

शैक्षणिक संदर्भ अंक १३४ फेब्रुवारी – मार्च २०२२

# सागर लहरी आणि ऊर्जा

(भाग २)

लेखक : किरण बर्वे

# सागर लहरी आणि ऊर्जा

(भाग २)

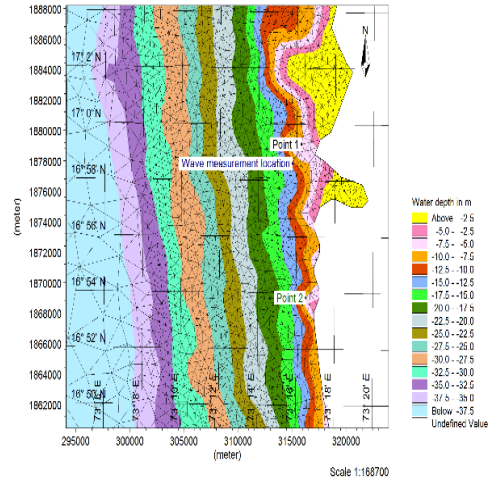
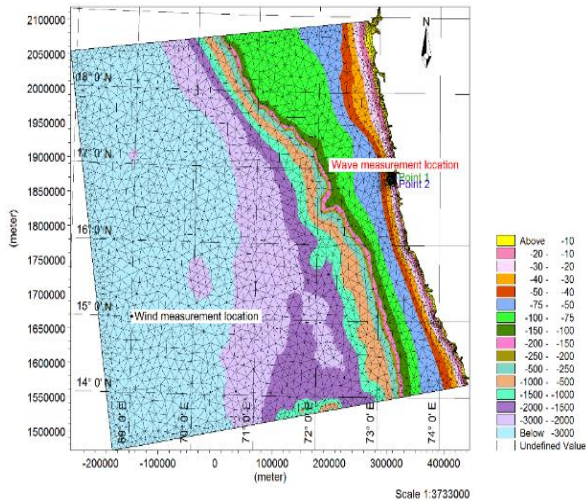
लेखक : किरण बर्वे

पृथ्वीवर होत असलेले प्रदूषण, इंधनांची कमतरता आणि पर्यावरणाचा न्हास यांमुळे सौरऊर्जा, पवनऊर्जा अशा कमीतकमी प्रदूषणकारी आणि नैसर्गिकरित्या उपलब्ध अशा हरितऊर्जास्रोतांचे शोध आणि विकास अनिवार्य ठरला आहे. अशा ऊर्जापैकी दुर्लक्षित असलेल्या 'समुद्राच्या लाटांपासून ऊर्जा' किंवा 'तरंगऊर्जा' या ऊर्जास्रोताचा थोडक्यात इतिहास आणि तरंगऊर्जासमृद्ध क्षेत्रांचा शोध कसा घेतला जातो या विषयी आपण पहिल्या भागात वाचले आहे. या दुसऱ्या भागामध्ये भारतामध्ये या क्षेत्रात केल्या जाणाऱ्या संशोधनाविषयी अधिक जाणून घेऊया.

किनाऱ्यावर येणाऱ्या लाटांचे गुणधर्म काढण्यासाठी खोल समुद्रातील लाटांची उंची, दिशा, वारंवारता माहीत असायला हवी. खोल समुद्रात विविध दिशांनी लाटांचा प्रवास चालू असतो; जसा वारा ढकलेल तसा.

अशा प्रकाराने खूप खोल समुद्रातील लाटांचे गुणधर्म माहीत असताना, तेथपासून ते किनाऱ्यापर्यंत समुद्राची खोली मोजलेली असेल तर गणितीय रूपके (Mathematical

Modelling) वापरून आपण लाटांचे गुणधर्म आणि त्या आधारे उपलब्ध ऊर्जा ठरवू शकतो. आकृती १ मध्ये समुद्राच्या विशाल भागातील प्रत्येक ठिकाणच्या खोलीचे चित्र दाखवले आहे. पहिल्या चित्रात खूप मोठ्या प्रदेशात सर्व ठिकाणी समुद्राची खोली दाखवली आहे. उजवीकडे संकेतपट आहे. त्यात फिकट निळ्या रंगात ३००० मीटरपेक्षा अधिक खोल असलेला भाग दाखवला आहे. तसेच १५० मीटर ते १०० मीटर खोल भाग पोपटी रंगाने दाखवला आहे. जिथे तरंगऊर्जा मापन अधिक नेमकेपणाने करावयाचे आहे, त्या किनाऱ्याजवळच्या भागातील समुद्र खोली दर्शवणारे चित्र नंतर दाखवले आहे. लहान भागावर जास्त बारकाईने माहिती दाखवली आहे.

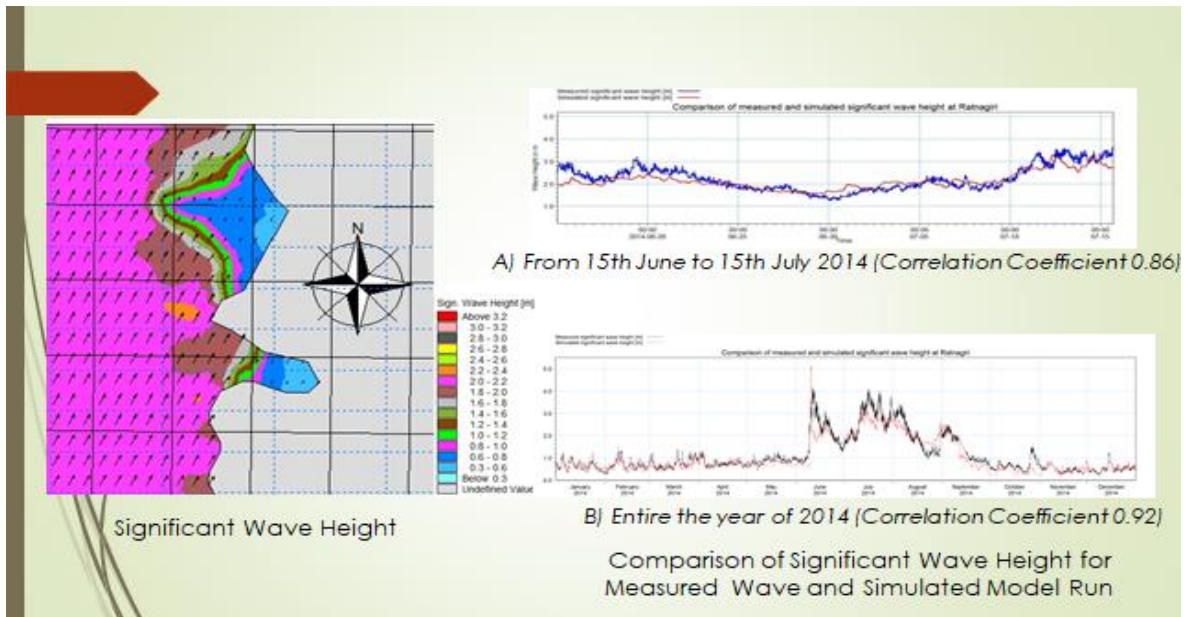


### आकृती १ : समुद्राच्या विशाल भागातील प्रत्येक ठिकाणच्या खोलीचे चित्र (चित्र स्रोत :- संदर्भ ३, आकृती २)

वरील नकाशा ६०० किलोमीटर पूर्व पश्चिम आणि ७०० किलोमीटर दक्षिण उत्तर इतक्या प्रदेशातील खोली दाखवतो. त्या मोठ्या प्रदेशातील आपल्याला रस आहे तो रत्नागिरी जवळचा भाग दाखवला आहे. तेथील खोली अधिक बारकाईने दाखवली आहे. वेगवेगळ्या रंगांनी वेगवेगळी खोली दाखवली आहे.

आपल्याला समुद्र किनाऱ्यावरील लाटांचे गुणधर्म हवे आहेत. त्यासाठी गणिती रूपक वापरावे लागेल. त्यासाठी समुद्राच्या खोलीची माहिती आपण वापरणार आहोत. तसेच खोल समुद्रापासून कमी खोलीच्या समुद्राकडे येत असताना लाटांमध्ये होणारे बदल आपण गणिताने काढणार आहोत. या प्रकारे पुढे पुढे सरकत आपण किनाऱ्याजवळचे लाटांचे गुणधर्म निश्चित करतो.

खोल समुद्रात लाटांचे गुणधर्म वाऱ्याचा वेग, दिशा, वारा किती वेळ वाहत आहे आणि किती विस्तृत प्रदेशावर वाहत आहे त्याद्वारे ठरतात. वारा अधिक सहजी मोजता येतो. त्यामुळे तेथील माहिती आपणास मिळू शकते. ती माहिती आणि ठिकठिकाणची समुद्र खोली याचा उपयोग करून गणिती रूपकाच्या साहाय्याने आपल्या अभ्यासासाठी निवडलेल्या प्रदेशावरील लाटांचे गुणधर्म काढता येतात. तसे ते काढले गेले.

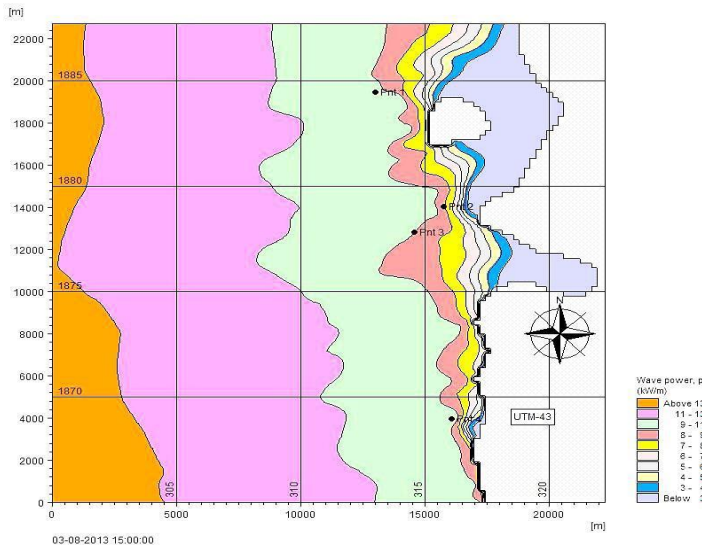


**आकृती २ : वरील आकृतीत एका बाजूला प्रत्यक्ष मोजलेली आणि गणिती रूपकाद्वारे मिळालेली किनाऱ्याजवळील लाटांची उंची दाखवली आहे.**

(चित्र स्रोत:-संदर्भ ३, आकृती ५)

एक प्रश्न नक्कीच उपस्थित होतो, की बुवा तुम्ही सांगता त्याप्रमाणे खरंच लाटा वागतात का ? यात प्रश्न दोन आहेत. पहिला, तुम्ही उपयोगात आणलेली पद्धत योग्य आहे का, तसेच दुसरा प्रश्न तुम्ही ती अचूकतेने वापरली आहे का? त्यासाठी जिथे प्रत्यक्ष मोजमाप केले आहे आणि त्या जागी तुमच्या अभ्यासातून मिळालेले गुणधर्म यांची तुलना केली पाहिजे.

जिथे लाटांचे गुणधर्म प्रत्यक्ष मोजले आहेत तेथील मोजलेली तरंग उंची आणि रूपकाद्वारे आलेली उंची यांची तुलना आकृती २ मध्ये दाखवली आहे. वर्षभरात प्रत्यक्ष मोजलेली उंची आणि गणितानी काढलेली उंची एकाच आलेखात दाखवली आहेत. वरती एका महिन्यातील तुलना आणि खाली वर्षभराची तुलना दाखवली आहे. दोन्ही आलेखात उंचीमध्ये त्याच प्रकारे बदल झाले आहेत, तसेच पूर्ण वर्षभर हे साम्य दिसत आहे. तुलना



**आकृती ३ : वरील आकृतीत ऑगस्ट २०१४ तील तरंगऊर्जेचे चित्र, कोणत्या ठिकाणी सरासरी किती ऊर्जा आहे हे दिले आहे.**

(चित्र स्रोत:-संदर्भ २, आकृती ५)

खूपच सारखेपणा दाखवत आहे. ही संशोधकासाठी अत्यंत महत्वाची बाब आहे. या अभ्यासामधून निघालेले निष्कर्ष विश्वासार्ह आहेत हा त्याचा अर्थ.

विशिष्ट काळात प्रत्येक

ठिकाणची ऊर्जा उपलब्धता आपल्याला मिळाली. त्याचप्रमाणे जिथे सर्वाधिक ऊर्जा आहे, अशा

चार नेमक्या जागा निश्चित ठरवता आल्या (आकृती ३ Point 1, 2, 3, 4). एखाद्या ठिकाणी मोजमाप करून त्या ठिकाणी असणारी ऊर्जा मिळते तर गणिती रूपकाचा उपयोग करून खूपच अधिक महत्त्वपूर्ण माहिती मिळाली. संपूर्ण प्रदेशावर ऊर्जास्थिती कळली. याचप्रमाणे तीन वर्षांचा अभ्यास केला गेला. त्यातून दर महा किती ऊर्जा मिळू शकेल हे समजले. तसेच स्थानानुसार आणि समयानुसार ऊर्जा उपलब्धता कळली. अर्थातच तेथे ऊर्जा निर्मितीची संयंत्रे बसवण्यासाठी योग्य जागा तसेच तेथे किती प्रमाणात ऊर्जा मिळेल हे सुद्धा मिळाले.

अशा प्रकारचा अभ्यास भारतात प्रथमच केंद्रीय जल और विद्युत अनुसंधान शाला (Central Water and Power Research Station), पुणे येथे झाला. सागर अभियांत्रिकीतील पदव्युत्तर अभ्यास करणाऱ्या जस्टिन थॉमस (२०१५) आणि रूपेशकुमार (२०१७) यांनी किरण बर्वे यांच्या मार्गदर्शनाखाली हा अभ्यास केला. या आधारे त्यांनी लिहिलेल्या शोध निबंधांना मान्यताही मिळाली.

भारतात तरंगऊर्जा निर्मिती बाल्यावस्थेत आहे. मात्र जगात ऑस्ट्रेलिया, डेन्मार्क, इंग्लंड हे देश मोठ्या प्रमाणावर तरंगऊर्जा निर्मिती करतात. भारतात गेल्या दोन ते तीन दशकांत कमीतकमी प्रदूषणकारी आणि नैसर्गिकरितीने सतत उपलब्ध ऊर्जा निर्मितीसाठी मुख्यत्वे पवन आणि सौर या स्रोतांचा उपयोग केला गेला. हळूहळू अन्य स्रोतांकडेही लक्ष जाईल. मात्र तरंगऊर्जा न परवडणारी आहे असा समज झाला आहे. ज्या वेळेला राष्ट्रीय स्तरावर तरंगऊर्जा निर्माण करून वापरायची असा धोरणात्मक निर्णय होईल त्याच वेळेला त्यातील संशोधनाला गती येईल. तरंगऊर्जा अधिकात अधिक किफायतशीर होत जाईल.

तरंगऊर्जा संपादन करत असताना इतरही महत्त्वाच्या उपयुक्त गोष्टी घडतात. किनाऱ्यानजीक ५०० मीटर लांब तरंगऊर्जा निर्मिती संयंत्र बसवले तर त्यामुळे त्या किनाऱ्याची धूप होणे थांबते. समुद्रकाठावर अधिक उर्जा येऊन आदळते त्यावेळी मोठ्या प्रमाणावर धूप होते. तरंगऊर्जा संयंत्र लाटांतील ऊर्जा शोषून घेते. त्यामुळे किनाऱ्यावर पोचणारी ऊर्जा खूप कमी होते आणि धूप होत नाही. उल्लाल, कर्नाटक येथे तरंगऊर्जा निर्माण आणि धूपनियंत्रण कसे होऊ शकेल या अभ्यासाचे निष्कर्ष आशादायक आहेत.



डावीकडच्या चित्रामध्ये अगुसडौरा (Agucadoura), पोर्तुगाल येथील २००८ साली सुरू झालेला पहिला सागरलहरी ऊर्जा प्रकल्प  
(चित्र स्रोत:-<https://www.power-technology.com/projects/pelamis/>) आणि उजवीकडे भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, मद्रास आणि राष्ट्रीय समुद्र प्रौद्योगिकी संस्थान यांच्या शास्त्रज्ञांनी २०१९ मध्ये तयार केलेले टर्बाईन. याच्या साहाय्याने सागरलहरींपासून विद्युतऊर्जा निर्माण करण्यासाठी प्रयोग केले गेले.  
(चित्र स्रोत:- <https://www.indiatoday.in/education-today/news/story/iit-madras-niot-researchers-develop-turbines-to-convert-wave-energy-to-electricity-1578816-2019-08-08>)

किनारपट्टीवर अनेक जागी वीज दुसरीकडून आणणे कठीण असते, त्यावेळी तेथेच ऊर्जा निर्माण करून तेथेच वापरणे सोयीचे आहे. अधिक टिकाऊ विकासाच्या दृष्टीने असे

करणे योग्य आहे. किनाऱ्यांची धूप टाळणे आणि किनारपट्टीचा विकास पर्यावरणाला हानीकारक न ठरता होणे आवश्यक. हे साध्य करायला तरंगऊर्जेचा पर्याय योग्यच आहे. कदाचित माझा असाही उपयोग करा हे सागर तळमळून सांगत असेल.

संदर्भ

१. A Review on Assessment of Wave Energy Potential, Justin Thomas T, K.H Barve , G.S Dwarakish, L.R Ranganath, National Conference on Futuristic Technology in Civil Engineering for Sustainable Development 9th May 2015.
२. Assessment of wave energy potential along South Maharashtra coast, Justin Thomas, Kiran Barve, Ranganath L.R. and G S Dwarakis, *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, ISSN 0974-5904, Volume 09, No. 03, June 2016
३. Assessment of wave energy potential using 3-years offshore wind & wave data near Ratnagiri, Maharashtra, Rupesh Kumar, K.H Barve, Ajai Singh, Tasneem Ahsan, L.R Ranganath, INCHOE-2018, Indian Society for Hydraulics and Central Water & Power Research Station, Pune, India
४. Study on Tidal & Waves Energy in India: Survey on the Potential & Proposition of a Roadmap Final Report December 2014, INDIAN RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT AGENCY LIMITED (IREDA)

§§§

---

लेखक : किरण बर्वे, भास्कराचार्य प्रतिष्ठान येथे गणित शिकवतात. विज्ञान व गणित विषयांत लेखन करतात. शैक्षणिक संदर्भ गटात सहभागी.

इ.मेल : [barvekh@gmail.com](mailto:barvekh@gmail.com)

(कळीचे शब्द- सागर लहरी, सागरी लाटांचे गुणधर्म, सागर लहरींतून ऊर्जा निर्मिती,  
तरंगऊर्जा)



## शैक्षणिक संदर्भ द्वैमासिकाविषयी

शैक्षणिक संदर्भ हे पालकनीती परिवाराचे द्वैमासिक ऑगस्ट १९९९ पासून संदर्भ सोसायटी प्रकाशित करत आहे. मराठीतून चांगले विज्ञान वाचायला मिळावे, शालेय व महाविद्यालयीन विद्यार्थ्यांच्या कुतूहलाला प्रोत्साहन मिळावे, अनुभवांना जोडून असलेल्या विज्ञानाची सहज ओळख व्हावी आणि समाजात वैज्ञानिक दृष्टिकोन वाढावा, हे याचे उद्देश आहेत.

२०१८ सालापासून आम्ही शैक्षणिक संदर्भची छापील आवृत्ती न काढता इ-अंक प्रकाशित करत आहोत व इमेल आणि व्हॉट्सॅपच्या माध्यमातून वाचकांपर्यंत पोहोचवत आहोत.

आपल्याला आमचे अंक वाचायचे असल्यास आपला इ-मेल पत्ता आणि व्हॉट्सॅप क्रमांक(ऐच्छिक) आम्हाला [sandarbh.marathi@gmail.com](mailto:sandarbh.marathi@gmail.com)वर पाठवावा. दर आठवड्याला एक लेख व दर दोन महिने पूर्ण झाल्यावर आठ लेखांचा एकत्रित एक अंक असे आपल्याला पीडीएफ स्वरूपात मिळतील.

[www.sandarbhsociety.org](http://www.sandarbhsociety.org) या वेबसाईटला जरूर भेट द्या. जुने अंकही त्यावर पीडीएफ स्वरूपात उपलब्ध आहेत.

हा उपक्रम विनामूल्य आहे, पण आपणआपला सहभाग ऐच्छिक देणगी रूपात संदर्भ सोसायटीकडे पाठवू शकता. अधिक माहिती वेबसाईटवर उपलब्ध आहे.

- संपादक मंडळ, शैक्षणिक संदर्भ व विश्वस्त मंडळ, संदर्भ सोसायटी