भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 31 अंक (2) दिसम्बर 2023 पृ. 112-116
DOI: 10.56042/bvaap.v31i2.6384

जयपुर के अपशिष्ट जल में भारी धातु लेड का पोलेरोग्राफिक निर्धारण

ओम प्रकाश मीणा
सरकारी स्नातकोत्तर कॉलेज, करौली (राजस्थान)
[ई-मेल : omprakashmeena50278@gmail.com]

सारांशः डिफरेंशियल पल्स पोलेरोग्राफी का उपयोग करके जयपुर राजस्थान में अपशिष्ट जल में हैवी मैटल लेड के ट्रेस निर्धारण के लिए इलेक्ट्रो एनालिटिकल प्रक्रिया विकसित की गई थी। ELICO CL-362 POLAROGRAPHIC ANALYZER (मेकः Elico) का उपयोग पोलेरोग्राफिक सेल में इलेक्ट्रोलाइज़िंग इलेक्ट्रोएक्टिव एनालिटिक्स पर करंट वोल्टेज रिलेशनशिप (पोलरोग्राम) के मापन के लिए किया गया था। इस उपकरण में तीन इलेक्ट्रोड असेंबली हैं, काम करने वाले इलेक्ट्रोड के रूप में पारा इलेक्ट्रोड, संदर्भ इलेक्ट्रोड के रूप में कैलोमेल और काउंटर इलेक्ट्रोड के रूप में प्लेटिनम। ड्रॉपिंग पारा इलेक्ट्रोड में एम = 2.422 मिलीग्राम/सेकंड, टी = 2.5 सेकंड और एच = 60 सेमी की विशेषताएं थीं, पल्स एम्प्लिट्यूड 50 एमवी की शर्तों के तहत और इलेक्ट्रोएनालिसिस माप के लिए 6 एमवी/एस स्कैन दर का उपयोग किया गया था। अपशिष्ट जल में लेड का इलेक्ट्रो विश्लेषण 0.10 M KNO3 में निर्धारण के सहसंबंध (R2 = 0.999) के रूप में किया गया था। जयपुर राजस्थान में पानी के विभिन्न नमूनों में लेड की सांद्रता 2.670 पीपीएम से 5.757 पीपीएम के बीच है। सांगानेर तहसील (गर्मी के मौसम) (5.797 पीपीएम) में सीसा का उच्चतम स्तर बताया गया है। इस शोध से पता चला है कि मरकरी ड्रॉप इलेक्ट्रोड का उपयोग करके अपशिष्ट जल में लेड का विकसित इलेक्ट्रोएनालिसिस अपशिष्ट जल में लेड के स्वीकार्य विश्लेषण के साथ सटीक, प्रतिलिपि प्रस्तुत करने योग्य और सस्ता है। यह विधि नमूना तैयार करने की सरल विधि है और इसमें कम लागत वाले अभिकर्मकों का उपयोग किया जाता है।

Polarographic determination of heavy metal lead in waste water in Jaipur

Om Prakash Meena
Govt. PG. College, Karauli (Rajasthan)
[E-mail : omprakashmeena50278@gmail.com]

Abstract

Electro analytical Procedure was developed for the trace determination of heavy metal lead inwaste water in Jaipur Rajasthan using Differential pulse polarography.ELICO CL-362 POLAROGRAPHIC ANALYSER (Make: Elico) was used for measurement of current voltage relationship (polarograms) on electrolyzing electroactiveanalytes in polarographic cell. This apparatus has three electrode assembly, dropping mercury electrode as working electrode, calomel as reference electrode and platinum as counter electrode. Dropping mercury electrode had the characteristics m = 2.422 mg/sec, t = 2.5 sec and h = 60 cm, under the conditions of Pulse Amplitude 50 mV and 6 mV/S scan ratewas used for electroanalysis measurements. Electro analysis of lead in waste water was performed in 0.10 M KNO3as correlation of determination (R2 = 0.999). Lead concentration in different water samples in Jaipur Rajasthan varies between 2.670 ppm to 5.757 ppm. Highest level of lead is reported in Sanganerteshil(Summer season) (5.797 ppm).From this research showed that the developed electroanalysis of lead in waste water using mercury drop electrode are accurate, precise, reproducible and inexpensive with acceptable the analysis of lead in waste water. This method is simplicity of sample preparation and use of low cost reagents are the additional benefit.

प्रस्तावना

जल हमारे सबसे महत्वपूर्ण प्राकृतिक संसाधनों में से एक है। हमारे जल निकायों के कुशल प्रबंधन की आवश्यकता है यदि उनका उपयोग घरेलू और औद्योगिक आपूर्ति, फसल सिंचाई, परिवहन, मनोरंजन, खेल और वाणिज्यिक मत्स्य पालन, बिजली उत्पादन और अपशिष्ट निपटान जैसे विविध उद्देश्यों के लिए किया जाए। जल प्रदूषण आम तौर पर सीवरों या सीवेज ट्रीटमेंट प्लांट्स, नालों और कारखानों से नदियों, समुद्रों और अन्य जल निकाय में प्रवाह के निर्वहन से जुड़ा होता है। पोषक तत्वों और प्रदूषक तत्वों की भूमिका को समझने के लिए पानी में मुक्त धातु की सांद्रता का ज्ञान आवश्यक है। Pb, Cd, Cu, Zn और Cr जैसी जहरीली भारी धातुओं की जांच पर्यावरण के नमूनों[1] पर

विशेषरूप से निर्भर रहती है। इस प्रकार, ट्रेस तत्व विश्लेषण तकनीकों को विकसित करने की अत्यधिक आवश्यकता है जो ट्रेस तत्व विश्लेषण से पहले विभिन्न तत्व प्रजातियों को अलग करने की अनुमति देते हैं। ''औद्योगिक और घरेलू अपशिष्ट निर्वहन, प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से जल स्रोतों में सीवेज सिस्टम में रिसाव के माध्यम से, सतह और भूमिगत जल में अत्यधिक प्रदूषण का कारण बनता है''[3]। पानी के भौतिक, रासायनिक और जैविक घटकों के गुणों के संबंध में पानी की गुणवत्ता भी बदलती है। औद्योगीकरण के कारण पर्यावरण में विभिन्न भारी धातु प्रदूषकों की सांद्रता में काफी वृद्धि हुई है। ये धातु प्रदूषक संभावित रूप से जहरीले और हानिकारक हैं जैसे Pb (II), Cd (II), Ni (II) और Zn (II) पर्यावरण और मानव के लिए सबसे महत्वपूर्ण प्रदूषक हैं क्योंकि इनका मानव शरीर क्रिया विज्ञान और जैविक पर संभावित हानिकारक प्रभाव पड़ता है। व्यवस्था। सीसा और कैडमियम मानव, जानवरों और पौधों[2] के लिए सबसे जहरीले और खतरनाक हैं। उच्च स्तर के लेड आयनों की सांद्रता वाले नल का पानी पीने से मतली, गुर्दे की विफलता, कैंसर, चयापचय और तंत्रिका संबंधी विकार जैसे गंभीर विकार हो सकते हैं।

सीसा सीधे रक्त प्रवाह में अवशोषित हो जाता है और कोमल ऊतकों, हड्डियों और दांतों में जमा हो जाता है (हड्डियों और दांतों में 95%)[3] यह[4] स्वीकार्य मानक 0.15 mg/L से अधिक है और लगातार संपर्क में रहने से शिशुओं और बच्चों में शारीरिक या मानसिक विकास में देरी हो सकती है जबकि वयस्कों को गुर्दे की समस्या और उच्च रक्तचाप हो सकता है। घरेलू नलसाजी प्रणाली के क्षरण और प्राकृतिक जमाओं के क्षरण से सीसा पानी को दूषित करता है[5]। सीसा एक संचयी जहर है जो सीसे के पानी के पाइप, लेड- आधारित पेंट और लेड पेट्रोल से शरीर में प्रवेश करता है। पर्यावरण के नमूनों में पीबी (II) के अंश की उपस्थिति से पर्यावरण प्रदूषण होता है और गुर्दे और तंत्रिका तंत्र की शिथिलता सहित कई घातक बीमारियां होती हैं। Pb (II) रक्त, गुर्दे, प्रजनन प्रणाली, तंत्रिका रक्ताल्पता और अपरिवर्तनीय मस्तिष्क क्षति में आसानी से जमा हो जाता है। ऑटोमोबाइल ईंधन में एंटी-नॉकिंग एजेंट के रूप में लीड यौगिक वायु प्रदूषण का कारण बनते हैं। इसलिए पर्यावरण में लेड के ट्रेस स्तर के निर्धारण के लिए एक बहुत ही संवेदनशील और चयनात्मक विधि खोजना बहुत महत्वपूर्ण है। पर्यावरणीय नमूनों में सीसा के निर्धारण के लिए विभिन्न विधियों की सूचना दी गई है। इन विधियों में अनुनाद प्रकाश प्रकीर्णन तकनीक[6] और स्पेक्ट्रोफोटोमेट्रिक विधि ियाँ[7] शामिल हैं। ट्रेस लीड विश्लेषण के लिए विभिन्न तकनीकों का उपयोग किया गया था जैसे स्पेक्ट्रोस्कोपिक तरीके विशेष रूप से ग्रेफाइट फर्नेस परमाणु सोखना स्पेक्ट्रोस्कोपी (जीएफ-एएएस)[8], और प्रेरक रूप से युग्मित प्लाज्मा मास स्पेक्ट्रोस्कोपी (आईसीपी-एमएस)[9]। इन विधियों में उत्कृष्ट संवेदनशीलता और अच्छी चयनात्मकता है, लेकिन विभिन्न कमियां हैं जैसे विश्लेषण के लिए उपयोग किए जाने वाले समय और बहुत महंगे उपकरणों की आवश्यकता होती है।

डिफरेंशियल पल्स पोलरोग्राफी सहित इलेक्ट्रोकैमिकल विधियों ने ट्रेस विश्लेषण को मापने के लिए शक्तिशाली उपकरणों को मान्यता दी है। इसने विश्लेषण की गति, उच्च चयनात्मकता और संवेदनशीलताए कम तट, आसान संचालन और तत्व विशिष्टता का विश्लेषण करने की क्षमता जैसे विभिन्न फायदे दिखाए हैं। पारा ड्रॉप इलेक्ट्रोड (एमडीई)[10], कैलोमेल इलेक्ट्रोड और ग्लास इलेक्ट्रोड जैसे लीड के वोल्टमैट्रिक निर्धारण के लिए विभिन्न कार्यशील इलेक्ट्रोड का उपयोग किया गया था। रासायनिक रूप से संशोधित इलेक्ट्रोड हाल के वर्षों में विभिन्न लाभों के कारण भारी धातुओं के विद्युत रासायनिक निर्धारण के लिए विकसित किए गए हैं जैसे कि आसान निर्माण, कोई जहर, नवीकरणीय, तेज प्रतिक्रिया, उच्च चयनात्मकता, कम पता लगाने की सीमाएं विभिन्न विलायक में स्थिर, लंबे जीवन समय और कम लागत। वर्तमान कार्य में पर्यावरण के नमूनों में सीसा के निर्धारण के लिए एक नई, सरल और सटीक विधि प्रस्तावित है। विधि पारा ड्रॉप इलेक्ट्रोड का उपयोग करके कमरे के तापमान पर ज्ञब्स समाधान में विद्युत रासायनिक विश्लेषण पर आधारित है। कैलोमेल इलेक्ट्रोड इलेक्ट्रोड निर्माण, उच्च गति, प्रतिलिपि प्रस्तुत करने योग्यता, उच्च स्थिरता, विस्तृत रैखिक गतिशील रेंज और उच्च संवेदनशीलता की सरल और कम लागत है।

सामग्री एवं कार्यविधि

उपकरण

एक ELICO CL-362 POLAROGRAPHIC ANALYZER (मेकः Elico) का उपयोग पोलरोग्राफिक सेल में इलेक्ट्रोलाइजिंग इलेक्ट्रोएक्टिव एनालिटिक्स पर करंट वोल्टेज रिलेशनशिप (पोलरोग्राम) के मापन के लिए किया गया था। इस उपकरण में तीन इलेक्ट्रोड असेंबली हैं, काम करने वाले इलेक्ट्रोड के रूप में पारा इलेक्ट्रोड, संदर्भ इलेक्ट्रोड के रूप में कैलोमेल और काउंटर इलेक्ट्रोड के रूप में प्लेटिनम। ड्रॉपिंग पारा इलेक्ट्रोड में एम = 2.422 मिलीग्राम/सेकंड, टी = 2.5 सेकंड और एच = 60 सेमी की विशेषताएं थीं। डीपी पोलरोग्राम को पल्स एम्प्लिट्यूड 50 एमवी और 6 एमवी/एस स्कैन दर की शर्तों के तहत प्रिंटर

एप्सों-एलएक्स-300+II द्वारा रिकॉर्ड किया गया था। समाधान के पीएच को मापने के लिए एलिको डिजिटल पीएच मीटर लगाया गया था।

अभिकर्मक

उपयोग किए गए सभी अभिकर्मक विश्लेषणात्मक अभिकर्मक ग्रेड शुद्धता (एआर) के थे। गिरते हुए पारा इलेक्ट्रोड में प्रयुक्त पारा मर्क से प्राप्त किया गया था। ब्रिटन-रॉबिन्सन (बीआर) सार्वभौमिक बफर समाधान जिसमें सोडियम हाइड्रॉक्साइड (0.02 मोल/एल) के साथ फॉस्फोरिक, बोरिक और एसिटिक एसिड की समान मात्रा (0.08 मोल/एल) का मिश्रण होता है, को इलेक्ट्रोलाइट का समर्थन करने और विभिन्न पीएच मान प्रदान करने के लिए लागू किया गया था। कीटनाशकों के मानक स्टॉक समाधान (1×10-4 mol/L) (तकनीकी ग्रेड, 21.5% w/w) इथेनॉल में बनाए गए थे। मैलेपन को रोकने के लिए इथेनॉल की कुछ बूंदों की उपस्थिति में आसुत जल के साथ स्टॉक समाधान को पतला करके कीटनाशकों के मानक समाधान की एक श्रृंखला तैयार की गई थी। परीक्षण समाधान के लिए सी-वी डेटा परीक्षण समाधान में शुद्ध नाइट्रोजन गैस पारित करने के बाद दर्ज किया गया था और 0.001% ट्राइटन-एक्स-100 को मैक्सिमा सप्रेसर के रूप में इस्तेमाल किया गया था।

कांच के बने पदार्थ

सभी कांच के बने पदार्थ 2.0 एम नाइट्रिक एसिड में कम से कम 7 दिनों के लिए भिगोए गए थे, आसुत विआयनीकृत पानी से तीन बार धोए गए, उपयोग के लिए तैयार होने तक 0.1 एम हाइड्रोक्लोरिक एसिड में भिगोया गया। आसुत विआयनीकृत जल में और अंत में भिगोया हुआ।

नमूना स्थान

औद्योगिक एवं शैक्षिक जयपुर शहर के बाहरी इलाकों के भू-जल में भारी धातु संदूषण का पता लगाने के लिए वर्ष 2018 के वर्षा ऋतु और गर्मी के मौसम में चार अलग-अलग चयनित स्थलों से पानी के नमूने एकत्र किए गए थे। नमूना स्थलों का चयन कवरेज देने के लिए किया जाता है। सभी चार दिशाओं में जयपुर शहर के बाहरी स्कर्ट का सबसे बड़ा क्षेत्र, भूजल प्रदूषण की उच्च संभावना के अनुमानित बिंदुओं को कवर करता है। आवासीय, व्यवसायिक, कृषि एवं औद्योगिक क्षेत्र में स्थित बोरवेल/हैंडपंपों का चयन सैंपलिंग के लिए किया गया था। भूजल के नमूने एकत्र करने से पहले, बोरवेल/हैंडपंप की पाइपलाइन को पर्याप्त समय के लिए फ्लश किया गया था, ताकि वास्तविक नमूना एकत्र किया जा सके, जो भूजल की सही गुणवत्ता का प्रतिनिधित्व करता है। नमूने समग्र नमूनों के रूप में एकत्र किए गए थे; प्रत्येक स्थल पर, चार अलग-अलग बिंदुओं से नमूने एकत्र किए गए और फिर एक साथ मिलाया गया। नमूने को पहले से साफ अच्छी गुणवत्ता वाली नैरो माउथ स्क्रू-कैप्ड पॉलीप्रोपाइलीन बोतलों में दो लीटर की क्षमता के साथ एकत्र किया गया था और एकत्र किए जाने वाले पानी से तीन बार कुल्ला किया गया था और फिर किसी भी हवाई बुलबुले के अतिक्रमण से बचने के लिए पूरी तरह से भर दिया गया था। सैंपल की बोतलों को फिर कसकर स्क्रू-कैप किया गया और प्रयोगशाला में लाया गया।

साइट-I लालकोठी सब्जी मंडी क्षेत्र 2. साइट-I, अमानीशाह ड्रेनेज, गुर्जर की थड़ी के पास, जयपुर शहर (ए) साइट-I, गर्मी के मौसम में (बी) साइट-I, बरसात के मौसम में 3. साइट-II, साइट-I से 1.5 किमी दूर (ए) साइट-II, गर्मी के मौसम में (बी) साइट-II, बरसात के मौसम में 4. (ए) सांगानेर तहसील (गर्मी का मौसम) (बी) सांगानेर तहसील (बरसात का मौसम)।

Pb का इलेक्ट्रोएनालिसिस

Pb की विद्युत रासायनिक प्रक्रिया कमरे के तापमान पर 0.1 M KCl घोल में की गई। डिफरेंशियल पल्स पोलरोग्राफी (डीपीपी) द्वारा इलेक्ट्रोकैमिकल अध्ययन 50 एमएल क्षमता ग्लास इलेक्ट्रोकैमिकल सेल में किया गया था। डिफरेंशियल पल्स पोलरोग्राफी प्रयोग तीन इलेक्ट्रोड सिस्टम में काम करने वाले इलेक्ट्रोड के रूप में पारा इलेक्ट्रोड, संदर्भ इलेक्ट्रोड के रूप में कैलोमेल और काउंटर इलेक्ट्रोड के रूप में प्लैटिनम का उपयोग करके किया गया था। दी गई सभी क्षमताएं कैलोमेल संदर्भ इलेक्ट्रोड के संबंध में हैं।

अंशांकन और सत्यापन विधि

रैखिकता, पता लगाने की सीमा (एलओडी), परिमाणीकरण की सीमा (एलओक्यू), सटीकता और सटीकता सहित एनोडिक शिखर ऊंचाई (वर्तमान) बनाम पीबी वैलिडेटियो मापदंडों की साजिश रचकर अंशांकन वक्र प्राप्त किए गए थे। Pb समाधानों के डिफरेंशियल पल्स पोलरोग्राफ (DPP) को कमरे के तापमान पर 0.1 $MKN0^3$ घोल में सांद्रता की एक विस्तृत श्रृंखला (10-100 mg/L) में दर्ज किया गया था।

परिणाम

प्राप्त धातु सांद्रता तालिका में सूचित कर रहे हैं। यह देखा गया है कि भारी धातुओं की सघनता वर्षा ऋतु की अपेक्षा ग्रीष्म ऋतु में अधिक पायी जाती है। ऐसा इसलिए है क्योंकि बरसात के मौसम में बारिश के पानी के साथ अपशिष्ट जल बह जाता है, इसलिए भारी धातु Pb की सांद्रता कम हो जाती है। विभिन्न जल नमूनों में लेड की सांद्रता 2.680 पीपीएम से 5.797 पीपीएम

विभिन्न जल नमूनों में सीसा का विश्लेषण

Water samples	Supporting electrolyte	Half wave potential as E1/2 (volts)	Conc. in ppm Taken	Observed	Mean	% Error	Mean deviation	Standard deviation
1. 1. Site-I Lalkothi				4.890				
	KNO_3	-0.40 V	5	4.933	4.946	0.010	0.045	0.063
				5.015				
2. Site-I, Amanishah				3.963				
Drainage, near	KNO_3	-0.40 V	4	3.998	3.987	0.003	0.016	0.021
Gurjar ki Thadi, Jaipur City (Rainy season)				4.001				
3. Site-I, Amanishah				4.701				
Drainage, near	KNO_3	-0.40 V	5	5.050	4.959	0.008	0.172	0.227
Gurjar ki Thadi, Jaipur City season)				5.128				
4. Ablmoschuss				3.987				
eschlentus		-0.40 V	4	4.012	4.033	0.008	0.044	0.059
(Rainy season)				4.100				
5. Site-II, 1.5 kms				5.440				
Away from Site-I		-0.40 V	6	5.470	5.476	0.079	0.028	0.040
(Summer season)				5.520				
6. Site-II, 1.5 kms				4.985				
Away from Site-I		-0.40 V	5	4.990	4.991	0.001	0.005	0.007
(Rainy season)				5.000				
7. Sanganer				5.793				
teshil(Summer		-0.40 V	6	5.986	5.994	0.001	0.139	0.205
season)				6.203				
8. Sanganer teshil				4.037				
(Rainy season)		-0.40 V	4	4.131	4.137	0.013	0.070	0.103
				4.243				

के बीच होती है। सांगानेर तहसील (गर्मी के मौसम) (5.797 पीपीएम) में सीसा का उच्चतम स्तर बताया गया है।

लेड (Pb) लेड पृथ्वी की पपड़ी के प्राकृतिक घटकों में से एक है। इसका उपयोग एसिड संचायक, गैसोलीन के लिए एल्काइल लेड यौगिकों, टेट्राएथिल लेड को एंटीनॉकिंग कंपाउंड्स, सोल्डर, पिगमेंट और पेंट्स, रूफिंग मैटेरियल, सफ्ल्यूरिक एसिड, लेड आर्सेनाइट, कीटनाशक, रबर आदि के निर्माण में किया जाता है। लेड का एक्सपोजर हवा के माध्यम से होता है। मिट्टी, धूल, पेंट, भोजन और पीने का पानी। यह विषाक्त लक्षणों को प्रदर्शित करता है, जब शरीर में प्रवेश का मार्ग साँस लेना, त्वचा का अवशोषण और पीने के पानी में अंतर्ग्रहण और उच्च सांद्रता में भोजन के माध्यम से होता है। यह मानव प्रणालियों में संचित संपत्ति है और तीव्र विषाक्तता के कुछ लक्षण प्रदर्शित करता है, जैसे उनींदापन, सुस्ती, उदर विकार, चिड़चिड़ापन, एनीमिया और व्यवहार परिवर्तन (डब्ल्यूएचओ, 1993)। सीसा का निम्न स्तर हीमोग्लोबिन को संश्लेषित करने के लिए एंजाइम की गतिविधि को कम कर सकता है जिसके परिणामस्वरूप एनीमिया हो सकता है। संचित धातु संदूषकों के बीच, सीसा पर्यावरण में अपनी सर्वव्यापी उपस्थिति के कारण एक विशेष मामले का प्रतिनिधित्व करता है। सीसा विषाक्तता को सदियों से एक व्यावसायिक बीमारी के रूप में मान्यता दी गई है, और यह दोनों के साथ जुड़ा हुआ है; गंभीर और सूक्ष्म स्वास्थ्य क्षति। पीने के पानी में सीसे की अधिक मात्रा का केंद्रीय तंत्रिका तंत्र पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है; रक्त कोशिका और मस्तिष्क क्षति हो सकती है। पीने के पानी में लेड की अनुमेय सीमा 0.05 mg/L (BIS, 1991) है। यह पीने के पानी में मुख्य रूप से सीसा पाइप और सोल्डर के क्षरण से होता है, विशेष रूप से शीतल जल के क्षेत्र में। चूंकि सीसा के विघटन के लिए एक विस्तारित संपर्क समय की आवश्यकता

होती है, रात भर सर्विस कनेक्शन पाइपिंग और प्लंबिंग में रहने के बाद सीसा नल के पानी में मौजूद होने की सबसे अधिक संभावना है। सीसा के स्वास्थ्य प्रभाव आमतौर पर रक्त परीक्षण के स्तर से संबंधित होते हैं। शिशु और छोटे बच्चे बड़े बच्चों और युवा वयस्कों की तुलना में अंतर्ग्रहण सीसा को अधिक आसानी से अवशोषित करते हैं।

स्वीकृति

लेखक आवश्यक प्रयोगशाला सुविधाएं प्रदान करने के लिए प्रमुख, रसायन विज्ञान विभाग, राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर के प्रति हार्दिक धन्यवाद व्यक्त करते हैं।

संदर्भ

1. श्रीवास्तव, आर. के. गुप्ता, एस.के. निगम के.डी.पी. और वासुदेवन, पी. 1994, उपचार जलीय पौधों का उपयोग करके अपशिष्ट जल में क्रोमियम और निकल का, जल अनुसंधान, वॉल्यूम। 28, न. 7, 1631-1638।
2. सिंह, डी., तिवारी, ए., और गुप्ता, आर., 2012, जलीय पौधों का उपयोग करते हुए एस्टवाटर से लेड का फाइटोरेमेडिएशन, जर्नल ऑफ ग्रिकल्चरल टेक्नोलॉजी, वॉल्यूम। 8, नंबर 1, 1.11।
3. डेविड, टी.डब्ल्यू., थान, एम.एम. और ट्यून, एस., 2003, जल जलकुंभी द्वारा औद्योगिक जल से सीसा हटाना। एयू जे. टी., वॉल्यूम। 6, संख्या 4, 187.192।
4. विश्व स्वास्थ्य संगठन (डब्ल्यूएचओ), 2004, पेयजल गुणवत्ता, तीसरे संस्करण के लिए दिशानिर्देश, खंड 1, जिनेवा।
5. संयुक्त राज्य पर्यावरण संरक्षण एजेंसी (यू.एस. ईपीए), 2002, राष्ट्रीय अनुशंसित जल गुणवत्ता मानदंड, जल कार्यालय ईपीए-822-आर- 02-047 पर्यावरण संरक्षण विज्ञान और प्रौद्योगिकी कार्यालय।
6. कुई, एफ।, यूं, वाई।, हुई, जी।, और वांग, वाई।, 2012, रेजोनेंस लाइट स्कैटरिंग तकनीक द्वारा पानी के नमूनों में नैनोग्राम स्तर पर लीड का निर्धारण, इलेक्ट्रोलाइट्स के रूप में टेट्राब्यूटिल उदासीन सोडियम नमक का उपयोग करना, इंट। जे रसायन। विज्ञान वॉल्यूम। 8, नहीं। 1, 345.350।
7. नईम, के. यावर डब्ल्यू, अख्तर, पी. और रेहाना, आई. 2012, परमाणु अवशोषण स्पेक्ट्रोमेट्रिक निर्धारण कैडमियम और मिट्टी में लेड के बाद कुल पाचन, एशिया-पैसिफिक जर्नल ऑफ केमिकल इंजीनियरिंग, वॉल्यूम। 7, 295-301।
8. दुरान, सी. सेंटुरक, एच.बी. एल्सी, एल. सोयलक, एम. और टुफेकी, एम. 2009. पर्यावरण के नमूनों से सह (II), Ni (II), Cu (II), और Cd (II) का एक साथ पूर्व संकेंद्रण एम्बरलाइट XAD-2000 कॉलम और एफएएएस द्वारा निर्धारण, खतरनाक सामग्री के जर्नल, वॉल्यूम पर। 162, नहीं। 1, 292-299।
9. Voica, C. Kovacs, M. H. Dehelean, A. Ristou D. और Iordache A. 2012, ICP-MS ट्रांसिल्वेनिया, रोम से सतही जल में भारी धातुओं का निर्धारण। पत्रिका. भौतिक।, वॉल्यूम। 57, नंबर 7-8, 1184-1193।
10. राज, जे., रैना, ए., मोहिनीश और डोगरा, टी.डी. 2013, का प्रत्यक्ष निर्धारण, नोडिक स्ट्रिपिंग वोल्टामेट्री तकनीक द्वारा दिल्ली (भारत) के नल के पानी में जिंक, कैडमियम, लेड, कॉपर मेटल। पर्यावरण में भारी धातुओं पर 16वें अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही। रोम, इटली।