdytyksen kannalta paikallinen ilmasto on tärkeä, sillä se vaikuttaa lopullisina jäähdytysaineina käytettävien veden ja ilman lämpötilaan. Paikallisen ilmaston oloja kuvaavat märällä ja kuivalla lämpömittarilla mitatut lämpötilat. Yleensä jäähdytysjärjestelmät

suunnitellaan siten, että ne kykenevät antamaan riittävän jäähdytystehon kaikkein epäedullisimmissa paikkakunnalla esiintyvissä oloissa eli korkeimpien siellä esiintyvien märän ja kuivan lämpömittarin lukemien vallitessa.

Seuraava vaihe jäähdytysjärjestelmää valittaessa ja suunniteltaessa tähtää parhaan käytettävissä olevan tekniikan vaatimuksien täyttämiseen jäähdytettävän prosessin ja laitoksen sijoituspaikan asettamisessa rajoissa. Tämä tarkoittaa, että pääpaino asetetaan tarkoituksenmukaisten materiaalien ja laitteiden valinnalle, millä vähennetään huollon tarvetta, mahdollistetaan jäähdytysjärjestelmän toiminta ja toteutetaan ympäristönsuojelua. Ympäristöön vapautuvan lämmön lisäksi vaarana ovat muutkin ympäristön kannalta haitalliset ilmiöt, kuten jäähdytysjärjestelmissä käytettävien lisäaineiden päästöt. On korostettava, että jos prosessissa syntyvän ylimääräisen lämmön määrää voidaan vähentää, sen seurauksena myös teollisen jäähdytysjärjestelmän ympäristövaikutukset vähenevät.

Parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaista tarkastelutapaa voidaan soveltaa myös valmiisiin jäähdytysjärjestelmiin. Käytettävissä saattaa olla teknisiä vaihtoehtoja, kuten jäähdytystekniikan muuttaminen tai käytettävän laitteiston tai kemikaalien vaihtaminen tai muuntaminen, mutta niitä voidaan käyttää vain rajallisesti.

2. Käytössä olevat jäähdytysjärjestelmät

Jäähdytysjärjestelmät perustuvat termodynamiikan periaatteisiin, ja ne on suunniteltu edistämään lämmönvaihtoa prosessin ja jäähdytysaineen välillä sekä poistamaan hukkalämmön ympäristöön. Teollisuuden jäähdytysjärjestelmät voidaan jaotella rakenteensa ja pääasiallisen jäähdytysperiaatteensa mukaan: ne käyttävät jäähdytysaineena vettä tai ilmaa tai näiden yhdistelmää.

Lämmönvaihtoa prosessiaineen ja jäähdytysaineen välillä tehostetaan lämmönvaihtimilla. Jäähdytysaine siirtää lämmön lämmönvaihtimista ympäristöön. Avoimissa järjestelmissä jäähdytysaine on suoraan kosketuksissa ympäristöön. Suljetuissa järjestelmissä jäähdytysaine tai prosessiaine kiertää putkissa tai kierukoissa eikä ole suorassa kosketuksessa ympäristön kanssa.

Läpivirtausjäähdytystä käytetään yleisesti suuritehoisissa laitoksissa paikoissa, joissa on saatavilla riittävästi jäähdytysvettä, joka voidaan laskea pintavesistöihin. Jos vettä ei ole riittävästi saatavissa, käytetään kiertojäähdytysjärjestelmiä (jäähdytystorneja).

Avoimissa kiertojäähdytystorneissa jäähdytysvesi jäähtyy ilmavirran kosketuksesta. Torneissa on laitteet, joilla ilman ja veden kosketusta tehostetaan. Ilmavirta voidaan saada aikaan joko koneellisesti puhaltimen avulla tai luonnollisen ilmankierron avulla. Koneellisesti aikaansaadulla ilmavirralla toimivia torneja käytetään yleisesti sekä pieni- että suuritehoisissa järjestelmissä. Luonnollisen ilmankierron avulla toimivia torneja käytetään etupäässä suuritehoisissa järjestelmissä (esimerkiksi voimalaitoksissa).

Suljetuissa järjestelmissä jäähdytetään putkia tai kierukoita, joissa jäähdytys- tai prosessiaine kiertää, mikä vuorostaan jäähdyttää tätä niissä kiertävää ainetta. Märissä järjestelmissä ilmavirta jäähdyttää putkia tai kierukoita haihduttamalla niiden pinnalle suihkutettua vettä. Kuivissa järjestelmissä putkia/kierukoita jäähdytetään pelkällä ilmavirralla. Molemmissa rakenteissa kierukat voidaan varustaa jäähdytysrivoin, jolloin jäähdyttävä pinta-ala ja jäähdytysteho lisääntyvät. Suljettuja märkiä järjestelmiä käytetään yleisesti teollisuuden pienitehoisissa järjestelmissä. Kuivan ilmajäähdytyksen periaatetta käytetään pienissä teollisissa sovelluksissa sekä suurissa voimalaitoksissa silloin, kun vettä ei ole riittävästi saatavissa tai se on hyvin kallista.

Avointen ja suljettujen jäähdytysjärjestelmien yhdistelmät ovat erikoisrakenteisia torneja, joissa märän ja kuivan prosessin avulla voidaan vähentää näkyvää höyrymuodostusta. Kun on mahdollisuus käyttää järjestelmiä (erityisesti pieniä kennorakenteisia yksiköitä) kuivana silloin,

kun ulkoilman lämpötila on alhainen, voidaan vähentää vuotuista vedenkulutusta ja näkyvää höyrynmuodostusta.

Taulukko 1: Esimerkkejä erilaisten teollisten (ei voimalaitosten) jäähdytysjärjestelmien teknisistä ja termodynaamisista ominaisuuksista

Jäähdytysjärjestelmä	Jäähdytysaine	Pääasiallinen jäähdytysperiaate	Alin lämpötilaero (°K) ⁴⁾	Alin saavutettava prosessiaineen lämpötila ⁵⁾ (°C)	Teollisuusprosessin teho (MW _{th})
Avoin läpivirtausjärjestelmä – suora	Vesi	Johtuminen/ Kuljettuminen	3–5	18–20	<0,01 – > 2000
Avoin läpivirtausjärjestelmä – epäsuora	Vesi	Johtuminen/ Kuljettuminen	6–10	21–25	<0,01 – > 1000
Avoin kiertojäähdytysjärjestelmä – suora	Vesi ¹⁾ Ilma ²⁾	Haihdutus ³⁾	6–10	27–31	< 0,1 – >2000
Avoin kiertojäähdytysjärjestelmä – epäsuora	Vesi ¹⁾ Ilma ²⁾	Haihdutus ³⁾	9–15	30–36	< 0,1 – > 200
Suljettu märkä jäähdytysjärjestelmä	Vesi ¹⁾ Ilma ²⁾	Haihdutus + kuljettuminen	7–14 ⁷⁾	28–35	0,2 – 10
Suljettu kuivailmajäähdytysjärjestelmä	Ilma	Kuljettuminen	10–15	40–45	< 0,1 – 100
Avoin yhdistelmäjärjestelmä	Vesi ¹⁾ Ilma ²⁾	Haihdutus + kuljettuminen	7–14	28–35	0,15 – 2,5 ⁶⁾
Suljettu yhdistelmäjärjestelmä	Vesi ¹⁾ Ilma ²⁾	Haihdutus + kuljettuminen	7–14	28–35	0,15 – 2,5 ⁶⁾

Huomautuksia:

- 1) Vesi on toissijainen jäähdytysaine, ja sen suurin osa kierrätetään. Veden haihtuminen siirtää lämmön ilmaan.
- 2) Ilma on se jäähdytysaine, joka siirtää lämmön ympäristöön.
- 3) Haihdutus on pääasiallinen jäähdytysperiaate. Lämpöä siirtyy myös johtumalla/kuljettumalla, mutta vähemmän.
- 4) Lämpötilaerot mitattuna märällä tai kuivalla lämpömittarilla; lisäksi lämmönvaihtimen ja jäähdytystornin lämpötilaerot.
- 5) Loppulämpötilat riippuvat laitoksen sijaintipaikan ilmastosta (annetut tiedot koskevat Keski-Euroopan ilmasto-oloja: kuivan/märän lämpömittarin lukemat 30 °/21 °C ja veden lämpö enintään 15 °C).
- 6) Pienten yksikköjen teho: Yhdistämällä useita yksiköitä tai käyttämällä erikoisrakenteisia jäähdyttimiä tehoa voidaan lisätä.
- 7) Jos jäähdytys on epäsuoraa tai mukana on kuljettumista, lämpötilaerot ovat 3–5 °K suurempia, mistä seuraa korkeampi prosessiaineen lämpötila.

Taulukossa on esitetty käytössä olevien jäähdytysjärjestelmien ominaisuuksia tietyissä ilmasto-oloissa. Lämmönvaihtimesta jäähdytyksen jälkeen palaavan prosessiaineen loppulämpötila riippuu jäähdytysaineen lämpötilasta ja jäähdytysjärjestelmän rakenteesta. Veden ominaislämpökapasiteetti on suurempi kuin ilman, minkä vuoksi se on parempi jäähdytysaine. Jäähdytykseen käytettävän ilman ja veden lämpötilat riippuvat märän ja kuivan lämpömittarin lukemista. Mitä korkeampia nämä lukemat ovat, sen vaikeampaa on saavuttaa alhaisia prosessilämpötiloja.

Prosessin loppulämpötila on seuraavien tekijöiden summa: alin ulkoinen (jäähdytysaineen) lämpötila sekä pienin mahdollinen (jäähdytysjärjestelmään saapuvan) jäähdytysaineen ja (jäähdytysjärjestelmästä palaavan) prosessiaineen välinen lämpötilaero lämmönvaihtimessa. Teknisesti tämä lämpötilaero voidaan suunnitella hyvinkin pieneksi, mutta kustannukset ovat kääntäen verrannollisia eron suuruuteen. Mitä pienempi lämpötilaero on, sitä alemmaksi prosessin loppulämpötila saadaan. Kullakin lämmönvaihtimella on sille ominainen lämpötilaero, ja jos käytetään useita peräkkäisiä sarjaan kytkettyjä lämmönvaihtimia, kunkin lämpötilaero on lisättävä (jäähdytysjärjestelmään saapuvan) jäähdytysaineen lämpötilaan laskettaessa saavutettavissa olevaa prosessin loppulämpötilaa. Lisälämmönvaihtimia käytetään epäsuorissa jäähdytysjärjestelmissä, joihin voidaan lisätä ylimääräinen jäähdytyspiiri. Tämä sekundaarinen piiri liitetään primaariseen jäähdytyspiiriin lämmönvaihtimen välityksellä. Epäsuoria jäähdytysjärjestelmiä käytetään silloin, kun halutaan ehdottomasti välttää prosessiaineiden pääsemistä luontoon.

Voimalaitoksissa yleisesti käytettävien jäähdytysjärjestelmien alimmat lämpötilaerot ja jäähdytystehot eroavat jonkin verran muusta teollisuudesta höyryn lauhduttamisprosessin erityisvaatimusten vuoksi. Seuraavassa on lämpötilaerojen ja niitä vastaavien energiantuotantotehojen yhteenveto.

Taulukko 2: Esimerkkejä erilaisten voimalaitoksissa käytettävien jäähdytysjärjestelmien tehoista ja termodynaamisista ominaisuuksista

Jäähdytysjärjestelmä	Käytettävät lämpötilaerot (°K)	Energiantuotantoprosessin teho (MW _{th})
Avoimet läpivirtausjärjestelmät	13–20 (loppuero 3–5)	< 2700
Avoin märkä jäähdytystorni	7–15	< 2700
Avoin yhdistelmäjäähdytystorni	15–20	< 2500
Kuivalla ilmalla jäähdytetty lauhdutin	15–25	< 900

3. Käytettäviin jäähdytysjärjestelmiin liittyvät ympäristönsuojelunäkökohdat

Jäähdytysjärjestelmiin liittyvät ympäristönsuojelunäkökohdat vaihtelevat käytettävän laitteiston mukaan, mutta pääpaino on kokonaistehokkuuden lisäämisessä ja vesistöihin vapautuvien päästöjen vähentämisessä. Kulutus- ja päästöluvut vaihtelevat suuresti laitoksesta toiseen, ja lisäksi yksittäisen laitoksenkin luvut vaihtelevat ajankohdan mukaan. Parhaan käytettävissä olevan tekniikan yhtenäistämiseen pyrkivän ajattelutavan mukaisesti on ympäristön eri osatekijöihin kohdistuvat vaikutukset otettava huomioon arvioitaessa kutakin ympäristönsuojelunäkökohtaa ja siihen liittyviä suojelutoimia.

- **Energiankulutus**

Kunkin jäähdytysjärjestelmän välitön ja välillinen energiankulutus on ympäristön kannalta oleellinen tekijä. Järjestelmän välillisellä energiankulutuksella tarkoitetaan jäähdytettävän prosessin energiankulutusta. Tämä välillinen energiankulutus saattaa lisääntyä, kun käytettävä jäähdytyslaitteisto ei toimi parhaalla mahdollisella tavalla, mikä saattaa aiheuttaa prosessin lämpötilan nousun (ΔK), mikä ilmaistaan seuraavasti: $kW_e/MW_{th}/K$.

Jäähdytysjärjestelmän välitön energian ominaiskulutus ilmaistaan yksikköinä kW_e/MW_{th} , ja sillä tarkoitetaan koko jäähdytysjärjestelmän käyttämää energiaa (pumput ja tuulettimet mukaan luettuina) jokaista sen jäähdyttämää termistä megawattia (MW_{th}) kohti.

Välillistä energiankulutusta voidaan vähentää seuraavin keinoin:

- valitaan jäähdytyslaitteisto, jolla on alhaisin välillinen energiankulutus (yleensä läpivirtausjärjestelmä)
- käytetään rakennetta, jolla saavutetaan pieni lämpötilaero
- ylläpidetään lämmönvaihtoprosessin tehokkuutta asianmukaisen laitehuollon avulla.

Kun esimerkiksi voimalaitoksen jäähdytysjärjestelmä vaihdetaan läpivirtauksella toimivasta järjestelmästä kiertojärjestelmään, lisälaitteiden energiankulutus kasvaa ja termisen kierto-prosessin tehokkuus laskee.

Tehokkaita pumppuja ja tuulettimia on saatavana välittömän energiankulutuksen vähentämiseksi. Lämmönvaihdon tehokkuutta voidaan lisätä ja painehäviöitä vähentää jäähdytysjärjestelmän rakenteen avulla ja käyttämällä pisananerottimia ja täytekappaleita, joilla on pieni virtausvastus. Pintojen asianmukainen mekaaninen tai kemiallinen puhdistaminen ylläpitää prosessin lämmönvaihtotehokkuutta.

- **Vesi**

Vesi on tärkeä märkien jäähdytysjärjestelmien ensisijaisena jäähdytysaineena, mutta se toimii myös jäähdytysveden lasku ympäristönä. Suuret vedenottamot murskaavat ja imevät sisään kaloja ja muita vedessä eläviä eliöitä. Suuret lämpimän veden päästöt voivat myös vaikuttaa vesistön tilaan, mutta vaikutusta voidaan vähentää valitsemalla vedenoton ja -päästön paikka sekä ottamalla huomioon vuorovesi- tai suistovirtaukset niin, että lämmin vesi sekoittuu ja sen lämpö tasoittuu vesistöön tehokkaasti.

Vedenkulutus vaihtelee avoimien yhdistelmätorniin lukemasta $0,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{MW}_{\text{th}}$ avoimien läpivirtausjärjestelmien lukemaan $86 \text{ m}^3/\text{h}/\text{MW}_t$. Läpivirtausjärjestelmien vaatimien suurien vesimäärien vähentäminen edellyttää kiertojäähdytyksen lisäämistä, mikä samalla vähentää lämpimän jäähdytysveden päästöjä ja saattaa myös vähentää kemikaalipäästöjä ja syntyvien jätteiden määrää. Kiertovesijärjestelmien vedenkulutusta voidaan vähentää kierrättämällä vesi useaan kertaan, parantamalla raakaveden laatua tai optimoimalla laitoksen alueella tai sen ulkopuolella olevien jätevesilähteiden käyttöä. Molemmat vaihtoehdot edellyttävät monimutkaista jäähdytysveden käsittelymenetelmää. Yhdistelmäjäähdytys, jota käytettäessä voidaan käyttää kuivailmajäähdytystä osan aikaa vuodesta eli silloin, kun jäähdytystarve on vähäisempi tai silloin, kun ulkoilman lämpötila on alhaisempi, voi alentaa veden kulutusta erityisesti pienissä kammioissa yksiköissä.

Vedenoton tyypillä ja sijoituksella sekä erilaisilla apukeinoilla (ristikot, esteet, valo, ääni) voidaan vähentää vesissä elävien eliöiden sisään imeytymistä ja murskautumista. Näiden keinojen vaikutukset ovat lajikohtaisia. Niillä on myös huomattavat kustannukset, ja niiden käyttöä kannattaa mieluiten harkita rakennettaessa täysin uusia laitoksia. Tarvittavan jäähdytystehon vähentäminen lisäämällä lämpöenergian uudelleenkäyttöä saattaa vähentää lämpimän jäähdytysveden päästöjä pintavesiin.

- **Lämpöenergiapäästöt pintavesiin**

Kuten edellä on mainittu, pintavesiin vapautuvat lämpöpäästöt voivat vaikuttaa pintavesien ympäristöoloihin. Asiaan vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi päästöjä vastaanottavien pintavesien jäähdytyskapasiteetti sekä pintavesien senhetkinen lämpötila ja ekologinen tila. Jäähdytysveden laskuista aiheutuvista lämpöpäästöistä saattaa seurata ympäristölaatuun mukaisen lämpötilan ylittyminen kesäkuukausien aikana. Kahden ekosysteemin (lohivedet ja särkivedet) lämpötilavaatimukset on esitetty direktiivissä 78/659/ETY. Lämpöpäästöjen ympäristövaikutusten kannalta oleellista ei ole ainoastaan veden todellinen lämpötila, vaan myös se sekoittumisvyöhykkeen rajalla tapahtuva lämpötilan nousu, joka aiheutuu veteen lasketuista lämpöpäästöistä. Pintavesiin laskettavan lämpimän veden määrällä ja lämpötilalla suhteessa pintavesien tilavuuteen on merkitystä sen aiheuttamien ympäristövaikutusten kannalta. Jos lämpöpäästöt tapahtuvat suhteellisen pieniin pintavesiin ja kuumen veden muodostama kieleke ulottuu joen tai kanavan toiselle laidalle, lohikalojen vaellus saattaa estyä. Näiden vaikutusten lisäksi veteen laskettavien lämpöpäästöjen seurauksena kohonneet lämpötilat voivat lisätä kaasujenvaihtoa ja biologista kasvua (rehevöitymistä), mistä seuraa veden happipitoisuuden aleneminen.

Jäähdytysjärjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon edellä mainitut näkökohdat sekä mahdollisuudet vähentää lämpöpäästöjä pintavesiin.

- **Vieraiden aineiden päästöt pintavesiin**

Seuraavat tekijät aiheuttavat päästöjä jäähdytysjärjestelmistä pintavesiin:

- jäähdytysveden lisäaineet ja niiden aktiiviset ainesosat
- ilman mukana jäähdytystorniin kulkeutuneet aineet
- jäähdytysjärjestelmän laitteiden korroosion tuloksena syntyneet yhdisteet
- prosessikemikaalien (tuotteiden) ja niiden reaktiotuotteiden vuotaminen ulos prosessista.

Jäähdytysjärjestelmän toimintakunnon ylläpitäminen saattaa edellyttää jäähdytysveden käsittelyä syöpmisen, kattilakiven muodostumisen sekä pieneliökasvuston ehkäisemiseksi. Läpivirtaus- ja kiertojärjestelmille tarkoitetut käsittelyt ovat erilaisia. Kiertojärjestelmille tarkoitetut jäähdytysveden käsittelymenetelmät saattavat olla erittäin monimutkaisia ja niissä voidaan käyttää useita kemikaaleja. Tämän vuoksi jäähdytysveden ulospuhalluksen yhteydessä syntyvissä päästöissä on suuria eroja ja tyyppillisten päästöarvojen määrittely on vaikeaa. Joskus vaihdettava jäähdytysvesi käsitellään ennen sen laskemista vesistöön.

Hapettavien biosidien päästöt avoimista läpivirtausjärjestelmistä mitattuna vapaan hapettimen määränä poistoputkessa vaihtelevat välillä 0,1 mg FO/l ja 0,5 mg FO/l niiden annostustavan ja -tiheyden mukaan.

Taulukko 3: Avoimissa ja kiertojäähdytysjärjestelmissä käytettävien vedenkäsittelyaineiden kemiallisia ainesosia

Esimerkkejä kemiallisista käsittelyistä*	Veden laadun aiheuttama ongelma					
	Syöpyminen		Kattilakiven muodostus		Pieneliöiden kasvu	
	Läpivirtausjärjestelmät	Kiertojärjestelmät	Läpivirtausjärjestelmät	Kiertojärjestelmät	Läpivirtausjärjestelmät	Kiertojärjestelmät
Sinkki		X				
Molybdaatit		X				
Silikaatit		X				
Fosfonaatit		X		X		
Polyfosfonaatit		X		X		
Polyliesterit				X		
Luonnon omat orgaaniset yhdisteet				X		
Polymeerit	(X)		(X)	X		
Muut kuin hapettavat biosidit						X
Hapettavat biosidit					X	X

* Kromaatteja ei enää paljoakaan käytetä niiden huomattavien ympäristövaikutusten takia.

Käyttöoloihin sopivan jäähdytyslaitteiston valinnalla voidaan vähentää vuotoja ja syöpmistä. Käyttöoloihin vaikuttavat seuraavat tekijät:

- prosessiparametrit kuten lämpötila, paine, virtausnopeus
- jäähdytettävä aine
- jäähdytysveden kemialliset ominaisuudet.

Lämmönvaihtimissa, putkistoissa, pumpuissa ja vaipoissa käytetään materiaaleina yleisesti hiiliterästä, kuparinikkeliä ja erilaatuisia ruostumattomia teräksiä, mutta titaanin (Ti) käyttö on yleistymässä. Pintoja suojataan myös pinnoitteilla ja maaleilla.

• Biosidien käyttö

Avoimia läpivirtausjärjestelmiä käsitellään pääasiassa hapettavilla näkyvien pieneliöiden kasvustoa torjuvilla biosideilla. Käytettävät määrät voidaan ilmaista vuosittain käytettävien hapettavien lisäaineiden kloori-ekvivalenttina termistä megawattia kohti, kun on kysymys lämmönvaihtimessa tai sen läheisyydessä syntyvästä kasvustosta. Halogeenien käyttö hapettavina lisäaineina läpivirtausjärjestelmissä aiheuttaa ympäristön kuormitusta pääasiassa synnyttämällä sivutuotteina halogeeniyhdisteitä.

Avoimissa kiertojärjestelmissä käytetään veden esikäsittelyä ehkäisemään kattilakiven muodostusta, syöpymistä ja näkymättömien pieneliöiden kasvuston muodostumista. Koska kiertovesijärjestelmissä käytetään pienempiä vesimääriä, vaihtoehtoisia menetelmiä, kuten otsoni- ja ultraviolettivalokäsittelyjä, on käytetty menestyksellisesti, mutta ne edellyttävät varsin tarkkaan rajattuja prosessiolosuhteita ja saattavat olla melko kalliita.

Toimenpiteitä, joilla jäähdytysvesipäästöjen haitallisia vaikutuksia voidaan vähentää, ovat huuhteluventtiilin pitäminen kiinni myrkytyskäsittelyn aikana sekä korvattavan jäähdytysveden käsitteleminen ennen sen päästämistä pintavesiin. Käsiteltäessä korvattavaa jäähdytysvettä jätevesilaitoksessa, on seurattava siinä olevien biosidien määrää, sillä se saattaa vaikuttaa laitoksen pieneliökantaan.

Jotta voidaan vähentää jäähdytysvesien mukana laskettavia päästöjä ja niiden vaikutuksia vesistöihin, biosidit valitaan ottaen tasapuolisesti huomioon sekä jäähdytysjärjestelmien tarpeet että vesistöjen haavoittuvuus.

- **Päästöt ilmaan**

Kuivista jäähdytystorneista vapautuvan ilman ei yleensä katsota olevan ympäristön kannalta tärkeä tekijä. Ilma saattaa saastua, jos tapahtuu tuotevuotoja, mutta ne voidaan estää asianmukaisella ylläpitohuollolla.

Märistä jäähdytystorneista vapautuvassa ilmassa olevat vesipisarot voivat saastua vedenkäsittelykemikaalien, mikrobin tai korroosiotuotteiden johdosta. Pisanerottimien käyttö ja optimoitu vedenkäsittely vähentävät näiden vaaraa.

Höyrypilven muodostuminen on varteenotettava tekijä silloin, kun se aiheuttaa maisemahaittoja tai ulottuu maanpinnan tasalle.

- **Melu**

Melupäästöillä on paikallinen vaikutus suurten luonnollisen ilmanvaihdon avulla toimivien jäähdytystornien ja kaikkien koneellisten jäähdytysjärjestelmien läheisyydessä. Vaimentamattomat äänitehot vaihtelevat luonnollisen ilmanvaihdon tornien luvusta 70 koneellisten tornien lukuun 120 dB(A). Vaihtelu johtuu laitteiden erilaisuudesta sekä mittauspaikasta, sillä melutaso on erilainen ilman sisäänotto- ja ulostulokohdissa. Melu syntyy pääasiallisesti tuulettimista, pumpuista ja putoavasta vedestä.

- **Riskitekijät**

Jäähdytysjärjestelmien riskitekijät liittyvät lämmönvaihtimien vuotoihin, kemikaalien varastointiin ja märkien jäähdytysjärjestelmien mikrobiologiseen saastumiseen (kuten legionellabakteerien aiheuttamaan saastumiseen).

Vuotoja ja mikrobiologista saastumista ehkäistään ennakkohuollolla ja valvonnalla. Laitoksissa, joissa vuoto saattaisi aiheuttaa suurten haitallisten ainemäärien pääsyn vesistöön, on harkittava epäsuorien jäähdytysjärjestelmien tai erityisten turvatoimien käyttöä.

Legionellae pneumophila (Lp) -bakteerien kasvuston torjumiseksi suositellaan asianmukaisen vedenkäsittelymenetelmän käyttöä. *Lp*-bakteerien yksiköissä CFU/l ilmaistulle pitoisuudelle ei ole voitu määrittää ylärajaa, jonka alapuolella mitään vaaraa ei ole. Erityisesti tähän vaaratekijään on kiinnitettävä huomiota huoltotoita tehtäessä.

- **Jäähdytysjärjestelmien käytössä syntyvät jäämät**

Jäämistä tai jätteistä on saatavissa vain vähän tietoja. Jäähdytysveden esikäsittelyssä syntyneitä tai jäähdytystornien pohjalle kerääntyviä lietteitä on pidettävä jätteenä. Ne käsitellään ja hävitetään eri tavoin niiden mekaanisten ominaisuuksien ja kemiallisen koostumuksen mukaan. Niiden sisältämien haitallisten aineiden määrät vaihtelevat käytetyn jäähdytysveden käsittelymenetelmän mukaan.

Päästöjä ympäristöön voidaan edelleen vähentää käyttämällä laitteiden suojaamiseen vähemmän haitallisia menetelmiä ja valitsemalla materiaaleja, jotka voidaan kierrättää jäähdytysjärjestelmän käytöstä poistamisen tai sen laitteiden vaihtamisen jälkeen.

4. Tärkeimmät parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa koskevat päätelmät

Luvussa 4 on esitetty parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaisia ratkaisuja tai ensisijaisia ratkaisuja uusille ja vanhoille järjestelmille. Päätelmistä voidaan esittää seuraava yhteenveto.

On todettava, että lopullinen parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukainen ratkaisu riippuu kohteena olevasta laitoksesta, mutta joissain suhteissa tiettyjä tekniikoita voidaan pitää yleisinä parhaina käytettävissä olevina tekniikkoina. Kaikissa tapauksissa käytettävissä olevat ja soveltuvat ratkaisut hukkalämmön vähentämiseksi on tutkittava ja otettava käyttöön, ennen kuin ryhdytään harkitsemaan tapoja laskea teollisen prosessin lämpöä ympäristöön.

Kaikkien laitosten paras käytettävissä oleva tekniikka on teknologia, menetelmä tai prosessi ja keskitetyn yrityksen tulos teollisuuden jäähdytysjärjestelmän ympäristövaikutusten vähentämiseksi siten, että säilytetään tasapaino välillisten ja välittömien vaikutusten välillä. Ympäristövaikutusten vähentämiskeinojen tulisi vähintäänkin säilyttää jäähdytysjärjestelmän tehokkuus tai ainakin pyrkiä siihen, että mahdollinen tehokkuuden pieneneminen on vähäistä verrattuna ympäristövaikutusten vähentymiseen.

Eri ympäristönäkökohtien kannalta on määritelty tekniikoita, joita voidaan omaksutun lähestymistavan mukaisesti pitää parhaina käytettävissä olevina tekniikkoina. Jättemäärien vähentämiseksi tai jätteiden käsittelemiseksi ei ole kyetty määrittelemään sellaista parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa, jolla olisi voitu välttää maaperän ja vesistöjen likaantumista tai ilman saastumista, jos jätteet poltetaan.

- **Prosessiin ja laitokseen kohdistuvat vaatimukset**

Prosessin ja laitoksen vaatimusten mukaisen jäähdytystavan valinnassa määrän, kuivan ja näiden yhdistelmän välillä tulisi pyrkiä suurimpaan mahdolliseen energiankäytön kokonaistehokkuuteen. Energiankäytön hyvän kokonaistehokkuuden saavuttamiseksi käsiteltäessä suuria ainemääriä, joita jäähdytetään suhteellisen vähän (10–25 °C), on jäähdyttäminen avoimilla läpivirtausjärjestelmillä paras käytettävissä oleva tekniikka. Uusia laitoksia rakennettaessa saattaa tämän vuoksi kannattaa valita niille (rannikolla sijaitseva) sijoituspaikka, jossa runsas jäähdytysveden saanti on turvattu ja jossa pintavedet pystyvät ottamaan vastaan suuria määriä niihin laskettavaa jäähdytysvettä.

Kun jäähdytetään vaarallisia aineita, jotka (päästessään vapaaksi jäähdytysjärjestelmän kautta) ovat erityisen haitallisia ympäristölle, paras käytettävissä oleva tekniikka on käyttää epäsuoria jäähdytysjärjestelmiä, joissa on sekundaarinen jäähdytyspiiri.

Periaatteessa pohjaveden käyttö jäähdytykseen tulisi olla mahdollisimman vähäistä, erityisesti alueilla, joissa pohjavesivarantojen loppuminen on mahdollista.

- **Välittömän energiankulutuksen vähentäminen**

Jäähdytysjärjestelmän välitön energiankulutus saadaan pysymään alhaisena vähentämällä siinä virtaavan veden ja/tai ilman virtausvastusta käyttäen vähän energiaa käyttäviä laitteita. Jäähdytettävän prosessin edellyttäessä jäähdytystehon säädettävyyttä on menestyksekkäästi käytetty ilman ja veden virtauksen säätelyä, ja sitä voidaan pitää parhaana käytettävissä olevana tekniikkana.

- **Vedenkulutuksen ja veteen vapautuvien lämpöpäästöjen vähentäminen**

Vedenkulutuksen ja veteen vapautuvien lämpöpäästöjen vähentäminen liittyvät läheisesti toisiinsa, ja niihin voidaan soveltaa samoja teknisiä ratkaisuja.

Jäähdytykseen tarvittavan veden määrä on kytköksissä poistettavaan lämpömäärään. Mitä suurempi osa vedestä käytetään uudelleen, sitä vähemmän jäähdytysvettä tarvitaan.

Jäähdytysveden kierrätys käyttäen avointa tai suljettua märkää järjestelmää on paras käytettävissä oleva tekniikka silloin, kun vettä on vaikeasti saatavissa tai sen saanti ei ole turvattu.

Kiertojärjestelmissä veden kierrätyskertojen lisääminen voi olla paras käytettävissä oleva tekniikka, mutta jäähdytysveden käsittelyvaatimukset saattavat rajoittaa sitä.

On parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaista käyttää pisananerottimia vähentämään ilmapirran mukana ajautuvien vesipisaroiden määrä alle 0,01 prosenttiin kierrätettävän veden kokonaisvirtaamasta.

- **Vesieläinten sisään imemisen vähentäminen**

On kehitetty monia erilaisia tekniikoita estämään vesieläinten imemistä sisään vedenottamoon tai vähentämään tästä niille aiheutuvia vaurioita. Näiden tekniikkojen menestyksellisyys on vaihdellut laitoksittain. Selvästi parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa ei ole määritelty, mutta kunkin eliölajin elinpiirin analysoiminen on tärkeää, sillä sisään imemisen vähentämisessä onnistuminen riippuu paljolti kunkin lajin ominaisesta käyttäytymisestä sekä sisäänottoaukkojen asianmukaisesta rakenteesta ja sijoittelusta.

- **Veteen vapautuvien kemikaalipäästöjen vähentäminen**

Paras käytettävissä oleva tekniikka -lähestymistavan mukaisesti mahdollisten tekniikoiden käyttöä vesistöihin vapautuvien päästöjen vähentämiseksi tulisi harkita seuraavassa järjestyksessä:

1. valitaan jäähdytyslaitteisto, jonka päästöt pintavesiin ovat pienet
2. käytetään jäähdytyslaitteissa materiaalia, jonka korroosionkesto on hyvä
3. estetään ja vähennetään prosessiainesten vuotaminen jäähdytyspiiriin
4. käytetään vaihtoehtoisia (muuta kuin kemiallisia) jäähdytysveden käsittelyjä
5. valitaan jäähdytysveden lisäaineet ympäristövaikutuksien vähentämistä silmällä pitäen
6. optimoidaan jäähdytysveden lisäaineiden käyttö (valvonta ja annostelu).

Paras käytettävissä oleva tekniikka on vähentää jäähdytysveden tarvetta vähentämällä pieneliökasvustojen syntymistä ja syöpymistä oikean rakenteen avulla. Läpivirtausjärjestelmissä oikea rakenne on sellainen, jossa ei synny seisovan veden kohtia tai turbulenssia ja jossa veden virtausnopeus pysyy vähintään tietyssä minimiarvossa (0,8 m/s lämmönvaihtimissa ja 1,5 m/s lauhduttimissa).

Paras käytettävissä oleva tekniikka on valita erityisen syövyttävissä oloissa toimivien läpivirtausjärjestelmien materiaaleiksi titaania tai korkealuokkaista ruostumatonta terästä tai muita materiaaleja, joilla on vastaavat ominaisuudet, kun ympäristön pelkistävät olosuhteet rajoittavat titaanin käyttöä.

Kiertojärjestelmissä rakenteeseen liittyvien toimenpiteiden lisäksi paras käytettävissä oleva tekniikka on tutkia jäähdytysnesteen kierrossa tapahtuva väkevöityminen sekä prosessiaineen syövyttävyyden, minkä jälkeen on mahdollista valita materiaali, jonka korroosionkesto on asianmukainen.

Jäähdytystorneissa paras käytettävissä oleva tekniikka on käyttää sopivia täytekalvoja ja ottaa huomioon veden laatu (sen sisältämät kiinteät aineet), odotettavissa oleva pieneliökasvusto, lämpötilat ja kulutuskestävyys sekä valita rakennemateriaali, jota ei tarvitse suojata kemiallisesti.

Saksan kemianteollisuuden VCI-ohjelmalla pyritään minimoimaan vesistöihin kohdistuvat vaarat prosessiainevuotojen sattuessa. Ohjelma kytkee toisiinsa prosessiaineen ympäristövaikutukset ja tarvittavat jäähdytyslaitteistot sekä valvontavaatimukset. Vuotojen muodostaessa erityisen suuren vaaran ympäristölle ohjelman mukaisesti vähennetään aineiden syövyttävyyttä, käytetään epäsuoraa jäähdytystä sekä tehostetaan jäähdytysveden valvontaa.

- **Päästöjen vähentäminen optimoimalla jäähdytysveden käsittely**

Hapettavien biosidien käytön optimointi avoimissa läpivirtausjärjestelmissä perustuu aineiden annostelun ajoitukseen ja jaksotukseen. Parhaana käytettävissä olevana tekniikkana pidetään biosidien annostelua kohdistetusti samalla, kun seurataan kasvustoja synnyttävien eliöeläinten käyttäytymistä (esimerkiksi simpukoiden kidusläpän liikkeitä) sekä säätelemällä aikaa, jonka jäähdytysvesi on järjestelmässä. Järjestelmissä, joissa eri jäähdytysvesivirratt sekoittuvat ulostuloputkessa, paras käytettävissä oleva tekniikka on jaksotettu klooraus, jonka avulla voidaan edelleen vähentää vapaiden hapettimien määrää poistovedessä. Yleensä jaksotettu käsittely riittää estämään kasvustojen kehittymisen läpivirtausjärjestelmissä. Eliöeläinten ja veden lämpötilan mukaan (kun se ylittää 10–12 °C) saattaa jatkuva pienien torjunta-ainemäärien annostelu olla tarpeen.

Merivedelle parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukainen vapaiden hapettimien jäännösmäärä (FRO) poistovedessä edellä mainittuja toimintatapoja käytettäessä vaihtelee annostelutavan (jatkuva tai jaksotettu), annosten väkevyyden ja jäähdytysjärjestelmän laitteiston mukaan. Se vaihtelee välillä $\leq 0,1 \text{ mg/l} - 0,5 \text{ mg/l}$ 24 tunnin keskiarvon ollessa $0,2 \text{ mg/l}$.

Tärkeä tekijä ryhdyttäessä käyttämään parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaista veden käsittelyä erityisesti kiertojärjestelmissä on tehdä asiantietoon perustuvia päätöksiä siitä, mitä vedenkäsittelymenetelmää käytetään ja kuinka sitä tulisi ohjata ja valvoa. Tarkoituksenmukaisen käsittelymenetelmän valinta on monimutkainen asia, jossa on otettava huomioon monia paikallisia ja kyseistä laitosta koskevia seikkoja sekä suhteutettava ne itse käsittelyaineiden ominaisuuksiin ja niihin määriin ja yhdistelmiin, joihin niitä käytetään.

Jotta autettaisiin tekemään parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaisia päätöksiä paikallistasolla jäähdytysveden lisäaineista, referenssiasiakirjassa pyritään antamaan direktiivin 96/61/EY mukaisen IPPC-luvan myöntäville paikallisille viranomaisille perustiedot hakemuksien arviointia varten.

Biosidituotteiden markkinoille saattamisesta annetulla direktiivillä 98/8/EY säännellään biosidien saattamista Euroopan markkinoille ja käsitellään jäähdytysjärjestelmissä käytettäviä biosideja omana ryhmänään. Tietojenvaihdon perusteella joissain jäsenvaltioissa on käytössä erityisiä jäähdytysveden lisäaineiden arviointimenettelyjä.

Teollisuuden jäähdytysjärjestelmiä koskevan tietojenvaihdon osana käydyn keskustelun pohjalta syntyi kaksi jäähdytysvesien lisäaineita koskevaa ehdotusta, joita lupia myöntävät viranomaiset voivat käyttää lisäapuna:

1. Olemassa oleviin menetelmiin perustuva seulonta-arviointityökalu, jonka avulla voidaan suhteellisen yksinkertaisesti vertailla jäähdytysveden lisäaineita niiden mahdollisten vesistövaikutusten kannalta (vertailuarviointi eli benchmarking, liite VIII.1)
2. Laitoskohtainen arviointi, joka koskee vesistöön laskettujen biosidien odotettavissa olevia vaikutuksia ja jossa käytetään pääasiassa hyväksi direktiivin 98/8/EY tulemaa sekä metodiikkaa, jolla luodaan tulevan vesistöjen kehysdirektiivin ympäristölaatumormit (biosidien paikallinen arviointi, liite VIII.2)

Vertailuarviointia (benchmarking) voidaan pitää menetelmänä, jolla voidaan verrata useiden erilaisten jäähdytysveden lisäaineiden ympäristövaikutuksia, kun taas biosidien paikallinen arviointi antaa mittapuun parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaisen menettelytavan määrittämiseksi erityisesti biosidien osalta (PEC- ja PNEC-lukujen suhde on <1). (PEC eli Predicted Environmental Concentration on aineen ennustettu pitoisuus ympäristössä ja PNEC eli Predicted No Effect Concentration on toksisuustietojen perusteella ennustettu pitoisuus, joka ei aiheuta haitallisia vaikutuksia kohde-eliössä.) Paikallisia arviointimenetelmiä käytetään nykyään yleisesti teollisten päästöjen arvioinnissa.

- **Ilmaan vapautuvien päästöjen vähentäminen**

Jäähdytystornien käytön seurauksena ilmaan vapautuvien päästöjen vaikutusten vähentäminen on yhteydessä jäähdytysveden käsittelyyn sen pisaroiden pitoisuuksien vähentämiseksi. Kun pisaroiden ajautuminen ilmavirran mukana on tärkein kuljetusmekanismi, pisaranerotimien käyttäminen siten, että alle 0,01 % kiertävästä virtaamasta häviää pisaroina, on pidettävä parhaana käytettävissä olevana tekniikkana.

- **Melun vähentäminen**

Primaarinen toimenpide on käyttää käyntiääneltään hiljaisia laitteita. Näin saavutetaan jopa 5 dB(A):n alenema.

Sekundaarisilla toimenpiteillä saavutetaan koneellisten jäähdytystornien sisäänmeno- ja ulostuloaukoissa vähintään 15 dB(A):n lasku melutasossa. On muistettava, että meluntorjunta, erityisesti sekundaarisin toimenpitein, saattaa aiheuttaa painehäviöitä, joiden kumoaminen vaatii lisäenergiaa.

- **Vuotojen ja mikrobiologisten vaarojen vähentäminen**

Parhaat käytettävissä olevat tekniikat ovat seuraavat: vuotojen estäminen sopivalla rakenteella, laitoksen käyttäminen sen suunnittelun pohjana olevissa rajoissa sekä jäähdytysjärjestelmän säännöllinen tarkastaminen.

Erytisesti kemianteollisuudessa pidetään parhaana käytettävissä olevana tekniikkana Saksan kemianteollisuuden VCI-ohjelman mukaista turvallisuusajattelua, kuten edellä veteen vapautuvia päästöjä käsittelevässä kohdassa on mainittu.

Legionella pneumophila -bakteerien esiintymistä jäähdytysjärjestelmässä ei voida kokonaan estää. Parhaana käytettävissä olevana tekniikkana pidetään seuraavia toimia:

- vältetään sellaisten kohtien syntymistä, joissa virtaus pysähtyy, ja pidetään veden virtausnopeus riittävänä
- vähennetään pieneliö-, levä- ja ameebakasvustojen muodostumista ja kasvua
- puhdistetaan jäähdytystornin pohja säännöllisesti

-
- vähennetään työntekijöiden hengitysteitse tapahtuvaa altistumista antamalla heidän käyttöönsä kuulu- ja hengityssuojaimet heidän työskennellessään toimivassa yksikössä tai puhdistuksessaan tornia korkeapainepesulaitteella.

5. Uusien ja vanhojen järjestelmien ero

Kaikki tärkeimmät parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa koskevat päätelmät pätevät uusiin järjestelmiin. Teknisten muutosten osalta niiden soveltamisessa vanhoihin järjestelmiin saattaa olla rajoituksia. Pienten sarjavalmisteisten jäähdytystornien tekniikan muuttamista pidetään teknisesti ja taloudellisesti kannattavana. Suuriin järjestelmiin tehtävät tekniset muutokset ovat yleensä kalliita ja vaativat monimutkaista teknistä ja taloudellista arviointia, jossa otetaan huomioon monia tekijöitä. Joissain tapauksissa näihin suuriin järjestelmiin saattaa olla mahdollista tehdä pieniä muutoksia, kuten uusia laitteisto osittain. Perusteellisemmat tekniikan muutokset saattavat edellyttää niiden ympäristövaikutusten ja kustannusten perusteellista harkintaa ja arviointia.

Yleensä uusien ja vanhojen järjestelmien järjestelmille parhaat käytettävissä olevat tekniikat ovat samantapaisia siltä osin, kun ne koskevat ympäristövaikutusten vähentämistä parantamalla järjestelmien toimintaa. Tämä tarkoittaa:

- jäähdytysveden käsittelyn optimointia annostelemalla ja valitsemalla jäähdytysveden lisäaineet tarkoituksena vähentää ympäristövaikutuksia
- laitteiston säännöllistä huoltoa
- tiettyjen tekijöiden, kuten lämmönvaihtimen pintojen syöpymisnopeuden, jäähdytysveden kemiallisen tilan sekä kasvustojen ja vuotojen esiintymisen, seuraamista käytön aikana.

Esimerkkejä vanhojen jäähdytysjärjestelmien parhaista käytettävissä olevista tekniikoista ovat:

- sopivien täytekappaleiden käyttäminen kasvustojen muodostumisen torjumiseksi
- pyörivien laitteiden korvaaminen äänettömämmillä
- vuotojen ehkäiseminen valvomalla lämmönvaihtimien putkia
- eliöiden sivuvirtausuudatus
- korvausveden laadun parantaminen
- täsmäannostelu läpivirtausjärjestelmissä.

6. Päätelmät ja jatkotoimia koskevat suositukset

Tämä referenssiasiakirja on saanut paljon tukea tekniseltä työryhmältä. Parhaan käytettävissä olevan tekniikan arvioimista ja määrittelemistä teollisuuden jäähdytystä varten pidetään yleensä monimutkaisena ja pitkälle laitoksesta ja prosessista riippuvana asiana, johon liittyy monia teknisiä ja taloudellisia kysymyksiä. Referenssiasiakirjan yleisluonteisessa esipuheessa esitettyä jäähdytysjärjestelmien parhaan käytettävissä olevan tekniikan ajatusta sekä parhaan käytettävissä olevan tekniikan esittelyä luvussa 4 kannatetaan kuitenkin selvästi.

Tietojenvaihtoprosessi paljasti useita asioita, jotka edellyttävät tarvitaan lisätyötä, kun tätä referenssiasiakirjaa päivitetään. Jäähdytysveden käsittelyn paikallinen arviointi vaatii lisätutkimuksia sen osalta, kuinka kaikki oleelliset laitoskohtaiset tekijät ja kemialliset ominaisuudet voidaan ottaa huomioon samalla kuitenkin unohtamatta sitä, että selkeä ohjeistus ja käyttökelpoiset menettelytapaohjeet on laadittava. Muita lisätyötä vaativia tärkeitä aiheita ovat vaihtoehtoiset jäähdytysveden käsittelytekniikat, mikrobiologisten vaarojen minimointi sekä ilmaan vapautuvien päästöjen todellinen merkitys.