जल शुद्धिकरण में नैनोटेक्नोलॉजी की उपयोगिता : भारतीय परिप्रेक्ष्य

Nanotechnology Application in Water Purification: An Indian Context

मधुलिका भाटी

Madhulika Bhati

वैज्ञानिक सीएसआईआर- निस्टैड्स, नई दिल्ली

madhulikabhati@nistads.res.in

सारांश

इस तकनीकी पत्र में जल संकट के मुख्य- कारणों तथा जल शुद्धिकरण के लिए उपलब्ध प्रमुख नैनोतकनीक का उल्लेख किया गया है । बिब्लियोमीट्रिक संकेतक जैसे कि प्रकाशन के आधार पर इस क्षेत्र में भारत में होने वाले शोध कार्यों, संबंधित संस्थानों, वैज्ञानिकों का इस तकनीक के विकास में योगदान का विस्तारपूर्वक विवरण प्रस्तुत किया गया है। जल शुद्धिकरण के लिए उपयोग में लाई जाने वाली नैनोतकनीकों के उत्तरदायी विकास के लिए विद्यमान नीति के बारे में सविस्तार बताते हुए उनमें संशोधन हेतु सुझाव दिए गए हैं ।

ABSTRACT

This technical paper provides insight of the major role of emerging technology like nanotechnology in removal of water contamination. Development of nanotechnology application in water sector, profilic institutions and researchers have analysed through the lens of bibilometric indicators like publications. Suggestions for the responsible development of nanotechnology especially for water sector have also been given.

मुख्य शब्द : नैनोटेक्नोलॉजी, जल शुद्धिकरण, नीतियां, बिब्लियोमीट्रिक

Key word : Nanotechnology, Water purification, Policies, Bibliometric indicator

संक्षिप्त परिचय

नैनोप्रौद्योगिकी 21वीं सदी की एक मुख्य तकनीक के रूप में उभर कर आई है। इस तकनीक का उपयोग कई महत्वपूर्ण समस्याओं के समाधान के लिए विश्व भर में लगातार किया जा रहा है। इस अध्ययन में हमने बिब्लिवयोमीट्रिक संकेतकों के द्वारा इस कार्यक्षेत्र में सक्रिय देशों, सस्थानों, वैज्ञानिकों का विवरण देने के साथ यह तकनीक भारत में किस प्रकार विकसित की जा रही है, का भी उल्लेख किया है। नैनोतकनीक पर आधारित मुख्यक जल शुद्धिकरण प्रौद्योगिकी का विस्तृत वर्णन किया गया है।

इस शोध पत्र में वर्तमान परिप्रेक्ष्य में नैनोप्रौद्योगिकी से होने वाली संभावित हानियों की चर्चा की गई है। हमने संक्षेप में, सरकारी एजेंसियों को जिम्मेवारी के साथ आगे बढ़ने के लिए कुछ उपाय सुझाए हैं ताकि अंतिम रूप से नैनोप्रौद्योगिकी तथा इसके उत्पाद विकासकर्ताओं, शोध कर्ताओं, विनियामकों और जनता की दृष्टि में सफलता प्राप्त कर सकें।

वर्तमान चिंता एवं वैश्विक परिप्रेक्ष्य : जल संकट के कारण

विश्व भर में 17-19 मिलियन लोगों को शुद्ध जल उपलब्ध नहीं है। प्रति वर्ष 3.4 मिलियन लोग जल की कमी, सफाई एवं स्वास्थ्य संबंधी समस्याओं के कारण मर जाते हैं जिनमें से 99% मृत्यु विकासशील देशों में होती हैं। [1] अकेले दक्षिण अफ्रीका में 5.7 मिलियन लोगों

को पीने का पानी उपलब्ध नहीं है जिससे उनको अपने जीवनयापन में कठिनाई का सामना करना पड़ रहा है।

भारत में 1.2 बिलियन लोग अत्यंत नाममात्र के प्रति व्यक्ति उपभोग 1820 क्यूबिक मीटर के साथ जीवन यापन कर रहे हैं जो वर्ष 1951 में 5177 क्यूबिक मीटर था। [2] जल उपलब्धता की इस घटती हुई प्रवृत्ति से निकट भविष्य में जल संकट आने की स्थिति का संकेत मिलता है। ऐसी रिपोर्ट प्राप्त हुई है कि 68% भारतीय जनसंख्या को शुद्ध पेय जल उपलब्ध है। भारत में 21% संचारी रोग (कम्यूनिकेबिल डिजीजैस) अशुद्ध पेय जल के कारण बढ़े हैं। [3] इसके अलावा, पर्यावरणीय प्रदूषण की सूची में विश्व के 127 देशों में भारत का 124 वां स्थान है। यह वास्तव में एक भयानक स्थिति है तथा भविष्य में इस दिशा में सार्थक कार्रवाई करने पर जोर देने की आवश्यकता है। जल के संरक्षण एवं प्रबंधन के लिए दीर्घकालीन दृष्टिकोण रखने की आवश्यकता है। जल की उपलब्धता में कमी के निम्नलिखित कारण हैं:

(क) जनसंख्या

वैश्विक जनसंख्या में, विशेषकर, भारत में पिछले कुछ दशकों से तीव्र गति से बढ़ी है। तीव्र औद्योगिकीकरण के कारण ग्रामीण जनसंख्या शहरों में पलायन करती जा रही है। कुल 1.2 बिलियन लोगों में से 377.1 मिलियन लोग शहरों में निवास करते हैं तथा यह अनुमान है कि आने वाले दो दशकों में 225 मिलियन लोग शहरी जनसंख्या में शामिल हो जाएंगे। [4]

(ख) जल संसाधन का उपयोग

जल संकट का कारण अकेले जनसंख्या ही नहीं है। जल अपर्याप्त नहीं है, बल्कि इसे उपलब्ध कराने की कार्यक्षम विधियां अपर्याप्त हैं। भारत की 85% जनसंख्या सुरक्षित भूमिगत जल पर निर्भर है। [5] पारिस्थितिक (इकोलॉजिकल) संरक्षण की दृष्टि से जल का न्यूनतम स्तर नदियों, झीलों, तालाबों एवं भू-जल सहित जल के पारिस्थितिक तंत्र (इकोसिस्टम) में संधारणीय विकास के लिए उपलब्ध होना चाहिए। अधिकतर जलजीव जल के गिरते हुए स्तर से परेशान हैं। उनमें से अधिकतर भारी लवण की मात्रा, भू-जल के संप्रदूषण एवं अपर्याप्त प्राप्ति से प्रभावित हैं। बड़े खनन एवं थर्मो-विद्युत उत्पादक उद्योगों में प्राकृतिक संसाधनों में उपलब्ध जल का बड़ा भाग दोहन किया जाता है। वर्ष 2000 में संयुक्त राज्य अमेरिका में, थर्मो-विद्युत उद्योग द्वारा दोहन किया गया जल 3% था जिसकी वर्ष 2030 तक तीव्र गति से बढ़कर 28-49% होने की अपेक्षा है ताकि बढ़ती हुई ऊर्जा आवश्यकताओं की पूर्ति की जा सके। [6] वर्तमान जल संसाधनों पर इस प्रकार के दवाब से हमारे लिए अपशिष्ट जल का पुनरुपयोग आवश्यक हो जाता है।

(ग) अपर्याप्त अपशिष्ट जल उपचार की प्रौद्योगिकियां

भारतीय नगर निगम जल के आधारभूत ढांचा की लंबे समय से आलोचना की जाती रही है। प्रत्येक भारी वर्षा अथवा प्राकृतिक महा आपदा जैसे सुनामी (2004) ने पुरानी जल निकासी व्यवस्था की कमजोरियों को उजागर किया है। अत: जल उपचार प्रौद्योगिकियों को मांग से एक कदम आगे विकसित किए जाने की आवश्यकता है। पिछले 4-5 दशकों में तीव्र गति से उद्योगीकरण होने के कारण अपशिष्ट जल की गुणवत्ता का स्तर कम हो गया है। संदूषित अपशिष्ट जल के उपयोग (सुपोषण), ग्रीन हाउस गैसों के उत्सर्जन के द्वारा इकोलॉजी को गंभीर हानि हो सकती है। वर्तमान जल शुद्धिकरण क्षमताएं पर्याप्त नहीं हैं तथा केवल 60% औद्योगिक अपशिष्ट जल का उपचार किया जाता है जबकि 26% घरेलू अपशिष्ट जल का उपचार किया गया है। निम्नलिखित तालिका से हमारे अपशिष्ट जल उत्पादन क्षमताओं और उपचार आधारभूत ढांचे की उपलब्धता में अंतर प्रदर्शित किया गया है:-

तालिका 1: अपशिष्टि जल उत्पादन एवं उपचार, स्रोत: जिंदल आईटीएफ 2011[7]

अवधि	अपशिष्ट जल उत्पादन (एमएलडी)	उपचारित अपशिष्ट जल (एमएलडी)
2004-05	26254	7044
2005-06	29129	6190
2007-08	33000	7044
2008-09	38254	11787
2009-10	41131	13066
2010-11	51232	14484

राजभाषा प्रश्न संख्याक 2015 [8] की जल विश्लेषण डाटा रिपोर्ट के अनुसार, भारत के अधिकतर राज्यों में पीने योग्य जल आर्सेनिक (As), फ्लोराइड (F), लवणता, नाइट्रेट एवं आयरन आदि से संदूषण है।

तालिका 2: भारत में विभिन्न संदूषकों से प्रभावित राज्य,

संदूषक	प्रभावित जनसंख्या (करोड़)	प्रभावित राज्यों की संख्या	राज्य का नाम
आर्सैनिक	1.66	6	पश्चिम बंगाल, पंजाब, असम, बिहार, उत्तर प्रदेश, कर्नाटक
फ्लोराइड़	8.89	19	राजस्थान, तेलेंगाना, कर्नाटक, पश्चिम बंगाल, महाराष्ट्, पंजाब, आन्ध्र प्रदेश, केरल, बिहार, मध्य प्रदेश, उत्तर प्रदेश, असम, हरियाणा, उड़ीसा, छत्तीसगढ़, गुजरात, उत्तराखण्ड, जम्मू कश्मीर, झारखण्ड,
आयरन	18.4	22	पश्चिम बंगाल, असम, त्रिपुरा, बिहार, पंजाब, केरल, उड़ीसा, छत्तीसगढ़, कर्नाटक, महाराष्ट्र, तमिलनाडु, नागालैण्ड, उत्तराखण्ड, उत्तर प्रदेश, तिलंगाना, मध्य प्रदेश, अरूणाचल प्रदेश, मेघालय, आन्ध्र प्रदेश, राजस्थान, जम्मू कश्मीर, हरियाणा, झारखंड
लवणीय	4.54	14	राजस्थान, महाराष्ट्र, तिलंगाना, केरल, उड़ीसा, आन्ध्र प्रदेश, कर्नाटक, उत्तर प्रदेश, पश्चिम बंगाल, तमिलनाडु, मध्य, प्रदेश, छत्तीसगढ़, हरियाणा, पंजाब, गुजरात
नाइट्रेट	2.52	14	राजस्थाटन, मध्य प्रदेश, कर्नाटक, पंजाब, तेलंगाना, केरल, गुजरात, नागालैण्ड, उत्तराखण्ड, उत्तर प्रदेश, आन्ध्र प्रदेश, उड़ीसा , पश्चिम बंगाल, तमिलनाडु

देश में दूषित जल को पीने योग्य बनाने के लिए तकनीकों को विकसत करने की तात्कालिक आवश्कयता है। नैनोप्रौद्योगिकी में जल की गुणवत्ता, उपलब्धता एवं जल संसाधनों की व्यवहार्यता जैसे निथारने की सामग्री (फिल्टरेशन मैटिरियल) जो विशिष्ट रूप से, जल के पुनरुपयोग, पुन: चक्रण (रिसाइक्लिंग) और विलवणीकरण को संभव बनाती है, के उपयोग द्वारा दीर्घकालीन समाधान उपलब्ध कराने की क्षमता है। [9, 10]

जल उपचार में नैनोटेक्नोलॉजी की क्षमता

नैनोप्रौद्योगिकी अपनी अंतर्निहित क्षमताओं के कारण जल धारा में अत्यंत सूक्ष्म स्तरीय संदूषकों एवं खतरनाक सामग्री का पता लगाया जा सकता है। भौगोलिक भिन्नताओं के साथ आविष तथा संदूषकों (टौक्सिन एंड कंटेमिनेन्ट्स) के स्तर बदलते रहते हैं किंतु नैनोप्रौद्योगिकी पर आधारित सेंसर सभी प्रकार की भौगोलिक दशाओं में व विभिन्ने प्रकार के संदूषकों की उपस्थिति का आसानी से पता लगा सकते हैं जो कि प्रारंभिक पारंपरिक शुद्धिकरण विधियों के द्वारा नहीं नापी जा सकती।

नैनोप्रौद्योगिकी फिल्टरेशन मैम्ब्रेन की विलवणीकरण क्षमता बढ़ा सकती है जिससे गंदे जल या समुद्री जल से कम कीमत पर पेय जल उपलब्ध कराया जा सकता है। नैनोप्रौद्योगिकी में अम्ल खनिज जल निकासी तथा अन्य औद्योगिक बहि: प्रवाहों (एफ्लूएंट्स) को बहुत कम कीमत पर उपचार करने की क्षमता है।

बीसीसी शोध (2011) के गहन विश्लेषण में वर्ष 2010 में जल उपचार प्रक्रियाओं में उपयोग किए गए नैनोप्रौद्योगिकी उत्पादों की वैश्विक कीमत 1.4 बिलियन डालर आंकी गई है।

विश्व में जल उपचार में उपलब्ध प्रमुख प्रौद्योगिकियां

अब विकसित एवं विकासशील देशों में कुछ अनुकूल मैम्ब्रेन प्रौद्योगिकियां विकसित की जा रहीं हैं जो विकसित और अल्पविकसित देशों की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए अत्यंत अनुरूप हैं।

तालिका 3: नैनो जल में उपलब्ध प्रमुख प्रौद्योगिकियां [11,12]

अधिशोषण	मेमब्रेन प्रोसेस	फोटोकैटा लाइसिस	डिसइंफैक्शन तथा माइक्रोवियल कंट्रोल	सेंसिग तथा मॉनीटरिंग
नैनोस्केल मेटल ऑक्साइड	जियोलाइट-कोटिड सिरेमिक मैमब्रेन्स	नैनो TiO_2	नैनो Ag	क्वांटम डॉटस
नैनोफाइवर विद कोर शैल स्टक्ट्रचर	इनऑगेनिक-ऑगेनिक टीएफएन मैमब्रेन्स	फयूलरेनस डेरिवेटिवस	कार्बन नैनोटयूव	नोबिल मैटल नैनो पार्टिकिलस
कार्बन नैनोटयूव	हाइब्रिड प्रोटीन पॉलीमर बायोमीट्रिक मैमब्रेन्स		नैनो Ag	डाइ डौपड सिलिका नैनोपार्टिकलस
	अलाइनड सीएनटी मैमब्रेन्स			कार्बन नैनोटयूव
	सेल्फ असेम्बलड वलाक कोपॉलिमर मैमब्रेन्स			मैगनेटिक नैनो पार्टिकिलस
	ग्रेफाइन आधारित मैमब्रेन्स			

शोध एवं विकास (आरएंडडी) वातावरण की वर्तमान स्थितिः भारतीय संदर्भ

1 नैनोप्रौद्योगिकी शोध एवं विकास का वातावरण

भारत ने नैनोप्रौद्योगिकी में क्षमता एवं सामर्थ्य पैदा करने के लिए बड़ा अभियान चलाया है। विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग ने वर्ष 2001 में 60 करोड़ रुपए (15 मिलियन यूएसडी) के आबंटन सहित नैनो विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी पहल (एनएसटीआई) कार्यक्रम की शुरूआत की तथा कार्यान्वित किया। वर्ष 2007 में इस कार्यक्रम को दूसरी बड़ी पहल जो कि नैनो मिशन के रूप में जानी जाती है, को 1000 करोड़ रुपए (250 मिलियन यूएसडी) के बजट सहित अगले पाच वर्ष के लिए मजबूत किया गया।

2 जल सेक्टर के लिए नैनोप्रौद्योगिकी शोध व विकास की पहल

जल सेक्टर की वृद्धि में नैनोप्रौद्योगिकी की प्रमुख भूमिका वाले विभिन्न क्षेत्रों को ध्यान में रखते हुए 11वीं योजना अवधि (वर्ष 2007-2012) में अधिक महत्वाकांक्षी कार्यक्रम और लक्ष्य निर्धारित किए गए। [13]

इस अवधि में, नैनोसामग्री और फिल्टरेशन प्रौद्योगिकियों का उपयोग करने वाली प्रक्रियाओं का उपयोग करके सस्ता एवं देशी शुद्ध पेय जल उपलब्ध कराने के उद्देश्य से जल प्रौद्योगिकी पहल आरंभ की गई। वर्ष 2007 में इस कार्यक्रम के आरंभ से लगभग 150 करोड़ रुपए के निधिकरण (फंडिंग) 145 परियोजनाओं की मंजूरी प्रदान की गई।[14] इस कार्यक्रम के तहत आर्सेनिक (As), फ्लूराइड (F), आयरन (Fe) तथा खारा जल और भारत के विभिन्न भागों में समुद्री जल के विलवणीकरण से संबंधित शोध कार्यो के लिए विभिन्नल संस्थानों को वित्तीभय सहायता प्रदान की गई। कुछ समय पहले वर्ष 2011 में विज्ञान और प्रौद्योगिकी विभाग (डीएसटी) ने 8 थीमैटिक यूनिट ऑफ एक्सिलेंसी की स्थावपना के लिए अनुदान की मंजूरी प्रदान की है। 12वीं पंचवर्षीय योजना (वर्ष 2013-2017) में जल सेक्टर जैसे मैम्ब्रेन प्रौद्योगिकियों और बायोसेंसर पर आधारित नैनोप्रौद्योगिकी में चुनौतियों का समाधान करने पर अधिक जोर दिया गया है।[15] इस समीक्षात्मक मोड़ पर यह महत्वपूर्ण है कि भारत के विभिन्न औद्योगिक क्षेत्रों में नैनोप्रौद्योगिकी में शोध और नवाचार की स्थिति का मूल्यांकन किया जाए।

3 नैनोप्रौद्योगिकी मार्केट

विभिन्न स्रोतों से शुद्ध पेय जल उपलब्ध कराने के लिए प्रौद्योगिकियां विकसित करने पर नैनोप्रौद्योगिकी में गहन शोध की जा रही है। भारत में अधिकतर शोध संस्थान जैसे, आईआईटी, बीएआरसी एवं आईआईएससी आदि नैनोपदार्थों के विकास और पारंपरिक शोधन

नैनो–प्रौद्योगिकियों में उनके समेकन में लगे हुए हैं। कुछ प्रमुख भारतीय शोध संस्थानों द्वारा विकसित नैनोपदार्थों की सूची तालिका 3 में दी गई है [16]

तालिका 4 : जल उपचार के लिए विभिन्न शोध संस्थानों में नैनोप्रौद्योगिकी शोध

प्रौद्योगिकी	अनुप्रयोग	संस्थान
आयरन ऑक्साइड	आयरन प्रथक्करंण	आईआईटी, खड़गपुर, भारत
कार्बन नैनोटयूब फिल्टर	टॉक्सिन प्रथक्कबरण	बनारस हिंदू विश्वफविद्यालय, भारत–रेनसीलर पॉलिटेक्निक यूएसए
कार्बन नैनोटयूब फिल्टर	पैथोजिन प्रथक्कलरण	भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र (बार्क) भारत
गोल्डप नैनोपार्टिकल्सक	पैथोजिन पता लगाना	अग्रकर अनुसंधान संस्थाटन
नैनोपार्टिकल्सन	टॉक्सिक धातु की खोज तथा प्रथक्करण	आईआईटी मुंबई
नैनोसेंसर	निम्ने स्तरर के टॉक्सिन का पता लगाना	आईआईटी दिल्ली

4. ग्रंथात्मक संकेतकों (बिब्लिपयोमीट्रिक इंडिकेटर्स) के द्वारा नैनो जल शोध का आकलनः प्रकाशन विश्लेषण

बूलियन स्ट्रिन्ग अन्वेषण श्रृंखला का उपयोग करके थॉमसन राइटर्स आईएसआई वैब ऑफ साइंस से नैनोप्रौद्योगिकी प्रकाशन डेटाबेस का संकलन किया गया। लेखक ने संबंधित साहित्य तथा विभिन्न लेखों, रिपोर्टों एवं समाचारों का गहन अधययन करने के पश्चात यह पता चला कि जल सेक्टर में नैनोप्रौद्योगिकी का नवाचार अनेक देशों का महत्वपूर्ण विषय बन गया है जो भविष्य में इस स्ट्रेटेजिक क्षेत्र में शोध प्रकाशनों द्वारा देखा जा सकता है। हमने इस विशिष्ट क्षेत्र में वर्ष 2000–2015 की अवधि के कुछ प्रकाशनों का विश्लेषण किया है।

तालिका 5: नैनो जल शोध प्रकाशन (2000-2015) में शीर्ष के 10 देश

क्रम सं	देश	प्रकाशनों की संख्या
1	यूएसए	174599
2	चीन गणराज्य	101303
3	जापान	47232
4	जर्मनी	44321
5	फ्रांस	34616
6	कनाडा	33366
7	इंग्लैंड	32674
8	भारत	32400
9	स्पेन	29280
10	आस्ट्रेलिया	26312

वैश्विक प्रकाशन प्रवृत्ति के संबंध में जल सेक्टर में भारत के नैनोप्रौद्योगिकी प्रकाशनों की जांच से वर्ष 2000–2015 की अवधि के लिए नैनोप्रौद्योगिकी की वृद्धि प्रदर्शित होती है। तालिका 4 से यह स्पष्ट है कि नैनोप्रौद्योगिकी जल शोध में भारत विश्व् के प्रथम 10 देशों में अपना स्थान बनाने में सफल रहा है। इस तीव्र गति से बढ़ते हुए और विस्तृत शोध क्षेत्र में नैनोप्रौद्योगिकी एक महत्वपूर्ण शोध का विषय बन गई है।

तालिका 5 में यह संकेत मिलता है कि जल सेक्टर में उपयोग में वर्ष 2000– 2015 की अवधि में नैनोप्रौद्योगिकी में भारत के प्रकाशन में बेहतर वृद्धि हुई है। साथ ही वर्ष 2015 में इस क्षेत्र में विश्व में दूसरा स्थान प्राप्त करके सर्वाधिक उत्पादक देश बन गया है। भारत ने भी इस क्षेत्र में वही प्रवृत्ति दर्शाई है तथा वर्ष 2015 में प्रतियोगी देशों– स्पेन, ऑस्ट्रे लिया, इटली, ब्राजील एवं दक्षिण कोरिया को पीछे छोड़ दिया है और शीर्ष के 10 उत्पादक देशों में अपना स्थान सुनिश्चित किया है।

संयुक्त राज्य अमेरिका (यूएसए) तथा चीन इस क्षेत्र में शोध प्रकाशन में सर्वाधिक उत्पादक देश बन गए हैं। वर्ष 2015 के प्रकाशनों के आधार पर भारत का अग्रणी देशों जैसे संयुक्त राज्य अमेरिका (यूएसए) चीन, जर्मनी और जापान के बाद पाचवां स्थान है। इससे यह प्रदर्शित होता है कि भारत आर्थिक विकास के लिए जरूरी चिंताओं तथा गुणवत्ता का जल प्राप्त करने के लिए स्थायी समाधान विकसित करने के हेतु निरंतर प्रयत्नशील

है। कुल मिलाकर, यदि हम वर्ष 2000–2015 के कुल प्रकाशनों पर ध्यान दें तो भारत शीर्ष के 10 देशों में 8वां स्थान प्राप्त करने में सक्षम है। [तालिका 5]

तालिका 6: वर्ष 2000–2015 की अवधि में भारत में नैनो जल शोध में सम्बद्ध शीर्ष संस्थान

क्र.सं.	संस्थान	प्रकाशन	कुल प्रकाशनों की प्रतिशतता
1	वैज्ञानिक तथा औद्योगिक अनुसंधान परिषद, भारत	16785	14-88%
2	भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान (आईआईटी)	15696	13-92%
3	भारतीय विज्ञान संस्थान (आईआईएससी), बेंगलूर	4260	3-78%
4	भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र (बीएआरसी)	3798	3-37%
5	बनारस हिंदू विश्वविद्यालय (बीएचयू)	2296	2-04%
6	दिल्ली विश्वविद्यालय	2110	1-87%
7	जादवपुर विश्वविद्यालय	2041	1-81%
8	अन्ना विश्वविद्यालय	1884	1-67%
9	अलीगढ़ मुस्लिम विश्वविद्यालय	1568	1-39%
10	कलकत्ता विश्वविद्यालय	1287	1-14%

बड़ी मात्रा में निधि उपलब्ध कराकर नैनोप्रौद्योगिकी के लिए एक नवाचार वातावरण तैयार करने हेतु बड़ा अभियान शुरू किए हुए भारत को लगभग 10 वर्ष से अधिक का समय हो गया है। इसके परिणामस्वरूप, अनेक संस्थान तथा नैनोप्रौद्योगिकी के ऐक्सिलेंसी सेंटर स्थापित किए गए। वे निरंतर विशिष्ट जरूरी चिंताओं पर कार्य कर रहे हैं। इसलिए यह उचित समय है कि प्रकाशनों के इम्पैक्ट तथा प्रभाव का मूल्यांकन किया जाए एवं इस क्षेत्र और बड़े वैज्ञानिक समुदाय में शोध संचालित किए जाएं। वैज्ञानिक इम्पैक्ट में उपयोगी प्रणाली साइटेशन की गणना है। किसी अकेले लेख की वैज्ञानिक मान्यता के महत्व का विश्लेषण करने के लिए यह सर्वोत्तम सामान्य प्रणाली है। हम ने देखा है कि भारत जल सेक्टर में नैनोप्रौद्योगिकी के उपयोग पर निरंतर पेपर प्रकाशित कर रहा है तथा अपने अंतरराष्ट्रीय प्रतिरूपों का सफलतापूर्वक धयान आकर्षित कर रहा है। तालिका 5 में शीर्ष के 15 देशों की सूची तथा वर्ष 2015 में साइटेशन गणना पर आधारित वैब ऑफ साइंस इंडैक्स से प्राप्त कुछ प्रभावी अकादमिक पत्रिका लेखों को प्रस्तुत किया गया है। भारत शीर्ष के 15 देशों में अपना स्थान प्राप्त करने में सक्षम है तथा प्रकाशन के लिए अच्छी साइटेशन प्राप्त कर रहा है। यद्यपि, साइटेशन इंडैक्स गुणवत्ता अथवा महत्व का सीधा मापदंड नहीं है तथापि यह वैज्ञानिक प्रभाव के प्रमात्रात्मक मूल्यांकन का रूप प्रस्तुत करता है। यह मूल्यांकन प्रवृत्ति की पहचान में योगदान करता है जो नैनोप्रौद्योगिकी शोध का क्षेत्र और केंद्र के मूल्यांकन की व्याख्या करता है।

तालिका 7: वर्ष 2015 में नैनोजल शोध प्रकाशन में उद्धृत पेपरों का शीर्ष 1% रखने वाले देश

क्र. सं.	देश	प्रकाशनों की संख्या
1	संयुक्त राज्य अमेरिका (यूएसए)	1352
2	चीन	816
3	जर्मनी	333
4	इंग्लैंड	308
5	फ्रांस	210
6	जापान	175
7	कनाडा	175
8	आस्ट्रेलिया	163
9	इटली	154
10	स्पेन	150
11	दक्षिण कोरिया	150
12	नीदरलैंड	144
13	स्विटजरलैंड	130
14	सिंगापुर	125
15	भारत	80

तालिका 8: वर्ष 2015 में नैनोजल शोध में उद्धृत पेपरों का शीर्ष 1% रखने वाले उत्पादक संस्थानों की सूची

क्र. सं.	संस्थान	प्रकाशनों की संख्या
1	वैज्ञानिक तथा औद्योगिक अनुसंधान परिषद, भारत	15
2	भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान (आईआईटी)	15
3	भारतीय विज्ञान संस्थान (आईआईएससी), बेंगलूर	5
4	इंडियन एसोसिएशन फॉर द् कल्टीवेशन ऑफ साइंस (आईएसीएस), जादवपुर	4
5	अखिल भारतीय आयुर्विज्ञान संस्थान (एम्स)	3
6	पब्लिक हैल्थ फाउंडेशन इडिया	3
7	विश्व स्वास्थ्य संगठन (डब्ल्यूएचओ)	2
8	मुंबई विश्वविद्यालय	2
9	टाटा इंस्टीटयूट ऑफ फंडामेन्टल रिसर्च	2
10	नैशनल इंस्टीटयूट ऑफ फार्मास्यूटिकल एजूकेशन रिसर्च	2
11	मौलाना आजाद नैशनल इंस्टीटयूट ऑफ टेक्नोलॉजी भोपाल	2
12	जवाहरलाल नेहरू सेंटर फौर एडवांस्ड साइंटिफिक रिसर्च	2

वैज्ञानिक तथा औद्योगिक अनुसंधान परिषद (सीएसआईआर) और भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान (आईआईटी) विभिन्न वैब ऑफ साइंस सब्जैक्ट कैटिगरीज में प्रभावी प्रकाशनों के प्रकाशन में निरंतर आगे बढ़ रहे हैं। वर्ष 2013 में शीर्ष 1% उद्धृत पेपर 80 पेपर थे जिनमें से 30 पेपर वैज्ञानिक तथा औद्योगिक अनुसंधान परिषद और भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थानों के थे। इस प्रकार दोनों संस्थान गुणवत्ता शोध में लगभग 37% का योगदान कररते हैं। भारतीय संस्थानों द्वारा प्रकाशन की प्रमुख विषय वर्ग कैमिस्ट्री मल्टीडिस्प्लिनरी, मैडिसिन जनरल, नैनोविज्ञान, साइंस नैनोप्रौद्योगिकी, पर्यावरण विज्ञान इत्यादि हैं। (तालिका 6)

तालिका 9: वर्ष 2015 में नैनोजल शोध में उद्धृत पेपरों का शीर्ष 1% रखने वाले उत्पादक संस्थानों की सूची

क्र.सं.	वैब ऑफ साइंस सबजैक्ट कैटिगरी
1	रसायन मल्टीडिस्पिलनरी
2	मैडिसिन जनरल इंटरनल
3	नैनोसाइंस नैनोटेक्नोलॉजी
4	मल्टीडिस्पिलनरी साइंसैज
5	मटीरियल साइंस मल्टीडिस्पिलनरी
6	फॉर्माकोलोजी फार्मेसी
7	फिजिक्स एप्लाइड
8	फिजिक्स एटोमिक मोलक्यूलर कैमिकल
9	कैमिस्ट्री फिजिकल
10	पर्यावरणात्मक विज्ञान

5. जल सेक्टर में नैनोप्रौद्योगिकी के विश्वसनीय विकास के लिए नीति वातावरण

नैनोप्रौद्योगिकी की दशा में सुधार तथा पर्यावरण की व्यवस्था से अनेक संगठन जुड़े हुए हैं; पर्यावरण एवं वन मंत्रालय, उर्वरक एवं रसायन मंत्रालय, स्वास्थ्य एवं परिवार कल्याण मंत्रालय तथा श्रम एवं रोजगार मंत्रालय। जल तथा वायु प्रदूषण रोकने तथा कम करने से जुड़ी नीतियों और कार्यक्रमों को लागू करने में पर्यावरण एवं वन मंत्रालय प्रमुख भूमिका निभा रहा है। वर्षों से इस मंत्रालय के उद्देश्यों की प्राप्ति के लिए अनेक कानून बनाए गए हैं, जिनमें से जल (प्रदूषण रोकथाम एवं नियंत्रण) अधिनियम, 1974 देश में प्रथम पर्यावरण विशिष्ट कानून है। पर्यावरण (सुरक्षा) अधिनियम, 1986, खतरनाक अपशिष्ट (प्रबंधन तथा व्यवस्था) अधिनियम/ संशोधन नियम 2000 अन्य विधियां हैं जो प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से जल प्रदूषण से सम्बद्ध हैं। देश में जल स्रोतों का प्रदूषण रोकने के लिए उद्योगों से निकलने वाले बहिप्रवाहों (एफ्लूएंट्स) के मानक निर्धारित करने के लिए केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण परिषद, पर्यावरण एवं वन

मंत्रालय की शीर्ष संस्था उत्तरदायी है। ये मानक न्यूनतम राष्ट्रीय मानक कहे जाते हैं। उर्वरक एवं रसायन मंत्रालय रसायनों की व्यवस्था करता है। इसका तात्पर्य है कि इस पर अनेक नैनोपदार्थों की व्यवस्था लागू हो सकती है। अंततः, श्रम एवं रोजगार मंत्रालय, श्रम सुरक्षा मानक, बाल एवं महिला श्रम नीतियां और कानून बनाता है जिससे कि ये नैनोप्रौद्योगिकी प्रयोगशालाओं के कर्मचारियों के लिए कारखाना और प्रयोगशालाओं की दशाओं के निर्धारण में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकें। इसके अलावा, भारतीय मानक ब्यूरो (बीआईएस) के पास सुरक्षा मानकों सहित नैनोटेक्नोलॉजी मानकों का भी उत्तरदायित्व है। भारत में, नैनोटेक्नोलॉजी और नैनोपदार्थों के लिए सुरक्षा मानकों का विकास पूरी तरह नवजात अवस्था में है। सामान्यतया, भारतीय मानक ब्यूरो (बीआईएस 2014) आईएसओ द्वारा निर्धारित सभी संस्तुतियों का पालन करता है। [17]

वर्ष 2005 में, आईएसओ ने एक समिति बनाई थी जिसमें निम्नलिखित चार समूह थे:

डब्ल्यूजी 1: नामावली तथा शब्दावली (एनटी)

डब्ल्यूजी 2: मीजरमेंट तथा करैक्टराइजेशन (एमसी)

डब्ल्यूजी 3: स्वास्थ्य सुरक्षा तथा नैनोटेक्नोलॉजी के पर्यावरणात्मक पहलू (एचएसई)

डब्ल्यूजी 4: मैटिरियल स्पेसिफिकेशन (एमएस)

आईएसओ दिशा-निर्देश तथा मानक निर्धारित करने में भारत सक्रिय है। आईएसओ तथा भारतीय मानक ब्यूरो के बीच बड़ा रास्ता एमटीडी 33 है, जो कि आईएसओ के संपर्क के रूप में कार्य करने हेतु भारतीय मानक ब्यूरो द्वारा स्थापित कार्यकारी समूह है। [18]

आईएसओ ने नैनोप्रौद्योगिकी के लिए 42 मानक निर्धारित किए हैं। इन मानकों को चार समूहों में बांटा जा सकता है। नामावली तथा शब्दावली के 10 मानक, मीजरमेंट तथा कैरेक्टराइजेशन के 15 मानक, स्वास्थ्य सुरक्षा एवं पर्यावरण के 13 और मैटिरियल स्पेसीफिकेशन के 4 मानक निर्धारित किए गए हैं।

स्वास्थ्य एवं सुरक्षा मानक मुख्य रूप से, नैनोपदार्थ जैसे चांदी, सोना, जिंक ऑक्साइड आदि के निर्माण, उनकी कैरेक्टराइजेशन, उनकी क्षमता तथा जोखिम मूल्यांकन से संबंधित हैं। चांदी, सोना एवं टाइटेनियम डाईऑक्साइड का उपयोग सामान्य रूप से भारत में वाटर फिल्टर बनाने के लिए किया जाता है। आईएसओ नैनोपदार्थों के लिए मैटिरियल सेफ्टी डाटा शीट का भी निर्माण कर रहा है। यह मुख्य रूप से, सुरक्षित तरीके से नैनोपदार्थों के साथ व्यवस्था अथवा कार्य करने हेतु प्रक्रिया के बारे में सूचना उपलब्ध कराता है तथा भौतिक आंकड़े (फिजीकल डाटा), (गलनांक (मैल्टिंग पोइंट), क्वथनांक (बौइंलिंग पोइंट) एवं ज्वलनांक (फ्लैश पोइंट) आदि) विषाक्तता, स्वास्थ्य प्रभाव, प्राथमिक उपचार, प्रतिक्रियाक्षमता, भंडारण, निपटान, सुरक्षात्मक उपकरण, तथा स्पिल हैंडलिंग प्रक्रियाओं की सूचना सम्मिलित है। भारतीय मानक ब्यूरो इन मानकों का उपयोग हमारे देश के पर्यावरण के अनुसार जल सेक्टर में नैनोप्रौद्योगिकी के लिए भारतीय मानक निर्धारित करने के लिए कर सकता है।

6. जोखिम विषमता एवं विद्यमान नियम-विनियम

नैनोप्रौद्योगिकी ने अपने विलक्षण गुणों के कारण विभिन्न क्षेत्रों में अनुप्रयोगों के लिए अधिक संभावना प्रदर्शित की है। ये असाधारण गुण मानव स्वास्थ्य तथा पर्यावरण पर नैनोप्रौद्योगिकी के प्रतिकूल प्रभावों के बारे में अविश्वास पैदा करने को भी प्रेरित करते हैं। क्योंकि ये गुण विपरीत दिशा में भी प्रदर्शित हो सकते हैं, इसका तात्पर्य है कि नैनोपदार्थों की कम मात्रा में भी प्रभावी विषाक्तता हो सकती है। लेकिन, पर्याप्त डाटा की कमी के कारण नैनोप्रौद्योगिकी तथा नैनोपदार्थों के जोखिम का आकलन करना अत्यंत कठिन है। मिश्रित इकोसिस्टम की प्रयोगशालाओं में नियंत्रित व्यवस्था में किए गए अधययन के परिणामों का निष्कर्ष निकालना कठिन है।

वर्षों से प्रदूषण कम करने के लिए अनेक विधियां तथा नियम बनाए गए हैं। भारत में, पर्यावरण एवं वन मंत्रालय, जल एवं वायु प्रदूषण की रोकथाम तथा कम करने से जुड़ी नीतियों और कार्यक्रमों को लागू करता है। जल (प्रदूषण रोकथाम तथा नियंत्रण) अधिनियम, 1974 देश में प्रथम पर्यावरण विशिष्ट अधिनियम है। इस अधिनियम के परिणामस्वरूप राज्य और केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण परिषद की स्थापना हुई। वर्ष 1981 में, वायु (प्रदूषण रोकथाम तथा नियंत्रण) अधिनियम बनाया गया।

जल (प्रदूषण रोकथाम तथा नियंत्रण) अधिनियम, 1974 के अस्तित्व में आ जाने के पश्चात, वर्ष 1974 में प्रथम नियामक कानून के रूप में वायु (प्रदूषण रोकथाम तथा नियंत्रण) अधिनियम, 1981 बनाया गया। उसके बाद पर्यावरण (सुरक्षा) अधिनियम, 1986 आदि बनाया गया। सभी सम्बद्ध विकास प्रक्रियाओं में पर्यावरण चिंता को समेकित करने के उद्देश्य से राष्ट्रीय पर्यावरण नीति भी बनाई गई। वर्तमान जल प्रदूषण रोकथाम तथा नियंत्रण अधिनियम की नैनोपदार्थों पर चर्चा करने के लिए निर्णायक सीमाएं और क्षमता है। नैनोकणों पर कानून बनाने से पहले मंत्रालय को यह दर्शाना होगा कि नैनोकणों के मानव स्वास्थ्य अथवा पर्यावरण पर संभावित प्रतिकूल प्रभाव हैं। संबंधित मंत्रालय को जल गुणवत्ता मानक तैयार करने की भी आवश्यकता है ताकि इसका नदियों में निपटान किया जा सके अथवा इसका कृषि भूमि में सिंचाई के स्रोत के रूप में उपयोग किया जा सके। इसके लिए जल में उल्लिखित नैनोकणों के सर्वज्ञात प्रभावों को शामिल करने वाले डाटाबेस तैयार करने की जरूरत होगी। जल में नैनोकणों का पता लगाने तथा मॉनीटरिंग के लिए वर्तमान प्रौद्योगिकियों पर प्रतिबंध विभिन्न परंपरागत नियामक मानकों को कार्यान्वित करने तथा लागू करने के लिए महत्वपूर्ण व्यवधान पैदा करता है। यदि जल संस्थाओं में सुविधाओं का उपयोग किया गया है अथवा नैनोकण ों का निर्माण किया गया है एवं इसके अपशिष्ट जल को बहाया जा रहा है तो केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण परिषद (पर्यावरण एवं वन मंत्रालय की एक शीर्ष संस्था) सुविध ाओं का निरीक्षण करने अपने अधिकार का प्रयोग कर सकती है, रिकॉर्ड मांग सकती है, मॉनीटरिंग कर सकती है और छोड़े गए नैनोकणों की प्रकृति की सूचना प्राप्त करने हेतु रिपोर्ट तैयार कर सकती है।

निष्कर्ष

उपर्युक्त् अध्ययन से यह निष्कर्ष निकलता है कि नैनोप्रौद्योगिकी में वैज्ञानिक और प्रौद्योगिकीय प्रगति में सहायता के लिए एक महत्वपूर्ण संस्था गत नेटवर्क तैयार करने हेतु सरकार सहायता उपलब्ध् कराए। सरकार को नैनोप्रौद्योगिकी के विकास के लिए विद्यमान वैधानिक ढांचें में नवीन जोखिम नीति तथा नियमों के साथ संशोधन करने की जरूरत है। सरकार को नैनोपदार्थो के उपयोग से होने वाले जोखिमों हेतु भी शोध की आवश्यंकता पर भी जोर देना चाहिए ताकि नैनोपदार्थों से संबंधित मैटिरियल सेफ्टी डाटाशीट तैयार किया जा सके जो कि अभी तक नैनोपदार्थ के लिए उपलब्ध नहीं है। नैनोपदार्थों को जोखिम-भरा (हैजर्डस वेस्टज) माना जाना चाहिए और निर्माण कंपनियां (इस समय पूरे देश में नैनोपदार्थ बनाने वाली 300 से अधिक कंपनियां हैं) नैनोपदार्थो को बनाने के दौरान उत्पान्नय होने वाले पदार्थों को जो कि जल की मुख्यधारा में निष्काषित किए जाते हैं, उनके नमूने लेकर मॉनीटरिंग करने की आवश्यकता को प्राथमिकता दी जानी चाहिए। नैनोप्रौद्योगिकी एक महत्वपूण र् प्रौद्योगिकी है जो कि जल संबंधी विभिन्न समस्याओं का समाधान करने की क्षमता रखती है जिसे निष्कर्ष में सुझाए गए विभिन्नि सुझावों को ध्यान में रखते हुए विकसित किया जाए।

लेखक इस शोध पत्र को हिंदी भाषा में प्रकाशित कराने में मिले मार्गदर्शन हेतु निस्टैड्स के वर्तमान निदेशक डा. प्रशांत गोस्वातमी जी का आभार व्यक्त करता है ।

संदर्भ (References):

[1]. UNICEF, *Diarrhoea: why children are still dying and what can be done.* http://www.unicef.org/media/files/Final_Diarrhoea_Report_October_2009_final. pdf, 2010.

[2] Research, A.G., (2011), *water and wastewater treatment opportunity in India.* 2011.

[3] Jha, A., K. Nagrath, and K. Vijaya Lakshmi, (2011), *Access to Safe Water: Approaches for Nanotechnology Benefits to Reach the Bottom of the Pyramid. Final Technical Report May 2011.*

[4] Balasubramaniam, H., (2014), *Treating india's wastewater: why inaction is no longer an option.*

[5] Research, A.G., *water and wastewater treatment opportunity in India.* 2011.
[6] Sustich, R.C., (2009), *Introduction: Water Purification in the Twenty-First Century-Challenges and Opportunities.* Nanotechnology Applications for Clean Water, NY, USA.
[7] ITF, J., (2011), *Private Sector Participation in the Water and Waste Water Industry.* Innovative Technologies in Water Sustainability, 2011.
[8] Central Ground Water Board, Ministry of Water Resources, Government of India. Annual Report, 2012-2013.
[9] Agarwal A. and Joshi H., (2010), Application of Nanotechnology in the Remediation of Contaminated Groundwater: short review. Recent Research in Science and Technology, 2(6), 51-57.
[10] Rajan C.S., (2011) Nanotechnology in Groundwater Remediation. International Journal of Environmental Science and Development, 2(3), 40-45.
[11] Hoek E. M. V., (2009), Pendergast M. T. M. and Ghosh A. K. Nanotechnology-Based Membranes for Water Purification, 2009.
[12] Qu X., Alvarez J. J. P. & Li Q. (2013), Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment.Water Research, Volume 47, pp. 3931-3946.
[13] Bhattacharya S., Shilpa and Bhati,M. (2012), China and India: The Two New Players in the Nanotechnology race, 93 (I), 59-87.
[14] Department of Science and Technology. (2007), Water Technology Imitative Programme, http://dst.gov.in/scientific-programme/t-d-wti.htm
[15] Department of Science and Technology, (2011), Nanomission Programme. http://nanomission.gov.in/
[16] Jha, A., K. Nagrath, and K. Vijaya Lakshmi, (2011) Access to Safe Water: Approaches for Nanotechnology Benefits to Reach the Bottom of the Pyramid. Final Technical Report May 2011.
[17] Bureau of Indian Standards. Retrieved from http://www.bis.org.in/sf/nano.htm.
[18] ISO Technical Committee Nanotechnology. (n.d.). Retrieved from http:www.iso.org/iso/standards_development/technical_comittees/list_of_iso_technical_committees/*iso_technical_committee.htm?commid=381983.*