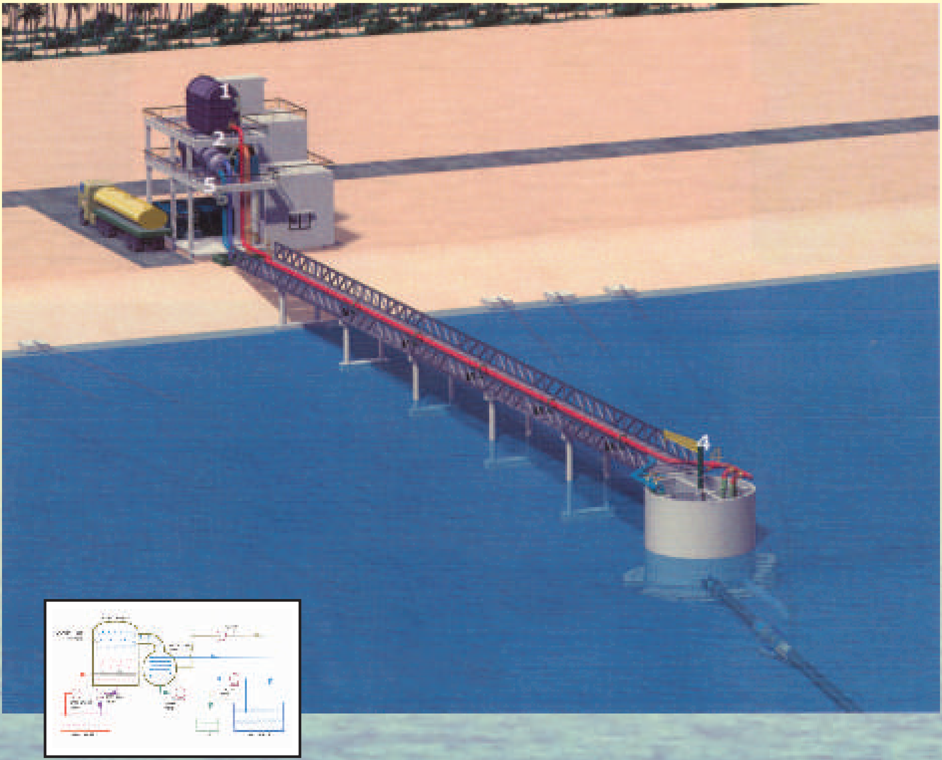
# विलवणीकरण

## (डिसेलिनेशन)



सत्यमेव जयते

**भारत सरकार**

पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय

नई दिल्ली–110003

©2006

पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय, भारत सरकार
नई दिल्ली–110 003

पुस्तक में संकलित लेखों की विषय वस्तु लेखक के अपने विचार हैं, इसमें दिए गए तथ्य उन्होंने अपने प्रयास से एकत्र किए हैं।

# विलवणीकरण

## (डिसेलिनेशन)

**संपादन**

मंजुला मेहता

**सहयोग**

शशिलता

**पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय**

ब्लॉक 12 सी. जी. ओ. कॉम्पलेक्स लोदी रोड

नई दिल्ली–110 003

सत्यमेव जयते

सचिव
SECRETARY
डॉ. प्रेम शंकर गोयल

भारत सरकार
पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय
महासागर भवन, ब्लॉक–12, सी.जी.ओ. कॉम्पलेक्स,
लोदी रोड, नई दिल्ली–110 003

GOVERNMENT OF INDIA
Ministry of Earth Sciences
'Mahasagar Bhawan' Block-12, C.G.O.
Complex, Lodhi Road, New Delhi-110 003

# संदेश

समुद्र हमारे जीवन चक्र को नियमित और संतुलित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। जागरूकता के इस दौर में समुद्र का महत्व दिनों–दिन बढ़ रहा है। विभिन्न वैज्ञानिक शोधों से यह साबित हो चुका है कि जहां एक ओर समुद्र में सुनामी, कैटरीना जैसे महाविनाशक तूफान और चक्रवात आते हैं वहीं दूसरी ओर समुद्र हमारे सामाजिक-आर्थिक संदर्भ में मनुष्य और प्राणी-जगत के लिए अत्यंत उपयोगी है। समुद्र की अमूल्य निधियों के बारे में हमारी जानकारी अभी तक सीमित है। ऐसी स्थिति में केवल ठोस योजनाएं बनाकर नई–नई तकनीकों के जरिए ही जनता को उपयोगी जानकारी और सुविधाएं उपलब्ध करायी जा सकती हैं।

बढ़ती जनसंख्या और इससे जुड़ी मांगों के मद्देनजर समुद्र से प्राप्त होनेवाले संसाधनों पर निर्भरता और अधिक बढ़ गई है। मनुष्य की पहली आवश्यकता पानी ही है जिसके अभाव की पूर्ति के लिए समुद्र ही एकमात्र आश्रय स्रोत रह गया है। वर्तमान में पानी की बढ़ती मांग की आपूर्ति के लिए विभिन्न विलवणीकरण तकनीकों का महत्व एवं प्रयोग काफी बढ़ गया है। मंत्रालय ने अपने चेन्नै स्थित स्वायत्त संस्थान के माध्यम से कावारत्ती क्षेत्र में विलवणीकरण संयंत्र लगाकर तटवर्ती क्षेत्रों में पानी की समस्या के निदान में विलवणीकरण तकनीक की उपयोगिता प्रमाणित कर दी है।

मंत्रालय ने समुद्र से जुड़े विषयों की जानकारी और उपयोगिता जन–जन तक पहुंचाने के उद्देश्य से 'विलवणीकरण' विषय पर चौदहवीं वैज्ञानिक हिन्दी संगोष्ठी आयोजित की। संगोष्ठी में प्रतिभागियों ने उक्त विषय पर शोध पत्र पढ़कर "विलवणीकरण" की परंपरागत

और नवीन तकनीकों की तुलनात्मक जानकारी हिन्दी माध्यम से प्रदान करायी। राष्ट्रीय हिन्दी संगोष्ठियों के माध्यम से समुद्र–विज्ञान से जुड़ी उपयोगी जानकारी आम लोगों तक पहुंचती है। साथ ही इससे हिन्दी का प्रचार प्रसार भी स्वतः सतत् रूप से होता है।

आशा करता हूं कि इस पुस्तक के लेखों से सभी लाभान्वित होंगे। साथ ही समुद्र में स्थित मानवोपयोगी संसाधनों के प्रति आम जनता और पाठकों की जागरूकता बढ़ेगी। पुस्तक में शामिल लेखों के लेखकों की मैं सराहना करता हूं जिन्होंने महत्वपूर्ण जानकारी को हिन्दी माध्यम से प्रस्तुत कर विज्ञान और प्रौद्योगिकी को जन–जन तक पहुंचाने का सराहनीय कार्य किया है।

हार्दिक शुभकामनाएं।

प्रेम शंकर गोयल

**(प्रेम शंकर गोयल)**

सत्यमेव जयते

प्रकाश कुमार
संयुक्त सचिव

भारत सरकार
पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय
महासागर भवन, ब्लॉक–12, सी.जी.ओ. कॉम्पलेक्स,
लोदी रोड, नई दिल्ली–110 003

GOVERNMENT OF INDIA
Ministry of Earth Sciences
'Mahasagar Bhawan' Block-12, C.G.O.
Complex, Lodhi Road, New Delhi-110 003

# प्राक्कथन

समुद्र अपनी विशालता, व्यापकता और समृद्धता के कारण आदि काल से ही आकर्षण का केन्द्र रहे हैं। संसाधनों से परिपूर्ण महासागर जीवन से जुड़ी कई संभावनाएं अपने में समेटे हुए हैं। वैज्ञानिकों ने नए-नए शोधों और अत्याधुनिक तकनीकों से समुद्र से स्वच्छ जल प्राप्त करने जैसी उपलब्धियाँ हासिल की हैं।

पानी हमारी जीवनचर्या का बहुत बड़ा एवं अहम् हिस्सा है। अपर्याप्त जल स्रोतों एवं उपभोग में अनियंत्रित वृद्धि के कारण पानी का अभाव दिन-ब-दिन गंभीर समस्या बनता जा रहा है। मानव की जीवन-यापन प्रणाली और समुद्र का गहरा संबंध है। पानी की इस समस्या के निदान के लिए विभाग ने समुद्र-विज्ञान के क्षेत्र में कार्यरत वैज्ञानिकों के सक्रिय सहयोग से उन्नत प्रौद्योगिकी और उपकरणों के जरिए समुद्र से प्राप्त जल को मीठे जल में परिवर्तित करने का महत्वपूर्ण कार्य प्रारंभ किया है।

मंत्रालय हर वर्ष हिन्दी माध्यम से राष्ट्रीय स्तर की वैज्ञानिक संगोष्ठी आयोजित करता रहा है। संगोष्ठी के लेखों का संकलन एक पुस्तक के रूप में किया जाता है। इस प्रकार मंत्रालय राजभाषा हिन्दी का प्रसार-प्रचार करने के महत्वपूर्ण दायित्व का निर्वाह कर रहा है। प्रस्तुत पुस्तक अक्तूबर 2005 में आयोजित संगोष्ठी के लेखों का सार्थक संकलन है।

आशा है कि इस पुस्तक के संबंध में आपकी टिप्पणियां और विचार हमें अवश्य प्राप्त होंगे।

(प्रकाश कुमार)

सत्यमेव जयते

दिनेश कुमार
निदेशक

भारत सरकार
पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय
महासागर भवन, ब्लॉक–12, सी.जी.ओ. कॉम्पलेक्स,
लोदी रोड, नई दिल्ली–110 003

GOVERNMENT OF INDIA
Ministry of Earth Sciences
'Mahasagar Bhawan' Block-12, C.G.O.
Complex, Lodhi Road, New Delhi-110 003

# निदेशक की कलम से

महासागर विकास मंत्रालय द्वारा "विलवणीकरण" विषय पर आयोजित चौदहवीं संगोष्ठी की कार्यवाही को पुस्तक रूप में आपके समक्ष रखते हुए मुझे अपार प्रसन्नता हो रही है। जनसाधारण की मूल आवश्यकता "जल" के संबंध में उपयोगी जानकारी को जनभाषा में उपलब्ध करवाना ही इस संगोष्ठी का उद्देश्य रहा है।

मुझे यह बताते हुए गर्व का अनुभव हो रहा है कि यह मंत्रालय हर वर्ष इस प्रकार की उपयोगी और महत्वपूर्ण जानकारी हिंदी में उपलब्ध करवाता रहा है। राष्ट्रीय स्तर की इस संगोष्ठी का आयोजन करने में हमें समय समय पर मंत्रालय के सचिव एवं संयुक्त सचिव से मार्गदर्शन एवं प्रेरणा मिलती रही। उनके महत्वपूर्ण योगदान के लिए मैं हार्दिक आभार व्यक्त करता हूं।

पुस्तक के संपादन एवं इसे उत्कृष्ट रूप में प्रस्तुत करने में मंत्रालय के राजभाषा अनुभाग ने बहुत मेहनत की है, जिसके लिए इस अनुभाग के सभी सदस्य सराहना के पात्र हैं। इस प्रयास को भविष्य में भी जारी रखने के लिए हार्दिक शुभकामनाएं।

(दिनेश कुमार)

सत्यमेव जयते

मंजुला मेहता
सहायक निदेशक (रा.भा.)

भारत सरकार
पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय
महासागर भवन, ब्लॉक–12, सी.जी.ओ. कॉम्पलेक्स,
लोदी रोड, नई दिल्ली–110 003

**GOVERNMENT OF INDIA**
**Ministry of Earth Sciences**
**'Mahasagar Bhawan' Block-12, C.G.O.**
**Complex, Lodhi Road, New Delhi-110 003**

# संपादकीय

भारत की सामासिक संस्कृति, इसका विविधतापूर्ण स्वरूप, इसकी बहुभाषिकता; इन सभी विविधताओं में राष्ट्रीयता का एक ही सूत्र है जो मेरा भारत महान कथन को चरितार्थ करता है। भाषाओं की अधिकता ने हिंदी के विकास में कोई बाधा उत्पन्न नहीं की है बल्कि पारस्परिक आदान-प्रदान के कारण हिंदी ने भारत की अधिकांश भाषाओं के शब्दरूपों को आत्मसात किया और परिणामस्वरूप हिन्दी और भी समृद्ध हो गई है। विज्ञान जगत भी अब हिन्दी से अछूता नहीं रहा है। कई वैज्ञानिक पत्रिकाएं हिन्दी का हिस्सा बन चुकी हैं। चलचित्र, मीडिया और इलेक्ट्रॉनिक क्षेत्र में हिन्दी के बढ़ते प्रयोग ने विदेशी भाषाओं के प्रभाव को काफी हद तक कम कर दिया है। यह सब हिन्दी में निहित सामर्थ्य शक्ति से ही संभव हो पाया है। आज वाणिज्य के साथ-साथ अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर भी हिन्दी अपनी गरिमा और सशक्त अभिव्यक्ति का परिचय दे चुकी है।

आज विज्ञान के इस युग में राजभाषा और ज्ञान-विज्ञान के क्षेत्र में सफल होने के लिए आवश्यक है कि हिन्दी ज्ञान-विज्ञान की अभिव्यक्ति का माध्यम बने। इसके लिए विज्ञान के क्षेत्रों में मौलिक लेखन और स्तरीय लेखों का अनुवाद आवश्यक है तभी विज्ञान जनमानस के लिए उपलब्ध हो सकेगा।

इसे ध्यान में रखकर मंत्रालय ने जल जैसी महत्वपूर्ण प्राकृतिक सम्पदा से जुड़ी "विलवणीकरण" प्रौद्योगिकी पर हिंदी माध्यम से संगोष्ठी आयोजित की। जल धरती पर जीवन-यापन की मूलभूत आवश्यकता है। इसके बिना सृष्टि की कल्पना भी नहीं की जा सकती। दिन पर दिन हो रही इसकी कमी को पूरा करने तथा सभी के जीवन के लिए स्वच्छ पानी उपलब्ध कराने के प्रयास

के रूप में “विलवणीकरण” प्रौद्योगिकी शुरू की गई है। “विलवणीकरण” अर्थात् पानी को लवणरहित करना। इस वैज्ञानिक प्रक्रिया द्वारा भारी मात्रा में पेय जल तैयार करके पीने के पानी की समस्या को काफी हद तक कम किया जा सकता है। पिछली संगोष्ठी में इसी प्रौद्योगिकी के संबंध में विस्तृत जानकारी प्रदान की गई है।

प्रस्तुत अंक में संगोष्ठी के प्रतिभागियों के लेखों को शामिल करके इस महत्वपूर्ण एवं उपयोगी जानकारी को आम जनता के लिए उपलब्ध कराया जा रहा है। मैं सभी प्रतिभागियों द्वारा इस पुस्तक को तैयार करने के लिए किए गए योगदान के लिए उनके प्रति हार्दिक आभार व्यक्त करती हूं।

यह अंक आपको सौंपते हुए मुझे बहुत प्रसन्नता हो रही है। हमें विश्वास है कि आपके सुझाव और शिकायतें मंत्रालय के आगामी संकलनों को बेहतर बनाने के लिए मार्गदर्शन करेंगे।

**(मंजुला मेहता)**

## विषय-सूची


| क्रम सं. | विषय | पृष्ठ-संख्या |
|---|---|---|
| 1. | निम्न तापमान वाला तापीय विलवणीकरण संयंत्र | 1–7 |
| 2. | तरंग चालित विलवणीकरण प्रणाली | 8–14 |
| 3. | नमकीन जल एवं समुद्र के पानी के विलवणीकरण के लिए केन्द्रीय नमक व समुद्री रसायन अनुसंधान संस्थान की स्वदेशी प्रतिवर्ती रसाकर्षण झिल्ली प्रौद्योगिकी | 15–26 |
| 4. | विलवणीकरण : वर्तमान स्थिति एवं भावी संभावनायें | 27–35 |
| 5. | निम्न तापमान वाला तापीय विलवणीकरण संयंत्र-तटीय पेय जल समस्या के लिए एक उदीयमान प्रौद्योगिकी | 36–42 |
| 6. | "विलवणीकरण" प्रक्रिया में आर्गो प्लव की महत्ता | 43–48 |
| 7. | जल का विलवणीकरण | 49–63 |
| 8. | भारतीय संदर्भ में विलवणीकरण : विस्तृत मूल्यांकन | 64–71 |

# निम्न तापमान वाला तापीय विलवणीकरण संयंत्र

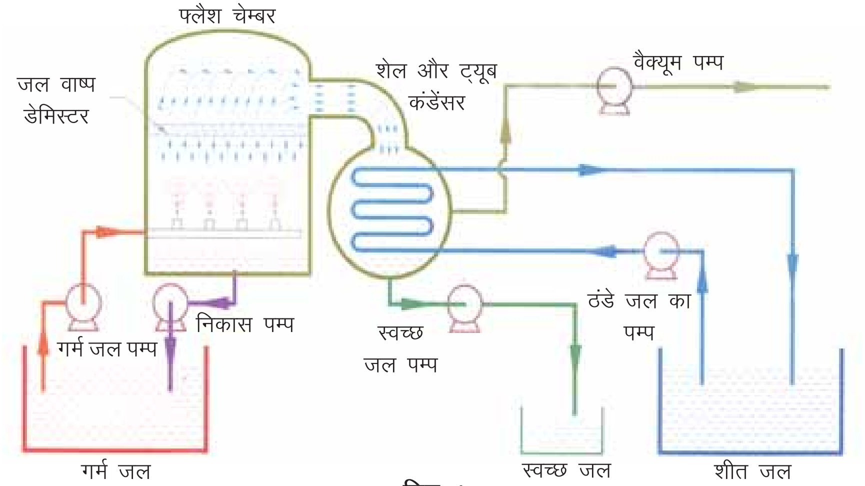
**पी. अरुण कुमार, वैज्ञानिक,**
**राष्ट्रीय समुद्र प्रौद्योगिकी संस्थान, चेन्नै**

आज विश्व के सामने पानी की कमी सबसे बड़ा संकट है। तेजी से बढ़ रही जनसंख्या के कारण प्रति व्यक्ति पानी के उपयोग में भी वृद्धि हो रही है। एक ओर मीठे पानी पर प्रदूषण का खतरा बढ़ रहा है। दूसरी ओर मीठे पानी के लिए बढ़ती मांग तथा जल की आपूर्ति में प्रदूषित जल की बढ़ती मात्रा के कारण आज विश्व के बहुत सारे देशों में पानी का संकट बढ़ता जा रहा है। अतः समुद्री जल को अलवणीकृत करने और मीठा पानी तैयार करने के लिए कई विलवणीकरण प्रक्रियाएं अपनाई गई हैं।

इन विलवणीकरण प्रौद्योगिकियों में आसवन (बहु-प्रभावी वाष्पीकरण एम.ई.डी.), बहुचरण फ्लैश (एम एस एफ) आसवन, वाष्पसंपीड़न (वी सी) तथा सौर आसवन प्रतिवर्ती परासरण, इलेक्ट्रो डायलीसिस, आयन विनिमय तथा प्रशीतित विलवणीकरण शामिल हैं। विलवणीकरण प्रक्रियाएं दो हैं: (i) तापीय प्रणालियां, जिनमें जलवाष्प उत्पन्न करने के लिए इसके क्वथनांक बिंदु तक जल गर्म करना होता है और (ii) झिल्ली प्रक्रियाएं, जिनमें स्वच्छ जल उत्पन्न करने के लिए जल अथवा लवण को हिलाने के लिए एक सापेक्ष रुप से पारगम्य झिल्ली का उपयोग किया जाता है।

विलवणीकृत पेय जल तैयार करने के लिए एल. टी. टी. डी. प्रौद्योगिकी का विशेष रूप से उपयोग करने के लिए तापीय क्षमता का दोहन करने और प्रौद्योगिकी परिस्थितियों का विश्लेषण करने के लिए एन.आई.ओ.टी. ने 5000 लीटर प्रतिदिन की क्षमता वाले प्रयोगशाला मॉडल का डिजाइन तैयार किया और बनाया। इस प्रयोगशाला में प्रौद्योगिकी विश्लेषण तथा प्रसंस्करण क्षमता सुनिश्चित की गई।

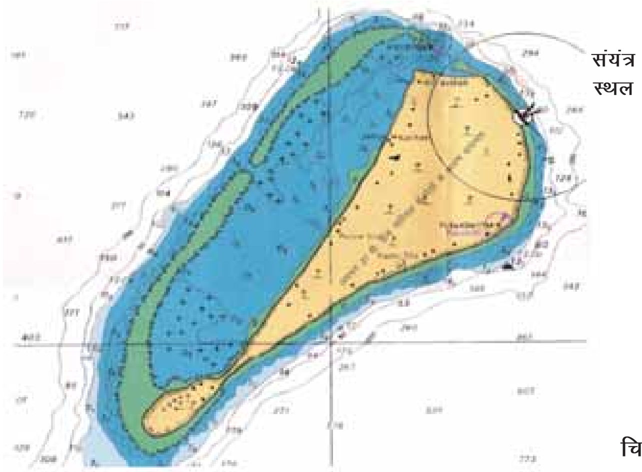
## शेल और ट्यूब कन्डेन्सर का प्रयोग करके निम्न तापमान तापीय विलवणीकरण संयंत्र




चित्र : 1

इस प्रौद्योगिकी में दो मुख्य उपकरण फ्लैश चेम्बर और संघनित्र होते हैं। फ्लैश चेम्बर में निर्वात स्थिति में गर्म समुद्री जल का वाष्पीकरण होता है और वाष्प संघनक में संघनित होकर मीठे जल में बदल जाता है।

### कावारती विलवणीकरण संयंत्र का स्थान




चित्र : 2

आकार 4.5 m (L) x 2.5 m (W) x 3.0m (H)
सामग्री – SS 316 L

फ्लैश वाष्पक

**चित्र : 3**

इस प्रौद्योगिकी के आधार पर एक लाख लीटर पेय जल बनाने के लिए एक संयंत्र डिजाइन किया गया और लक्षद्वीप द्वीपसमूह के कावारती में इसे स्थापित किया गया।

एल.टी.टी.डी. संयंत्र में फ्लैश चेम्बर, संघनित्र, हौदी और ट्रैसल आदि प्रधान उपकरण हैं। फ्लैश चेम्बर में उपरितल जल के पाइप अनुसंधान करते हैं। एक उपस्कर लगभग 4.5 मी. X 2.5मी. X 3.0मी. का होता है। इस फ्लैशचेम्बर में संपीड़न का नियंत्रण होता है।

संघनित्र

**चित्र:4**

संघनित्र में अनेक छोटी ट्यूब रहती हैं। ये ट्यूबें, कॉपर और निकेल से बनाई जाती हैं। संघनित्र में गहराई के पानी के पाइप अनुसंधान करते हैं। इसमें संपीड़न का नियंत्रण रहता है।

हौद और ट्रेसल दृश्य

**चित्र : 6**

समुद्र की लगभग 650मी. गहराई में एक हौदी बनाई गई। उस हौदी में दो भाग होते हैं। एक भाग में उपरितल जल और दूसरे में गहराई वाला पानी रहता है।

अपतट पर हौद निर्माण

**चित्र : 5**

प्रत्येक भाग में अंतर्जल पम्प रहता है। गहराई वाला पानी निकालने के लिए एक पाइप लगभग 350 मी. गहराई में लगाया जाता है और पाइप तथा हौदी को जोड़ा जाता है। पाइप को समुद्र से बाहर निकालने के लिए एक ट्रेसल बनाया जाता है। गर्म जल और ठंडे पानी का पाइप इसमें लगा हुआ होता है। इसी तरह पाइप के फ्लैशचेम्बर और संघनित्र को संयोजित किया जाता है।

पूरे संयंत्र का दृश्य

**चित्र : 7**

गर्मजल या समुद्र का उपरितल जल फ्लैशचेम्बर में फ्लैश होगा और स्वच्छ पानी गर्म होकर वाष्प बन जाएग। इस प्रकार वाष्प के रुप में प्राप्त जल संघनित होकर और तापमान के अनुपात से द्रवीभूत होकर स्वच्छ पानी बन जाता है। स्वच्छ पानी सुरक्षित टंकी में पहुंचाया जाता है।

पेयजल लेते हुए उत्साहित द्वीपवासी

**चित्र : 8**

इस प्रक्रिया में विसर्जित जल वापस समुद्र में चला जाता है।
इस संयंत्र का डिजाइन इस प्रकार है।

– स्वच्छ जल की उत्पादकता–एक लाख लीटर प्रतिदिन
– गर्म जल का तापमान–$29 \pm 1^\circ$ से.
– गहरे पानी का तापमान–$13 \pm 1^\circ$ से.
– ठंडे पानी की गहराई–350 मी.

**<u>प्रक्रिया पैरामीटर</u>**

| | | |
|---|---|---|
| – गर्म पानी की प्रवाह गति | : | 145 किलो./सैकेण्ड |
| – ठंडे पानी की प्रवाह गति | : | 185 किलो./सैकेण्ड |
| – गर्म जल पम्प बिजली | : | 2 किलोवाट |
| – ठंडा पानी पम्प बिजली | : | 25 किलोवाट |
| – स्वच्छ जल पम्प बिजली | : | 20 किलोवाट |
| – निर्वात पम्प बिजली | : | 15 किलोवाट |

संघनित्र ऊष्मा स्थानांतरण गुणांक : 1600 वाट/मी. इस संयंत्र के स्वच्छ जल का विश्लेषण हर घंटे में होता है।

**सफल कावाराती विलवणीकरण संयंत्र का चित्र**

गर्म जल का भरना — शीत जल का भरना
गर्म जल का निकलना — शीत जल का निकलना

**चित्र : 9**

**इस एल.टी.टी.डी. पद्धति की अनेक विशेषताएं हैं–**

1. पानी पहले गर्म करना मना है।
2. पानी की गुणवत्ता विश्व स्तरीय होती है।
3. वातावरण प्रदूषण नहीं रहता है।

10 मिलियन लीटर प्रतिदिन पानी तैयार करने वाले इस संयंत्र का डिजाइन एन.आई.ओ.टी. में तैयार किया गया है। बड़े संयंत्रों के आ जाने से जल की लागत 10 पैसे प्रति लीटर कम की जा सकती है।

कावाराती में एल.टी.टी.डी. संयंत्र सफलतापूर्वक शुरू किया जा चुका है। उत्तम गुणवत्ता वाले पेयजल की निरंतर बढ़ती मांग के समाधान की दिशा में यह एक महत्वपूर्ण प्रयास है।

**एन. आई. ओ. टी. स्थित प्रायोगिक सुविधा**

**चित्र : 10**

# तरंग चालित विलवणीकरण प्रणाली

**श्री सजीव, वैज्ञानिक–एफ,**
**राष्ट्रीय समुद्र प्रौद्योगिकी संस्थान, चेन्नै**

पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय के तत्वावधान में दोलायमान जल स्तंभ (Oscillating Water Column) सिद्धांत का प्रयोग करते हुए तरंग ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करने की परिकल्पना की गई और 1990 में आई.आई.टी. चेन्नै के अंतर विषयी ऊर्जा दल द्वारा विझिंझम में तरंग ऊर्जा संयंत्र का परीक्षण किया गया। यह महसूस किया गया कि इस ऊर्जा का प्रयोग किसी भार (लोड) को चलाने के लिए किया जा सकता है। इसके लिए, भार के रूप में विलवणीकरण संयंत्र को चलाने की योजना बनाई गई। यह प्रतिकूल परासरण (osmosis) आधारित विलवणीकरण संयंत्र है जिसकी क्षमता 100000 लीटर प्रति दिन है। इसका संचालन तरंग ऊर्जा प्रयोग करके किया गया। परीक्षणों में इस योजना को उपयुक्त पाया गया। इस प्रकार तरंग ऊर्जा संचालित यह योजना सफलतापूर्वक चल रही है और इससे अपेक्षित मात्रा में स्वच्छ जल प्राप्त हो रहा है जिसे स्थानीय समुदाय को उपलब्ध कराया जा रहा है।

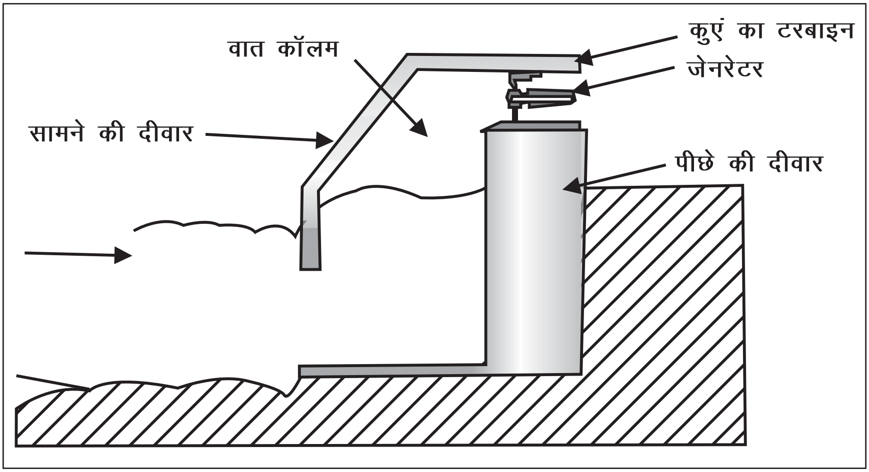
**तरंग ऊर्जा प्रणाली विझिंझम**

चित्र : 1

# दोलायमान जल स्तंभ
# (Oscillating Water Column)

आंशिक रूप से डूबा हुआ उपकरण तैयार किया गया, जिसे कैसोन कहते हैं और कैसोन समुद्र की ओर खुला हुआ रहता है। तरंग के प्रभाव से कैसोन के अंदर का जल ऊपर-नीचे होता है, इसके दोलायमान से (Oscillating) विपरीत दिशा में वायु का प्रवाह होता है। उससे टरबाइन चालू होता है। यह टरबाइन विद्युत यंत्र (Generator) से जुड़ा हुआ होता है और टरबाइन विद्युत यंत्र को चलाता है।

| | | |
|---|---|---|
| **टरबाइन** | – | **तकनीकी जानकारी** |
| टरबाइन | – | स्थिर गाइड वेन्स इम्पल्स टरबाइन (Fixed guide vanes Impulse Turbine) |
| उत्पादक यंत्र | – | 18 KW स्थिर कौनीक बिना प्रणाली उत्पादक यंत्र |
| परिणाम | – | प्रणाली को 300 AH बैटरी बैंक (Battery Bank) को चार्ज (Charge) करने के पश्चात् और 7 HP भार चलाने के पश्चात् स्थापित किया गया है। |




चित्र : 2

टरबाइन : स्थिर गाइड वेन्स इंपल्स टरबाइन

चित्र : 3

**टरबाइन : स्थिर गाइड वेन्स इंपल्स टरबाइन**

चित्र : 4

विलवणीकरण संयंत्र-तकनीकी जानकारी

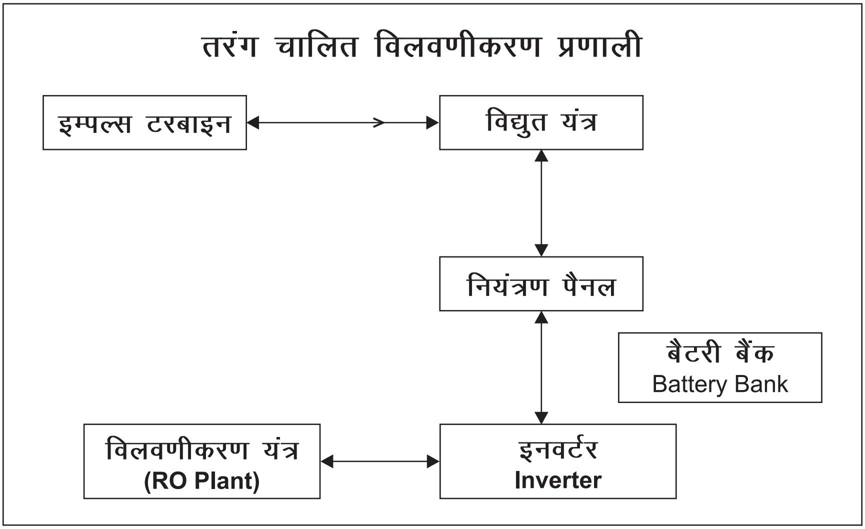
क्षमता-10000 लिटर प्रतिदिन

| | |
|---|---|
| समुद्र जल की उपयोग मात्रा | – 30–40 लिटर प्रति मिनट |
| स्वच्छ जल की उपयोग मात्रा | – 10–15 लिटर प्रति मिनट |
| कुल विलवणीकरण नमक | < 500 mg/ लिटर |

स्वच्छ जल को क्षेत्रीय अनुसंधान प्रयोगशाला में जांचा गया और इसे पीने योग्य पानी प्रमाणित किया गया।

**विलवणीकरण प्रणाली**

| क्रम | पैरामीटर | समुद्र जल | स्वच्छ जल |
|---|---|---|---|
| 1. | PH | 7.2 | 6.5-7.5 |
| 2. | कुल विलवणीकरण नमक<br>T.O.S. (MG/LTR) | 35000 | <500 |
| 3. | कुल कठोरता MG/LTR<br>Total Hardness | 2000 | <300 |
| 4. | कुल क्षारीयता<br>Total Alkalinity | 272 | <200 |
| 5. | स्वच्छ जल मात्रा<br>(Water Production Capacity) | | 10 LPM |


तरंग चालित विलवणीकरण प्रणाली
इम्पल्स टरबाइन
विद्युत यंत्र
नियंत्रण पैनल
बैटरी बैंक
Battery Bank
विलवणीकरण यंत्र
(RO Plant)
इनवर्टर
Inverter

चित्र : 5

टरबाइन – स्थिर गाइड वेन्स इम्पल्स टरबाइन
वेग – 1500 rpm
बाह्य व्यास – 1 मीटर
आंतरिक व्यास – 0.7 मीटर

## आल्टरनेटर (Alternator)

आल्टरनेटर यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं।
–18 KW स्थिर गाइड वेन्स परिवर्तनीय वेग आल्टरनेटर
–न्यूनतम वेग – 240 rpm
उच्चतम वेग – 1000 rpm
स्थिर डी.सी. उत्पाद – 130v (400-1000 rpm)

## बैटरी बैकप (Battery Back-up)

तरंग ऊर्जा की उन्नत अवस्था में बैटरी बैंक चार्ज हो जाता है और तरंग ऊर्जा की निम्न अवस्था में बैटरी बैंक निस्सरण (discharge) होता है।

120V/300AH VLRA बैटरी
**चित्र : 6**

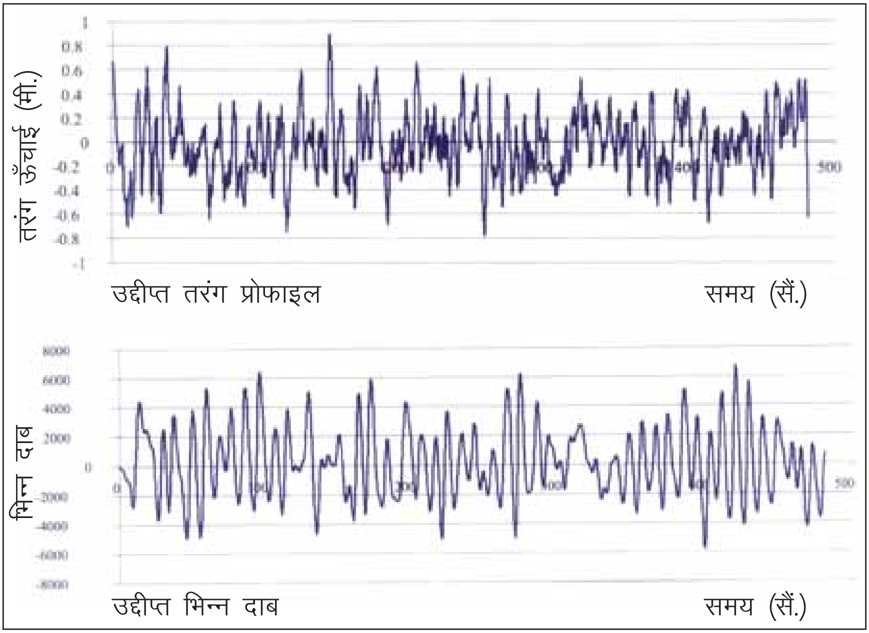
**कार्यप्रणाली (Methodology)**

- उद्दीपन और विश्लेषण (Stimulation and Analysis)
- प्रयोगशाला परीक्षण (Laboratary Testing)
- चालू करना (Commisioning)
- कार्य विश्लेषण (Performance Analysis)

**उद्दीपन और विश्लेषण**

मेटलैब (Matlab) सॉफ्टवेयर की सहायता से डरबैन, आल्टरनेटर इत्यादि का काल्पनिक उद्दीपन किया गया। डरबैन की वेगता, शक्ति (Power), आल्टरनेटर विद्युत संचालन शक्ति इत्यादि पैरामीटर (Parametre) उद्दीपन मॉडल की सहायता से तैयार किया गया।

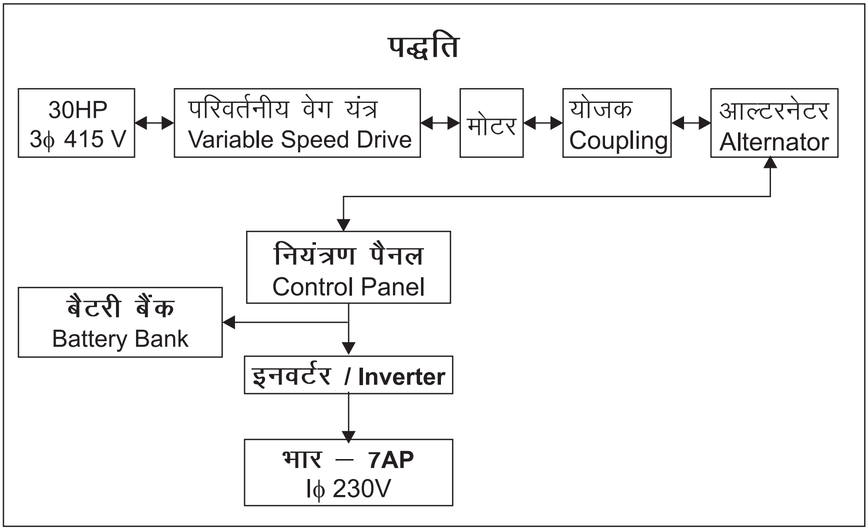
**उद्दीपन मॉडल टरबाइन आल्टरनेटर**




**चित्र :7**

## प्रयोगशाला परीक्षण पद्धति
## (Laboratary Testing Scheme)

- आल्टरनेटर, बैटरी, इनवर्टर इत्यादि का प्रयोगशाला में परिवर्तनीय वेग यंत्र की सहायता से परीक्षण किया गया।




**निष्कर्ष**
**(Conclusion)**

- तरंग ऊर्जा से चालित विलवणीकरण पद्धति सफलतापूर्वक चालू की गई।
- BIS मानक के अनुसार स्वच्छ जल को पीने वाला पानी घोषित किया गया।
- प्रणाली की कार्यक्षमता का विश्लेषण किया गया।

# नमकीन जल एवं समुद्र के पानी के विलवणीकरण के लिए केन्द्रीय नमक व समुद्री रसायन अनुसंधान संस्थान की स्वदेशी प्रतिवर्ती रसाकर्षण झिल्ली प्रौद्योगिकी

**ए प्रकाश राव,**

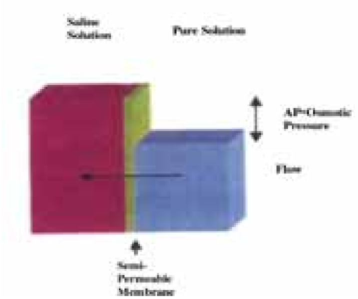
**केन्द्रीय नमक व समुद्री रसायन अनुसंधान संस्थान, भावनगर**

भारत जैसे देश के लिए, पानी जीवन आधार के रूप में अत्यंत महत्वपूर्ण है। यद्यपि बढ़ते हुए आर्थिक तथा औद्योगिक विकास के साथ परिस्थिति इतनी भयंकर हो गई है कि नित्य बढ़ती हुई जनसंख्या के लिए पेयजल के स्रोतों का आवाह्‌न करना पड़ रहा है। भारत के शुष्क एवं तटीय क्षेत्रों राजस्थान, तमिलनाडु, आंध्रप्रदेश तथा गुजरात राज्यों में पानी का अभाव बढ़ता जा रहा है, कई जगह पर लोग 2000 से 3000 टीडीएस वाला पानी पीते हैं जो अनुज्ञेय सीमा से कई गुना ज्यादा है। शहरी क्षेत्रों में भूमिजल स्रोतों के अधिकतम उपयोग के परिणामस्वरूप अब समुद्रीजल में हस्तक्षेप के कारण अपक्षारीकरण प्रौद्योगिकी की मांग निरंतर बढ़ रही है। औद्योगिकीकरण एवं शहरीकरण की बढ़ती हुई वृद्धि दर के फलस्वरूप विपुल मात्रा में बहिःस्राव (एफ्लुन्टस) का उत्पादन होता है, जिनको फिर से पुनःचालित करने की आवश्यकता है। नमकीन जल को उपचारित करके विद्युत उत्पादन क्षेत्रों तथा कृषि क्षेत्रों की आवश्यकताओं को पूर्ण करना पड़ेगा। आज ऐसी परिस्थिति में लोगों की पेयजल की मांग तथा उद्योगों की पानी की मांग के साथ उपरोक्त आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए केवल आर ओ प्रौद्योगिकी ही योग्य वैकल्पिक स्रोत लगता है। आर ओ तकनीक में अर्द्धपारगम्य झिल्ली का उपयोग हो रहा है जो सिर्फ पानी में से खारापन (NaCl) ही नहीं बल्कि भारीपन, आर्सेनिक, फ्लोराइड तथा नाइट्रेट जैसे विषैले घटकों को भी दूर करने में सक्षम है। आर ओ तकनीक के द्वारा पानी में से क्षार के अलावा विषाणु तथा जीवाणु भी दूर किया जा सकता है।

**आर ओ प्रक्रिया के सिद्धांत :–**

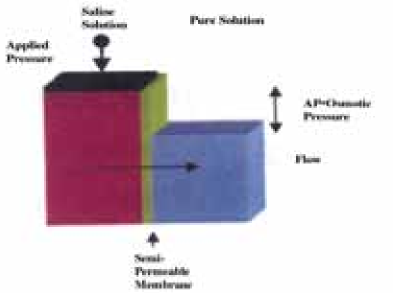
जब अर्द्धपारगम्य झिल्ली द्वारा शुद्ध जल तथा नमकीन जल अलग होता है, तब सहज रूप से शुद्ध जल झिल्ली में से प्रवाहित होता है और नमकीन जल की सांद्रता कम करता है। यह प्रक्रिया रसाकर्षण के रूप में जानी जाती है। नमकीन जल खंड पर रसाकर्षी के दाब के समान संतुलित दाब डालकर इस प्रवाह को बंद किया जा सकता है। नमकीन जल खंड पर अधिक उच्च दाब डालने से सहज रसाकर्षी प्रवाह उलट जाता है और झिल्ली द्वारा नमकीन जल में से शुद्ध जल छनकर प्रवाहित होता है तथा अच्छी गुणवत्तावाला पानी उत्पादित होता है। यह प्रक्रिया प्रतिवर्ती रसाकर्षण (आर ओ) के नाम से प्रचलित हुई है।

**रसाकर्षण**




**पानी का प्राकृतिक प्रवाह**

**प्रतिवर्ती रसाकर्षण**

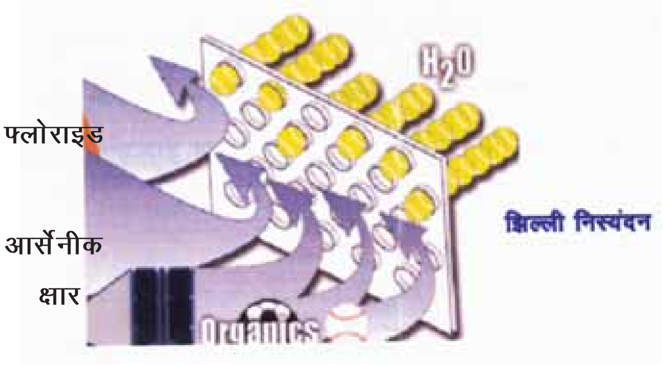



**चित्र : 1**

पानी शुद्धिकरण के लिये अपक्षारीकरण सहित सभी समस्याओं का सही निराकरण करने के लिए केन्द्रीय नमक व समुद्री रसायन अनुसंधान संस्थान ने ऐसी झिल्लियों एवं उचित अपक्षारीकरण उपकरणों के निर्माण की तकनीकी जानकारी तैयार की है।

## आर ओ प्रक्रिया के लाभ :–

1. यह संघटित एवं परिचालन में सरल है।
2. निस्यंदन प्रक्रिया से विपरीत, यह एक परिवेशी तापमान प्रक्रिया है जिसमें क्रमावस्था (फ्रेज) में परिवर्तन किए बगैर नमकीन घोल से क्षार अलग होता है।
3. ऊर्जा की कम खपत–10,000 पीपीएम वाले नमकीन जल के अपक्षारीकरण के लिये 3 किलोवाट प्रति 1000 लीटर तथा समुद्रीजल के अपक्षारीकरण के लिए प्रति 1000 लीटर 8 किलोवोट ऊर्जा की आवश्यकता रहती है। भविष्य में अच्छी झिल्लियों के उपयोग से ऊर्जा खपत भी विशेष रूप से कम हो सकती है।
4. यह प्रक्रिया क्षार दूर करने के उपरांत पानी में स्थित (यदि हो तो) भारीपन, फ्लोराइड, जीवाणु, विषाणु भी दूर करती है।
5. यह उपकरण स्वदेशी सामग्री द्वारा बनाया जा सकता है तथा स्थानीय लोगों द्वारा परिचालित किया जा सकता है।
6. इसका निर्वाह खर्च काफी कम है।
7. यह प्रक्रिया परिवेशी तापमान पर परिचालित होती है इसलिये संक्षारण समस्या कम है।




चित्र : 2

**प्रयुक्त झिल्ली सामग्री :–**

आर ओ तकनीक में उपयोगी अर्द्धपारगम्य झिल्ली, सेल्युलोज एसीटेट, पोलीएक्रिलोनाइट्रेट, पोलीएमाइड्स, पोलीसल्फोन जैसे विविध बहुलकों से बनाई जाती है। अद्यतन पतली संघटित फिल्म (टीएफसी) झिल्ली के लिए अव्यूत (बिना बूना हुआ) पोलीस्टर पर पोलीसल्फोन के सरंध्री आधार पर ढाला जाता है तथा उसके ऊपर क्षार अस्वीकृत करनेवाले पोलीमाइड का अत्यंत पतला स्तर एरोमेटीक डायएमाईन एवं त्रिस्तरीय एसीड क्लोराइड जैसे माध्यम से किया जाता है।

भारत में इस तरह की स्वदेशी झिल्ली केवल केन्द्रीय नमक व समुद्री रसायन अनुसंधान संस्थान द्वारा ही विकसित की गई है। जिसका उपयोग नमकीन एवं समुद्रीजल के अपक्षारीकरण तथा गंदे पानी के प्रबंध के लिए किया जा सकता है। झिल्ली का टिकाउपन, पानी की उत्पादन क्षमता, ज्यादा क्षार की अस्वीकृति, आदि में सेल्युलोज झिल्लियों की तुलना में पतली संघटित फिल्म झिल्ली विशेष लाभप्रद है। संस्थान ने सर्पिल संयंत्र में उपयोग के लिए 1मी x 50 मी की पतली संघटित झिल्ली बनाने की तकनीकी जानकारी विकसित की है। संस्थान ने इस तकनीकी जानकारी के आधार पर नमकीन जल के अपक्षारीकरण के लिये कुछ प्लान्ट स्थापित किये हैं।

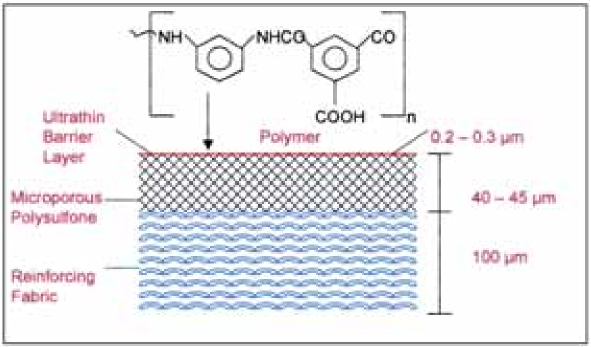
**केन्द्रीय नमक व समुद्री रसायन अनुसंधान संस्थान द्वारा विकसित पतली संघटित फिल्म के गुणधर्मः–**

संस्थान द्वारा विकसित पतली संघटित फिल्म झिल्ली, 100$\mu$m अव्युत स्थूल पोलीइस्टर कपड़े पर 40–50$\mu$m स्थूलतावाले सूक्ष्मसरंध्री पोलीसल्फोन की ढलाई की जाती है जिस पर 0.16–0.20$\mu$m का अतिपतला स्तर होता है। पोलीसल्फोन आधार पर, पोलीएमाइड का

धारक आवरण और ट्राइसीड क्लोराइड के साथ एरोमेटिक डायएमानई के माध्यम से बनाया गया है।

पतली संघटित फिल्म झिल्ली का लाभ उसकी रासायनिक संरचना पर है लेकिन उसके महत्त्वपूर्ण गुणधर्म हैं जैसे कि रसायन स्थिरता, सामान्य दाब पर उच्च प्रवाह तथा उच्च क्षार अस्वीकृति और अन्य जैविक आक्रमणों को सहने की क्षमता है। इससे ये झिल्लियाँ 0° से. से 40°से. तापमान तथा 2 से 12 पी एच तक सतत कार्य कर सकती हैं। एरमाइडस की तरह यह सामग्री क्लोरीन तथा अन्य ओक्सीडन्ट का कम मात्रा में प्रतिरोध करती है।

ऐसी झिल्ली मॉडल बनाने की तकनीक विकसित करने के लिए (1) सरंध्र मोलीसल्फोन झिल्ली की ढलाइ तकनीक (2) पतली फिल्म का आवरण लगाने की तकनीक (3) निदर्शन की पुनः उत्पादनक्षमता स्थापित करने के परीक्षण के लिये विभिन्न आकार के मॉडल बनाना आदि अनुसंधान एवं विकास कार्य आवश्यक थे।

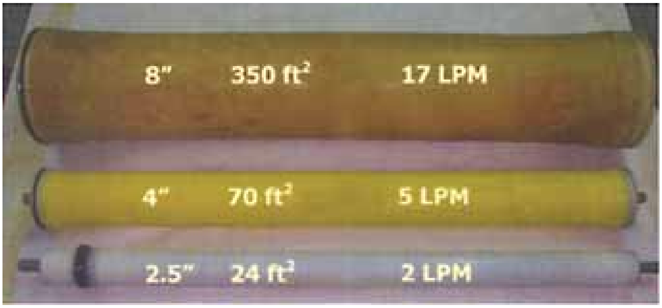



टीएफसी झिल्ली विन्यास रेखा

**चित्र : 3**

**हमारा दृष्टिकोण / दिशानिर्देशः—**

- ग्रामीण तथा तटीय क्षेत्रों के लिए उचित आर ओ अपक्षारीकरण प्रौद्योगिकी का विकास
- इतना सरल कि कम कुशल व्यक्ति भी इसे चला सके।
- विभिन्न क्षमता तथा प्रभावशाली अग्र उपचारवाले संतुलित (मजबूत) प्लान्ट डिज़ाइन
- स्थानीय परिस्थितियाँ तथा उपलब्ध सुविधाओं में कार्यक्षम प्लान्ट बनाना
- एक ही स्तर पर समुद्रीजल के अपक्षारीकरण के लिए आर ओ झिल्ली विकसित करना




केन्द्रीय नमक व समुद्री रसायन अनुसंधान संस्थान द्वारा संशोधित मोड्युल्स

**चित्र : 4**

## आर ओ प्लान्ट का परिचालन खर्चः–

नमकीन जल/समुद्रीजल के अपक्षारीकरण हेतु आर ओ प्लान्ट के खर्च में विद्युत, झिल्ली, स्थानांतरण कीमत, रसायन कीमत तथा मानवश्रम सम्मिलित हैं। नमकीन जल का शुद्ध जल में परिवर्तन का परिचालन खर्च लगभग 30 रू./1000 लीटर तथा समुद्रीजल को पेयजल में परिवर्तन का खर्च 80 रू./1000 लीटर होता है। ऊर्जा का विद्युत खर्च नमकीन जल के लिये 35% है जबकि समुद्रीजल के लिए परिचालन खर्च का लगभग 70 प्रतिशत ऊर्जा में खपत होता है।

## अद्यतन विकास एवं क्षेत्र संस्थापन :–

लम्बे समय तक अध्ययन करने के उद्देश्य से राजस्थान में प्रोटोटाइप आर ओ प्लान्ट, डीएसटी प्रायोजित प्रोजेक्ट के अंतर्गत अगस्त 2004 में राजस्थान के झूंझनू जिले के किसारी गाँव में 2000 लीटर/घण्टा की क्षमतावाला प्लान्ट स्थापित किया गया। यह प्लान्ट सेन्ड फिल्टर, कार्टीलेज फिल्टर, बूस्टर पम्प, हाइप्रेसर पम्प, झिल्ली कक्ष तथा कंट्रोल पेनल से बना है। इस प्लान्ट में 4" व्यास x 1 मीटर के आकार वाले टीएफसी झिल्ली से बने छः सर्पिल संयंत्र हैं। जहां प्लान्ट रूम, पानी की अच्छी संपूर्ति, संपूरक वीज प्रवाह तथा भंडार टेन्क उपलब्ध हों ऐसी जगह पर आर ओ प्लान्ट लगाया गया। राजस्थान में स्थापित किया गया प्लान्ट नमकीन जल को 90 प्रतिशत उपचारित करके पेयजल उत्पादित करता है। उल्लेखनीय बात तो यह है कि यहां संपूरित नमकीन जल में फ्लोराइड एवं नाइट्राइट विशेष मात्रा में है। इन जोखिमकारक तत्वों को भी इस आर ओ प्रक्रिया द्वारा दूर किया गया है। इस प्लान्ट के सफल परिचालन के दो वर्ष पूरे होने पर हमारे संस्थान को राजस्थान के किसारी गांव के लोगों, स्वैच्छिक संस्थाओं तथा लोक स्वास्थ्य अभियंता की ओर से भरपूर प्रशंसा प्राप्त हुई है। इस प्लांट के सफल परिचालन के दो वर्ष पूरे होने

किसारी गांव राजस्थान स्थित आर ओ का पानी अपक्षारीकरण के लिए प्लान्ट

**चित्र : 5**

तथा गाँव को उपलब्ध लाभ के स्मरणोत्सव के रूप में इसकी प्रतिपुष्टि की विडियो सीडी तैयार की गई जिसको दूरदर्शन के टर्निंग प्वाइंट कार्यक्रम में प्रसारित किया गया।

## नमकीन जल को उपचारित करने हेतु एयरफोर्स स्टेशन, उत्तरलाड, बाड़मेर (राजस्थान) में आर ओ प्लान्ट की स्थापना :–

राजस्थान के बाड़मेर-उत्तरलाड के भारतीय एयरफोर्स सेन्टर में करीब 8000 जनसंख्या है तथा वहाँ पानी की समस्या विकट है। एक ही कुएं से जो पानी मिलता है वह भी खारा तथा फ्लोराइडयुक्त है। यह पानी लगभग 3000 पीपीएम क्षारयुक्त तथा फ्लोराइड युक्त (2.2 पीपीएम) है। इस केन्द्र की पेयजल जरूरत को पूरा करने के उद्देश्य से एयरफोर्स स्टेशन में नमकीन जल को पेयजल में परिवर्तित करने के लिये 1800 ली. प्रति घण्टे की क्षमतावाला आर ओ प्लान्ट लगाया गया। यह प्लान्ट (एयरफोर्स द्वारा जिसे "गंगा" नाम दिया गया है।) 200 पीएसआई दाब पर, 90-92 प्रतिशत क्षार एवं फ्लोराइड हटाकर, 250 पीपीएम टीडीएसवाला पेयजल उपलब्ध कराता है। इस उत्पादित जल को बोतलों में भरकर एयरफोर्स स्टेशन के कर्मचारियों को वितरित किया जाता है। पानी की बढ़ती हुई मांग को ध्यान में रखते हुए हाल ही में 2500 ली. प्रति घण्टा की क्षमतावाला दूसरा प्लान्ट 2 सितम्बर 05 में स्थापित करके चालू किया गया है। यह प्लान्ट 8" व्यासवाले दो झिल्लियों के मोड्युल के साथ परिचालित है।

नमकीन जल के अपक्षारीकरण के लिए उत्तरलाड (बाड़मेर) में प्लान्ट

**चित्र : 6**

## सीपीसीएल, चैन्नई में 1 मीलियन लीटर/दिन की क्षमतावाला आर ओ प्लान्टः—

चैन्नई स्थित सीपीसीएल में, गंदे पानी (सीवेज) को उपचारित करने के लिये हमारे संस्थान द्वारा स्वदेशी सामग्री से विकसित पतली संघटित फिल्म (टीएससी) झिल्लीवाला प्रोटोटाइप आर ओ यूनिट का वर्ष 2000 में निदर्शन किया गया। चैन्नई में इस प्रौद्योगिकी का निर्दशन, इस प्रौद्योगिकी के वाणिज्यिक उपयोग का मंगलाचरण साबित हुआ। इस प्लान्ट के लिए सेन्टर फोर हाइ टेकनोलोजी, नई दिल्ली द्वारा, स्वदेशी झिल्ली पर आधारित एक मिलीयन लीटर प्रति दिन की क्षमतावाले प्लान्ट को स्थापित करने के लिए 60 लाख का प्रोजेक्ट प्रायोजित किया गया। इस प्रोजेक्ट के लिए संस्थान ने 2000 चौ. मी. की पतली संघटित फिल्म झिल्ली का उत्पादन किया जो बाद में सर्पिल संयंत्र में गोल लपेटा गया। सीपीसीएल में यह प्लान्ट नवम्बर 2003 में लगाया गया और इसमें 200 मीमी (8" व्यास) x 1मी. आकार के सर्पिल मॉड्युल लगाये गये हैं। इस प्लान्ट द्वारा 2000 पीएसआइ दाब पर 75 प्रतिशत उत्पादित जल की पुनः प्राप्ति की जा रही है। हमारे संस्थान द्वारा लगाये इस आर ओ प्लान्ट द्वारा 2000 पीपीएम वाले संपूरित जल में से 150 पीपीएम वाला उत्पादित जल प्राप्त होता है। क्षार हटाना, उत्पादन दर तथा पुनः प्राप्ति की दृष्टि से आयाती झिल्लियों की तुलना में हमारी संस्थान की स्वदेशी झिल्ली का कार्य संतोषजनक रहा।

स्वदेशी झिल्ली का कार्य निदर्शन आयाती क्षमता समतुल्य है।

सीपीसीएल चैन्नई में 1 एमएलडी गंदे पानी के अपक्षारीकरण के लिए स्थापित केन्द्रीय नमक व समुद्री रसायन अनुसंधान संस्थान झिल्ली तथा प्लान्ट डिजाइन पर आधारित आर ओ प्लान्ट सहभागी सीएचटी तथा सीपीसीएल से (नवम्बर 2003 से) कार्यरत है।

**चित्र : 7**

## तमिलनाडु रामनाथपुरम जिले के इरवडी में कम खर्चवाले आर ओ प्लान्ट की स्थापनाः—

जब ग्रामीण स्तर पर, हमारे अपक्षारीकरण प्लान्ट, 4" व्यास मोड्यूल पर आधारित थे, तब सेन्टर फोर हाइटेकनोलोजी, नई दिल्ली द्वारा प्रायोजित 8" वाले मोड्युल प्लान्ट की सफलता ने हमे ग्रामीण स्तरीय प्लान्ट को अधिक सरल तथा सस्ता बनाने की संभावना का परीक्षण करने के लिये प्रेरित किया। मई 2004 में 1000 ली./घण्टे की क्षमतावाला ऐसा पहला प्लान्ट रामनाथपुरम

रामनाथपुरम के नेलमदूर गांव में समुद्रीजल जैसे नमकीन भूमिजल के अपक्षारीकरण के लिए 2000 लीटर प्रति घंटा की क्षमतावाला दो स्तरीय समुद्रीजल अपक्षारीकरण प्लान्ट

**चित्र : 8**

जिले के इरवडी गाँव में लगाया गया। हाल में यह प्लान्ट 7000 पीपीएम टीडीएसवाले जल को उपचारित करके प्रतिदिन 6-7 घण्टे के दौरान 6000 लीटर शुद्ध पानी का उत्पादन करता है। इस प्रोटोटाइप यूनिट का निर्माण खर्च, मानवश्रम और लगभग 3.5 लाख रूपये का होता है।

## नालगोन्डा में चलित आर ओ यूनिट द्वारा पेयजल से फ्लोराइड हटाने के बारे में निदर्शनः—

राजस्थान के किसारी गाँव में टीडीएस के साथ फ्लोराइड तथा नाइट्रेट की समस्या के निराकरण में सफलता के बाद 500ली/घण्टा की क्षमतावाला आर ओ यूनिट मोबाइल वैन में लगाया गया और आन्ध्रप्रदेश के नालगोंडा के छः गाँवों (15,000 जनसंख्या) में फ्लोराइड से दूषित जल को उपचारित करने में इसका उपयोग किया गया। हाल में इन गाँवों की पेयजल की मांग हैदराबाद शहर से पूरी की जाती है क्योंकि इन छः गाँवों में प्राप्त पानी 3.0-6.0 पीपीएम फ्लोराइड युक्त है इसलिये पीने योग्य नहीं है। प्रत्येक गाँव में दो घण्टे तक आर ओ प्लान्ट का परिचालन निदर्शन किया गया तथा सभी गाँवों में टीडीएस तथा फ्लोराइड अस्वीकृति 85-90 प्रतिशत के क्रम में मिली (सीजीडब्ल्यू का वैज्ञानिकों द्वारा तत्काल विश्लेषण) 4" आकार के दो मोड्युल द्वारा उत्पादित जल दर 8ली/मिनिट था। गाँववाले बहुत अधिक आभार व्यक्त कर रहे थे। वैज्ञानिक तथा औद्योगिक अनुसंधान परिषद के भूमिगत जल के नेटवर्क कार्यक्रम के अंतर्गत एक बड़ा यूनिट स्थापित करने का प्रस्ताव है।

| स्थल | वीजवाहकता | | फलोराईड पीपीएम | |
|---|---|---|---|---|
| | फीड | फैलाव | फीड | फैलाव |
| वैलपल्ली | 2500 | 500 | 6.50 | 0.88 |
| गट्टुपाल | 670 | 75 | 4.50 | 0.44 |
| पट्टापका | 2300 | 330 | 0.90 | 0.10 |
| येलेमकन्ना | 4800 | 527 | 3.00 | 0.45 |
| कालावाकुन्टले | 1875 | 241 | 4.00 | 0.53 |

आन्ध्रप्रदेश के नोलगांडा के नमकीन एवं फ्लोराईड से अत्यंत दूषित जल का टीएफसी झिल्ली वाले आर ओ प्लान्ट द्वारा फ्लोराईड विहीन करने की प्रक्रिया का प्रदर्शन

## समुद्री जल का द्विस्तरीय अपक्षारीकरणः–

चित्र : 9

यद्यपि समुद्रजल का अपक्षारीकरण परंपरागत रूप से, समुद्रीजल झिल्ली मोड्युल द्वारा उच्च दाब पर एक स्तर पर किया जाता है पर यह महसूस किया गया कि नमकीन जल का झिल्ली मोड्युल द्वारा कम दाब पर द्विस्तरीय अपक्षारीकरण गाँव वालों के लिये उचित विकल्प रहेगा। ऐसे प्लान्ट के कुछ अन्य फायदे भी हैं, जैसे कि सस्ती सामग्री और फलस्वरूप निम्न मूलधन, तदुपरांत ग्रामीण पर्यावरण में निम्न दाब पर परिचालन विशेष रूप से सुरक्षित होगा। जहाँ पेयजल संभरण की विकट समस्या है तथा समुद्रीजल के अपक्षारीकरण के लिये अन्य लोगों द्वारा लगाये गये आर ओ प्लान्ट से संतुष्ट नहीं है वैसे स्थानों के लिये उक्त प्रस्ताव के बारे में रामनाथपुरम के समाहर्ता से परिचर्चा की गई। नालमदूर गाँव में मई 2004 में एक प्रोटोटाइप यूनिट स्थापित किया गया जो 7-8 घण्टे में 4000 लीटर पेयजल का उत्पादन करता है। प्रारंभिक सफलता के बाद अधिक विकसित रूप के साथ दो स्तरीय परिचालन प्रक्रिया द्वारा 1000ली/घण्टा क्षमतावाले प्लान्ट का डिजाइन बनाकर निर्माण किया गया तथा पहले स्थापित छोटे दो स्तरीय आर ओ प्लान्ट की जगह पर लगाया गया। परिशोधित प्लान्ट जुलाई 2005 से कार्यरत है तथा 10 घण्टे में समुद्रीजल को उपचारित करके 10,000 लीटर पेयजल का उत्पादन करता है। रामनाथपुरम समाहर्ता तथा विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग, नई दिल्ली की सहभागिता में रामनाथपुरम जिले में ऐसे चार प्लान्ट लगाने का प्रस्ताव है।

## प्राकृतिक आपदा के दौरान पेयजल प्रबंधनः–

सुनामीग्रस्त क्षेत्रों में आर ओ प्लान्ट का स्थापन, क्योंकि अंडमान-निकोबार द्वीपसमूह पर सुनामी संकट के बाद समुद्रीजल तथा तलछट (सेडीमेन्ट) से दूषित होने के कारण ज्यादातर पेयजल के स्रोत कुएं आदि अनुपयोगी हो गये थे।

अतः पेयजल की समस्या अत्यंत विकट हो गई थी। ऐसी परिस्थिति में केन्द्रीय नमक व समुद्री रसायन अनुसंधान संस्थान के विशेषज्ञ वैज्ञानिक समूह ने प्रभावित क्षेत्रों की स्थिति देखकर दो आर ओ प्लान्ट स्थापित किये। पहला प्लान्ट, 24 जनवरी 2005 को कार

निकोबार द्वीप के एयरफोर्स स्टेशन में 3000 पीपीएम क्षारवाले दूषित जल को उपचारित करने के लिये लगाया गया। यह प्लान्ट 1500 ली/घण्टा की दर से 60 प्रतिशत प्राप्ति के साथ 200 पीपीएम क्षारवाला पेयजल उत्पादन करता है। दूसरा प्लान्ट केम्पबेल बे द्वीप पर 31 जनवरी 05 को 15000 पीपीएम क्षारवाले दूषित जल को उपचारित करने के लिये लगाया गया। यह प्लान्ट 1200 ली/घण्टा की दर से, 33 प्रतिशत क्षमता से पेयजल उत्पादन करता है। परिणामतः शुद्ध जल सत्त रूप से एक टेन्क में प्रवाहित होता है जहाँ से पाइपलाइन द्वारा द्वीपवासियों को वितरीत किया जाता है। हमने सुनामी संकट के एक मास बाद एक और प्लान्ट नागापट्टीनम (अक्कारपईपेटई गाँव) में स्थापित किया है। 2000 ली/घण्टा की क्षमतावाला यह आर ओ प्लान्ट 6000 पीपीएम क्षारवाले कुंए के दूषित जल को उपचारित करता है और प्रतिदिन 300–350 पीपीएम क्षारवाले 20,000 लीटर पेयजल का उत्पादन करता है।

सुनामीग्रस्त केम्पबेल में 31 जनवरी 2005 को संस्थान द्वारा 15000 पीपीएम क्षारवाले नमकीन जल में से 1200 लीटर प्रति घण्टा पेयजल की क्षमतावाला प्लान्ट पूरे गाँव की (5000 जनसंख्या) पेयजल की आवश्यकता को पूरा करता है।

**चित्र : 10**

## तकनीकी शब्दावली

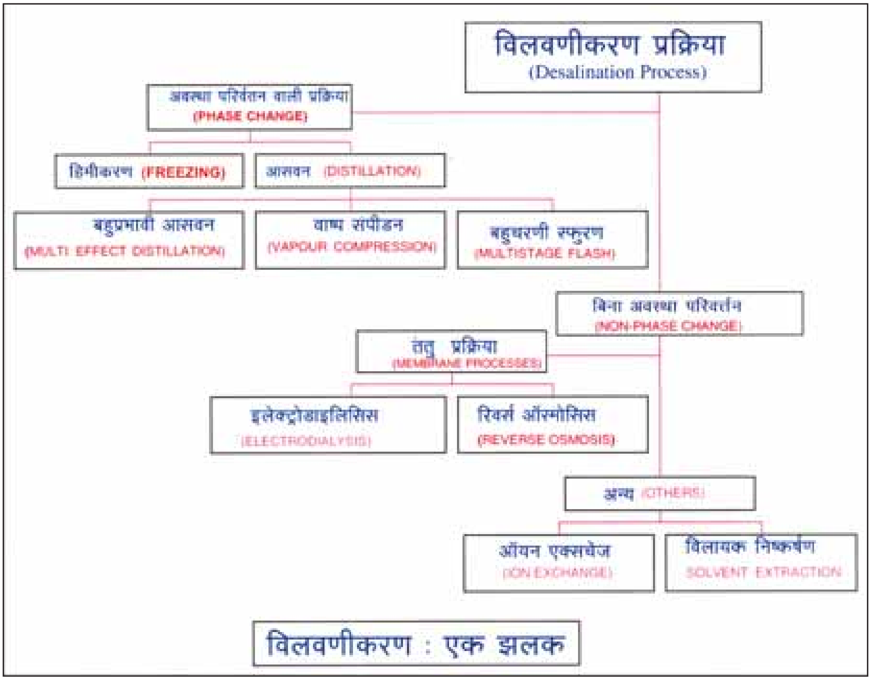
1. Osmosis = रसाकर्षण
2. Reverse Osmosis = प्रतिवर्ती रसाकर्षण
3. Desalination = अपक्षारीकरण
4. Membrane = झिल्ली
5. Semi-permeable membrane = अर्द्धपारगम्य झिल्ली
6. External pressure = बाह्य दाब
7. Brackish water = नमकीन जल
8. Seawater = समुद्रीजल
9. Saline water = नमकीन जल
10. Potable water = पेयजल
11. Salt rejection = नमक अस्वीकृति
12. Recovery = पुनः प्राप्ति
13. Plant capacity = प्लान्ट की क्षमता
14. Parameter = प्राचल
15. Concentration = सांद्रता
16. Energy = ऊर्जा
17. Indigenous = स्वदेशी
18. Modelling = निदर्शन

# विलवणीकरण : वर्तमान स्थिति एवं भावी संभावनायें

**मणिभ प्रकाश, चैतन्य श्रीवास्तव वरि.अभियंता**
**भारत हेवी इलैक्ट्रिकल्स लिमिटेड, नई दिल्ली**

**धरा के चहुं ओर है पानी ही पानी**
**फिर भी जन–जन मांगे पानी।**

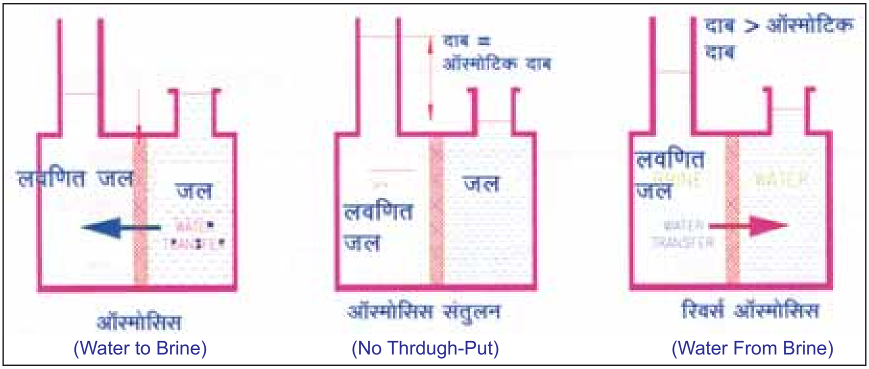
क्या है इसका समाधान? अथाह जलनिधि के जल के विलवणीकरण के रूप में हमारे पास इसका एक समाधान है। विलवणीकरण द्वारा समुद्री या अन्य लवणित जल को लवणविहीन कर हम उसे वांछित शुद्धि–सीमा के अंतर्गत लाकर कार्योपयोगी बना देते हैं। इस प्रक्रिया की अनेक विधियां हैं, जैसे–तापीय विलवणीकरण, रिवर्स ऑस्मोसिस, ऑयन एक्सचेंज इत्यादि। विलवणीकरण प्रक्रिया की विभिन्न विधियों को निम्न रेखाचित्र से समझा जा सकता है।



विलवणीकरण : एक झलक

## रिवर्स ऑस्मोसिस

रिवर्स ऑस्मोसिस का माध्यम एक तंतु है जो केवल लवणविहीन जल को ही एक तरफ जाने देता है। इस प्रक्रिया में दाब बल द्वारा जल को तंतु पर आक्षेपित किया जाता है।



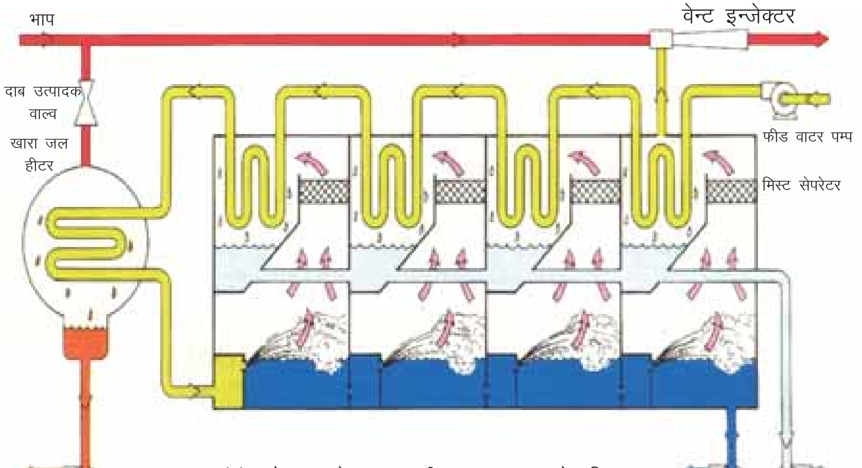

रिवर्स ऑस्मोसिस का रेखांकन

खोखले सूक्ष्म तंतु का आवर्धित दृश्य

## तापीय विलवणीकरण

तापीय विलवणीकरण में खारे पानी को उच्च दाब पर वाष्पित कर उसे निम्न दाब की एक इकाई में ले जाते हैं जहाँ इस वाष्प के संघनन द्वारा शुद्ध जल की प्राप्ति होती है। नाभिकीय ऊर्जा घरों में इस प्रणाली का उपयोग ज्यादा प्रभावी है। तापीय विलवणीकरण की एक विधि बहुचरणी स्फुरण का सैद्धांतिक निरूपण निम्न रेखाचित्र में है। इसके अलावा तापीय विलवणीकरण की अन्य विधियाँ तापीय दाबीकरण, निर्वात वाष्पीकरण इत्यादि हैं।

**बहु-स्तरीय फ्लैश कैसे काम करता है।**



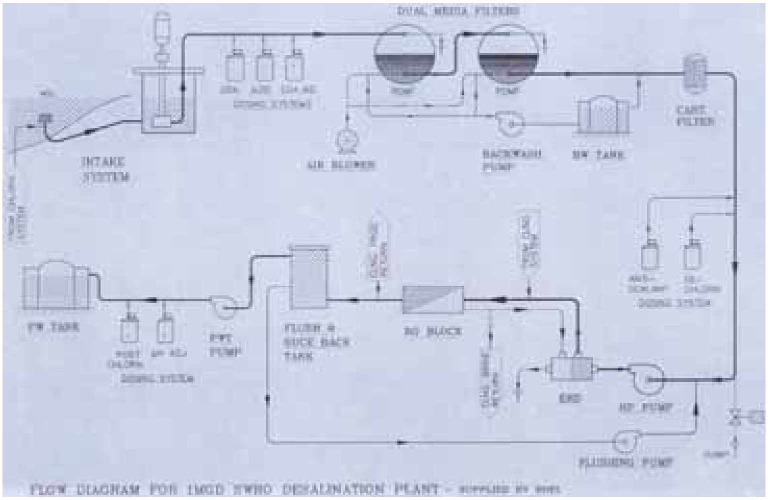

एमएसएफ संयंत्र से गुजरने वाला प्रतीकात्मक प्रवाह रेखचित्र

**बहुचरणी स्फुरण**

## बी.एच.ई.एल. के अनुभव

ताप विद्युत ऊर्जा संयंत्रों को चलाने हेतु बड़ी मात्रा में पानी की आवश्यकता होती है। विद्युत संयंत्रों में लगे अनेकों महत्वपूर्ण उपकरणों व निकायों हेतु खनिज रहित पानी की आवश्यकता होती है। अतः तटीय क्षेत्रों में लगे ऊर्जा संयंत्रों के लिए समुद्री पानी के खारेपन को दूर करने हेतु बी.एच.ई.एल. ने विलवणीकरण संयंत्र विकसित किये हैं। बी.एच.ई.एल. के पास खारे व समुद्री पानी के लिए रिवर्स ऑस्मोसिस प्रक्रिया पर आधारित संयंत्र लगाने की क्षमता है। साथ ही इन संयंत्रों के परिचालन व रखरखाव संबंधी कुशलता व क्षमता भी बी.एच.ई.एल. के पास है। 1999 में बी.एच.इ.एल. ने 1 मेगा गैलन प्रतिदिन की

क्षमता का रिवर्स ऑस्मोसिस संयंत्र स्थापित किया है जो कि पीने योग्य जलापूर्ति हेतु इस प्रकार का देश का सबसे बड़ा संयंत्र है। इस संयंत्र का संकल्पनात्मक प्रक्रिया रेखाचित्र निम्नवत है।




1 एमजीडी एसडब्लूआरओ विलवणीकरण संयंत्र का प्रवाह रेखाचित्र–वीएचईएल द्वारा आपूरित

तमिलनाडु के रामनाथपुरम जिले में पीने के पानी हेतु लगा 1 मेगा गैलन प्रतिदिन क्षमता वाला समुद्री जल विलवणीकरण संयंत्र

1 एमजीडी समुद्री जलापूर्ति निकाय

1 एमजीडी जलापूर्ति पम्प

1 एमजीडी-द्विमाध्यम फिल्टर

1 एमजीडी-डोजिंग निकाय

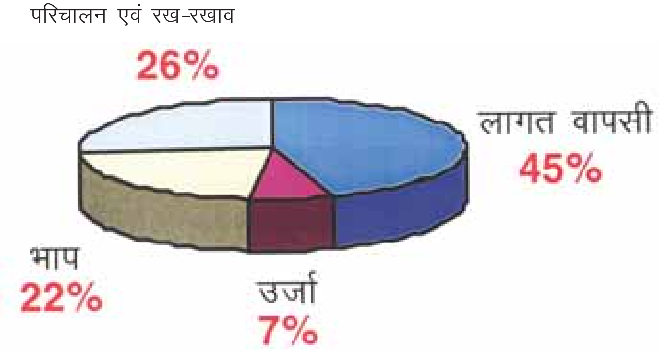
1 एमजीडी-कार्टिज फिल्टर

1 एमजीडी-मेमब्रेन रैक असेम्बली

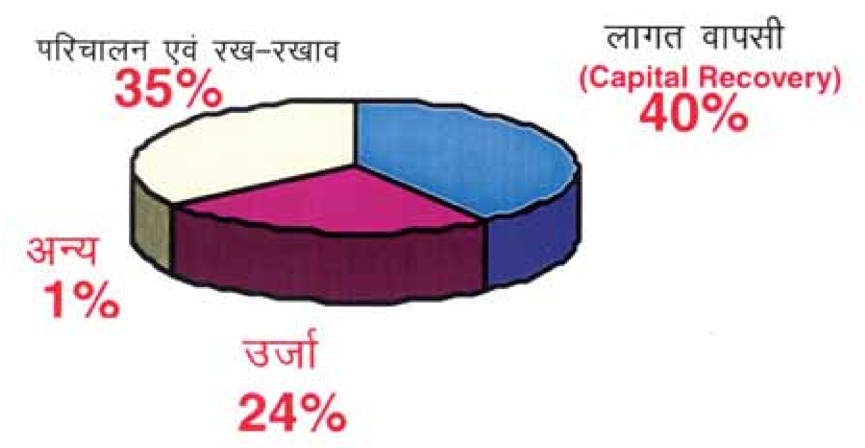
## कुछ नये आयाम : गतिमान विलवणीकरण संयंत्र

भारत हेवी इलेक्ट्रिक लि. गतिमान विलवणीकरण संयंत्र

**विलवणीकरण : एक मूल्यांकन**




उष्मीय प्रक्रिया द्वारा विलवणीकृत जल का मूल्य वितरण




आर ओ द्वारा विलवणीकृत जल का मूल्य वितरण

**विलवणीकरण प्रौद्योगिकी : भावी संभावनायें**

- पूर्व शुद्धिकरण हेतु प्रचलित विधियों के स्थानपर सूक्ष्म छनन **[Microfiltration]** अति सूक्ष्म छनन **[Ultrafiltration]** आदि नई तकनीकों का विकास।
- उत्तम तन्तुओं का विकास कर 60 प्रतिशत तक की प्रभावोत्पादकता वाले संयंत्रों का विकास।
- उत्तम उष्मीय तकनीकों का विकास।
- ऑयन एक्सचेंज विधि के स्थान पर तुलनात्मक रूप से कम प्रदूषणकारी इलेक्ट्रो–डिआयनाइजेशन विधि का प्रयोग।
- नैनो तकनीक द्वारा कार्बनिक पॉलिमरों में अकार्बनिक सिलिका का प्रत्यारोपण कर आण्विक स्तर पर ज्यादा पारगम्य (परमियेबल) तथा अधिक प्रभावी तंतुओं का विकास।
- ताप विद्युत ऊर्जा संयंत्रों से प्राप्त व्यर्थ ऊर्जा का उपयोग कर तथा कूलिंग टावर की जगह संघनक से आने वाले 40 से 45 डिग्री सें. ताप वाले जल द्वारा समुद्री व खारे पानी को गर्म कर विलवणीकरण प्रक्रिया की प्रभावोत्पादकता को बढ़ाया जा सकता है। उपरोक्त प्रक्रिया के लिए सौर ऊर्जा पैनलों का प्रयोग (विशेषतः उन स्थानों के लिए जहां ताप विद्युत ऊर्जा संयंत्र नहीं हैं) भी किया जा सकता है।

देश में पीने के पानी व विद्युत ऊर्जा की भारी कमी को देखते हुए हमें समुद्री व खारे पानी का विलवणीकरण कर उसे मानवोपयोगी बनाना है। इस क्षेत्र में प्रवीणता प्राप्त करने के लिए निवेश व तकनीकी दक्षता प्राप्त करने की आवश्यकता है, जिससे कि खारे व समुद्री पानी से अधिक से अधिक मात्रा में उपयोगी जल प्राप्त किया जा सके तथा इस पद्धति का प्रयोग नगरीय प्रदूषित जल व औद्योगिक प्रदूषित जल के शुद्धिकरण हेतु भी किया जा सके।

## शब्दावली

| | | |
|---|---|---|
| 1. | विलवणीकरण | Desalination |
| 2. | संघनन | Condensation |
| 3. | उष्मीय | Thermal |
| 4. | प्रक्रिया | Process |
| 5. | तन्तु | Fibre |
| 6. | संयंत्र | Plant |
| 7. | प्रत्यारोपण | Doping |
| 8. | पूर्व शुद्धिकरण | Pre-Treatment |
| 9. | प्रभावोत्पादकता | Efficiency |
| 10. | निकाय | System |
| 11. | छनक | Filter |
| 12. | तापीय दाबीकरण | Thermo-Compression |
| 13. | निर्वात वाष्प संपीडन | Vacuum Vapour COmpression |
| 14. | परिचालन | Operation |
| 15. | संकल्पनात्मक | Conceptual |
| 16. | लवण | Salt |

# निम्न तापमान वाला तापीय विलवणीकरण संयंत्र–तटीय पेय जल समस्या के लिए एक उदीयमान प्रौद्योगिकी।

**के. सोमासुंदर, वैज्ञानिक ई,**
**पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय, नई दिल्ली**

हमारे देश में पानी की कमी एक प्रमुख समस्या है, जिसके कई कारण हो सकते हैं जैसे जनसंख्या विस्फोट के कारण बढ़ती मांग, भूमिगत जल संसाधनों में कमी तथा मानसून से संबंधित अनिश्चित वर्षा पैटर्न। भारत में, वर्ष (जून से सितम्बर) की 75 प्रतिशत कुल वार्षिक वर्षा में से एक तिहाई वर्षा दक्षिण-पश्चिमी मानसून के दौरान होती है। वर्षा के जल का पूर्ण उपयोग स्थलाकृति और पर्यावरणीय प्रतिबंधों, वाष्पीकरण और वनस्पति की क्षति के कारण संभव नहीं है। विगत पांच दशकों से स्वच्छ जल की मांग में काफी वृद्धि हो रही है जबकि हर अवधि के दौरान वर्षा की मात्रा या तो सीमित होती है अथवा घट जाती है। परिणामस्वरूप प्रति व्यक्ति जल उपलब्धता तेजी से धटती जा रही है। 1951 में जल उपलब्धता 5177 घन मीटर थी जो घटकर 2001 में 1820 घन मीटर तक रह गई है। वर्षा जल का समुचित भण्डारण/संचय करने की सुविधाओं की कमी के कारण तटीय राज्यों और द्वीप प्रदेशों में ये समस्याएं अत्यधिक विकट हैं। परंतु लगभग 8000 कि.मी. तक फैले भारतीय तट के समानान्तर समुद्र जल पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध है। इसमें लवणों और निलम्बित कणों की मात्रा अधिक होने के कारण यह जल उपयोग के लिए उपयुक्त नहीं है। नौ तटीय राज्यों में से तीन राज्यों गुजरात, तमिलनाडु, केरल में प्रत्येक वर्ष विशेष रूप से गर्मी में पानी की कमी महसूस की जाती हैं।

किसी मनुष्य की जल आवश्यकता जलवायु, शारीरिक कार्य-कलाप और अन्य स्थितियों तथा जल की उपलब्धता के आधार पर औसतन 15 और 10 लीटर प्रति दिन के बीच अलग-अलग है। आमतौर पर मानव उपभोग के लिए अधिकतम 500 पी.पी.एम. घुलित ठोस पदार्थों अथवा 0.05 प्रतिशत कुल लवणता युक्त जल अपेक्षित है। कई जगह उपलब्ध जल आपूर्ति में इसकी दोगुनी ऊपरी सीमा, 1000 पीपीएम अथवा 0.1 प्रतिशत तक बरदाश्त करनी पड़ती है। कुल ठोस पदार्थों की और अधिक मात्रा से आंत में विकार आ सकते हैं हालांकि मानव शरीर इसके लिए अभ्यस्त हो सकता है और वास्तव में विश्व के कई भागों में लोग इसके आदि हो भी रहे हैं। जिन क्षेत्रों में केवल लवणता युक्त जल ही उपलब्ध है उनमें यहां तक कि 2000 पीपीएम से भी अधिक की मात्रा बरदाश्त की जा रही हैं। अधिकांश फसलों की खेती के लिए जल यथा संभव कम लवणता वाला होना चाहिए।

महासागर समस्त जल के प्रमुख स्रोत हैं, चाहे वह प्राकृतिक (सौर) वाष्पीकरण तथा वर्षा से प्राप्त हो अथवा विलवणीकरण द्वारा संश्लेषित उत्पादन से। आमतौर पर समुद्र जल में लगभग 3.5 प्रतिशत अथवा 35,000पीपीएम तक कुल लवणता होती है, जिसका सबसे अधिक भाग साधारण नमक है। हालांकि, इसके प्रमुख अंश अन्य धातुओं वाले लवण जैसे मेग्नीशियम और कैल्शियम तथा सल्फेट और बायोकार्बोनेट भी हैं। इस प्रकार भारत में समुद्री जल से विशेष रूप से तटीय राज्यों के लिए पेयजल के संश्लेषित उत्पादन के लिए यह महत्वपूर्ण है।

समुद्री जल को पेयजल में बदलने के लिए रिवर्स ओसमोसिस (आर–ओ) जैसी अनेक प्रौद्योगिकियां विकसित की गई हैं। वैज्ञानिक पैमाने पर समुद्री जल से लवण अलग करने संबंधी प्रक्रियाओं में आसवन, हिमीकरण, आर्द्रीकरण रासायनिक और झिल्ली प्रक्रियाएं शामिल हैं।

जबकि वाणिज्यिक पैमाने पर आमतौर पर प्रयोग की जानेवाली विधियां हैं रिवर्स ओस्मोसिस, मल्टीपल फ्लैश इवेपोरेशन तथा इलेक्ट्रोडायलिसिस। हाल ही में, एक नई सशक्त विधि पर अनुसंधान और विकास कार्य चल रहा हैं, जिसे रेपिड स्प्रेवाष्पीकरण के नाम से जाना जाता है। अध्ययन नई प्रक्रियाओं के विकास तक ही सीमित नहीं है बल्कि संयंत्र निर्माण के लिए देशी सामग्री का उपयोग करने के लिए भी अध्ययन किए जा रहे हैं। इंटरनेट पर उपलब्ध सूचना के अनुसार, अनेक संस्थाएं आयन विनिमय सिद्धांत के अलावा सौर और पवन ऊर्जा के उपयोग की तकनीकों पर अन्वेषण करने में लगी हुई हैं। इस क्षेत्र में बंगलौर स्थित राष्ट्रीय वैमानिक प्रयोगशाला में आगे अध्ययन किए जा रहे हैं। पूना स्थित राष्ट्रीय रसायन प्रयोगशाला (एन सी एल) में, देशी कच्चे माल का उपयोग करके पानी को मीठा बनाने के लिए आयन विकसित करने में व्यापक अनुसंधान किया जा रहा हैं। एनसीएल की एक अन्य परियोजना में इलेक्ट्रोलाइसिस विधि द्वारा खारे जल से लवण अलग करने के लिए झिल्लियों का विकास शामिल है। जोधपुर, राजस्थान स्थित केन्द्रीय शुष्क क्षेत्र अनुसंधान संस्थान भी विलवणीकरण तकनीकों के अध्ययन में बहुत सक्रिय हैं। इन अध्ययनों में "द ब्रेस फाउंडेशन ऑफ कनाडा तथा संयुक्त राष्ट्र का खाद्य और कृषि संगठन" सहयोग कर रहे हैं। विलवणीकरण के संबंध में सौर और पवन ऊर्जा के संभावित उपयोग पर विशेष बल दिया गया है। इस क्षेत्र में खारे जल क्षेत्र तथा राजस्थान नहर का फीड जल के स्रोत के रूप में उपयोग किया जा सकता हैं। हाल ही में, पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय के भूतपूर्व सचिव ने नवीकरणीय ऊर्जा का उपयोग करके विलवणीकरण संयंत्र के लिए प्रक्रिया, प्रणाली और डिजाइन की संकल्पना प्रस्तुत की।

एन आई ओ टी चेन्नै ने एल टी टी डी प्रणाली का डिजाइन बनाकर, इसे तैयार किया तथा चालू भी कर दिया है। एल टी टी डी एक ऐसी प्रक्रिया हैं जिसके द्वारा निम्न निर्वात स्थितियों के अंतर्गत गर्म सतही समुद्री जल को तेजी से प्रवाहित करते हुए तथा ठण्डे गहरे समुद्री जल का उपयोग करके वाष्प को संघनित करके स्वच्छ जल तैयार किया जाता है। विलवणीकरण के लिए उपलब्ध विभिन्न प्रौद्योगिकियों से यह संकेत मिलता हैं कि विलवणीकरण के लिए अधिकांशतः व्यापक रूप से उपयोग की गई तकनीकें हैं:– (i) रिवर्स ओस्मोसिस (आर ओ) (ii) मल्टीस्टेज फलेश वाष्पीकरण (एम एस एफ), कम विद्युत आवश्यकता, कम रख-रखाव, पर्यावरण अनुकूल इत्यादि कई पहलुओं की दृष्टि से आर ओ की अपेक्षा एम एस एफ अधिक लाभदायक है।

प्रयोगशाला और क्षेत्र दोनों में काफी प्रयोग करने के पश्चात, एन आई ओ टी, चेन्नै, ने मई 2005 में समुद्र जल से स्वच्छ जल उत्पन्न करने के लिए कावारती, लक्षद्वीप में 1,00,000 लीटर प्रतिदिन की क्षमता वाला एक प्रौद्योगिकी प्रदर्शन विलवणीकरण संयंत्र चालू किया है। यह विश्व में अपनी किस्म का पहला संयंत्र हैं। संयंत्र का डिजाइन चित्र में दर्शाया गया है। संभवतः उपयुक्त स्थितियां न होने के कारण एल टी टी डी प्रौद्योगिकी के विकास में अड़चन आई है। जैसा कि उपग्रह चित्र-2 में देखा जा सकता है, उष्णकटिबंधीय हिन्द महासागर में गर्म सतही जल और गहराई में ठण्डा जल अधिक पाया जाता है। एन आई ओ टी ने फ्लैश वाष्पीकृत सतही जल के संघनन के लिए मल्टीस्टेज फ्लैश वाष्पीकरण की बजाय 300 मीटर गहराई में स्थित ठण्डे उप सतही जल (12° से.) का उपयोग किया था। इन विधियों के गुण दोषों पर विचार करके, एन आई ओ टी ने सुझाव दिया कि निम्न तापमान वाला तापीय विलवणीकरण संयंत्र लक्षद्वीप द्वीपसमूह के लिए उपयुक्त होगा। द्वीप समूहों के लिए यह एक आकर्षक विकल्प प्रतीत होता है जहां विद्युत और रख-रखाव की लागत बहुत अधिक है। इसके अतिरिक्त, गहरा ठण्डा जल पोषक तत्वों से परिपूर्ण है। एन आई ओ टी ने एल टी टी डी प्रौद्योगिकी का विकास करने हेतु प्रयोगशाला में प्रकृति का अनुरूपण किया। इस प्रकार यह पर्यावरण अनुकूल है और यह जल कृषि तथा वातानुकूलन के लिए लाभदायक हैं।

**एल टी टी डी प्रौद्योगिकी के लाभ हैं :–**

(i) इस प्रक्रिया के अंतर्गत केवल 1 प्रतिशत फीड जल को स्वच्छ जल में परिवर्तित किया जाएगा, इस प्रकार कोई पर्यावरणीय समस्याएं नहीं हैं। यह प्रौद्योगिकी भारत के द्वीप प्रदेशों के लिए अधिक उपयुक्त है।

(ii) एल टी टी डी प्रौद्योगिकी से उत्पादित जल अन्य प्रणालियों की तुलना में अत्यधिक शुद्ध होता हैं।

(iii) इस प्रक्रिया से जुड़ा यह प्राथमिक उत्पाद वायुमंडल से कार्बनडाई ऑक्साइड को घटाने में भी मदद करेगा।

(iv) एल टी टी डी प्रौद्योगिकी में समुद्र जल का पहले अथवा बाद में किसी भी प्रकार से रासायनिक शोधन अपेक्षित नहीं है। इस कारण से प्रदूषण समस्याएं बहुत कम हैं और यह द्वीप प्रदेशों के लिए उपयुक्त है। चूंकि कोई अपशिष्ट शोधन अपेक्षित नहीं हैं इसलिए इसमें अन्य विलवणीकरण प्रक्रियाओं की तुलना में प्रचालन संबंधी रख-रखाव की समस्याएं अपेक्षाकृत कम हैं। अंतर्राष्ट्रीय रिपोर्ट में सुझाव दिया गया कि एल टी टी डी संयंत्र की स्थापना से जुड़े गहरा समुद्र जल कृषि और वायुशीतलन से अर्थव्यवस्था में काफी सुधार होगा।

प्रौद्योगिकी प्रदर्शन के लिए प्रत्येक 500 और 5,000 लीटर प्रतिदिन की क्षमता वाले दो प्रयोगात्मक पैमाना संयंत्र, एन आई ओ टी, चेन्नै में स्थापित किए गए हैं। डिजाइन और उपकरण का वैधीकरण करने के लिए विस्तृत प्रयोगशाला परीक्षण किए गए । यह प्रमाणित किया जा चुका हैं कि 1 प्रतिशत गर्म जल को 25° सें. गर्म जल और 12° सें. ठण्डे जल की स्थिति के अंतर्गत स्वच्छ जल में परिवर्तित किया जा सकता है। प्रयोगशाला मॉडल के सफल परीक्षणों के आधार पर, 1 लाख लीटर क्षमता वाले विलवणीकरण संयंत्र का डिजाइन तैयार किया गया। एन आई ओ टी ने तूतीकोरिन से 40 कि. मी. दूर बार्ज पर बने समुद्री जल से स्वच्छ जल उत्पन्न करने के लिए एल टी टी डी प्रौद्योगिकी संयंत्र का प्रदर्शन भी किया। इस संयंत्र ने 10 दिन में दस लाख मीटर स्वच्छ जल का सफलतापूर्वक उत्पादन किया है और जल गुणवत्ता उत्तम पाई गई है। निम्न तापमान वाली तापीय विलवणीकरण प्रौद्योगिकी उष्णकटिबंधीय क्षेत्र के द्वीपों और तटीय क्षेत्रों के लिए अधिक उपयुक्त है। उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में, सतही समुद्र जल से 1000 मीटर की गहराई के भीतर मौजूद जल कॉलम में 10° सें. से अधिक तापमान भिन्नता है। सैद्धांतिक अध्ययन दर्शाते हैं कि 6° सें. की तापमान भिन्नता स्वच्छ जल के उत्पादन के लिए पर्याप्त है। विशेष रूप से द्वीपों के लिए निम्न तापमान फ्लैश वाष्पीकरण, परम्परागत प्रौद्योगिकियों की तुलना में अधिक लाभदायक है।

इसके अतिरिक्त एन आई ओ टी बार्ज के ऊपर बने 60 लाख लीटर प्रतिदिन की क्षमता वाले विलवणीकरण संयंत्र का डिजाइन बनाने का कार्य भी कर रहा है। उच्च सघनता पोलीएथिलीन (एच डी पी ई) से बना 600 मीटर लम्बा 630 मिमी व्यास वाला लम्बा पाइप उच्च सघनता पोलीएथिलीन (एच डी पी ई) पहले ही जोड़ दिया गया है और लगभग 350 मीटर गहराई से ठंडा समुद्री जल निकालने के लिए लगाया गया है। इसके साथ-साथ एन आई ओ टी ने बार्ज पर बने संयंत्र पर समान प्रक्रिया का प्रयोग करते हुए स्वच्छ जल का

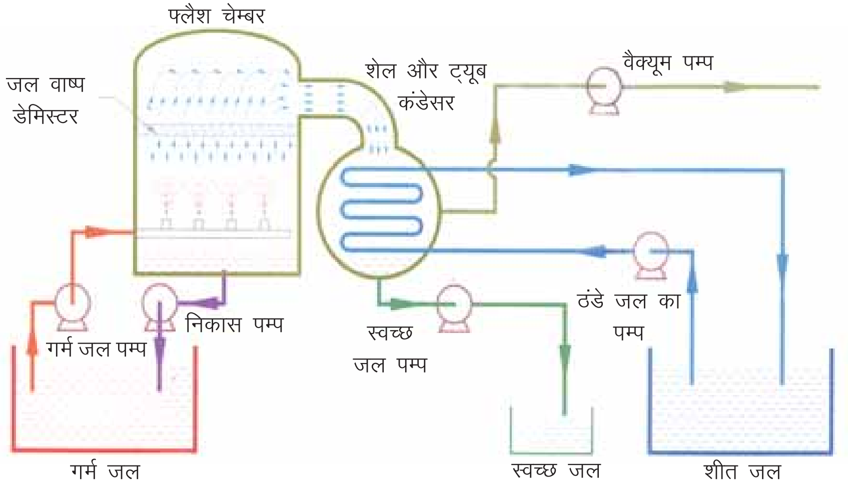
उत्पादन प्रारम्भ किया है। 450 मिमी व्यास वाला लगभग 350 मीटर लम्बा पाइप तूतीकोरिन से लगभग 40 किमी. दूर खींच कर ले जाया गया तथा जल के भीतर ऊर्ध्वाधर रूप से उल्टा खड़ा करके संयंत्र बार्ज से जोड़ा गया जो 40 मीटर की गहराई में एक प्वाइंट पर नौबंध किया गया। (चित्र-3) यह देश में सबसे गहरा एकल प्वाइंट नौबंध है।

भारत की मुख्य भूमि में तटीय आबादी की अधिकांश आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए एन आई ओ टी उच्चतर क्षमता वाले संयंत्रों अर्थात 10 से 100 लाख लीटर प्रतिदिन की क्षमता वाले संयंत्रों का डिजाइन बनाने, इनका विकास करके इन्हें संस्थापित करने तथा प्रदर्शित करने के कार्य में लगा हुआ है। ये विलवणीकरण संयंत्र तट से कुछ किलोमीटर दूर एक बार्ज पर स्थापित किए जाएंगे। क्योंकि भारतीय प्रायद्वीप के निकट से समुद्री जल में अपेक्षित तापमान तत्व मौजूद नहीं है। ठंडे समुद्री जल की आवश्यकता के कारण, इस प्रकार के संयंत्रों को मुख्य भूमि के लिए स्वच्छ जल मुहैया कराने के लिए अपतट बार्ज के ऊपर लगाना होगा।

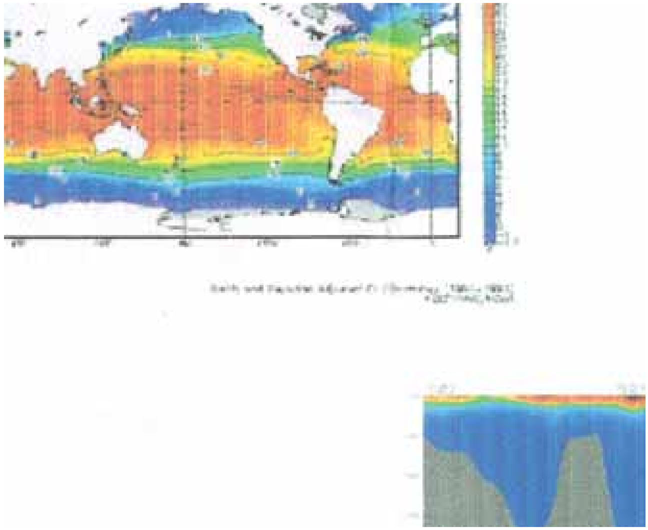
इस समय, चेन्नै के निकट 10 लाख लीटर प्रतिदिन की क्षमता वाले एल टी टी डी संयंत्र के डिजाइन, विकास, प्रदर्शन और चालू करने के प्रयास किए जा रहे हैं। यह बार्ज आधारित संयंत्र होगा जिसके मार्च/अप्रैल 2006 तक चेन्नई तट के पास चालू किए जाने की संभावना है। इन संयंत्रों का सफलतापूर्वक प्रदर्शन कर लेने पर, मंत्रालय तटीय शहरों की मांग को पूरा करने के लिए अपेक्षाकृत उच्च क्षमता वाले संयंत्रों के विकास और प्रदर्शन पर विचार करेगा तथा भारत के अन्य तटीय राज्यों में ऐसे संयंत्रों की स्थापना की संभावनाओं का पता लगाएगा।

जैसा कि चित्र 4 में देखा जा सकता है, गर्म सतही समुद्री जल में मत्स्य पालन और जल कृषि करने वाले प्राथमिक उत्पादनकर्त्ताओं द्वारा उपभोग किए जाने के कारण पोषक तत्व बहुत कम मात्रा में एकत्र हो पाते हैं, जबकि तटीय उपसतही जल पोषक तत्वों से परिपूर्ण होता है। एल टी टी डी प्रौद्योगिकी के माध्यम से स्वच्छ जल के उत्पादन की प्रक्रिया के दौरान ठंडे जल को सतह पर लाया जाता है जिससे सतही कार्बन डाई-आक्साइड सोखने में भी मदद मिलेगी। इस प्रकार इस प्रौद्योगिकी से उत्पादित उप–उत्पादों से इस प्रौद्योगिकी का उपयोग करते हुए स्वच्छ जल के उत्पादन की लागत को कम करने में पर्याप्त योगदान मिलेगा। यह प्रौद्योगिकी स्वच्छ और वातावरण के अनुकूल भी है। यह माना जाता है कि यह एल टी टी डी प्रौद्योगिकी भारत के लिए आशाजनक होगी।

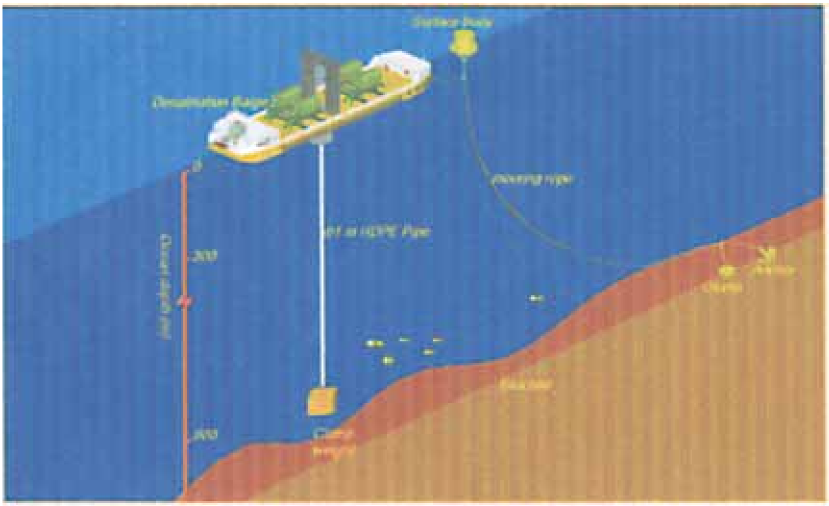
**शेल और ट्यूब कन्डेन्सर का प्रयोग करके निम्न तापमान तापीय विलवणीकरण संयंत्र**

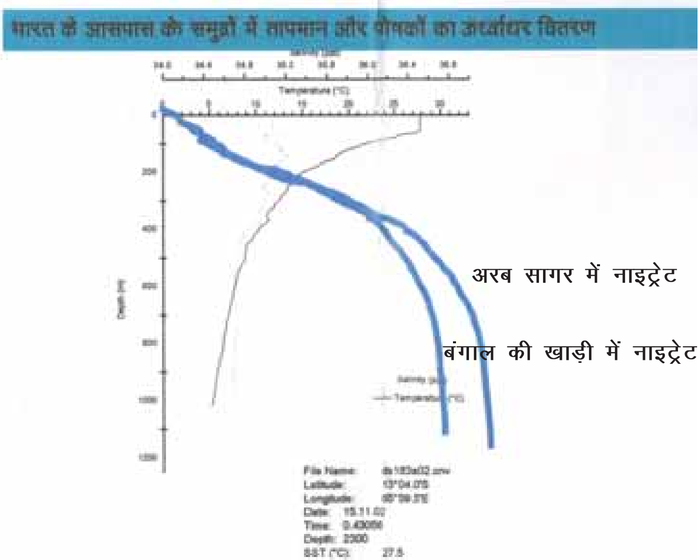



**ऊपरी तल का सामान्य सतही तापमान**



बार्ज आधारित विलवणीकरण संयंत्र का चित्र



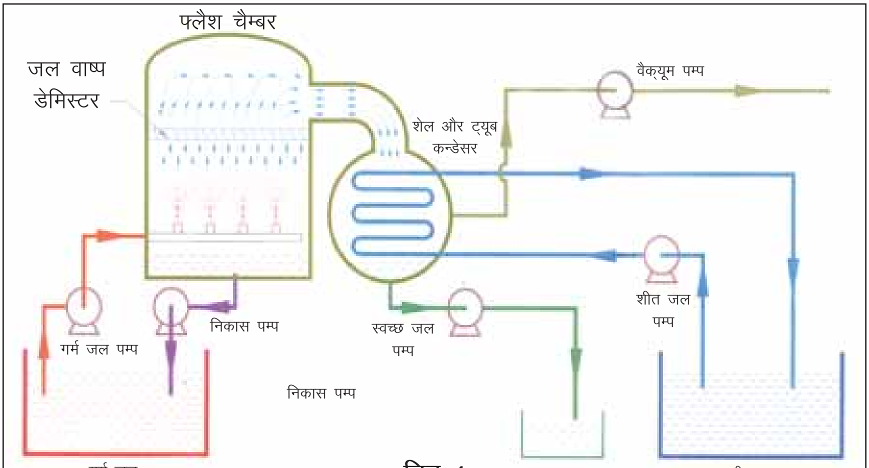


# "विलवणीकरण" प्रक्रिया में आर्गो प्लव की महत्ता

**हरिकृष्ण एम तंवर,**
**भारतीय राष्ट्रीय महासागर सूचना सेवा केन्द्र, हैदराबाद**

विलवणीकरण एक प्रक्रिया है जिसमें हम समुद्री जल में से लवणता या घुलनशील तत्वों को अलग करते हैं। विलवणीकरण के लिए अनेक तकनीकों का उपयोग किया जाता है। भारत में जो प्रक्रिया उपयोग की जाती है उसे **"निम्न तापमान वाला तापीय विलवणीकरण"** कहते हैं (चित्र–1) इस प्रक्रिया में समुद्र की उपरी सतह के जल के तापमान और भीतरी सतह के जल के तापमान में जो अंतर होता है उसका पूर्णतः उपयोग किया जाता है जिससे हम बिजली उत्पादन के अलावा पीने योग्य पानी तैयार करते हैं। सर्वप्रथम **"निम्न तापमान वाला तापीय विलवणीकरण संयंत्र"** कावारती, लक्षद्वीप में शुरू किया गया है जहां इस प्रक्रिया का उपयोग होता है। इन तकनीकों का उपयोग करने से पहले हमें समुद्री जल के बारे में कुछ जानकारियां उपलब्ध होनी चाहिएं जैसे कि जल का तापमान तथा लवणता। इस संदर्भ में आर्गो प्लव उपयोगी हैं। आर्गो का प्राथमिक लक्ष्य है सागर के अंदर 2000 मी० उपर की ओर तापमान और लवणता को मापना।

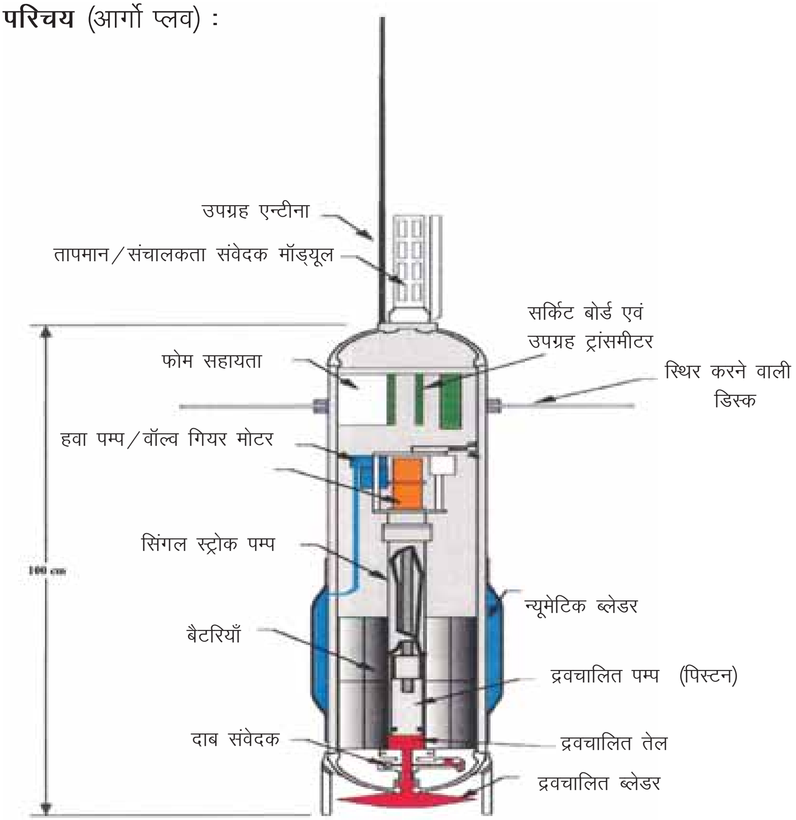
**निम्न तापमान वाला तापीय विलवणीकरण संयंत्र**




**चित्र : 1**

निम्न तापमान वाला तापीय विलवणीकरण संयंत्र स्थापित करने से पहले हमें समुद्री जल में लवणता और तापमान के परिवर्तन की जानकारी होना आवश्यक है। यह जानकारी आर्गो प्लवों द्वारा एकत्र की जाती है। इसका उपयोग हम विलवणीकरण संयंत्र के लिए कर सकते हैं।

**परिचय** (आर्गो प्लव) :




**चित्र :2**

- आर्गो परिच्छेदिकाकरण प्लव–ऊपरी महासागर मापन करने में एक नई प्रौद्योगिकी विकास।
- आर्गो प्लव ऊपरी महासागर माप करके तापमान और लवणता का रेखाचित्र देते हैं।
- आर्गो का प्राथमिक लक्ष्य है सागर के अंदर 2000 मी ऊपर की ओर तापमान और लवणता को मापना।
- जलवायु परिवर्तनीयता और सागर परिवर्तनीयता के ज्ञान को बनाये रखने के लिये आर्गो परिच्छेदिकाकरण प्लव की आवश्यकता ज्यादा है।

## पुरानी पद्धति के समुद्री प्रेक्षण

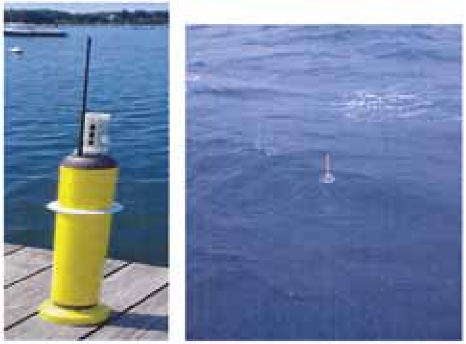
अनुसंधान पात्र को जल में डुबाया जा रहा है। सौ वर्षों से, समुद्र की भौतिक स्थिति (तापमान, लवणता, वेग) का नाप अनुसंधान पात्र द्वारा जल में डुबोकर किया जाता था।

सौ वर्षों से समुद्र की भौतिक स्थिति (तापमान, लवणता, वेग) का ज्ञान, विशिष्ट माप अनुसंधान पात्र को जल में डुबोकर किया जाता था।

**चित्र : 3**

## नयी पद्धति से समुद्री प्रेक्षणः

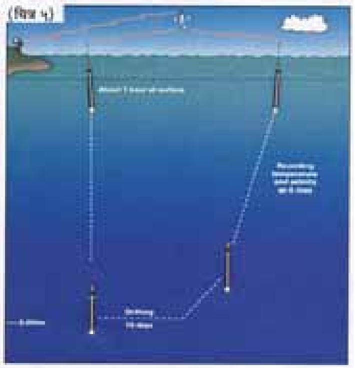
परिच्छेदिकाकरण प्लव प्रौद्योगिकी का विकास 1990 में हुआ। इसके विकास से उच्च गुणों वाले आकड़ों के लिए अब जहाज की उपस्थिति की आवश्यकता नहीं रही।



समुद्र में स्थापित आर्गो प्लव

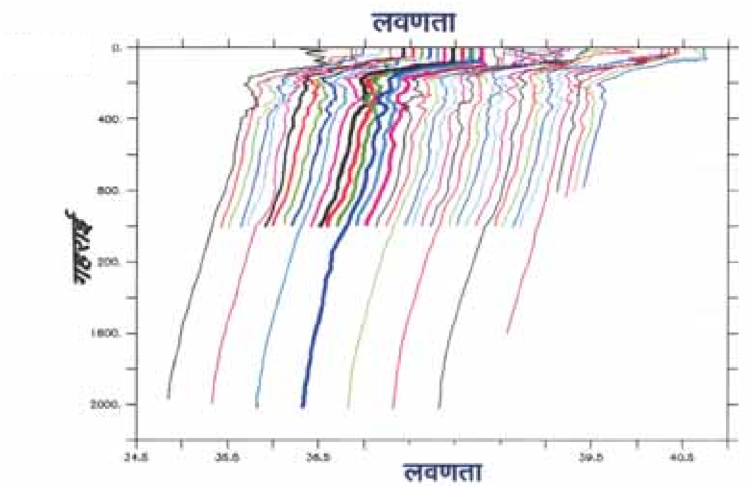
**चित्र : 4**

- प्रत्येक आर्गो प्लव, तापमान और लवणता का रेखाचित्र हर दस दिनों में प्राप्त करता है।
- ऑकड़ों को उपग्रह द्वारा भेजकर तुरंत जी. टी. एस द्वारा उपलब्ध कर दिया जाता है।



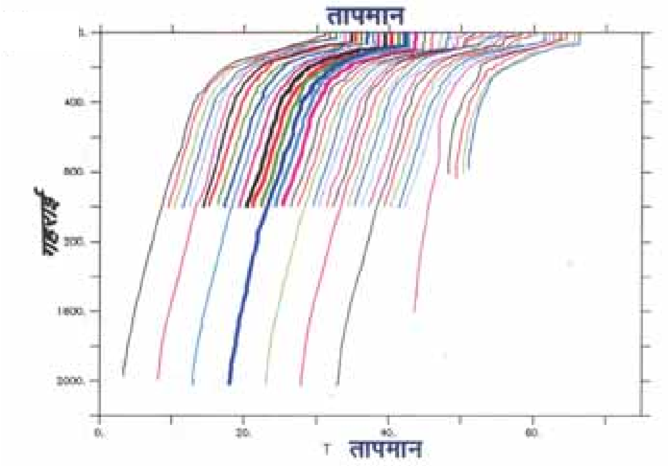
यह चित्र आर्गो प्लव के एक कार्य चक्र को दर्शाता है।

**चित्र : 5**




आर्गो प्लव द्वारा प्रदान की गई जानकारी से समुद्र की विभिन्न गहराइयों पर लवणता की मात्रा का पता चलता है। यहां हर रेखा आर्गो प्लव द्वारा एक चक्र में दी गई जानकारी को दर्शाती है।

**चित्र:6**




आर्गो प्लव द्वारा प्रदान की गई जानकारी से समुद्र की विभिन्न गहराइयों पर तापमान की मात्रा का पता चलता है। यहां हर रेखा आर्गो प्लव द्वारा एक चक्र में दी गई जानकारी को दर्शाती है।

**चित्र:7**

**आर्गो प्लव द्वारा प्रदान की गई जानकारी :**

आर्गो प्लवों द्वारा हम समुद्र की विभिन्न गहराईयों पर तापमान की जानकारी एकत्र करते हैं। इस जानकारी से हम ज्ञात कर सकते हैं कि विलवणीकरण संयंत्र के लिए अवांछित तापमान वाला जल कितनी गहराई पर उपलब्ध है। यह जानकारी विलवणीकरण संयंत्र की स्थापना की लागत का अनुमान लगाने में उपयोगी सिद्ध हो सकती है। उदाहरण के लिए इस जानकारी से हम अवांछित तापमान वाले जल की गहराई प्राप्त करके उसकी संयंत्र से दूरी माप सकते हैं, जिससे संयंत्र में उपयोग होने वाले उपकरणों जैसे पाईप की लंबाई ज्ञात कर सकते हैं।

**आर्गो अनेक अनुसंधान और प्रचालन वस्तुनिष्ठों की सहायता करता है:**

- वर्तमान जलवायु को समझना और जलवायु पद्धति में सागर की भूमिका (संग्रह और ताप, मात्रा तथा लवण का परिवहन)
- निदर्शन और आँकड़ों का संग्रह :
  - –मौसम के अनुसार अंतर्वषीय जलवायु की पूर्व सूचना
  - –उष्णकटिबंधीय तूफान का पूर्वविचार
  - –मछली पालन और पारिप्रणाली मॉडलिंग

## शब्दावली

| | | |
|---|---|---|
| 1. | विलवणीकरण | Desalination |
| 2. | लवणता | Salinity |
| 3. | निम्न तापमान वाला तापीय विलवणीकरण | Low Temperature Turemal Desalination |
| 4. | आर्गो प्लव | Argo Floats |
| 5. | मापना | Measure |
| 6. | आर्गो परिच्छेदिकाकरण प्लव | Argo Profiling Floats |
| 7. | जलवायु परिवर्तनीयता | Changing Stage of CLimate |
| 8. | सागर परिवर्तनीयता | Changing State of Ocean |
| 9. | (जी टी एस) वैश्विक दूरसंचार प्रणाली | Global Telecommunication System (GTS) |
| 10. | चक्र | Cycle |
| 11. | जलवायु पद्धति | Climate System |
| 12. | निदर्शन | Modeling |
| 13. | मौसमी | Seasonal |
| 14. | अंतर्वर्षीय जलवायु | Interannual Climate |
| 15. | उष्णकटिबंधीय चक्रवात | Tropical Cyclone |
| 16. | पारिप्रणाली मॉडलिंग | Ecosystem Modeling |

# जल का विलवणीकरण

श्री विनय कुमार श्रीवास्तव
भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुम्बई–85

पानी इस धरा की बहुमूल्य धरोहर है। इसके बिना जीवन के बारे में सोच पाना असंभव है। कुछ उदाहरणों को छोड़कर हमारे लिए उपलब्ध अधिकांश पानी को पीने योग्य नहीं कहा जा सकता है। पेय जल की आवश्यकता हो अथवा उद्योगों में काम आने वाले पानी की बात हो , इसे किसी भी प्रकार के शोधन के बिना हम प्रयोग में नहीं ला सकते। इसका मुख्य कारण पानी में विभिन्न प्रकार की गैसों, रसायनों एवं लवणों के घुले होने की असीमित क्षमता तथा पानी में पाए जाने वाले व पनपने वाले तरह–तरह के जीवाणु हैं। चूंकि पानी की विभिन्न प्रकार की जरूरतों के लिए हमें तरह–तरह से इसका शोधन करना पड़ता है, इसलिए हर किस्म के पानी को 'विशेष पानी' कहा जाय तो गलत नहीं होगा।

भारत में वर्षा से प्रचुर मात्रा में जल प्राप्त होता है परन्तु इसका एक बड़ा भाग संग्रहण क्षमता की कमी से बहकर समुद्र में चला जाता है। बचा हुआ भाग सतही एवं भूमिगत स्थानों में संचित होता है जो कृषि, औद्योगिक एवं घरेलू उपयोग में आता है। वर्षा के जल का वितरण देश के प्रत्येक भाग में समान रूप से न होने के कारण कुछ भागों में जल की समस्या है एवं सूखे की भी स्थिति उत्पन्न हो जाती है। बढ़ती आबादी, औद्योगीकरण एवं जीवन शैली में बदलाव के कारण जल की मांग बढ़ती जा रही है। इधर कुछ वर्षों में औद्योगिक एवं घरेलू अपशिष्टों के बहिस्राव तथा अत्यधिक भू–जल के प्रयोग के कारण जल की गुणवत्ता में कमी आ रही है। जल संचय, प्रबंधन एवं समुचित वितरण इन समस्याओं का समाधान है। विलवणीकरण एवं अपशिष्टों का शुद्धिकरण एवं पुनःचक्रण इस समस्या के समाधान में बड़ा योगदान दे सकते हैं।

हमारे जीवन में पानी की महत्ता का अनुमान तालिका–1 में दिए गए आंकड़ों से लगाया जा सकता है जिसे मुख्यतः भारत के संदर्भ में यहां बताया गया है।

**तालिका–1: भारत में पानी की विभिन्न आवश्यकताओं के लिए वार्षिक खपत (धन कि. मी.)**

| | **1985** | **2000** | **2025** |
|---|---|---|---|
| सिंचाई | 470 | 630 | 770 |
| घरेलू | 16.7 | 24.2 | 40 |
| औद्योगिक | 10 | 30 | 120 |
| ऊर्जा | 4.3 | 5.8 | 15 |
| **अन्य** | 39 | 60 | 105 |
| | 540.0 | 750.0 | 1050.0 |

कुल वर्षा : 4000 घन किमी; उपयोगी मात्रा : 1050 धन किमी (अ) सतही : 700 धन किमी. (ब) भूमिगत : 350 घन किमी.

## उत्पत्ति एवं स्रोत

जल की उत्पति भी उतनी ही पुरानी है जितनी कि पृथ्वी और जीव–प्राणियों की है। पृथ्वी की सतह का तीन चौथाई भाग जलमग्न है व केवल एक चौथाई भाग ही जमीन है, परन्तु यह जानकर आश्चर्य होगा कि इस जल का 97 प्रतिशत जल खारा है। शेष 3 प्रतिशत का तीन–चौथाई भाग पृथ्वी के उत्तरी व दक्षिण ध्रुवीय स्थानों पर वर्फ की चट्टानों या हिमनदी के रूप में विद्यमान है। इस तरह से तीन प्रतिशत का एक चौथाई भाग ही पेय जल या स्वच्छ जल के रूप में उपलब्ध कहा जा सकता है। पूरे विश्व के संदर्भ में यह मात्रा $4.3 \times 10^{12}$ लीटर के लगभग है। विश्व के संदर्भ में भारत की जल स्थिति समस्याग्रस्त वर्ग में है जो कि लगभग 1500 घन मी. प्रति व्यक्ति प्रतिवर्ष है जबकि जल की अधिकता वाले देशों में यह 2000 घ.मी. प्रति व्यक्ति प्रतिवर्ष के लगभग अथवा उससे अधिक की उपलब्धता आंकी गई है।

भारत में पानी का मुख्य आधार वर्षा से प्राप्त जल ही है। वर्षा असमान रूप से विभिन्न स्थानों पर होती है। यह प्रतिवर्ष लगभग 4000 घन किमी. है। इस वर्षा का एक चौथाई भाग (लगभग 1050 घन किमी.) सतही जल स्रोतों जैसे नदी, नहर, तालाब इत्यादि एवं भूमिगत जल जैसे जलकूप, कुएं, बोरवेल इत्यादि स्रोतों में एकत्र हो जाता है और शेष तीन चौथाई बहकर वापस समुद्र में चला जाता है। वैसे तो ये जल स्रोत पर्याप्त लगते हैं परंतु कुछ भागों में असमान वर्षा एवं अपर्याप्त जलस्त्रोतों के कारण पानी का अभाव सदैव ही बना रहता है। जनसंख्या में वृद्धि एवं बढ़ते हुए औद्योगीकरण के कारण न केवल जल की आवश्यकता और बढ़ती जा रही है बल्कि इनसे जुड़े हुए जल-प्रदूषण की बढ़ती समस्या से अच्छे जल स्रोतों को भी नुकसान हो रहा है।

पानी की इस बढ़ती मांग की आपूर्ति के लिए विभिन्न विलवणीकरण तकनीकों का महत्त्व काफी बढ़ गया है। 1970 से विश्व के विलवणीकरण संयंत्रों की कुल क्षमता (तालिका-2) में वृद्धि से इस तकनीक के विकास व प्रयोग को निरंतर बल मिला है।

समुद्री जल व खारे पानी से पेय–जल तथा अन्य आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए विश्व में कई स्थानों पर विलवणीकरण संयंत्र लगाए गए हैं। इनमें प्रमुख देश हैं–सऊदी अरब, कुवैत एवं ओमान आदि। क्षमता के आधार पर अमेरिका, सऊदी अरब के बाद दूसरा मुख्य देश है जहां इसी तरह के कई विलवणीकरण संयंत्र कार्यरत हैं। तालिका–2 में दिखाई गयी विश्व की कुल विलवणीकरण संयंत्रों की क्षमता का विश्लेषण करें तो निष्कर्ष निकलता है कि शुरूआत में अधिकतर संयंत्र आसवन विधि पर आधारित थे। 1970 के पश्चात विपरीत परासरण एवं विद्युत–अपोहन सिद्धांतों पर आधारित संयंत्र भी लगाए जाने लगे। विभिन्न विलवणीकरण विधियों का योगदान कितना है, इसे भी तालिका–2 में बताया गया है।

**तालिका–2 : विश्व में विलवणीकरण संयंत्रों की कुल क्षमता**

| **वर्ष** | **क्षमता** | **(X 1000 घन मी. प्रतिदिन)** |
|---|---|---|
| 1955 | 22.0 | (मुख्यतः आसवन विधि) |
| 1960 | 69.5 | (मुख्यतः आसवन विधि) |
| 1968 | 918.0 | (मुख्यतः आसवन विधि) |
| 1975 | 2000.0 | (विपरीत परासरण केवल 2 प्रतिशत, 1970 में) |
| 1980 | 8650.0 | (विपरीत परासरण 20 प्रतिशत) |
| *1985 | 11800.0 | (विपरीत परासरण केवल 23 प्रतिशत) |
| 1990 | 17600.0 | (विपरीत परासरण केवल 28 प्रतिशत) |
| 2000 | 27000.0 | (विपरीत परासरण केवल 35 प्रतिशत) |
| 2005 | 30000.0 | (विपरीत परासरण केवल 40 प्रतिशत) |

**आसवन : 69 प्रतिशत, विद्युत–अपोहन*

भारत के संदर्भ में 1988 के बाद विपरीत परासरण एवं विद्युत अपोहन सिद्धांतों पर आधारित कई संयंत्र लगाए गए हैं जो मुख्यतः पेय जल की आपूर्ति एवं औद्योगिक आवश्यकताओं के लिए जल की आपूर्ति करते हैं।

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र में पिछले दो दशकों से विलवणीकरण प्रणाली पर शोध कार्य चल रहा है। इसके फलस्वरूप आसवन एवं झिल्ली विधि पर आधारित कई विलवणीकरण प्रायोगिक संयंत्रों का सफलतापूर्वक प्रदर्शन किया जा चुका है। इन अनुभवों के आधार पर नवीं पंचवर्षीय योजना में 63 लाख लीटर प्रतिदिन की क्षमता वाला एक वृहद एमएसएफ–आर ओ मिश्रित संयंत्र मद्रास परमाणु बिजलीघर कलपाक्कम में लगाया जा रहा है। विलवणीकरण संयंत्र के लिए आवश्यक वाष्प, बिजली एवं समुद्री जल, बिजली घर से उपलब्ध होंगे। इस संयंत्र की कई प्रमुख विशेषताएं हैं। इसके सफल प्रदर्शन के बाद बड़ी क्षमता वाले स्वदेशी विलवणीकरण संयंत्रों द्वारा देश के कई भागों में जलापूर्ति की जा सकती है। विगत कुछ वर्षों से विलवणीकरण तकनीक को यथासंभव कम खर्चीली तथा अनेक परिस्थितियों में उपयोगी बनाने के लिए शोध कार्य चल रहा है। इस संयंत्र में अपशिष्ट ऊष्मा से आसवन का उपयोग; नयी झिल्लीय विधियों का प्रयोग तथा आकस्मिक उपयोग हेतु जलयान स्थित संयंत्र का विकास प्रमुख है।

झिल्ली विधि विलवणीकरण के अतिरिक्त अपशिष्ट जल के शोधन में उपयोगी पाई गई है। इससे प्राप्त शुद्ध जल यद्यपि पेय जल के रूप में प्रयोग नहीं किया जा सकता परन्तु कृषि, बागवानी तथा अन्य घरेलू कार्यों के लिए उपयुक्त है। झिल्ली विधि द्वारा सतही एवं गंदे जल से जीवाणु तथा अन्य अवांछित तत्वों को दूर किया जा सकता है। इसका भविष्य में बड़े स्तर पर नदी एवं झील के जल के शुद्धिकरण में उपयोग हो सकता है।

भारत में कई अन्य संस्थाएं और शोध केंद्र इन नयी तकनीकों को औद्योगिक स्तर पर प्रयोग में लाने के लिए काम कर रहे हैं। निरंतर शोध से इन तकनीकों द्वारा प्राप्त शुद्ध जल के मूल्य में कमी आ रही है।

## जल शुद्धिकरण की साधारण एवं विलवणीकरण विधियां

शुद्ध पानी वह पानी है जिसमें किसी भी तरह का कोई पदार्थ दृश्य अथवा अदृश्य रूप से न घुला हो। वैज्ञानिक इसे नगण्य विशिष्ट विद्युत चालकता अथवा कुल घुलित पदार्थ की शून्य मात्रा वाला जल कहते हैं। हम इसे ताजा बने आसवित जल अथवा ओस की बूंद के रूप में समझ सकते हैं। विभिन्न गैसों एवं पदार्थों के संपर्क में आकर यह जल अपनी शुद्धता खो देता है। वर्षा जल वायुमंडल में व्याप्त गैसों (कार्बन डाईऑक्साइड, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन व सल्फर के ऑक्साइड्स आदि) के संपर्क में आकर थोड़ा दूषित हो जाता हैं परंतु पृथ्वी पर गिरने के बाद तरह–तरह के कार्बनिक अकार्बनिक लवणों के संपर्क से इसकी अशुद्धता बढ़

जाती है। धीरे-धीरे इसमें तरह-तरह के जीवाणु पनपने लगते हैं जिससे रासायनिक अशुद्धता के साथ–साथ जैवकीय अशुद्धता भी पानी को अति–दूषित बना देती है। इस तरह से देखा जाय तो किसी भी प्रकार के उपयोग के लिए पानी का शुद्धिकरण आवश्यक हो जाता है चाहे वह पेयजल के लिए हो अथवा विभिन्न औद्योगिक आवश्यकताओं के लिए हो। सामान्यतः धरातलीय पानी में जीवाणु तथा अघुलनशील बाह्य पदार्थ अधिक मात्रा में होते हैं परंतु घुलित पदार्थ लगभग 100–200 मिग्रा. प्रति लीटर तक पाये जाते हैं। समुद्री पानी में घुलित पदार्थ लगभग 35,000 मिग्रा. प्रति लीटर या उससे ज्यादा मात्रा में पाये जाते हैं। भूमिगत पानी में जैविक व गैसीय अशुद्धता कम मात्रा में पायी जाती है तथा अन्य अशुद्धियां स्रोत की भौगोलिक व भौमिक स्थिति पर निर्भर करती हैं। समुद्र के किनारे बसे कस्बों व गांवों में नदी के किनारे बसे शहरों की अपेक्षा, भूमिगत पानी में खारापन ज्यादा मात्रा में पाया जाता है। अरब देशों में पानी की अपेक्षा तेल अधिक पाया गया है। पेय–जल की अपेक्षित गुणवत्ता के लिए भारतीय मानक भी बनाये गये हैं जिनके बारे में विस्तार से चर्चा अलग से की गई है।

जीवाणु–अशुद्धता को दूर करने की विधि को रोगाणुनाशन कहते हैं। सामान्यतः पानी को कुछ समय तक उबालने से ज्यादातर जीवाणु नष्ट हो जाते हैं परंतु इसके लिए कुछ रसायनों का भी प्रयोग किया जाता है। रोगाणुनाशक रसायनों में सोडियम हाइपोक्लोराइड, कैल्शियम हाइपोक्लोराइड, क्लोरीन गैस व क्लोरीन टिकियां तथा ओजोन आदि मुख्य हैं। छोटे पैमाने पर पराबैंगनी तरंगों का प्रयोग भी किया जाता है यद्यपि यह विधि थोड़ी महंगी है पर बिना किसी दुष्प्रभाव वाली विधि है। जल के शुद्धीकरण में रसायनों की नियंत्रित व निश्चित मात्रा जैसे क्लोरीन आयन की 1–2 मिग्रा. प्रति लीटर ही डाली जानी चाहिए। 'जीरो–बी' नामक प्रचलित वाटर फिल्टर जो सीधे नल से लगाये जा सकते हैं, जीवाणुओं को मारकर जल को शुद्ध करने के लिए प्रयुक्त किये जाते हैं। यह आयोडीन रसायन की गुणवत्ता पर निर्भर हैं एवं निर्धारित मात्रा में ही इनमें आयोडीन होने के कारण हानिकारक नहीं हैं। आजकल 'क्रिस्टल क्लीयर' सिम्फोनी व भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र द्वारा विकसित विभिन्न नामों के वाटर फिल्टर भी बाजारों में उपलब्ध हैं जो कि मेम्ब्रेन (झिल्ली) तकनीक पर आधारित हैं तथा इससे पानी में उपस्थित बैक्टीरिया, वायरस आदि जीवाणुओं को दूर किया जा सकता है। जल शुद्धीकरण में रसायनों के प्रयोग से जहां एक ओर स्वाद पर असर पाया गया है वहीं ट्राईहैलोमीथेन जैसे कैंसर रोगजनक यौगिकों के बनने की भी संभावना रहती है। इस यौगिक का बनना पानी में उपस्थित कुल कार्बनिक यौगिकों की मात्रा पर निर्भर करता है तथा पेयजल की गुणवत्ता में इसकी मात्रा अधिकतम $100 \times 10^{-6}$ ग्रा. प्रति लीटर निर्धारित की गयी है।

जल के अघुलनशील पदार्थों को दूर करने के लिए साधारण फिल्टर व बड़े पैमाने पर बड़े–बड़े फिल्टरों का प्रयोग किया जाता है। तीन घंटों में विभिन्न आकार के मोटे–महीन पत्थर व बालू डालकर पानी को छानने की विधि बहुत प्राचीन है। बालू के साथ–साथ लकड़ी-कोयले के कुछ टुकड़ों के प्रयोग से अघुलनशील पदार्थ के अलावा, पानी में घुलित कार्बनिक तत्व, यौगिक एवं तेल आदि जैसी सूक्ष्म अशुद्धियों को भी दूर किया जा सकता है। इससे पानी के रंग, सुगंध व स्वाद पर भी फर्क पड़ता है। इसमें मृतिका को एक बेलनाकार रूप देकर स्टैनलेस स्टील अथवा एल्यूमिनियम के बर्तनों मे फिट करते हैं जिससे छनने पर पानी में उपस्थित मिट्टी, बालू व अन्य वाह्य पदार्थ छन जाते हैं। समय-समय पर इन कैंडलों को उबलते पानी में डालकर साफ व निर्जीवीकरण करना अच्छा रहता है। औद्योगिक स्तर पर सैंड फिल्टर क्लैरिफायर्स, एक्टीवेटेड कार्बन फिल्टरों एवं माइक्रोन कार्टरिज फिल्टरों का प्रयोग होता है।

**जल विलवणीकरण की मुख्य आधुनिक विधियां मुख्य रूप से निम्नलिखित हैंः**

1. आयन विनिमय विधि,
2. आसवन विधि,
3. विपरीत परासरण विधि,
4. विद्युत अपोहन विधि।

पानी में घुलित कुल पदार्थों की सांद्रता के आधार पर विभिन्न विलवणीकरण विधियों के प्रयोग हेतु निर्धारित सीमा को चित्र–1 में बताया गया है। ये विधियां तकनीकी दृष्टि से प्रयोग के लिए उपयुक्त आंकी गयी हैं परंतु आर्थिक दृष्टि से हर विधि की अच्छाइयों व बुराइयों का विश्लेशण करना आवश्यक है। इन विलवणीकरण विधियों की मुख्य तकनीकी विशिष्टता को तालिका–3 में बताया गया है। विभिन्न विशिष्टताओं में जल स्रोत, प्राप्त शुद्ध जल की गुणवत्ता, बिजली की खपत, आंतरायिक प्रयोग के लिए उपयुक्तता, रख–रखाव तथा व्यापारिक दृष्टि से उपयुक्त क्षमता महत्वपूर्ण है। खारे पानी से मतलब वह जल जो पीने-योग्य नहीं है। फिर भी उसमें लवणों की सांद्रता समुद्री पानी से कम है। इस खारे पानी के संशोधन के लिए विपरीत परासरण तथा विद्युत अपोहन दोनों ही विधियां आर्थिक दृष्टि से उपयुक्त पायी गयी हैं परंतु जैसे-जैसे पानी में घुलित लवणों की सांद्रता अधिक होती जाती है वैसे-वैसे विद्युत अपोहन विधि से संशोधन करना महंगा होता जाता है। इन्हीं कारणों से विपरीत परासरण विधि का प्रयोग समुद्री पानी सहित अन्य कम सांद्रता वाले जल स्रोतों के लिए भी उपयुक्त पाया गया है। आसवन विधि मुख्य रूप से समुद्री पानी के

संशोधन के लिए उपयुक्त पायी गयी है तथा इसी ताप सिद्धांत पर आधारित अन्य विधियां मल्टी स्टेज फ्लैश, मल्टी इफेक्ट डिस्टीलेशन व वाष्प कॅम्प्रेशन नाम से जानी जाती हैं। विपरीत परासण एवं विद्युत अपोहन विधियों के सिद्धांतों को क्रमशः चित्र 2 व 3 में बताया गया है।

### तालिका–3 विभिन्न विलवणीकरण विधियों की मुख्य तकनीकी विशिष्टताएं विधियां

| विशिष्टता | आयन विनिमय | आसवन | विद्युत अपोहन | विपरीत परासरण |
|---|---|---|---|---|
| जल स्त्रोत | साधारण जल | समुद्री जल | साधारणजल, खाराजल, समुद्री जल, | साधारण जल, खाराजल, अशुद्ध जल, |
| –तापमान सीमा (से. ग्रेड) | परिवेश | 65–120 | 15–45 | 20–45 |
| –प्रारंभिक उपचार की आवश्यकता | संयत | कम से कम, संयत | महत्वपूर्ण | महत्वपूर्ण |
| –प्राप्त जल की शुद्धता, घुलित पदार्थ (मिग्रा. प्रति लीटर) | खनिज रहित अति शुद्ध | 10–50 | 300–500 | 50–500 |
| –प्रति–प्राप्ति (प्रतिशत) | 100 | 20–50 | 30–95 | 25–98 |
| –बिजली खपत (यूनिट प्रति घन मी.) | नगण्य | 8–16 | 2–3 | 0.2–9 |
| –संयंत्र शुरू करने के लिए समय (घंटों में) | नगण्य | 12 | 1 | 1 |
| अंतरायिक प्रयोग हेतु उपयुक्तता | उचित | उचित नहीं | उचित | उचित |
| –बड़ी क्षमता संयंत्रों से लाभ | उपांतीय | महत्वपूर्ण | उपांतीय | उपांतीय |
| –रख-रखाव व संक्षारण | कम | महत्वपूर्ण | संयत | संयत |
| –वाणिज्यिक दृष्टि से उपयुक्त क्षमता | सभी क्षमताओं के लिए | 100 घन मी. प्रति घंटा या उससे अधिक | सभी क्षमताओं के लिए | सभी क्षमताओं के लिए |

केवल ताप आधारित आसवन विधि में अवशिष्ट ऊष्मा का प्रयोग किया जाता है अतः यह समुद्री जहाजों एवं ताप विद्युत संयंत्रों के साथ विशेष रूप से उपयुक्त पायी गयी है। इस तरह के संयंत्र ज्यादातर अरब देशों में लगाये गये हैं। आज विभिन्न विधियों पर आधारित विलवणीकरण संयंत्रों की क्षमता लगभग 3000 करोड़ लीटर प्रतिदिन की है

जिसमें भारत का केवल लगभग 0.7 प्रतिशत भाग है। इन दिनों उद्योगों में पाई जाने वाली अवशिष्ट ऊष्मा तथा प्राकृतिक रूप से प्राप्त समुद्र की विभिन्न गहराई में ताप के अंतर को आधार मानकर छोटे व मध्यम क्षमता वाले ताप आधारित आसवन विधि के समुद्री जल को विलवणीकरण कर पेय व प्रकिया जल बनाने वाले संयंत्रों की काफी चर्चा की जा रही है। इस तरह के संयंत्रों से संबंधित अनुसंधान प्रयोगों की भविष्य में बहुत मांग हो सकती है। वैज्ञानिक सर्वेक्षण के अनुसार प्रत्येक 100 लीटर प्रयोग किये गये जल से कम से कम 4 लीटर जल को अवशेष जल उपचार संयंत्रों में संशोधन के लिए भेजा जाता है। कुछ मुख्य उद्योगों के प्रति यूनिट उत्पाद से अवशिष्ट जल उत्पादन तथा संभावित पुनः उपयोगी जल की मात्रा (प्रतिशत) जैसे विशिष्ट आंकड़ों (तालिका–4) से अवशिष्ट जल की पुनः प्रयोग की आवश्यकता बतायी गयी है। शुरू–शुरू में चेन्नई शहर के आस-पास के औद्योगिक क्षेत्रों में 20–30 लाख गैलन प्रतिदिन क्षमता वाले विपरीत परासरण विधि पर आधारित दो संयंत्र इसी उद्देश्य से लगाये गये हैं क्योंकि पिछले दशक में महानगर–पालिकाओं ने जल की दरों में लगभग 8–10 गुना वृद्धि कर दी है तथा अतिरिक्त मांग को पूरा करने में असमर्थ हैं। उसके बाद कई संयंत्र भारत के विभिन्न शहरों में लगाये गये हैं जिसमें मुख्य हैं महाराष्ट्र, तमिलनाडु, गुजरात, मध्यप्रदेश, राजस्थान, आंध्रप्रदेश आदि राज्यों के कुछ शहर (तालिका–5) विश्व में विलवणीकरण संयंत्रों की कुल संख्या 13000 के लगभग होगी।

**तालिका–4 प्रति यूनिट उत्पाद से अवशिष्ट जल उत्पादन तथा संभावित पुनः उपयोगी मात्रा**

| उद्योग | अवशिष्ट जल उत्पादन (लीटर प्रति) | पुनः उपयोगी मात्रा (प्रतिशत) |
|---|---|---|
| ताप बिजली घर | 155 X $10^3$ यूनिट | 98 |
| कागज | 250 X $10^3$ टन | 50 |
| स्टील | 150 X $10^3$ टन | 40 |
| औषधी | 4.5 X $10^3$ किग्रा. | 40 |
| कपड़ा | 250 किग्रा. कपड़ा | 15 |
| चमड़ा | 34 किग्रा. कच्चा चमड़ा | 12 |

**तालिका–5 अपशिष्ट जल उपचार वाले कुछ संयंत्र**

| | क्षमता (घ.मी./दिन) | प्रतिशत आपूर्ति |
|---|---|---|
| 1. MFL चेन्नई | 5500 | 75 |
| 2. MRL चेन्नई | 8500 | 75 |
| 3. NF गुना | 8500 | 70 |
| 4. RCF मुंबई | 12000 | 70 |
| 5. Metro (Pro.) | 13500 | 70.75 |

इसमें क्षारीय जल तथा समुद्री जल पर आधारित सभी प्रकार के विलवणीकरण संयंत्र शामिल हैं। नई झिल्ली तकनीकों से सतही जल के संशोधन में अल्ट्रा फिल्ट्रेशन व माइक्रोफिल्ट्रेशन की बहुत उपयोगिता है वहीं नैनोफिल्ट्रेशन व विपरीत परासरण विधियों का जल विलवणीकरण में प्रयोग कर औद्योगिक स्तर पर इनका दोहन किया जा रहा है।

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र में विलवणीकरण विषय पर पिछले दो दशकों से अनुसंधान कार्य चल रहा है तथा झिल्ली व ताप विधियों पर आधारित कई प्रायोगिक संयंत्रों का निर्माण कर उसका संचालन भी किया गया। इन संयंत्रों के परिचालन से प्राप्त आंकड़ों के आधार पर 63 लाख लीटर प्रतिदिन क्षमता वाले एक वृहद् एमएसएफ आर ओ (MSF-RO) मिश्रित संयंत्र के निर्माण कार्य की मद्रास परमाणु बिजली घर कलपक्कम के पास शुरू करने की योजना बनाई है। (चित्र–4) इस योजना के सफल प्रदर्शन के बाद इसी प्रकार के कई संयंत्र देश के समुद्री तट वाले शहरों में लगाये जा सकते हैं जिससे पानी से जुड़ी समस्याओं को सुलझाने में मदद मिलेगी।

## पेय जल की गुणवत्ता

पेयजल या पीने योग्य पानी की सही गुणवत्ता की संक्षिप्त परिभाषा मेरी राय में यह है कि वही पानी पीने योग्य है जिसके लगातार एवं लंबे समय के प्रयोग से मनुष्य या प्राणी पर कोई विपरीत प्रभाव न हो। विशुद्ध पानी व पेय जल में एक विशेष अंतर है। पेयजल में बहुत सारे तत्व व यौगिक उपस्थित रहते हैं जिसके प्रयोग से कोई विपरीत प्रभाव नहीं होता परंतु यह शरीर को सारे पोषण तत्व प्रदान करते हैं; जबकि विशुद्ध जल में पेय–जल की अपेक्षा संक्षारण गुण अधिक होते हैं वे शरीर को नुकसान पहुंचाते हैं। पेय–जल की गुणवत्ता के बारे में 'विश्व स्वास्थ्य संगठन' व कई देशों ने मानक बनाये हैं। भारतीय मानक संख्या IS: 10500 (1991) में इसे विस्तार से बताया गया है। (तालिका–6) इस मानक के

अनुसार पानी में घुलित कुल पदार्थों की अधिकतम वांछनीय सीमा 500 मिग्रा. प्रति लीटर है। पानी की समस्याओं से प्रभावित क्षेत्रों में यह सीमा 2000 मिग्रा. प्रति लीटर तक उचित बतायी गयी है। इसमें फ्लोराइड व नाइट्रेट गैसें आयनों की निर्धारित सीमा का विशेष महत्व है जो क्रमशः 1.5 व 45 मिग्रा. प्रति लीटर हैं। अन्य वांछनीय गुणवत्ताओं में रंग, स्वाद के अतिरिक्त गंदलापनः 5 यूनिट JTU; अम्लीयता/क्षारीयता (pH): 6.50 –8.5, कैल्शियमः 70; मैग्नीशीयमः 50; लौह आयनः 0.1; क्लोराइड : 200; सल्फेट : 150;मैंगनीज तथा अन्य धातु आयन 0.05 से कम; मुक्त क्लोरीन $0.5^{-1}$ मिग्रा. प्रति लीटर के लगभग तथा रेडियोधर्मिता $10^{-7}$ माइक्रोक्यूरी प्रति मिली. से कम होना प्रमुख है। जीवाणुओं की संख्या (मुख्य रूप से कॉलीफॉर्म नामक जीवाणु) शून्य तथा कीटनाशक दवाइयां आदि नगण्य बतायी गयी हैं।

**तालिका:6 पेयजल का भारतीय मानक**

| Parameters | वांछनीय सीमा | अधिकतम सीमा |
|---|---|---|
| रंग (हैजन इकाई) | 5 | 25 |
| गैद लायन (मि.ग्रा./ली.) | 5 | 10 |
| अम्लीयता/क्षारीयता (पीएच) | 6.5-8.5 | 6.5 to 8.5 |
| कुल घुलित पदार्थ (मि.ग्रा./ली.) | 500 | 2000 |
| कैल्सियम (मि.ग्रा./ली.) | 75 | 200 |
| क्लोराइड (मि.ग्रा./ली.) | 250 | 1000 |
| सल्फेट (मि.ग्रा./ली.) | 200 | 400 |
| कुल कठोरता | 300 | 600 |
| लौह (मि.ग्रा./ली.) | 0.3 | 1.0 |
| क्षारीयता (मि.ग्रा./ली.) | 200 | 600 |
| फ्लोराइड (मि.ग्रा./ली.) | 1.0 | 1.5 |
| आर्सेनिक (मि.ग्रा./ली.) | 0.01 | 0.05 |
| कुल कॉलीफार्म (100 मी लि.) | 0.01 | 0.01 |
| रेडियोधर्मिता | 0.1,1 | 0.1,1 |
| (क) सक्रियता | | |
| (ख) सक्रियता | | |

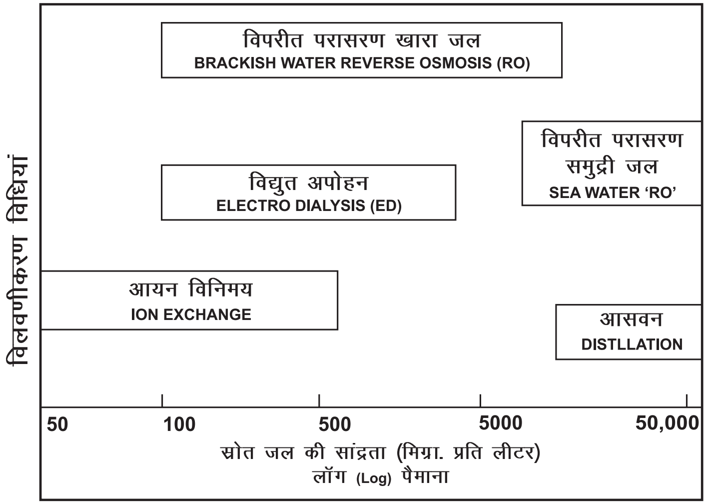
पेय–जल की समस्या पूरे विश्व की समस्या बन रही है। हमारे देश में भी समुद्र के किनारों पर बसे गांवों व शहरों में इस समस्या की अधिक चर्चा है। इसमें प्रमुख गुजरात, महाराष्ट्र, आंध्रप्रदेश व तमिलनाडु हैं। सरकार द्वारा बनाये गये तकनीकी मिशन (राजीव गांधी राष्ट्रीय पेयजल मिशन) के अंतर्गत 120 संयंत्र, 20–100 घन मी. प्रतिदिन क्षमता वाले रखे गये हैं जो कि विपरीत परासरण तथा विद्युत अपोहन सिद्धांतों पर आधारित हैं। अशुद्ध पानी से फैलने वाली बीमारियों की जानकारी का प्रचार–प्रसार, जल संरक्षण तथा महानगरपालिका द्वारा भविष्य की आवश्यकताओं को देखते हुए, इन विधियों पर आधारित संयंत्र लगाने के लिए निर्देश आदि जहां एक ओर जल की महत्ता को बताते हैं वहीं दूसरी ओर विलवणीकरण विधियों की निरंतर बढ़ती उपयोगिता को भी इंगित करते हैं। आज देश में कई सरकारी, गैर–सरकारी तकनीकी संस्थान और विश्वविद्यालय आदि इस तकनीक के विकास, सुधार तथा व्यवहारिकता के लिए अनुसंधान में प्रयत्नशील हैं। विलवणीकरण संयंत्रों के लगाने में मूल लागत तथा प्रक्रिया मूल्यों की तुलना अन्य जल संसाधनों के प्रबंधन स्वरूप किये जा रहे प्रयासों से करना अनुचित होगा क्योंकि विलवणीकरण संयंत्रों से प्राप्त जल अतिरिक्त जल साधन होता है। बड़ी क्षमता वाले समुद्रीजल पर आधारित विलवणीकरण का अंतर्राष्ट्रीय मूल्यांकन तालिका–7 में बताया गया है। आने वाले समय में मूल लागत तथा प्रक्रिया मूल्य को कम करने के प्रयास जारी रहेंगे।

**तालिका–7**

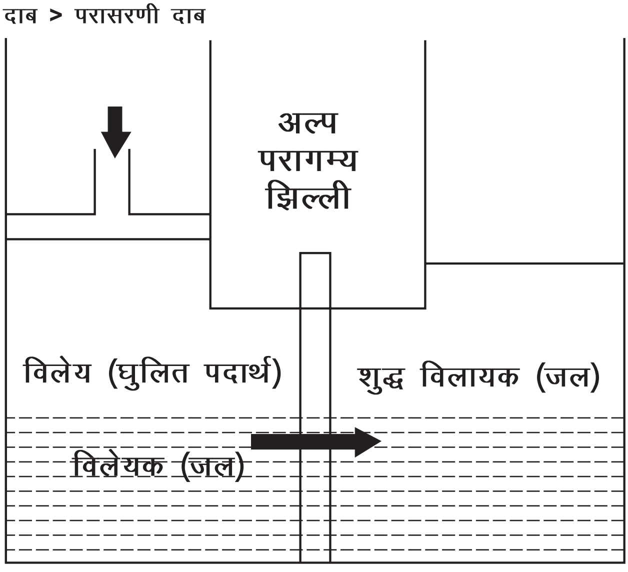
**समुद्री जल के विलवणीकरण का अंतर्राष्ट्रीय मूल्यांकन**

| वर्ष | मूल लागत (कलर प्रति घन मीटर प्रतिदिन) | जल का मूल्य (कलर प्रति घन मीटर) |
|---|---|---|
| 1980 | 1500 | 1.25 |
| 1990 | 1000-1200 | 1.0-1.2 |
| 2000 | 800-1000 | 0.8-1.0 |
| 2010 | 500-700 | 0.5-0.7 |

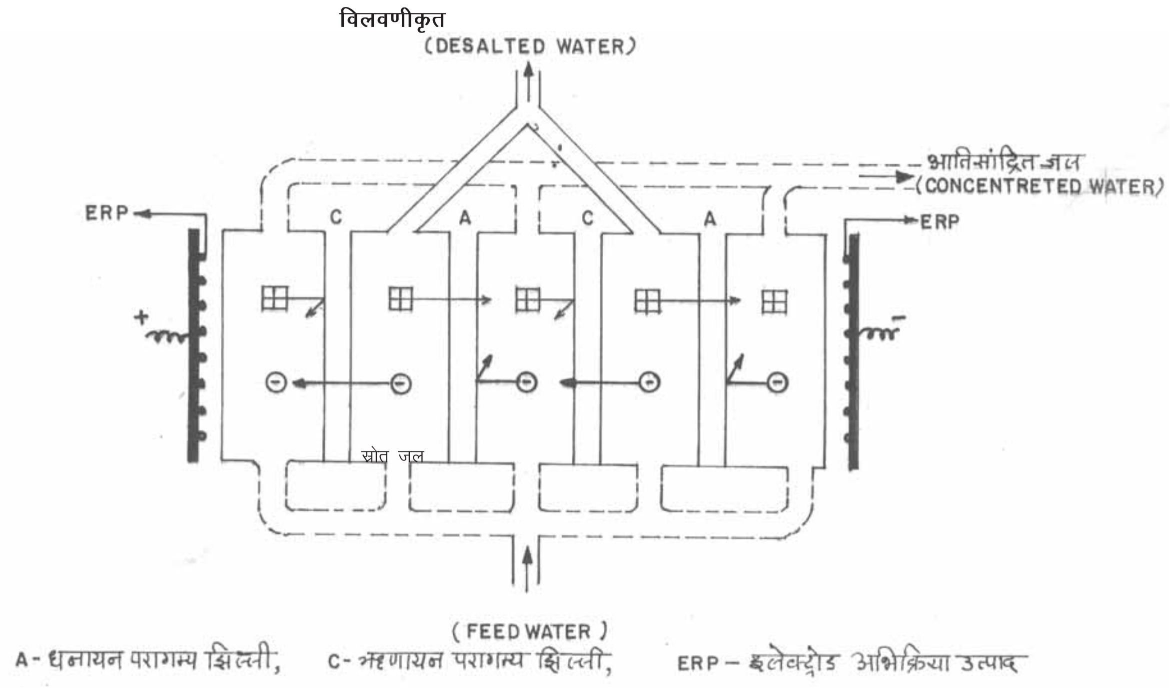
एक अमेरिकी डॉलर लगभग 45 रूपये के बराबर लिया गया है।




चित्रः1 विलवणीकरण विधियों की व्यावहारिक सीमाएं

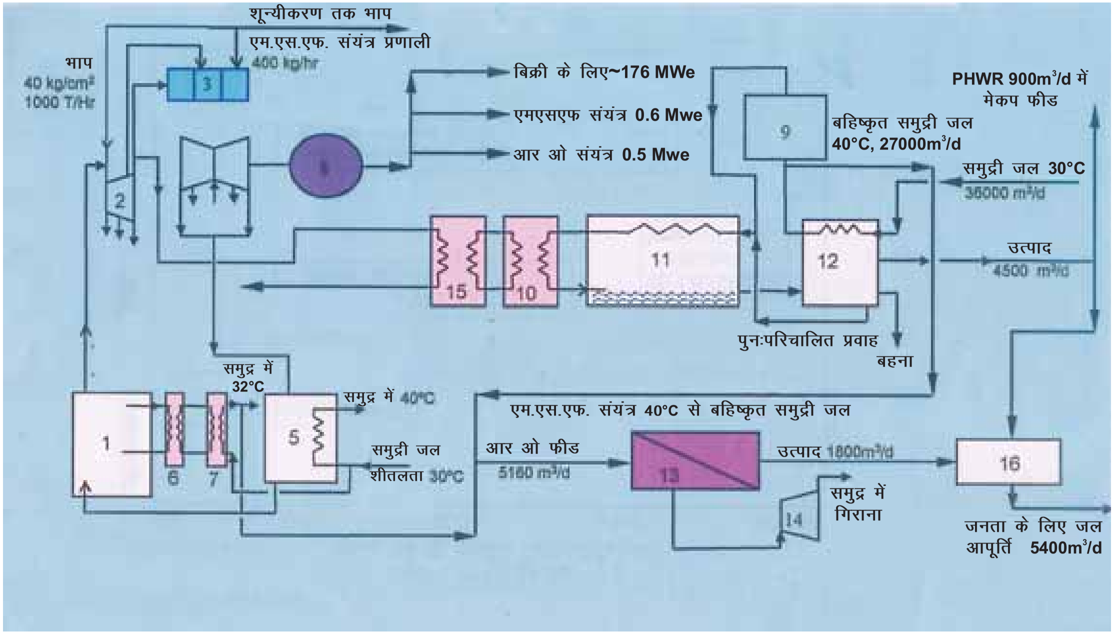



चित्रः2, विपरीत परासरण विधि का सिद्धांत




विद्युत अपोहन विधि का आरेखीय चित्रण

**चित्र : 1**




1. पीएचडब्लूआर 170 एमडब्लूई
2. एच पी टरबाइन
3. आर्द्रता अलग करने वाले/पुनः गर्म करने वाला
4. एल पी टरबाइन
5. पावर प्लांट कंडेन्सर
6. मोडरेटर . डीएम वाटर कूलिंग लूप
7. डीएम वाटर–समुद्री जल कूलिंग लूप
8. जनरेटर
9. एमएसएफ संयंत्र रासायनिक पुनः संशोधन खंड
10. एमएसएफ संयंत्र ब्रिन हीटर
11. एमएसएफ संयंत्र हीट रिकवरी सेक्शन
12. एमएसएफ संयंत्र हीट रिजेक्ट सेक्शन
13. आर ओ संयंत्र
14. आर ओ संयंत्र ऊर्जा रिकवरी टरबाइन
15. इंटरमीडिएट हीट एक्सचेंजर
16. उत्पाद स्टोरेज टेंक

लगाए जा रहे 6,300 घन मी. प्रतिदिन की क्षमता वाले तापीय व झिल्ली (एम.एस.एफ.–आर ओ) विधियों पर आधारित विलवणीकृत संयंत्र का प्रक्रिया चित्र

चित्र:4

# भारतीय संदर्भ में विलवणीकरण : विस्तृत मूल्यांकन

**श्री के. वेंकटरामा, शर्मा,**
**वैज्ञानिक–डी**
**पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय, नई दिल्ली**

विलवणीकरण समुद्र के खारे पानी को स्वच्छ पानी में परिवर्तित करने की प्रक्रिया है। हमारे देश में कई संस्थाएं इस दिशा में प्रयासरत हैं। इनमें उल्लेखनीय है पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय, परमाणु ऊर्जा विभाग, शहरी विकास एवं गरीबी उन्मूलन मंत्रालय। वर्तमान में अलग–अलग तकनीकों से यह कार्य किया जा रहा है। इस लेख में समुद्री पानी से विलवणीकरण प्रक्रिया द्वारा पेय जल तैयार करने में आनेवाली लागत का मूल्यांकन किया गया है। विलवणीकृत पेय जल का उत्पाद मूल्य पानी में नमक की मात्रा, इस्तेमाल की जानेवाली तकनीक के प्रकार, संयंत्र की क्षमता और आधारिक संरचना की मौजूदगी जैसे कई कारकों पर निर्भर करता है।

मानव के लिए स्वच्छ पेय जल मूलभूत जरूरत है लेकिन चूंकि इसके बहुत सीमित स्रोत हैं और उपभोक्ता बहुत अधिक हैं इसलिए कहा जाता है कि इसकी कम आपूर्ति के कारण अगला विश्व युद्ध लड़ा जाएगा। तो क्या इस जटिल समस्या का कोई समाधान नहीं है? जरूरत है पीने का पानी मिले जो लोगों को अपरंपरागत साधनों से उपलब्ध कराया जाए। लेकिन यह ध्यान में रहे कि ऐसे पानी पर किया गया खर्च आम स्रोतों से लिए जाने वाले पानी के खर्च के बराबर हो। इसके लिए हमें देखना होगा कि तटीय क्षेत्रों में समुद्र के खारे जल को किस प्रकार लवण रहित करके प्राप्त किया जा सकता है। इस प्रकार इस लेख में विलवणीकरण की आर्थिक प्रक्रिया/खर्चों का मूल्यांकन करने का प्रयास किया गया है। आर्थिक पहलुओं को समझने के लिए हमें पहले विलवणीकरण की तकनीक को समझना होगा ताकि हर ऐसे घटक पर ध्यान दिया जा सके जिससे समुद्री जल के खारेपन को दूर किया जाता है। सबसे ज्यादा अहम सवाल यह उठता है कि विलवणीकरण संयंत्र कहाँ पर स्थापित है। क्या यह समुद्री तट के पास है, जिससे कि ज्यादा दूर तक पाइप को लाने की जरूरत नहीं होगी। अथवा क्या विलवणीकरण संयंत्र एक जहाज (बार्ज) पर लगाया गया है, जैसे कि तूतीकोरिन, तमिलनाडु में प्रदर्शित किया गया। जाहिर है कि जहाज को समुद्र में खड़ा रखने का खर्च भी ध्यान में रखना होगा। फिर हमें इस बात पर भी ध्यान देना होगा कि पानी को संयंत्र में लाने के लिए कितनी बिजली खर्च करनी पड़ेगी क्योंकि इससे काफी ज्यादा खर्च बढ़ जाता है। कुल मिलाकर खारे पानी को मीठे जल में बदलने का संयंत्र स्थापित करने के लिए बिजली का खर्च, विलवणीकरण तकनीक, सरकार द्वारा दी जाने वाली आर्थिक सहायता, वितरण संबंधी खर्च तथा संयंत्र स्थापित करने के लिए स्थान का निर्धारण आदि जैसे पहलुओं को ध्यान में रखना होगा।

जनवरी, 2003 तक पूरे विश्व में 12,500 से भी अधिक औद्योगिक–पैमाने वाली विलवणीकरण यूनिटों ने 22.8 मिलियन घन मीटर प्रतिदिन की औसत उत्पादन दर पर कार्य करना प्रारंभ कर दिया है। विलवणीकरण प्रौद्योगिकी में लगातार हो रही प्रगति से ये यूनिटें पूरे विश्व में पानी की कमी की गंभीर समस्या को दूर करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही है। यही नहीं विलवणीकरण पर आने वाला खर्च लगभग लम्बी दूरी की जल परिवहन प्रणालियों के प्रचालन और रख–रखाव पर होने वाले खर्च के बराबर ही है। पिछले कुछ वर्षों में प्रणाली के डिजाइन में उन्नति होने, प्रचालन अनुभव में बढ़ोतरी होने तथा यूनिट के विशिष्ट आकार और बिजली की खपत में विशिष्ट कमी होने के कारण विलवणीकरण की लागत में लगातार कमी आई है। यहां हम यूनिट की उत्पाद लागत की गणना करने के लिए प्रयोग किए जाने वाले विभिन्न आर्थिक पैरामीटरों के बारे में तथा पिछले कुछ वर्षों में विलवणीकरण की लागत में हुए उतार चढ़ावों पर संक्षेप में चर्चा करेंगे।

निजीकरण की वर्तमान प्रवृत्तियों और जल परियोजनाओं को लागू करने में जिन चुनौतियों का सामना करना पड़ा है उनसे यह स्पष्ट हो गया है कि विलवणीकरण से जुड़े वास्तविक जोखिम को बेहतर ढंग से समझने की जरूरत है। अगले दो दशकों में विश्व में विलवणीकरण उपकरण की माँग प्रतिवर्ष 7 प्रतिशत से भी अधिक हो जाने की आशा है। यह माँग विश्व में प्रति व्यक्ति स्वच्छ जल की मात्रा कम होने तथा जल की गुणवत्ता के प्रति अधिक सजग होने के कारण बढ़ी है। बढ़ते जल प्रदूषण के कारण लोग जल की गुणवत्ता के प्रति अधिक सजग हो रहे हैं। विलवणीकरण संयंत्रों के लिए प्रारंभ में बड़े पूँजीगत परिव्यय की आवश्यकता होती है। जिसमें संयंत्र के कार्यकाल के दौरान उसके मूल्य में होने वाली कमी को भी ध्यान में रखना पड़ता है। संयंत्रों का कार्यकाल लगभग 30 वर्ष तक भी हो सकता है।

इस प्रकार पूँजीगत लागत का जल उत्पादन लागत पर काफी प्रभाव पड़ता है क्योंकि पूँजीगत अंशदान आम तौर पर जल उत्पादन लागत का 30 प्रतिशत से 50 प्रतिशत होता है। जल उत्पादन लागत में ऊर्जा का अंशदान ऊर्जा की लागत, प्रक्रिया के प्रकार और डिजाइन के अनुसार लगभग 30 प्रतिशत से 50 प्रतिशत तक की रेंज में हो सकता है।

समय–समय पर हम विलवणीकरण प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में नए–नए अन्वेषणों के बारे में सुनते रहते हैं, जो बहुत कम उपयोगी होते हैं और कुछ अन्वेषणों का उद्देश्य तो निवेशकों का पैसा बरबाद करना ही रहा है। ज्यादातर ये परियोजनाएँ "माँग किए जाने पर" अच्छी गुणवत्ता वाला पेय जल उपलब्ध कराती हैं न कि औद्योगिक प्रयोग अथवा सफाई के लिए इस्तेमाल किया जाने वाला पानी उपलब्ध कराती है। साथ ही इन परियोजनाओं में (नागरिक) वितरण नेटवर्क में भारी मात्रा में होनेवाली क्षतियों (जिनका अनुमान नहीं किया जा सकता है) को ध्यान में नहीं रखा जाता है। वस्तुतः ये उत्पाद बोतलबंद पानी की प्रतिस्पर्धा में है, परन्तु इनमें बोतलबंद पानी से जुड़े पैक करने और वितरण करने संबंधी खर्च को भी ध्यान में नहीं रखा जाता है। दूसरा ये परियोजनाएं इस बात का भी फायदा उठाती हैं कि इनमें अपशिष्ट ऊर्जा का इस्तेमाल होता है। यदि आप आपूर्ति से ज्यादा अपशिष्ट ऊर्जा का

इस्तेमाल नहीं करते हैं और इसका उपयुक्त ढंग से किफायत से प्रयोग करते हैं तो विलवणीकरण में आपको अत्यधिक दक्ष होने की जरूरत नहीं है। हम विभिन्न उद्योगों और वाणिज्य द्वारा फेंकी जाने वाली बड़ी मात्रा वाली "अपशिष्ट" ऊर्जा का उपयोग बहुत कम करते हैं।

ऊर्जा, पूँजी और प्रचालन लागतें जल विलवणीकरण अर्थव्यवस्था के महत्वपूर्ण भाग हैं। इस कारण से अलग–अलग मामले में अनुकूलतम प्रक्रिया का चयन करने का दृष्टिकोण अपनाया जाएगा। यह चयन स्थल की विद्यमान परिस्थितियों जैसे सुविधाओं, बिजली और पानी की मांग में वृद्धि, भूमि की उपलब्धता, अपरिष्कृत पानी की गुणवत्ता, उत्पादित किए जाने वाले पानी की वांछित गुणवत्ता, पानी के उत्पादन और बिजली उत्पादन के बीच के अनुपात, तापीय और झिल्ली विलवणीकरण के बीच के अनुपात के अनुसार होगा।

समुद्री जल के विलवणीकरण के लिए कोई एक साधारण एवं विशिष्ट समाधान नहीं है इसलिए अनुकूलतम प्रक्रिया का चयन अलग–अलग मामले के अनुसार करना पड़ता है; यह चयन मुख्य रूप से स्थल की कई विशिष्ट स्थितियों के अनुसार किया जाएगा। परन्तु सांख्यिकीय आंकड़ों के आधार पर कुछ पूँजीगत व्यय/प्रचालन व्यय की रेंज को ध्यान में रखते हुए समुद्री जल के विलवणीकरण की मूल्य संरचना संबंधी सामान्य प्रवृत्ति का उल्लेख किया जा सकता है।

भरण (Feed Water) जल का स्रोत और गुणवत्ता लागत महत्वपूर्ण कारक है। समुद्री जल का लवण अलग करने की लागत खारे पानी का लवण अलग करने की लागत से तीन से सात गुना अधिक हो सकती है। जब आर ओ विलवणीकरण तकनीक का प्रयोग करते हैं तो जल भंडारण की उपलब्धता और इसकी लागत जल वितरण और अन्य प्रणाली व्यय से जुड़ा मुख्य कारक है, जो कि विलवणीकरण संयंत्र की स्थापना एवं पानी के वितरण के लिए आवश्यक है। ऐसी लागतें मुख्यतः संयंत्र के स्थान निर्धारण और आकार से जुड़ी होती हैं। जिन स्थानों पर कोई अवसंरचना मौजूद नहीं है और आबादी बहुत थोड़ी या इधर उधर बसी हुई है वहाँ बहुत छोटे संयंत्रों का निर्माण अधिक लागत प्रभावी होगा। उत्पाद जल की लागत सामान्यतया विलवणीकरण सुविधा वाले स्थान से संबंधित दूरी और अशोधित जल के स्रोत की ऊँचाई (विलवणीकरण संयंत्र के स्थल के संदर्भ में) दोनों के लिए ग्रहणशील होगी। स्रोत से संयंत्र में पानी भरने से संबंधित ऊर्जा लागतों के कारण ऐसा होता है। समुद्री जल का लवण अलग करने के मामले में आर ओ संयंत्रों में उत्पादित किए जाने वाले जल की लगभग दुगुनी मात्रा में अपरिष्कृत जल आवश्यक होता है। समुद्री जल भरने की लागतों में सभी सहायक उपस्करों सहित जल भरने वाले पाइपों या चैनल, स्क्रीन, जल भरने वाले बेसिन और समुद्री जल के पंप भी शामिल हैं। इस लागत से यह संकेत मिलता है कि संयंत्र में समुद्री जल को भरना खर्चीला कारक है। इसलिए जल भरने के उपकरण के डिजाइन और स्थान–निर्धारण के साथ–साथ संयंत्र के स्थान निर्धारण पर भी पूरा ध्यान देना होगा। समुद्री जल भरने वाली प्रणालियों का मुख्य प्रयोजन समुद्री घास, शंख, रेत और हाइड्रोकार्बन के संदूषण से रहित अच्छी गुणवत्ता वाला भरण जल उपलब्ध करना है। समुद्री घास न आने देने के लिए जल भरने वाला मुँह समुद्र स्तर से 15 मीटर से अधिक नीचे लगाया जाए तो बेहतर होगा, इससे यह पदार्थ भीतर नहीं आ पाएगा। इसके लिए तट से दूर 2 किलोमीटर लम्बे जल

भरने वाले पाइप की जरूरत होगी। हाइड्रोकार्बन से होने वाले प्रदूषण को कम करने के लिए भी जल भरने वाली प्रणाली को सबसे नीचे के समुद्री तरंग स्तर से कई मीटर नीचे लगाया जाना चाहिए। समुद्र तटीय प्रदूषण बढ़ने के कारण छोटे चैनलों वाली साधारण तटवर्ती जल भराव प्रणाली की व्यवहार्यता कम होती जा रही है। समुद्री जल भराव प्रणाली संयंत्र का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है इसलिए इसमें आपातोपयोगी क्षमता होनी चाहिए।

भारत में विलवणीकरण को लागू करने के लिए पानी की कीमत बहुत बड़ी बाधा है। पानी की वर्तमान औसत कीमत अभी भी विलवणीकरण की लागत की तुलना में कम है। देश में पानी की कीमत बाजार की अर्थव्यवस्था के सिद्धांत पर नहीं वसूली जाती है बल्कि सरकार द्वारा इसके लिए भारी आर्थिक सहायता दी जाती है। भविष्य में पानी की कमी न होने देने के लिए पानी का संरक्षण करने और जागरूकता बढ़ाने के लिए पानी की कीमत का निर्धारण कारगर आर्थिक उपाय होगा। सरकारी नीति में कीमत निर्धारण में सुधार करने और लवणरहित जल की लागतों और पानी की वास्तविक कीमतों के बीच के अंतराल को धीरे–धीरे कम करने की सुविधा होनी चाहिए। संक्षेप में विलवणीकरण प्रक्रिया विश्वसनीय जल आपूर्ति मुहैया करा सकती है और अंततः यह आर्थिक रूप से व्यवहार्य होगी। विलवणीकरण लागतें कम होती जा रही हैं जबकि पारंपरिक स्रोतों से जल प्राप्त करने और उसका शोधन करने की लागत में बढ़ोतरी होती जा रही है। ऐसा इस कारण से है कि कई देशों में जल गुणवत्ता संबंधी मानदण्ड अधिक कठोर बना दिए गए हैं और इसकी वजह से जल का कई स्तरों पर शोधन करना पड़ता है। पानी की बढ़ती माँग के कारण पारम्परिक रूप से शोधित जल की लागतें भी अधिक हैं, इसके परिणामस्वरूप अधिक खर्चीले पारम्परिक स्रोतों का विकास हो रहा है। आने वाले समय में विलवणीकरण प्रक्रिया का प्रयोग किस सीमा तक होगा, यह पेय जल की घटती लागतों, बढ़ती मांग, वैकल्पिक साधनों की घटती क्षमता और पेय जल तथा विसर्जन संबंधी अधिक सख्त मानदंडों पर निर्भर करता है।

तकनीकी, आर्थिक और पर्यावरणीय दृष्टि से जीवन बनाए रखने के संदर्भ में निम्न तापमानवाली तापीय विलवणीकरण प्रौद्योगिकी सर्वाधिक कारगर प्रौद्योगिकी होने के कारण ऐसे संयंत्रों से ग्रीन हाऊस गैसों का उत्सर्जन तथा स्थानीय प्रदूषण बहुत कम होगा। महत्वपूर्ण निवारक उपाय के तौर पर इनसे ईंधन अथवा पानी की कमी के कारण होने वाले राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय विवादों की संभावना कम होगी तथा उन संसाधनों की बढ़ती लागत से संबंधित आर्थिक जोखिम भी कम होगी।

तथाकथित विकसित देश (विश्व की आबादी का लगभग 20 प्रतिशत भाग) विश्व के कुल संसाधनों के लगभग 80 प्रतिशत भाग का उपभोग करते हैं। इसके साथ–साथ विकासशील देशों की पानी की माँग बहुत तेजी से बढ़ रही है, इसका कारण है, जनसंख्या में बेतहाशा वृद्धि और गैर-उद्योगीकरण से प्रेरित, जीवन स्तर का बढ़ना। हालांकि यह कहा जाता है कि सामान्य प्रबंधकीय प्रवृत्तियों का रूख आपूर्ति से माँग आधारित कार्य नीतियों की ओर हो गया है, फिर भी अभी भी स्वच्छ जल की मांग को काफी तेजी से कम करने की गुंजाइश है। हम जानते हैं कि सिंचाई के प्रयोजन हेतु इस्तेमाल किए जाने वाले 69 प्रतिशत जल में से 70–80 प्रतिशत पानी फसल तक पहुंचने से पहले ही

वाष्प बनकर उड़ जाता है या जमीन में रिस जाता है। इसके अतिरिक्त फ्रांस के लेयोण और लेंजेरोट शहरों के विलवणीकरण संयंत्रों द्वारा हर वर्ष तैयार किए जाने वाले कई बिलियन लीटर पानी में से 2 प्रतिशत से भी कम पानी का पेय जल के रूप में उपभोग किया जाता है। इसका तात्पर्य यह है कि खाना बनाने के लिए अपेक्षित स्वच्छ जल के अलावा अत्यधिक ऊर्जा का प्रयोग करके तैयार किया गया लवणरहित जल वास्तव में शौचालयों में बहाने तथा सफाई करने के लिए काम में लिया जाता है या यह रिसकर बरबाद हो जाता है। अतः इससे केवल पानी की ही बर्बादी नहीं हो रही है बल्कि ऊर्जा और पदार्थ के संसाधनों के साथ–साथ पानी की भारी मांग की पूर्ति करने के लिए आवश्यक मानवीय प्रयास भी निष्फल हो रहे हैं। पानी की कमी की समस्या का सामना सभी समुदाय कर रहे हैं और इसका कारण है दुर्लभ संसाधन और लोगों की संभावित असीम मांगे। निर्धारित परिभाषा के अनुसार अर्थशास्त्र अपर्याप्त संसाधनों के उचित आवंटन का विज्ञान है, मानवीय प्रयासों से अतिरिक्त संसाधन भी उपलब्ध किए जा सकते हैं और अपने आचरण द्वारा जरूरत को स्वेच्छा से कम किया जा सकता है। यह मूल्यांकन का विषय है कि किस बिन्दु तक अभाव की स्थिति को मुख्य रूप से भौतिक या प्राकृतिक स्वरूप का माना जाए। इस कारण से नगर आयोजकों और जल विशेषज्ञों को संसाधन संरक्षण और मांग के ऐसे प्रबंधन पर जोर देना चाहिए जिससे तेजी से होने वाली खपत को नियंत्रित किया जा सके। यह सोच छोड़ देनी चाहिए कि पानी प्रचुर मात्रा में उपलब्ध है, साथ ही स्वेच्छा से स्पष्ट और परिस्थितिकीय कठोरता को मान लेना चाहिए। हमें सजग रहकर विश्व की बढ़ती आबादी को नियंत्रित करना होगा और उपभोग के साथ हो रही पानी की बरबादी तथा समाप्त होने वाले संसाधनों की लगातार बढ़ती जरूरत की ओर ध्यान देते हुए "सफल ढंग" से सोचना शुरू करना चाहिए, क्योंकि कुछ समय के बाद या तो हमें विवेकपूर्ण तरीका अपनाना होगा या हमें इन परिवर्तनों के विनाशकारी परिणामों को भोगना पड़ेगा।

**उपर्युक्त विवेचनात्मक लेख में वर्णित सभी महत्वपूर्ण मुद्दों को संक्षेप में नीचे दिया जा रहा है:**

**पृष्ठभूमि**

- विलवणीकरण की विभिन्न तकनीकें–प्रतिकूल परासरण (RO) बहुस्तरीय फ्लैश आसवन (MSF) बहु प्रभाव आसवन (MED), कम तापमान वाला तापीय विलवणीकरण (LTTD), आणविक तकनीक, इलैक्ट्रोडाइलीसिस, निर्वात हिमीकरण (vacuum freezing) वगैरह।
- कच्चे पानी के विभिन्न स्रोत–समुद्र जल, खारा जल, तटवर्ती/अंतःस्थलीय
- कार्यरत विविध सरकारी एजेंसी :
  – पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय
  – परमाणु ऊर्जा विभाग
  – शहरी विकास और गरीबी उन्मूलन मंत्रालय

## विलवणीकरण संबंधी आर्थिक बारीकियां एवं ऊर्जा उपयोग

- विलवणीकरण सहित जल आपूर्ति के किसी भी साधन की सम्पूर्ण लागतों एवं लाभों का निर्धारण कठिन है।
- विलवणीकरण की संपूर्ण प्रक्रिया में ऊर्जा लागतें सर्वाधिक महंगी हैं।
- किसी भी अन्य जल स्रोतों की तुलना में विलवणीकरण की प्रक्रिया अभी भी अधिक महंगी है, परन्तु स्थानीय और अधिक विश्वसनीय जल आपूर्ति को देखते हुए यह कीमत अधिक नहीं है।
- तटीय विलवणीकरण–समुद्र जल तो है ही मुफ्त!

### प्रत्यक्ष लागतें

- प्रत्यक्ष और आसानी से निर्धारित की जा सकने वाली आर्थिक लागतें

  –पूंजीगत लागत (शोधन संयंत्र खड़े करने और पाईपलाईन बनाने हेतु)

  – प्रचालन संबंधी लागत

  – रख–रखाव खर्च (जल आपूर्ति प्रणाली)

  – बिजली खर्च (पानी को एक जगह से दूसरी जगह खींचने के लिए)

### अप्रत्यक्ष लागतें

- अप्रत्यक्ष एवं गैर–मुद्रा संबंधी लागतें
  - पर्यावरणीय लागतें (अंतःस्थलीय संयंत्रों में नदी का बहाव घट जाता है और जल विभाजक कम हो जाते हैं।)
  - सामाजिक लागत (कम मनोरंजन सुविधाएं, पर्यटन में कमी)
  - अलग–अलग प्रणालियों की बजाय केन्द्रीकृत ढांचे की लागत
  - बिक्री से मिलने वाली धनराशि
  - वित्तीय प्रोत्साहन (सहायता एवं अनुदान)

### प्रचालन संबंधी लागतें

- जल स्रोत (समुद्र जल का विलवणीकरण अधिक महंगा है)
- विलवणीकरण की विधि
- संयंत्र संबंधी स्तर और क्षमता
- संयंत्र के स्थल और आकार को लेकर मूलभूत ढांचे की लागत

- रख–रखाव और स्वच्छता (प्रतिदूषण शोधन [anti-fouling treatment] एवं नियमित रख–रखाव की लागत भिन्न–भिन्न है जो विलवणीकरण की विधि, प्रयुक्त सामग्री आदि पर निर्भर है।)

## प्रचालन संबंधी लागतें

- वर्तमान जल आपूर्ति के अनुरूप बनाना
- तैयार जल की वांछित गुणवत्ता (जल का अभीष्ट प्रयोग–निर्माण, सिंचाई, कृषि, पेय जल) और वे मानक (standards) जिन्हें लागू किया जाना है।
- पूर्णकालिक या अंशकालिक प्रचालन
- समुद्री जल प्राप्त करने की लागत (ईंटेक पाइप, स्क्रीन, ईंटेक बेसिन, समुद्री जल के पंप की लागत)

## विलवणीकरण के लाभ

- जनवरी 2003 तक 12500 औद्योगिक स्तर की विलवणीकरण ईकाइयां
- 22.8 मिलियन घन मीटर ($m^3$) प्रतिदिन की औसत उत्पादन दर
- लंबी दूरी की जल परिवहन प्रणालियों की लागत को देखते हुए ये विलवणीकरण लागतें प्रतिस्पर्धात्मक हैं।
- उन्नत प्रौद्योगिकी के कारण लागतों में कमी आई है
- दसवीं पंचवर्षीय योजना (ग्रामीण पेयजल आपूर्ति और स्वच्छता संबंधी कार्यकारी दल, 2001) के अनुसार संयंत्र की औसत प्रति व्यक्ति लागत 10 lpcd-700रु., 40 lpcd-1200 रु., (अनुमानित)
- पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय के कावारती संयंत्र में एक लाख लीटर प्रति दिन पेयजल का उत्पादन, केवल 0.25 रु. प्रतिलीटर की लागत से, जबकि प्रयोगशाला में 5 हजार लीटर प्रति दिन के उत्पादन के लिए इसकी लागत 0.90 रु. प्रतिलीटर थी।

## मुख्य मुद्दे

- विलवणीकरण संयंत्रों में आरंभ में भारी परिव्यय करना पड़ता है, जिसमें संयंत्र के 30 वर्ष के कार्यकाल के दौरान होने वाला मूल्यह्रास (depreciate) भी जोड़ना पड़ता है।
- अतः पूंजीगत लागत जल उत्पादन की लागत का सामान्यतः 30–50 प्रतिशत होती है।
- जल उत्पादन लागत में ऊर्जा का योगदान 30–50 प्रतिशत के बीच है जो ऊर्जा लागत, प्रक्रिया की किस्म और डिजाइन पर निर्भर करता है।

## निष्कर्ष

- भविष्य में विलवणीकरण के प्रयोग का विस्तार निम्नलिखित पर निर्भर करता है।
  – घटती लागतें
  – पेयजल की बढ़ती मांग
  – वैकल्पिक साधनों की कम होती व्यवहार्यता, एवं
  – पेय जल और निस्सारण (discharge) के कड़े मानक

- भारत में

  –जल का बाजार मूल्य हो, इसमें सरकारी सहायता का अंश शामिल नहीं होना चाहिए

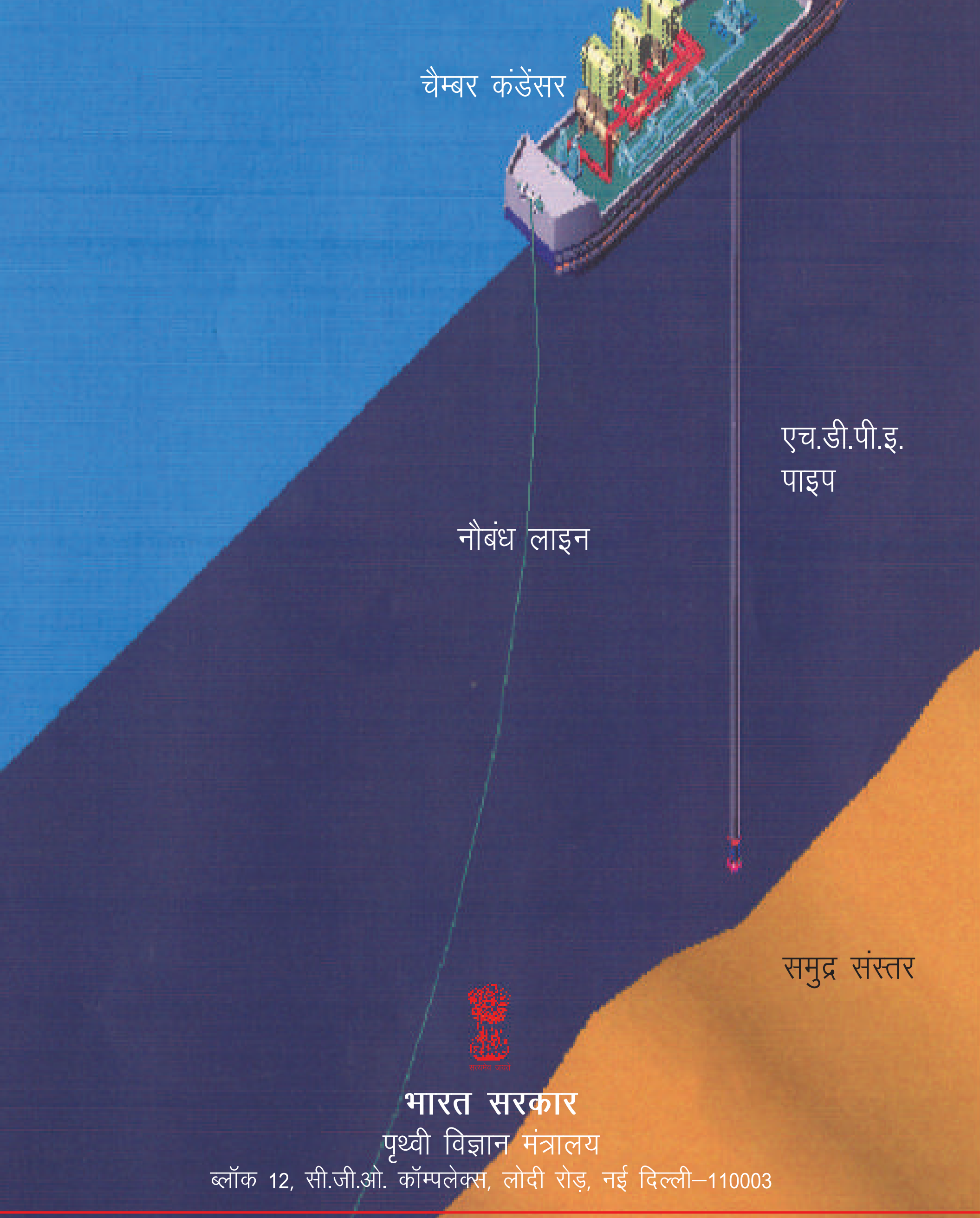
  जिन स्थानों पर कोई मूलभूत ढांचा नहीं है और आबादी कम है, वहाँ छोटा विलवणीकरण संयंत्र बनाना लागत की दृष्टि से सस्ता है।

## अंततः

- संयंत्र का डिजाइन आर्थिक लागत को ध्यान में रखते हुए बनाना चाहिए।
- समुद्री जल के ईंटेक के डिजाइन एवं उसे कहाँ स्थापित करें (संयंत्र सहित), इस पर भी समुचित ध्यान देना होगा।
- स्वच्छ जल की मांग को काफी हद तक कम करने की जरूरत है; संसाधनों के संरक्षण और मांग संबंधी प्रबंधन पर जोर देना होगा (जिससे उपभोग में काफी हद तक कमी आए)

निष्कर्ष के रूप में यह कहा जा सकता है कि हमारे देश में तटीय क्षेत्रों की पानी की कमी की समस्या को दूर करने के लिए संयंत्र स्थापित करते समय यदि उपर्युक्त बातों को ध्यान में रखा जाए तो इससे आम आदमी अवश्य लाभान्वित होगा। इससे पेय जल उपलब्ध कराने पर आने वाले भारी खर्च में भी काफी कमी आएगी।

# बार्ज पर बना 10 एम.एल.डी. विलवणीकरण संयंत्र




**भारत सरकार**
पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय
ब्लॉक 12, सी.जी.ओ. कॉम्पलेक्स, लोदी रोड़, नई दिल्ली–110003

भारत सरकार, पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय, नई दिल्ली–110003 द्वारा मुद्रित – 2006