

## वडोदरा शहर के भूजल में पेस्टीसाइड प्रदूषण की समस्या

मुकेश कुमार शर्मा<sup>1</sup> बबीता शर्मा<sup>1</sup> राकेश गोयल<sup>1</sup> वी.के.चौबे<sup>1</sup> राजदेव सिंह<sup>1</sup>  
वैज्ञा. बी शो0सहा0 तकनीशियन वैज्ञा. एफ निदेशक

<sup>1</sup>राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

### सारांश

जल में बढ़ते प्रदूषण का मुख्य कारण जनसंख्या में निरन्तर वृद्धि से बढ़ता शहरीकरण, औद्योगिकरण तथा कृषि उत्पादन में वृद्धि के लिए ज्यादा से ज्यादा उर्वरकों एवं कीटनाशकों (पेस्टीसाइड्स) का प्रयोग है। गुजरात प्रदेश के वडोदरा शहर के भूजल के नमूने पूर्व मानसून तथा पश्च मानसून अवधि में 2008-09 तथा 2009-10 में एकत्रित किये गये तथा इन नमूनों का भौतिक रासायनिक प्राचालों एवं पेस्टीसाइड की मात्रा के लिए परीक्षण किया गया प्रस्तुत अध्ययन में वडोदरा के भूजल में पाये गये विभिन्न भौतिक रासायनिक प्राचालों के मानों तथा पेस्टीसाइड्स की मात्रा का भारतीय मानक ब्यूरो द्वारा पेयजल हेतु निर्धारित सीमा से तुलना की गई तथा यह पाया गया कि वडोदरा के भूजल में कुल घुलित ठोस की मात्रा 486 मि.ली. ग्राम प्रति लीटर से 3507 मि.ग्राम./ली. तक पायी गयी तथा लगभग सभी नमूनों में 500 मि.ग्राम./ली. से अधिक पायी गयी। कुल कठोरता की मात्रा 79 मि.ग्राम./ली. से 1144 मि.ग्राम./ली. तक पायी गयी। तथा 29 प्रतिशत नमूने अधिकतम सीमा 600 मि.ग्राम./ली. से अधिक पाये गये। भूजल के नमूनों में पेस्टीसाइड्स के परीक्षण से ज्ञात होता है कि एल-बी.एच.सी., बीटा-बी.एच.सी., डेल्टा-बी.एच.सी., ऐल्ड्रिन एल-एण्डोसल्फान तथा मेथोक्सि-क्लोर की मात्राएं निर्धारित सीमा (1.0 माइक्रोग्राम/ली.) को पार कर गयी। अतः प्रपत्र में पेयजल के शुद्धिकरण के लिए कुछ अनुशंसाएं भी दी गयी हैं।

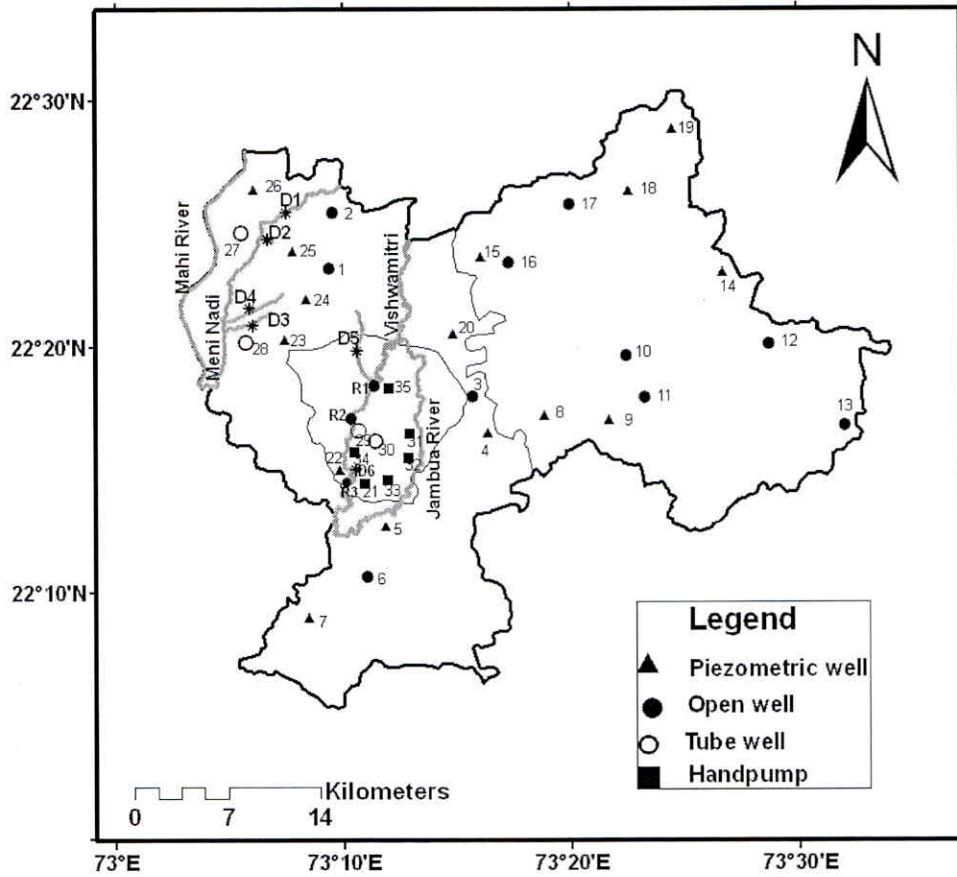
### प्रस्तावना

हमारे संसाधनों की गुणवत्ता अवांछनीय हानिकारक तत्वों के लगातार बढ़ोत्तरी से दिन-प्रतिदिन बिगड़ती जा रही है पानी के मुख्य प्रदूषक अकार्बनिक, कार्बनिक तथा जैविक घटक हैं। विभिन्न कार्बनिक एवं अकार्बनिक प्रदूषकों में कीटनाशक अपने ऊतक हनन स्वभाव के कारण सर्वाधिक खतरनाक हैं। (आई.ए.आर.सी. मोनोग्राफ, 1987) कीटनाशक बायोअक्यूम्यूलेटिव तथा अपेक्षाकृत स्थिर होते हैं। इसके अलावा ये विषाक्त एवं कारसीनोजैविक भी होते हैं। इसलिए कीटनाशकों की जल में परीक्षा आवश्यक है। (अली तथा जैन 2000) आधुनिक कृषि में कीटनाशक अपरिहार्य हैं। उनका उपयोग या दुरुपयोग गंभीर भूमिगत जल प्रदूषण की समस्या को बढ़ावा देता है। वृक्षों की सतह से वर्षा द्वारा लाये गए ये कीटनाशक अथवा प्रत्यक्ष उपचार द्वारा लाये गए ये कीटनाशक अथवा प्रत्यक्ष उपचार द्वारा ये कीटनाशक मृदा तथा भूजल में प्रवेश करते हैं।

गुजरात रिफाइनरी एवं इंडियन ऑयल कॉर्पोरेशन की स्थापना के साथ मैट्रोपोलिटन शहर वडोदरा की औद्योगिक गतिविधियों में अचानक तेजी आ गई है। वडोदरा शहर गुजरात राज्य की प्रमुख औद्योगिक इकाई है। वडोदरा भी कोई अपवाह नहीं है तथा इसके आसपास के क्षेत्र भी औद्योगिक गतिविधियों से गूँज रहे हैं। इंजीनियरिंग समान, पेट्रोरसायन, प्लास्टिक, दवा, निर्माण, इलेक्ट्रॉनिक्स, बिजली, भारी और हल्की मशीन इंजीनियरिंग से संबंधित उद्योग शहर में कार्यरत हैं। उपरोक्त परिदृश्य में पैंतीस भूजल नमूने खुले कुओं, नलकूपों, पिज्जोमैट्रिक वेल, बोर वेल तथा हाथ पंप से वडोदरा एवं उसके चारों ओर से भौतिक रासायनिक विश्लेषण के लिए पॉलीप्रोपिलीन बोतलों में तथा कीटनाशक विश्लेषण के लिए काँच की बोतलों में पूर्व तथा पश्च मानसून (2008 तथा 2009) में एकत्र किए गए।

## सामग्री और तरीके

पूर्व तथ पश्च मानसून 2008 एवं 2009 में जम्बुआ तथा विश्वामित्री नदियों से, नालियों के अपशिष्ट जल तथा पेंतीस भूजल नमूने खुले कुएँ, नल कूपों, पीजोमैट्रिक कुओं, बोर वेल तथा हाथ पंप से वडोदरा (चित्र-1) एवं आसपास के क्षेत्रों से एकत्रित किए गए। भौतिक रासायनिक विश्लेषण के लिए नमूने पोलीप्रोपीलीन की बोतलों में तथा कीटनाशक विश्लेषण के लिए काँच की बोतल में नमूने इकट्ठे किए गए। भौतिक रासायनिक विश्लेषण मानक विधियों द्वारा किया गया ए.पी.एच.ए. 1992) 63 Ni चयनात्मक इलेक्ट्रॉन कब्जा डिटेक्टर (ECD) वाले अमिल न्यूकॉन गैस क्रोमेटोग्राफ द्वारा कीटनाशकों का विश्लेषण किया गया। 0.25 मि.मी. के आंतरिक व्यास के साथ 30m का Equity-5 कॉलम प्रयोग किया गया। 2.0 मि.ली./मिनट की दर पर नाइट्रोजन गैस कैरियर गैस की रूप में प्रयोग की जाती है। तथा 28 मि.ली./मि. पर मेकप गैस की तरह इस्तेमाल की जाती है। भट्टी का तापमान 220°C तथा डिटेक्टर का तापमान 285°C रखा गया। ऑरगैनोक्लोरो पेस्टीसाइड्स का गुणात्मक एवं गणनात्मक विश्लेषण मानक पैस्टीसाइड्स की चोटी के रिटेन्शन समय तथा क्षेत्रफल के साथ तुलनात्मक अध्ययन से किया गया।



चित्र - 1 नमूने स्थल दर्शाता नक्शा

## भूजल की भौतिक रासायनिक विशिष्टता

मानसून पूर्व 2008 में एकत्रित किए गए नमूनों का जल रासायनिक आँकड़ा तालिका-1 में दर्शाया गया है। मैट्रो शहर वडोदरा में pH मान 7.6 से 8.6 के मध्य पाया गया। अधिकांश नमूनों में pH का मापन जल के विभिन्न उपयोग जैसे पीने के लिए एवं अन्य घरेलू उपयोगों के लिए भारतीय मानक ब्यूरो (1991) ए कइसश्व स्वास्थ्य संगठन (1996) के द्वारा निर्धारित सीमा के भीतर पाया गया। विद्युत चालकता और घुलित नमक सांद्रता सीधे तौर पर पानी में आयनित पदार्थ की सांद्रता से संबंधित है तथा यह अत्याधिक कठोरता की और/अथवा अन्य खनिज संदूषणों की समस्या से भी संबंधित हो

सकती है। महानगर के भूजल में विद्युत चालकता की मात्रा 760 से 5480  $\mu$  s/cm तक पाई गई जिसमें लगभग 80 प्रतिशत नमूनों में चालकता 1000  $\mu$  s/cm तक मापी गई हराने के नमूनों में सर्वाधिक चालकता 5480  $\mu$  s/cm मापी गई।

वड़ोदरा शहर के भूजल में कुल घुलनशील पदार्थ 486 से 3507 मि.ग्रा./ली. तक पाया गया। लगभग सभी नमूने वांछनीय सीमा से अधिक परन्तु 2000 मि.ग्रा./ली. को अधिकतम स्वीकार्य सीमा से कम पाये गए तथा केवल 14 प्रतिशत नमूने 2000 मि.ग्रा./ली. से अधिक पाये गए। 500 मि.ग्रा./ली. से अधिक कुल घुलनशील ठोस वाला जल पीने के पानी की आपूर्ति के लिए उचित नहीं समझा जाता है हालाँकि जहाँ बेहतर पानी उपलब्ध नहीं है वहाँ अत्याधिक खनिज वाले पानी का ही प्रयोग किया जाता है।

इसी कारण पीने के पानी के लिए 500 मि.ग्रा./ली. वांछनीय सीमा तथा 2000 मि.ग्रा./ली. अधिकतम स्वीकार्य सीमा निर्धारित की गई (भारतीय मानक ब्यूरो 1991) 500 मि.ग्रा./ली. से अधिक कुल घुलनशील ठोस वाला पानी गैस्ट्रोइंटेस्टाइनल जलन का कारण बनता है। (भारतीय मानक ब्यूरो 1991)

तालिका 1 भूजल कइस रासायनिक अभिलक्षण (मानसून पूर्व 2008)

प्राचल	न्यूनतम	अधिकतम	औसत
पी.एच	7.6	8.6	8.0
चालकता, $\mu$ s/cm	760	5480	2013
कुल घुलनशील ठोस	486	3507	1288
कठोरता mg/l	79	1143	435
क्लोराइड mg/l	20	1464	320
सल्फेट mg/l	6.0	600	112
नाइट्रेट mg/l	0.0	252	36
फ्लोराइड mg/l	0.0	1.3	0.6
सोडियम mg/l	54	1110	250
पोटेशियम mg/l	1.0	77	11.7
कैल्शियम mg/l	12	313	103
मैग्नीशियम mg/l	12	127	43

कैल्शियम और मैग्नीशियम का उनके सल्फेट क्लोराइड और कार्बोनेट के साथ उपस्थित होना पानी में कठोरता का मुख्य कारण है। भारतीय मानक ब्यूरो द्वारा कठोरता की वांछनीय सीमा 300 मि.ग्रा./ली. तथा अनुमेय सीमा 600 मि.ग्रा./ली. की सिफारिश की गई है। अध्ययन क्षेत्र में कैल्शियम की मात्रा 12 से 313 मि.ग्रा./ली. तथा मैग्नीशियम 12-127 मि.ग्रा./ली. तक मिला। पेयजल हेतु कैल्शियम तथा मैग्नीशियम की वांछनीय सीमा क्रमशः 75 तथा 30 मि.ग्रा./ली. है। (भारतीय मानक ब्यूरो 1991) केवल कुछ ही नमूनों में कैल्शियम तथा मैग्नीशियम की मात्रा अधिकतम स्वीकार्य सीमा से अधिक मिली। महानगरीय शहर वड़ोदरा के पेयजल में सोडियम की सांद्रता 54-1110 मि.ग्रा./ली. तक मिली। शहर के भूजल में उच्च सोडियम मात्रा का मुख्य कारण बेस एक्सचेंज प्रक्रिया है जो सोडियम जोखिम को जन्म देती है सोडियम की अत्याधिक सांद्रता वाला भूजल सिंचाई के लिए अनुपयुक्त है। पोटेशियम की सांद्रता 1.0 से 77 मि.ग्रा./ली. तक मिली। ई.सी मानदंड के अनुसार दस नमूनों में पोटेशियम सांद्रता 10 मि.ग्रा./ली. से अधिक मिली।

क्लोराइड की सांद्रता 20-1464 मि.ग्रा./ली. तक पाई गयी। शहर के 60 प्रतिशत से अधिक नमूनों में क्लोराइड की मात्रा 250 मि.ग्रा./ली. की वांछनीय सीमा के भीतर मिली। केवल तीन ही नमूनों में यह 1000 मि.ग्रा./ली. की अधिकतम स्वीकार्य सीमा से ज्यादा मिली। महानगर में सल्फेट सांद्रता 60-600 मि.ग्रा./ली. तक मापी गई भारतीय मानक ब्यूरो में पेयजल हेतु वांछनीय सीमा 200 मि.ग्रा./ली. एवं अधिकतम स्वीकार्य सीमा 400 मि.ग्रा./ली. निर्धारित करी है। अध्ययन क्षेत्र में मात्र दो नमूनों में सल्फेट सांद्रता 400 मि.ग्रा./ली. की अधिकतम स्वीकार्य सीमा से अधिक मिली जबकि 89 प्रतिशत नमूनों में यह 200 मि.ग्रा./ली. की वांछनीय सीमा से कम मापी गई वड़ोदरा महानगर में नाइट्रेट सांद्रता 0.0-252 मि.ग्रा./ली. तक मिली। 86 प्रतिशत नमूनों में नाइट्रेट सांद्रता 100 मि.ग्रा./ली. की अधिकतम स्वीकार्य सीमा से कम मिली। तथा केवल 5 नमूनों में ही यह 100 मि.ग्रा./ली. से अधिक मिली। नाइट्रेट की अत्याधिक मात्रा में उपस्थिति नवजात शिशुओं में "ब्ल्यू बेबी" नामक बीमारी को जन्म देती है। घरेलू नलजल, पशु पालन, लैंड फिल और उर्वकीय क्षेत्रों से अपवाह से संदूषण के संयुक्त प्रभाव का महानगर में उच्च नाइट्रेट सांद्रता का एक कारण माना जाता है। क्षेत्र के भूजल में फ्लोराइड की मात्रा 0.00-1.26 मि.ग्रा./ली. तक पायी गई। महानगर में एक के अलावा सभी नमूनों में फ्लोराइड की मात्रा 1.0 मि.ग्रा./ली. की वांछनीय सीमा से कम पाई गई तथा किसी भी नमूने में यह 1.5 मि.ग्रा./ली. की अधिकतम स्वीकार्य सीमा से अधिक नहीं मिली।

उपरोक्त चर्चा से यह स्पष्ट है कि वड़ोदरा महानगर में लगभग सभी नमूनों में कुल घुलनशील ठोस की मात्रा 500 मि.ग्रा./ली. की वांछनीय सीमा से अधिक एवं 2000 मि.ग्रा./ली. की अधिकतम स्वीकार्य सीमा से कम मिली। कठोरता की

दृष्टि से करीब 40 प्रतिशत नमूनों 300 मि.ग्रा./ली. वांछनीय सीमा से कम एवं 29 प्रतिशत नमूनों 600 मि.ग्रा./ली. की अधिकतम स्वीकार्य सीमा से अधिक पाये गए। मानसून पूर्व एकत्रित नमूनों में से 40 प्रतिशत नमूनों में क्लोराइड की मात्रा वांछनीय सीमा से अधिक मिली। 89 प्रतिशत नमूनों में सल्फेट की मात्रा वांछनीय सीमा के भीतर मिली। लगभग 86 प्रतिशत नमूनों में नाइट्रेट की मात्रा वांछनीय सीमा से कम मिली। फ्लोराइड सांद्रता लगभग सभी नमूनों में वांछनीय सीमा के भीतर मिली। सोडियम तथा पोटेशियम के लिए उल्लेखनीय सीमा को नहीं बताया जा सकता क्योंकि भारतीय मानक ब्यूरो ने इनके लिए कोई भी सीमा निर्धारित नहीं की है।

### भूजल में कीटनाशक

अध्ययन क्षेत्र से एकत्रित नमूने ऑरगेनो-क्लोरोनोटिड कीटनाशक (एलड्रिन,  $\alpha$ -BHC,  $\beta$ -BHC,  $\gamma$ -BHC,  $\delta$ -BHC, DDD, DDE,  $\alpha$ -एनडोसल्फान और मीथोक्सीक्लोरो) के लिए विश्लेषित किए गए। विश्लेषण के परिणाम तालिका-2 में प्रस्तुत हैं शेरखी, शोखड़ा, मांझलपुर, शरदनगर, जंबुआ जातक नाका, हरनी तथा गोरारज के भूजल में लिन्डेन ( $\gamma$ -BHC) को उपस्थित पाया गया।

बापोड़ तथा मांझलपुर के भूजल में  $\alpha$ -BHC ( $>1.0\mu\text{g/l}$ ), नवीं खड़की, मकरपुर और जंबुआ जातक नाका के भूजल में  $\beta$ -BHC ( $>1.0\mu\text{g/l}$ ), शनियारा के भूजल में  $\delta$ -BHC ( $>1.0\mu\text{g/l}$ ), मकरपुरा के भूजल में एलड्रिन ( $>1.0\mu\text{g/l}$ ), कलाली तथा बजवा के भूजल में  $\alpha$ -एंडो-सल्फान ( $>1.0\mu\text{g/l}$ ), गोरारज, कंधा, रनौली और नंदेसारी के भूजल में मीथोक्सीक्लोरो उपस्थित पाए गए। कारसीनोजनिक और ऊतक हनन प्रवृत्ति के कारण हानिकारक कीटनाशक अंततः खाद्य श्रृंखला में प्रवेश कर खतरनाक समस्या उत्पन्न करते हैं।

तालिका 2 भूजल में कीटनाशकों की अधिकतम सांद्रता

स्थल	$\alpha$ -BHC	$\beta$ -BHC	$\gamma$ -BHC	$\delta$ -BHC	Aldrin	$\alpha$ -Endo sulfan	DDE $\mu\text{g/L}$	DDD $\mu\text{g/L}$	Methoxychlor
बापोड़, OW	5.230	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
मनियारा, OW	BDL	BDL	BDL	22.552	BDL	BDL	BDL	0.315	BDL
शेरखी, TW	0.305	BDL	0.080	BDL	0.325	BDL	BDL	BDL	BDL
नवीं खड़की, BW	BDL	1.929	0.089	0.478	0.039	BDL	BDL	BDL	BDL
मांझलपुर, TW	1.074	BDL	0.951	BDL	0.775	BDL	BDL	BDL	BDL
गोरारज, OW	BDL	0.472	0.089	BDL	BDL	0.318	BDL	0.023	1.596
हरनी, P <sub>2</sub> W	BDL	BDL	0.158	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
रायाका, P <sub>2</sub> W	BDL	0.184	BDL	BDL	BDL	0.073	BDL	0.768	BDL
शरद नगर, HP	BDL	BDL	0.163	BDL	BDL	BDL	BDL	0.129	BDL
मकरपुर, HP	BDL	1.624	BDL	BDL	1.407	0.619	BDL	BDL	BDL
शोखड़ा, OW	BDL	BDL	0.572	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
कंधा, OW	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	4.471
सारनेज, P <sub>2</sub> W	BDL	0.961	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
कालाली, P <sub>2</sub> W	BDL	0.787	BDL	BDL	0.209	1.059	BDL	BDL	BDL
बजवा, P <sub>2</sub> W	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	3.464	BDL	BDL	BDL
रनौली, P <sub>2</sub> W	0.746	0.586	BDL	0.217	BDL	BDL	0.128	BDL	5.853
नंदेसारी, TW	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	3.089
जंबुआ जातक नाका,	BDL	1.732	1.209	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
प्रताप नगर, HP	BDL	BDL	BDL	0.106	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL

BDL – Below Well

OW – open well

TW – Tube Well

BW – Bore Well  
P<sub>2</sub>W – Peizometric Well  
HP – Hand Pump

## निष्कर्ष और सिफारिशें

वड़ोदरा शहर दिन प्रतिदिन प्रगति कर रहा है तथा गुजरात राज्य की महत्वपूर्ण औद्योगिक इकाई बन गया है। परन्तु यह प्रगति हमारे महत्वपूर्ण जल संसाधन यानी भूजल की गिरावट की कीमत पर हासिल की जा रही है। वर्तमान जांच से यह स्पष्ट है कि वड़ोदरा शहर से गुजर रही नालियाँ एवं नदियाँ कीटनाशकों की उपस्थिति के कारण अत्याधिक प्रदूषित हैं जो वड़ोदरा शहर के भूजल को प्रदूषित कर रही हैं क्षेत्र में कार्यरत सभी औद्योगिक इकाइयों को कुशल प्रवाह उपचार संयंत्र स्थापित करके शून्य निस्सरण की पद्धति का पालन करना चाहिए जिससे भावी पीढ़ी को इस विषाक्त जल से बचाया जा सकता है।

## सन्दर्भ

1. टली, आई और जैन,सी.के. (2000), ट्रांसपोरटेशन बिहेवियर ऑफ लिंडेन इन डिफेरेन्ट टाइपस ऑफ सोइल्स तकनीकी रिपोर्ट टी.आर/बी. आर-7/1999-2000, राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की, भारत
2. ए.पी.एच.ए (1992), स्टैडर्ड मैथड फॉर दी अग्जामिनेशन ऑफ वॉटर एण्ड वेस्ट वाटर्स, अमेरिकन पब्लिक हेल्थ एसोसिएशन, 18 एडीशन वशिंंगटन, डी.सी
3. भारतीय मानक ब्यूरो (1991), पेयजल के लिए निर्दिष्टीकरण आई.एस: 10500:1991, भारतीय मानक ब्यूरो, नई दिल्ली
4. टाइ.ए.आर.सी मोनोग्राफ, कृति 7, आई.ए.आर.सी, ल्योन भाग 54, पृष्ठ 40
5. डब्ल्यू.एच.ओ (1996), पेय जलगुणवत्ता के लिए दिशानिर्देश, जिनेवा, डब्ल्यू. एच.ओ, द्वितीय संस्करण, भाग 2, पृष्ठ 944