

# क्लोरीनयुक्त पेयजल में ट्रायहैलोमिथेन की उपस्थिति पर अध्ययन

बी.के. सिंह, रीता कोरी, नीरज वर्मा, निशा उपाध्याय

अनुसंधान केन्द्र, म.प्र. प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड, ई-5, अरेरा कॉलोनी, भोपाल

## सारांश

जल जनित रोगों की रोकथाम में क्लोरीन एक महत्वपूर्ण विसंक्रामक के रूप में अपयोग में लाया जाता है। पेय जल के शुद्धिकरण हेतु क्लोरीन का उपयोग भारत में लंबे समय से किया जा रहा है। क्लोरीन जल में उपस्थित कार्बनिक यौगिक (फ्लविक एवं ह्यूमिक एसिड) से क्रिया कर विसंक्रामक उत्पाद का निर्माण करती है जो ट्रायहैलोमिथेन होते हैं जिनमें प्रमुखतः क्लोरोफार्म, डाइक्लोरोब्रोमीमीथेन, डाइब्रोमोक्लोरोमीथेन एवं ब्रोमोफार्म है। समय-समय पर किये गये वैज्ञानिक अध्ययन यह दर्शाते हैं कि ट्रायहैलोमिथेन का मानव स्वास्थ्य पर विपरीत असर होता है। कुछ विष विज्ञान अध्ययन इसे कैंसर कारक की श्रेणी में भी रखते हैं। अतः विश्व स्वास्थ्य संगठन द्वारा (क्लोरोफार्म-200 माइक्रोग्राम/ली., डाइक्लोरोब्रोमीमीथेन 60 माइक्रोग्राम/ लि., डाइब्रोमोक्लोरोमीथेन-100 माइक्रोग्राम/लि. एवं ब्रोमोफार्म-100 माइक्रोग्राम/लि.) एवं पर्यावरण नियंत्रण एजेंसी द्वारा (टोटल ट्रायहैलोमिथेन-100 माइक्रोग्राम/लि.) ट्रायहैलोमिथेन की पेयजल में सीमा निर्धारित की है।

म.प्र. प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड द्वारा पेयजल स्रोतों में ट्रायहैलोमिथेन की उपस्थिति की जांच हेतु विधि विकसित की गई है। वर्ष 2006 में इन्दौर शहर में प्रदायित पेयजल में ट्रायहैलोमिथेन की उपस्थिति पर अध्ययन किया गया। इस हेतु अपरिष्कृत, उपचारित एवं प्रदायित पेयजल में ट्रायहैलोमिथेन की उपस्थिति का आंकलन किया गया। पेयजल में ट्रायहैलोमिथेन की उपस्थिति विश्व स्वास्थ्य संगठन एवं ई.पी.ए. द्वारा निर्धारित मापदण्डों के अनुरूप पाई गई।

## 1.0 प्रस्तावना

जल जनित रोगों की रोकथाम में क्लोरीन एक महत्वपूर्ण विसंक्रामक के रूप में अपयोग में लाया जाता है। पेयजल के शुद्धिकरण हेतु क्लोरीन का उपयोग भारत में पूर्व से किया जा रहा है। जल शुद्धिकरण की इस तकनीक के परिणाम स्वरूप भारत में जल जनित रोगों जैसे टायफाइड, हैजा, पेचिश आदि रोगों की काफी हद तक रोकथाम हो सकी है। किन्तु दूसरी ओर क्लोरीनेशन तकनीक कई उप उत्पाद बनते हैं जो कि स्वास्थ्य की दृष्टि से हानिकारक हो सकते हैं।

क्लोरीन जल में उपस्थित कार्बनिक यौगिक (फ्लविक एवं ह्यूमिक एसिड) से क्रिया कर विसंक्रामक उत्पाद का निर्माण करती है जो ट्रायहैलोमिथेन होते हैं जिनमें प्रमुखतः क्लोरोफार्म,

डाइक्लोरोब्रोमोमीथेन, डाइब्रोमोक्लोरोमीथेन एवं ब्रोमोफार्म है। समय-समय पर किये गये वैज्ञानिक अध्ययन यह दर्शाते हैं कि ट्रायहेलोमिथेन का मानव स्वास्थ्य पर विपरीत असर होता है। वैज्ञानिक अध्ययन कैंसर रोग के बढ़ते प्रतिशत का एक कारण टोटल ट्रायहेलोमिथेन को भी मानते हैं। कैंसर के अतिरिक्त ट्रायहेलोमिथेन हृदय, फेफड़ों, लीवर, किडनी एवं सेंट्रल नर्वस सिस्टम पर भी विपरीत असर डालते हैं। कुछ अन्य अध्ययन यह दर्शाते हैं कि ट्रायहेलोमिथेन का असर प्रजनन क्षमता पर पड़ता है, इससे गर्भपात होना भी पाया गया है। केलोफोर्निया द्वारा किये गये अध्ययन के अनुसार गर्भपात दर 15.7 प्रतिशत है यदि कोई महिला 5 या अधिक गिलास पानी जिसमें टोटल ट्रायहेलोमिथेन की मात्रा 75 पी.पी.बी. से अधिक हो तो इन्हीं अध्ययन के नतीजों के परिपेक्ष्य में कुछ विष विज्ञान अध्ययन इसे कैंसर कारक की श्रेणी में भी रखते हैं। विश्व स्वास्थ्य संगठन द्वारा (क्लोरोफार्म-200 माइक्रोग्राम/ली., डाइक्लोरोब्रोमोमीथेन 60 माइक्रोग्राम/लि., डाइब्रोमोक्लोरोमीथेन-100 माइक्रोग्राम/ लि. एवं ब्रोमोफार्म-100 माइक्रोग्राम/लि.) एवं पर्यावरण नियंत्रण एजेंसी द्वारा (टोटल ट्रायहेलोमिथेन-100 माइक्रोग्राम/लि.) ट्रायहेलोमिथेन की पेयजल में सीमा निर्धारित की है।

डाइब्रोमोक्लोरोमिथेन सभी ट्रायहेलोमिथेन में सबसे ज्यादा कैंसर रोग का कारक है, उसके बाद क्रमशः ब्रोमोफार्म, क्लोरोफार्म एवं डाइक्लोरोब्रोमोमिथेन आते हैं। म.प्र. प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड द्वारा भोपाल एवं मंडीदीप पेयजल स्रोतों के अध्ययन क्लोरिनयुक्त प्रदायित जल में ट्रायहेलोमिथेन की उपस्थिति दर्शाते हैं। हालांकि स्वास्थ्य की दृष्टि से टोटल ट्रायहेलोमिथेन जल जनित रोगों की तुलना में कम हानिकारक है। किन्तु जल गुणवत्ता की दृष्टि से भारत के जल प्रदाय क्षेत्र में यह एक महत्वपूर्ण कारण है।

#### सारणी-1

विसंक्रामक उत्पाद	उप	विश्व स्वास्थ्य संगठन माइक्रोग्राम/लि.	यू.एस.ई.पी.ए. माइक्रोग्राम/लि.	केनेडा माइक्रोग्राम/लि.	भारतीय मानक माइक्रोग्राम/लि.
क्लोरोफार्म		200	-	-	-
डाइक्लोरोब्रोमोमिथेन		60	-	-	-
डाइब्रोमोक्लोरोमिथेन		100	-	-	-
ब्रोमोफार्म		100	-	-	-
टोटल ट्रायहेलोमिथेन		-	100	100	-

## 2.0 प्रायोगिक विधि:

### 2.1 अध्ययन क्षेत्र

म.प्र. स्थित इन्दौर शहर में जल प्रदाय के दो निम्न स्रोत हैं-

- नर्मदा नदी
- यशवंत सागर झील

इन्दौर शहर में नर्मदा नदी से लाये जाने वाले पेयजल के लिए शुद्धिकरण संयंत्र ओंकारेश्वर में स्थित है जहां पर जल शुद्धिकरण के पश्चात इन्दौर शहर को प्रदाय किया जाता है तथा यशवंत सागर से प्रदाय पेयजल का शुद्धिकरण संयंत्र इन्दौर शहर से लगभग 30 किमी. पर स्थित है।

## 2.2 नमूना संग्रहण

ट्रायहेलोमिथेन एवं अधिशोषित कार्बनिक हैलोजन के परीक्षण हेतु जल नमूनों का एकत्रीकरण निर्धारित मानक विधि द्वारा किया गया। जल नमूनों को एकत्रीकरण त्रैमासिक आधार पर वर्ष 2006-07 के दौरान किया गया।

प्रत्येक जल प्रदाय सिस्टम के निम्नानुसार नमूने एकत्र किये गये-

- 1- उपचार से पूर्व (रॉ वाटर)
- 2- क्लोरिनेशन के पश्चात (ट्रीटिड वाटर)
- 3- उपयोग स्तर पर यूजर इंड वाटर)

पूर्ण रूप से स्वच्छ कांच की बोतल में नमूना एकत्र कर उसे एल्युमिनियम चादर से ढका गया, जिससे जल नमूने को सूर्य प्रकाश व सीधे संपर्क से बचाया जा सकें।

तत्पश्चात जल नमूने को 4<sup>0</sup> से.ग्रे. पर संरक्षित किया गया एवं जितनी जल्दी हो सका (1 या 2 दिन) जल नमूने को अधिग्रहित कर लिया गया।

## 2.3 विश्लेषण

विश्लेषण प्रचालकों का विश्लेषण निम्न विधियों द्वारा किया गया:

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| - भौतिक रासायनिक प्रचालक   | स्टैण्डर्ड मैथोड्स फॉर एग्जामिनेशन ऑफ वाटर एंड वेस्ट वाटर 18 एडीशन 1992                     |
| - ट्रायहेलोमिथेन           | स्टैण्डर्ड मैथोड्स फॉर एग्जामिनेशन ऑफ वाटर एंड वेस्ट वाटर 18 एडीशन 1992 ई.पी. एवं नीरी विधि |
| - अधिशोषित कार्बनिक हेलोजन | उपकरण मेन्चुअल के अनुसार  |

## 2.4 उपकरण

- 1- कुल ट्रायहेलोमिथेन का विश्लेषण परकिन एलमर क्लारस 500 गैस क्रोमेटोग्राफ पर इलैक्ट्रान केचर डिटेक्टर के द्वारा किया गया।



## प्रायोगिक कंडीशन

उपकरण	:	परकिन एल्मर क्लारस 500
डिटेक्टर	:	इलैक्ट्रान केप्चर
केरियर गैस एवं फ्लोरेट	:	नाइट्रोजन (99.997 प्रतिशत शुद्धता) 1 मि.ली./मिनट
विभक्ति अनुपात	:	1:50

- 2- अधिशोषित कार्बनिक हेलोजन का विश्लेषण मल्टीएक्स-2000 ए.ओ.एक्स. एनालायजर द्वारा किया गया।

सारणी - 2 : ट्राय हेलोमिथेन के अवरोधन समय

ट्रायहेलोमिथेन	अवरोधन समय (मिनट)
क्लोरोफार्म	6.52
डाइक्लोरोब्रोमोमिथेन	12.59
डाइब्रोमोक्लोरोमिथेन	16.47
ब्रोमोफार्म	19.22

### 3.0 प्रेक्षण एवं विवेचन

अध्ययन के दौरान प्राप्त विभिन्न परिणाम सारणी-3 एवं आरेख क्र. 1-5 में प्रदर्शित किये गये हैं। नर्मदा नदी, महेश्वर एवं यशवंत सागर से इन्दौर में प्रदाय पेयजल का अध्ययन काल के दौरान अनुपचारित, उपचारित एवं प्रदाय स्रोत के जल नमूनों में ट्राय हेलोमिथेन एवं अधिशोषित कार्बनिक हेलोजन (ए.ओ.एक्स) का विश्लेषण किया गया। उक्त दोनों ही जल स्रोत उदासीन से क्षारीय प्रकृति के पाये गये। ट्रायहेलोमिथेन की उपस्थिति अनुपचारित जल में नगण्य पायी गई किन्तु ए.ओ.एक्स की उपस्थिति अधिक मात्रा में पायी गई, जिसका कारण संभवतः जल स्रोत का घरेलू दूषित जल के मिलने के कारण प्रदूषित होना है। यशवंत सागर में ए.ओ.एक्स. की मात्रा नर्मदा नदी की अपेक्षा अधिक परिलक्षित हुई।

उपचारित जल में ट्रायहेलोमिथेन नगण्य एवं ए.ओ.एक्स. की मात्रा 52 से 328 तक पाई गई। प्रदाय स्रोत में ट्रायहेलोमिथेन की उपस्थिति पाई गई, किन्तु ए.ओ.एक्स. में उपचारित एवं अनुपचारित जल की तुलना में कमी पाई गई।

विश्व विज्ञान अध्ययन (हार्टमान एवं मेलेविली, 1997) के अनुसार 100 माइक्रोग्राम/ली. से कम स्तर पर उच्च विषाक्तता का खतरा नहीं होता है, किन्तु दीर्घकालिक प्रभाव विशेषतः क्लोरोफार्म की उपस्थिति में कैंसर कारक होना संभावित है।

नर्मदा नदी एवं यशवंत सागर के अनुपचारित एवं उपचारित जल में ट्रायहेलोमिथेन नगण्य पाये गये। यशवंत सागर द्वारा प्रदायित बिन्दुओं पर ट्रायहेलोमिथेन की उपस्थिति दर्ज की गई किन्तु नर्मदा नदी प्रदाय स्रोत पर ट्रायहेलोमिथेन अनुपस्थित पाये गये। अध्ययन अवधि के दौरान किये गये परीक्षण दर्शाते हैं

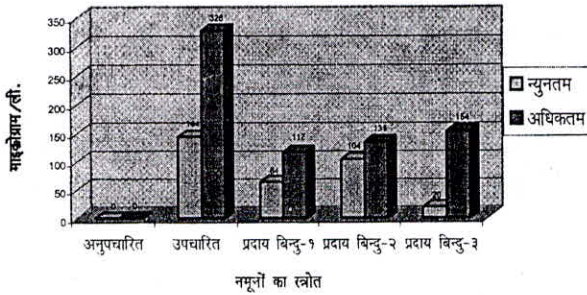
कि क्लोरोफार्म की मात्रा अन्य ट्रायहेलोमिथेन से अधिक पाई गई। क्लोरोफार्म की मात्रा नगण्य से 113 माइक्रोग्राम/ली. क्लोरोडाइब्रोमोमिथेन नगण्य से 0.88 माइक्रोग्राम/ली. ब्रोमोडाइक्लोरोमिथेन नगण्य से 0.68 एवं माइक्रोग्राम/ली. ब्रोमोफार्म नगण्य से 0.35 पाये गये।

सारणी-3 यशवंत सागर झील में अधिशोषित कार्बनिक हैलोजन एवं ट्रायहेलोमिथेन की सान्द्रता

	अनुपचारित		उपचारित		प्रदाय बिन्दु 1		प्रदाय बिन्दु 2		प्रदाय बिन्दु 3	
	न्यूनतम	अधिकतम	न्यूनतम	अधिकतम	न्यूनतम	अधिकतम	न्यूनतम	अधिकतम	न्यूनतम	अधिकतम
ए.ओ.एक्स	नगण्य	नगण्य	144	328	64	117	104	135	20	154
क्लोरोफार्म	नगण्य	नगण्य	नगण्य	नगण्य	नगण्य	5.67	1.4	113	नगण्य	0.18
डाइक्लोरो ब्रामोमिथेन	नगण्य	नगण्य	नगण्य	नगण्य	0.04	0.45	नगण्य	0.23	0.01	0.68
डाइब्रोमोक्लोरो मिथेन	नगण्य	नगण्य	नगण्य	नगण्य	नगण्य	0.23	नगण्य	0.14	नगण्य	0.88
ब्रोमोफार्म	नगण्य	नगण्य	नगण्य	नगण्य	नगण्य	नगण्य	नगण्य	नगण्य	नगण्य	0.35

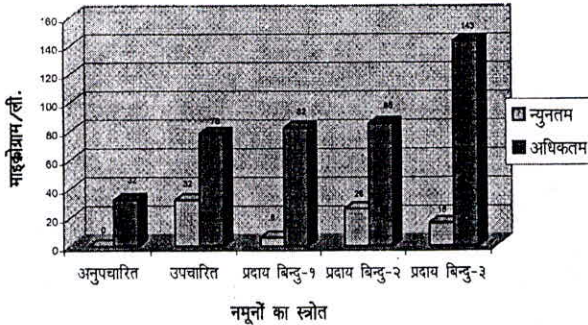
आरेख क्र.-1

यशवंत सागर झील में अधिशोषित कार्बनिक हैलोजन की सान्द्रता



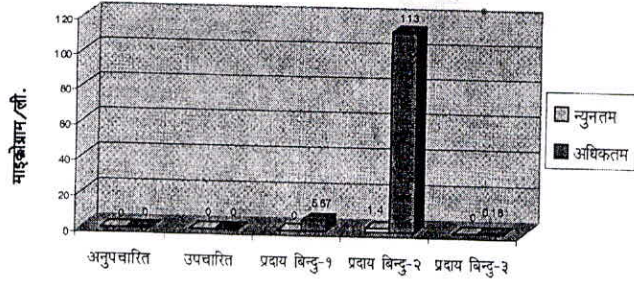
आरेख क्र.-2

नर्मदा नदी में अधिशोषित कार्बनिक हैलोजन की सान्द्रता



आरेख क्र.-३

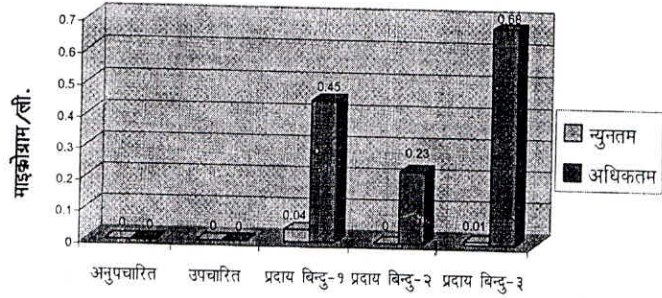
यशवंत सागर झील के जल में क्लोरोफार्म की सान्द्रता



नमूनों का स्रोत

आरेख क्र.-४

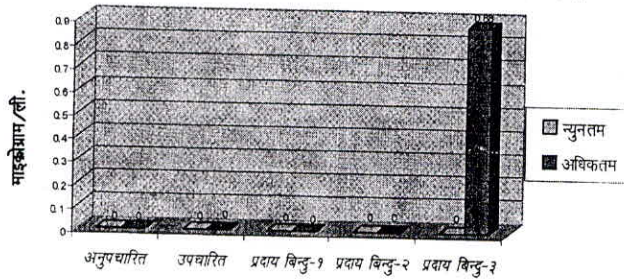
यशवंत सागर झील के जल में ब्रोमोडायक्लोरोमिथेन की सान्द्रता



नमूनों का स्रोत

आरेख क्र.-५

यशवंत सागर झील के जल में डायब्रोमोक्लोरोमिथेन की सान्द्रता



नमूनों का स्रोत



## 4.0 निष्कर्ष

ट्रायहेलोमिथेन के संदर्भ में किये गये अध्ययन से यह स्पष्ट है कि ट्रायहेलोमिथेन की उपस्थिति प्रदाय बिन्दु पर ही मुख्य रूप से दर्ज हुई। प्रदाय बिन्दु पर ट्रायहेलोमिथेन की उपस्थिति यह दर्शाती है कि ट्रायहेलोमिथेन का नर्माण जल को क्लोरीन द्वारा उपचारित करने के पश्चात ही होता है। वर्तमान में किये गये अध्ययन के दौरान उपचार के विभिन्न स्तर पर ट्रायहेलोमिथेन की मात्रा नगण्य से 113 माइक्रोग्राम/ली. पाई गई। किन्तु नर्मदा नदी पर बने जल शोधन यंत्र द्वारा प्रदायित जल में ट्रायहेलोमिथेन की मात्रा नहीं के बराबर दर्ज हुई, संभवतः इसका कारण नर्मदा नदी का तेज बहाव है जो कि जलीय पदार्थ एवं कार्बनिक प्रदूषकों के एक स्थान पर संग्रहण में बाधक होता है। वर्तमान अध्ययन में विभिन्न ट्रायहेलोमिथेन की मात्रा निम्नानुसार बढ़ते क्रम में पाई गई।

क्लोराफार्म > डाईक्लोरोडाइब्रोमोमिथेन > ब्रामोडाइक्लोरोमिथेन > ब्रोमोफार्म

जलीय पर्यावरण में उपस्थित शैवाल की बढ़ोत्तरी एवं क्लोरिन ट्रायहेलोमिथेन की मात्रा वृद्धि के कारक होते हैं। यद्यपि जल का तापक्रम एवं पी.एच. भी ट्रायहेलोमिथेन निर्माण की प्रक्रिया पर प्रभाव डालते हैं। ट्रायहेलोमिथेन की मात्रा यू.एस.ई.पी.ए. द्वारा निर्धारित मानकों के अनुरूप पाई गई किन्तु क्लोरीन द्वारा उपचारित जल में ट्रायहेलोमिथेन की मॉनिटरिंग का कार्य सतत् रूप से किया जाना चाहिए, जिससे कि असामान्य स्थिति परिलक्षित होने पर इसके निराकरण हेतु ठोस कदम उठाये जा सकें।

## 5.0 संदर्भ

1. रूक जे.जे. 1994, फारमेशन ऑफ हेलोफॉर्मस ड्यूरिंग क्लोरिनेशन ऑफ नेचुरल वाटरर्स, जे. सॉक वाटर ट्रीट एग्जॉम 23, 234-243
2. ठक्कर एन. 1987, केन क्लोरिनेशन कॉज द फॉरमेशन ऑफ ट्रायहेलोमिथेन्स इन इक्वेटिक सिस्टम, जनरल ऑफ आई.डब्ल्यू.डब्ल्यू.ए. वॉल्यूम एक्स.आई.एक्स. नं. 1, 9-15.
3. ठक्कर एन. एवं एम.व्ही. वैद्य 1993, अरबन वाटर क्वालिटी, कन्ट्रोल ऑफ ट्रायहेलोमिथेन्स फारमेशन पोटेन्शियल एंड कॉन्सनट्रेशन, जनरल ऑफ आई.डब्ल्यू.डब्ल्यू.ए., जनवरी-मार्च 1993, 115-121
4. वर्ल्ड हैल्थ ऑर्गेनाइजेशन गाईडलाईंस फॉर ड्रिंकिंग वाटर क्वालिटी, सैकेण्ड एडीशन, वाल्यूम-1, रिक्वैजिटेशन, पी.पी. 100-101, वर्ल्ड हैल्थ ऑर्गेनाइजेशन, जिनेवा 1993
5. सत्यनारायण, एम. एवं एम.सी. शेखर 1996, ऑक्युरेंस एंड कन्ट्रोल ऑफ ट्रायहेलोमिथेन इन ड्रिंकिंग वाटर सप्लाईज, आई.जे.इ.पी., 16 (6), 423-426
6. नेशनल हैल्थ एण्ड मैडिकल रिसर्च काउंसिल एंड एग्रीकल्चर एंड रिसोर्स मैनेजमेंट काउंसिल ऑफ आस्ट्रेलिया एंड न्यूजीलैंड, आस्ट्रेलियन ड्रिंकिंग वाटर गाईडलाइन्स 1996, आस्ट्रेलियन गवर्नमेंट पब्लिसिंग सर्विस, केनबरा 1996.
7. के.सी., टी.जे. 1997, आसपेक्टस ऑफ ट्रायहेलोमिथेन इन ड्रिंकिंग वाटर, जनरल डब्ल्यू.एस.आर.टी.-ए.क्यू.डब्ल्यू.ए., वॉल्यूम-46, नं. 1, फरवरी 1997, 31
8. इन्टरनेशनल प्रोग्राम फॉर कैमिकल सेफ्टी (आई.पी.सी.एस.) डिसिनफेक्टेड एंड डिसिनफेक्टेड वॉय प्रोजेक्ट, जिनेवा: वर्ल्ड हैल्थ ऑर्गेनाइजेशन, 2000. एनवायरमेंटल हैल्थ क्राईटेरिया 216.
9. एच.सी.एच.यू. एंड एम.जे. न्युवेनेहुइजेन, आक्युपेशनल एंड एनवायरमेंटल मेडिसिन 2002, 59, 243-247

10. हैदर, डब्ल्यू.ईटल-2003, डिस्क्रिप्शन ऑफ ट्रायहैलोमिथेन लेवल्स इन 3 यू.के. वाटर सप्लायर्स, जनरल ऑफ एक्सपोजर एनालिसिस एंड एनवायरमेंटल एपिडेमियोलॉजी- नेचर पब्लिशिंग ग्रुप, जनवरी-2003.
11. ट्रायहैलोमिथेन इन ड्रिंकिंग वाटर, पब्लिक हैल्थ गाइडेंस नोट, पब्लिज्ड वाय: एनवायरमेंटल हैल्थ यूनिट, 10 फ्लोर, क्यून्सलैण्ड हैल्थ बिल्डिंग, 147-163 कार्लोट स्ट्रीट, ब्रिसवेन 4000, जी.पी.ओ. बॉक्स 48 ब्रिसवेन, 4001
12. ब्रिफ रिपोर्ट ऑफ ट्रायहैलोमिथेन इन पोटैबल ट्रीटेड वाटर ऑफ दिल्ली जल बोर्ड वाटर वर्क्स, सैन्ट्रल पाल्युशन कंट्रोल बोर्ड, दिल्ली