

# Vízminőség irányelv forrasztott lemezes hőcserélőkhöz

## 1. Összegzés

Ez az irányelvet a Comptech Kft. és a hocserelo.com állította össze tiszta vörösrézrel forrasztott, rozsdamentes acélból (1.4404, X2CrNiMo17-12-2, EN 10088-2:2005 szerint ~ AISI 316L) készült lemezes hőcserélőkben használt csapvíz vagy távfűtési víz minőségének előírása/ajánlása céljából.

Ezekben a forrasztott lemezes hőcserélőkben (PHEX) a vízáramlás alkalmazásról alkalmazásra sokat változik, és bizonyos helyzetekben a korrózió is probléma lehet. A jelen irányelv a szakirodalom átfogó tanulmányozásán és vörösréz forrasztású rozsdamentes acél PHEX hőcserélőkkel kapcsolatos sokéves tapasztalatainkon alapul.

Fontos kiemelni, hogy ez a vízminőségi ajánlás nem garancia a korrózióval szemben, azonban eszköznek kell tekinteni a legkritikusabb víz közegű alkalmazások elkerülésére. A 2-es táblázatban felsoroltuk a szekunder oldali vízre (csapvíz, ivóvíz) vonatkozó paramétereket és azok határait, illetve a 3-as táblázatban a primer oldali (hőellátás, távfűtési víz) adatokat. Ezek a határok csak tiszta vörösrézrel forrasztott, 1.4404 minőségű rozsdamentes acélból készült PHEX hőcserélőkre érvényesek.

## 2. Bevezetés

Ez az irányelvet a Comptech Kft. és a hocserelo.com készítette tiszta vörösrézrel forrasztott rozsdamentes acél hőcserélőkben (1.4404, X2CrNiMo17-12-2, EN 10088-2:2005 szerint ~ AISI 316L) használt csapvíz és távfűtési víz minőségének előírása/ajánlása céljából. Normál esetben a csapvíz (ivóvíz) a hőcserélő szekunder oldalán áramlik, illetve a fűtőközeg (pl. távfűtési víz) a primer oldalán.

A vízzel érintkező felületeknél két probléma jelentkezhet: vízkőképződés és korrózió. Jelentős szerepet játszanak a vízben oldott gázok és sók, azonban ezek mellett a komponens konstrukciója (pl. tervezés, használt anyagok, gyártási folyamatok) és az üzemeltetési körülmények (pl. hőmérséklet, áramlási körülmények, pangási idők) is befolyásolják a vízkőképződés és/vagy korrózió kockázatát.

Továbbá figyelembe kell venni, hogy a hőmérséklet növekedésével a kémiai reakciók (pl. a korrózió sebessége) sebessége is növekszik. A van't Hoff szabály szerint minden 10 °C-os hőmérsékletemelkedéssel a növekedés 2...3-szoros nagyságrendű.

Ismerve a víz kémiai összetételét és a fűtési rendszer üzemelési körülményeit, a vízkőképződés és a korrózió kockázata kiértékelhető. Ez alapján ajánlásokat lehet adni a vízkőképződés és/vagy korróziós problémák elkerülésére. A jelen vízminőségi előírásnak ez a célja.

### **3. Kötelezően betartandó rendelkezések ivóvíz közegre történő alkalmazás esetén:**

- a) A termékkel érintkező ivóvíz hőmérséklete a 30°C-ot, használati melegvíz hőmérséklete 80°C-ot nem haladhatja meg, továbbá nem eredményezhetik az emberi fogyasztásra (pl. ivás és főzés céljából) szánt víz minőségromlását.
- b) A termék tisztítása/fertőtlenítése során használt vegyszerek bejelentésére/ nyilvántartásba vételére vonatkozóan a 201/2001 (X.25.) Kormányrendeletben, illetve a 38/2003. (VII.7) ESzCsM-FVM-KvVM együttes rendeletben leírtak a mérvadóak.
- c) Felszerelés után a használatba vétel előtt javasolt a termék átöblítése. Az átöblítés során nyert vizet ivóvízként, illetve ételkészítési céllal felhasználni nem javasoljuk.

#### **4.1 Vízkőképződés**

Az ivóvíz (csapvíz) előállításához használt nyersvíz, a vízkitermelés geológiai tulajdonságaitól függően, többé-kevésbé nagy mennyiségű oldott gázokat és sókat tartalmaz.

Ezek a különbségek a végül előállított ivóvízben is különböző összetételt okoznak. A vízkőképződés szempontjából különösen meghatározó a karbonát keménység (= hidrogén-karbonát tartalom) és az összes keménység, tehát a kalcium és magnézium ionok összessége.

Ezek mellett más ionok, pl. szulfát, is hatással lehetnek.

Növekvő hőmérsékletek és/vagy széndioxid veszteség (pl. gázmentesítés) hatása alatt az említett vegyületekből vízkő (kazánkő, kalcium-karbonát,  $\text{CaCO}_3$ ) képződhet. További hőmérsékletnövekedés különféle sók, például gipsz ( $\text{CaSO}_4$ ), lerakódásához vezethet.

A komponensek eltömésére képes egyéb vegyületeknek számítanak a vas tartalmú lerakódások, például a „rozsdá”, tehát vas-oxidok és -hidroxidok, vagy a magnetit. Ezek képződhetnek magában a PHEX hőcserélőben, de máshonnan is besodródhatnak a teljes rendszer többi részeiben végbemenő korróziós folyamatok miatt.

#### **4.2 Korrózió**

A korróziót különféle mechanizmusok okozhatják, különféle korrózió típust eredményezve. Ezek némelyike üzemelés során létrejöhet a PHEX hőcserélőben. A legtöbb korróziós mechanizmust vegyi folyamat okozza, míg a víz vegyi összetétele különféle hatást gyakorol a különféle anyagokra.

Az említett tényezők mellett (anyag, üzemelési körülmények...) a fémek korróziójában jelentős szerepet játszik az oxigén. Továbbá a korrózió előfordulásában fontos paraméter a pH érték (sav koncentráció), savkapacitás (pufferkapacitás) és a sótartalom. Ezek ismerete döntő fontosságú a lehetséges korróziós kockázatok kiértékeléséhez.

A különféle korrózió típusok részletes magyarázata túlmenne a jelen anyag hatókörén, azonban az 1. táblázatban megadtuk a legfőbb típusokat.

## 1. Táblázat - Jellegzetes korrózió típusok vörösréz forrasztású rozsdamentes acéllemezés hőcserélőkben <sup>[12]</sup>

Korrózió típusa	Leírás
Általános korrózió	Ha egy PHEX hőcserélőben általános korrózió történik, akkor jellemző módon a vörösréz és nem a rozsdamentes acél korrodál. Ha a vörösréz forrasztás korrodál, akkor ez mechanikai szilárdságvesztést és a hőcserélőn belüli szivárgásokat eredményez.
Réskorrózió	Normál esetben a hőcserélő repedésektől mentes, azonban a lerakódások alatt repedések képződhetnek vízkő és egyéb lerakódások, valamint tökéletlen forrasztási csatlakozások következtében.
Galvanikus korrózió	Nagy elektromos vezetőképességű vízben lévő vörösréz és rozsdamentes acél közötti érintkezés elindíthatja az elektronegatívabb fém, jelen esetben a vörösréz, korróziós támadását.
Feszültségkorróziós repedés	Ha húzófeszültségek és nagy mennyiségű klór van jelen, akkor rozsdamentes acélban feszültségkorróziós repedés fordulhat elő. A hőmérséklet növekedése tovább növeli a feszültségkorróziós repedés valószínűségét. Ez gyakran 60 °C feletti hőmérsékleteken történik. <sup>[14]</sup>
Szemcseközi korrózió	Rozsdamentes acélban szemcseközi korrózió történhet a szemcsehatárokon képződő króm-karbid miatt, nem megfelelő hőkezelés során. Csökkentett krómtartalmú területek korrózió érzékenyvé válnak.
Folyékony fém okozta elridegedés	Ha a keményforrasztási folyamatot túl nagy hőmérsékleten végzik, akkor a réz a rozsdamentes acélba diffundálhat, és csökkenti a rozsdamentes acéllemezek szilárdságát.

## 5.1 Szekunder oldal

A PHEX hőcserélők általános korróziós stabilitását meghatározó paraméterek a következők: hőmérséklet, pH érték, karbonát keménység (lúgosság), összes keménység, valamint klorid, szulfát és nitrát koncentráció. A vezetőképességet gyakran az összes ion (só) tartalom összegző paramétereként használják.

Mivel csapvízben a vörösréznek általában kisebb a korróziós stabilitása, mint a 1.4404 minőségű rozsdamentes acélnak, ezeket a vízminőségre vonatkozó előírásokat főként a vörösréz korróziója határozza meg. Általában rozsdamentes acél korróziója csak nagy klorid koncentrációjú csapvízben és nagy hőmérsékleten fordulhat elő.

A legfontosabb víz paraméterek és azokra vonatkozó előírások ismertetése:

- **Hőmérséklet:** Általában a hőmérséklet emelkedése növeli a legtöbb fém korróziós sebességét. Vörösréz esetén a pontkorrózió valószínűsége 60°C feletti hőmérsékleteken nagyobb. Továbbá 60°C feletti hőmérsékleteken a rozsdamentes acél feszültségkorróziós repedésének kockázata növekszik, és a rozsdamentes acélban előforduló pontkorrózió, ill. réskorrózió is hőmérsékletfüggő (lásd a kloridra vonatkozó bekezdést). <sup>[1, 2, 14]</sup>
- **pH:** A vörösréz általános korróziója pH érték függő, és a korrózió kockázata a legalacsonyabb, ha pH értéket 7,5 felett és 9.0 alatt tartjuk. <sup>[1, 10, 12]</sup> Azonban normál csapvíznél 7 körüli pH értékre kell számítani, de pH 7 alatti értékű víz használatát ajánlott kerülni. A távfűtési rendszerek vize gyakran lúgos, akár pH 10 értékkel. <sup>[4, 5, 6, 8]</sup>
- **Lúgosság:** Ha a vízben található hidrogén-karbonát ( $\text{HCO}_3^-$ ) tartalom nagyon alacsony, tehát 60 mg/l alatti, a réz korróziós termékei feloldódhatnak, és a rendszerbe kerülhetnek. Valamint ajánlott, hogy ne lépjük túl 300 mg/l  $\text{HCO}_3^-$  koncentrációt. <sup>[1, 10, 12]</sup>
- **Vezetőképesség:** A csapvíz nagy vezetőképessége azt jelenti, hogy a víz az ionos anyagok nagy koncentrációját tartalmazza. Általában a csapvíz vezetőképességének növekedése növeli a legtöbb fém korróziós sebességét. Általában a maximum kívánatos vezetőképességi érték 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . <sup>[13]</sup>
- **Keménység:** Lágy vízben a vörösréz hajlamos a korrózióra, ezért a  $[\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}] / [\text{HCO}_3^-]$  aránynak (moláris mennyiségekben számolva) nagyobboknak kell lennie 0,5-nél. <sup>[9, 12]</sup>
- **Klorid:** A klorid jelenléte az ivóvízben növeli a rozsdamentes acél helyi korróziójának kockázatát. A határérték a hőmérséklettől függ a 2. és 3. táblázatoknak megfelelően. <sup>[14, 15]</sup>
- **Szulfát:** A szulfát nagy koncentrációi növelik a vörösréz pontkorróziójának kockázatát. A maximális ajánlott szulfát koncentráció 100 mg/l, azonban alacsonyabb koncentrációknál is történhet korrózió, ha a  $[\text{HCO}_3^-] / [\text{SO}_4^{2-}]$  (moláris mennyiségekben számolva) arány 1 alatt van. <sup>[1, 10]</sup>
- **Nitrát:** A nitrát ionok a szulfát ionokhoz hasonló hatással bírnak, és az ajánlott maximális nitrát koncentráció 100 mg/l <sup>[10, 13]</sup>
- **Klór:** Sok csapvizet rendszerbe bakteriológiai okokból klórt adagolnak. A klór erősen oxidáló hatású és csökkenti a rozsdamentes acél ellenállását a korrózióval szemben. Egy rozsdamentes acél beszállító, Outokumpu Oyj, vizsgálatai bizonyították, hogy a rozsdamentes acél korróziójának elkerülése érdekében a szabad aktív klór tartalmat 0,5 mg/l alatt kell tartani. <sup>[15]</sup>

Az alábbi táblázat összegzi a rézzel forrasztott lemezes hőcserélőkre vonatkozó előírásokat a szekunder, tehát az ivóvíz oldal számára.

## 2. Táblázat Ajánlott vízminőségi határok - PHEX hőcserélők szekunder oldali víz

Paraméter	Megjegyzések	Érték
Megjelenés		tiszta
Szag		nincs szag
Szennyezőanyag tartalom		lerakódásoktól/részecskéktől mentes
Olaj és zsír		< 1 mg/liter
pH		7 és 10 között
Elektromos vezetőképesség		2500 µS/cm
Karbonát keménység*)		1 mmol/liter < $K_{s\ 4.3}$ < 5 mmol/liter **)
Összes keménység ***)		$[Ca^{2+}, Mg^{2+}]/[HCO_3^-] > 0.5$
Klorid		
	T ≤ 20 °C	1000 mg/liter
	T ≤ 50 °C	400 mg/liter
	T ≤ 80 °C	200 mg/liter
	T > 100 °C	100 mg/liter
Szulfát		$[SO_4^{2-}] < 100$ mg/liter és $[HCO_3^-]/[SO_4^{2-}] > 1.5$
Nitrát		< 100 mg/liter
Nitrit		nem megengedett
Ammónium		< 2.0 mg/liter
Szabad klór		< 0.5 mg/liter
Összes vas		< 0.2 mg/liter
Mangán		< 0.05 mg/liter

\*) = hidrogén-karbonát tartalom, átmeneti keménység, (karbonát) lúgosság

\*\*)  $K_{s\ 4.3}$  = savkapacitás

\*\*\*) = kalcium és magnézium ionok összege

## 5.2 Primer oldal – távfűtési víz

A jelen ajánlás létrehozása céljából kiértékelt számos nemzeti irányelvben adnak távfűtési vízre vonatkozó vízminőségi ajánlásokat [4, 5, 6, 7, 8]. Ezen irányelvek mindegyike foglalkozik a távfűtési rendszerekben jelentkező korrózió és vízkőképződés megakadályozásának szempontjaival.

Az alábbi 3. táblázatban megadott határok ésszerű kompromisszumok a korrózió és vízkőképződés elkerülésére a lemezes hőcserélő primer oldalán. Ezek a határok nagymértékben azonosak a szekunder oldalon használt, csapvízre érvényes határokkal.

Távfűtési vízzel érintkező rozsdamentes acél korrózióval szembeni ellenállását befolyásoló legfontosabb paraméterek: klorid, hőmérséklet és oxigén tartalom. Az elfogadható klorid szint függ a maximális hőmérséklettől, amelynek a PHEX hőcserélő ki van téve.

A vörösréz korróziós kockázatának korlátozása céljából a legfontosabb paraméterek: gyakorlatilag oxigénmentes (0,1 mg/liter alatti) és lúgos (pH 10 alatti) környezet, illetve a víz ammónia, ill. szulfid tartalmának minimum határok alatti tartása (lásd 3. táblázat).

Távfűtési vízként gyakran lágyított vagy pH 9-9.5 értékre beállított sómentesített vizet használnak. Az oxigéntartalmat eltávolítják, vagy vegyileg megkötik. Különös gonddal kell eljárni bizonyos pH érték beállításához és/vagy oxigén lekötéshez használt vegyi anyagok esetén.

A vörösréz (és sárgarézt) korróziójának veszélye miatt el kell kerülni az ammónia pH kondicionálóként használatát. Helyette használjunk nátrium-hidroxidot (NaOH) vagy tri-nátrium-foszfátot ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) a víz pH értékének növelésére.

A nátrium-szulfit ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) széles körben használatos oxigén lekötőként, azonban használatát el kell kerülni vörösréz és rozsdamentes acélt tartalmazó rendszerekben. Az oxigénlekötő folyamat következtében a szulfit szulfáttá alakul. Bizonyos baktérium felhasználhatja a szulfátot és szulfáttá redukálja azt, így korrodáló környezetet teremt a vörösréznek és rozsdamentes acélnek. Helyette használjunk szerves oxigén kötőanyagokat, például csersavat.

Általában a vízben található megnövekedett szulfid koncentrációk baktériumszennyeződést jelezhetnek a távfűtési rendszerben. Ezért a vízben lévő szulfidot ajánlott minimális értéken tartani.

Néha más oxigén megkötőket adnak a vízhez. Ilyennek például a C-vitamin és a Metil-etil-ketoxim (MEKO). A rendszerben folyó baktériumképződés szabályozására biocidok is adhatók a vízhez. Néha felületaktív anyagokat (tenzidek) adnak a vízhez a rendszerben fellépő súrlódás csökkentésére.

### 3. Táblázat Távfűtési vízhez ajánlott vízminőségi határok a primer oldalon

Paraméter	Megjegyzések	Érték
Megjelenés		tiszta
Szag		nincs szag
Szennyezőanyag tartalom		lerakódásoktól/részecskéktől mentes
Olaj és zsír		< 1 mg/liter
pH - 25°C-on		7 ... 10
Maradék vízkeménység		$[Ca^{2+}, Mg^{2+}]/[HCO_3^-] > 0.5$ , < 0.5 mmol/liter (2.8 °dH)
Vezetőképesség 20°C-on		2500 µS/cm
Oxigén		<0.1 mg/liter (lehető legkisebb mennyiség)
Klorid		
	T ≤ 20 °C	1000 mg/liter
	T ≤ 50 °C	400 mg/liter
	T ≤ 80 °C	200 mg/liter
	T > 100 °C	100 mg/liter
Szulfát		$[SO_4^{2-}] < 100$ mg/liter és $[HCO_3^-]/[SO_4^{2-}] > 1.5$
Szulfit	pl. használjon oxigén megkötő anyagot	< 10 mg/liter
Szulfid		< 0.02 mg/liter
Nitrát		< 100 mg/liter
Ammónium		< 2.0 mg/liter
Összes szerves szén		< 30 mg/liter

#### 6.1 Keménység, vízkőképződés és szavatosság

A vízben lévő vegyi anyagok kicsapódása (vízkőképződés) és a szennyeződések lerakódása csökkenti a hőcserélők hőátadó képességét. A vízkőképződést általában a kalcium és magnézium sók jelenléte okozza.

Az összes keménység elsősorban a vízben található kalcium ( $Ca^{++}$ ) és magnézium ( $Mg^{++}$ ) ionok összege. Ezt általában milligramm per literben (mg/liter) vagy a kalcium-karbonát ( $CaCO_3$ ) részecske per millió vízmolekula (ppm) mértékben vagy német keménységi fokban (°dH) fejezzük ki. Egy német keménységi fok (°dH) 17,8 ppm  $CaCO_3$  értékkel egyenértékű.

2004 óta az Európai Közösségben a víz keménységet a *mosó- és tisztítószerekről szóló 648/2004/EK rendeletnek* <sup>[16]</sup> megfelelően osztályozzuk (lásd az alábbi táblázatot).

#### 4. Táblázat Vízkeménység osztályok a mosó- és tisztítószerokről szóló 648/2004/EK rendeletnek megfelelően

Keménységi osztály	Kalcium-karbonát [mmol/liter] <sup>1)</sup>	Kalcium-karbonát [mg/liter] <sup>2)</sup>	°dH <sup>2)</sup>
lágy	kevesebb, mint 1,5	kevesebb, mint 150	kevesebb, mint 8,4 °dH
közepes	1,5 ... 2,5	150 ... 250	8,4 ... 14 °dH
kemény	több, mint 2.5	több, mint 250	több, mint 14 °dH

<sup>1)</sup> Az 1971-es *Nemzetközi Mértékegység Rendszer* szerint az alkáli földfémek sóinak összegét mmol/literben adjuk meg.

<sup>2)</sup> A mg/literben és német keménységben (°dH) megadott értékek csak tájékoztató jellegűek.

Nagy keménységű víz hevítése vízkő kiválást ( $\text{CaCO}_3$ ) okoz, amely réteggént jelenik meg a lemezfelületeken. 55°C fölé való hevítés kiterjedt vízkő kicsapódást okozhat. Lemezes hőcserélőkben ez csökkenti a hőátadó képességet.

Ezért fontos olyan méretű hőcserélőket választani, melyek lehető legnagyobb áramlási sebességet biztosítanak. Ez segít csökkenteni a vízkőképződést.

A lemezfelületekre a szennyezőanyag tartalom is lerakódhat.

A szennyeződések és vízkő eltávolítható a hőcserélő átöblítésével, amely a lerakódások összetételétől függő különféle típusú vegyszerekkel végezhető. A hőcserélők tisztításához bevált technológiával és tapasztalattal rendelkező beszállítók használatát ajánljuk.

Az ilyen átöblítés el tudja távolítani a lerakódásokat, és növelni tudja a hőátadó képességet, azonban a hőcserélő élettartamának csökkenését is okozhatja.

***Nem vállalunk garanciális felelősséget olyan hőcserélőkre, melyek:***

- vízkő kicsapódás és lerakódások okozta csökkentett kapacitással rendelkeznek***
- vízkő és lerakódások eltávolítása céljából végzett átöblítés után külsőleg és belsőleg szivárognak***
- víz okozta korrózió következtében külsőleg és belsőleg szivárognak, amennyiben a jelen irányelvben szereplő vízminőségi ajánlásokat nem tartották be.***



### 3 Referencia anyagok

- [1] EN 12502-2:2004. Fémes anyagok korrózióval szembeni védelme – Útmutató korrózió valószínűségének felméréséhez vízelosztó és víztároló rendszerekben – 2. Rész: Befolyásoló tényezők vörösrézhez és rézötvözetekhez
- [2] EN 12502-4:2004. Fémes anyagok korrózióval szembeni védelme – Útmutató korrózió valószínűségének felméréséhez vízelosztó és víztároló rendszerekben – 4. Rész: Befolyásoló tényezők rozsdamentes acélokhoz
- [3] EN 14868:08-2005 Fémes anyagok korrózióval szembeni védelme – Útmutató korrózió valószínűségének felméréséhez zárt víz keringtető rendszerekben.
- [4] VDI 2035-2:08-2009 Károsodás megakadályozása vízhevíto berendezésekben, 2. Rész: Víz oldali korrózió.
- [5] AGFW-Arbeitsblatt FW 510:06-2011 Ipari és távfűtési rendszerekben használt cirkulációs vízre vonatkozó követelmények, és ajánlások üzemeléshez.
- [6] ÖNORM H 5195-1:12-2010 Fűtőközeg épületfűto berendezéshez, 1. Rész: Korrózió és vízkőképződés megakadályozása zárt forró vizes fűto rendszerekben.
- [7] SWKI BT 102-01:04-2012, Richtlinie “Wasserbeschaffenheit für Gebäudetechnik-Anlagen“ Ed.: Schweizerischer Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren, [www.swki.ch](http://www.swki.ch)
- [8] DFF-guideline “Vandbehandling og korrosionsforebyggelse i fjernvarmesystemer”. DFF Danske Fjernvarmeværkers Forening, 1999.
- [9] Mattsson, E., 1988. Pontkorrózió megakadályozása vörösréz csövekben, bikarbonát adagolással. Werkstoffe und Korrosion **39**,499-503
- [10] Mattsson, E., 1990. Tappvattensystem av kopparmaterial. Korrosionsinstitutet, ISBN 91-7332-558-9.
- [11] Anonymus, 2004. Fachthema Gelötete Plattenwärmeüberträger. Euroheat & Power **33**, 3, 96-104
- [12] Nilsson, K., Klint, D., Johansson, M., 2007. Vörösrézzel forrasztott rozsdamentes acéllemezekből álló kompakt hőcserélők korróziós szempontjai víz közegű alkalmazásokban”, 14. Skandináv Korróziós Kongresszus, Kopenhága, Dánia.
- [13] Pajonk, G., undated. “Korrosionsschäden an gelöteten Plattenwärmetauschern”, Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen, Dortmund. [http://www.vau-thermotech.de/mediapool/40/409506/data/Korrosionsschaeden\\_an\\_geloeteten\\_Plattenwaermetauschern.pdf](http://www.vau-thermotech.de/mediapool/40/409506/data/Korrosionsschaeden_an_geloeteten_Plattenwaermetauschern.pdf)
- [14] Outukumpu Korrózió – kézikönyv rozsdamentes acélokhoz”, 10. kiadás, 2009
- [15] Mameng, S., Pettersson, R., 2011. “Rozsdamentes acélok helyi korróziója klórozott vízben lévő klór koncentrációtól függően”. Outukumpu acom 2011 március.
- [16] Az Európai Parlament és Tanács 648/2004/EK számú, 2004 március 31-i rendelete mosó- és tisztítószerekről