Naveen Shodh Sansar (An International Refereed / Peer Review Multidisciplinary Research Journal)
RNI No.- MPHIN/2013/60638, ISSN 2320-8767, E- ISSN 2394-3793, Scientific Journal Impact Factor (SJIF)- 8.054,
October to December 2025, E-Journal, Vol. I, Issue LII (52), ISO 9001:2015 - E2024049304 (QMS)

मन्नार की खाड़ी की जैव विविधता पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव: एक समग्र विश्लेषण

डॉ. राजवती दीपंकर*

* सहायक प्राध्यापक (भूगोल) शासकीय महाविद्यालय, नईगढ़ी, जिला मऊगंज (म.प्र.) भारत

शोध सारांश – मन्नार की खाड़ी (Gulf of Mannar) भारत के दक्षिण-पूर्वी तट पर स्थित एक अद्वितीय समुद्री जैव विविधता हॉटस्पॉट है, जिसे यूनेस्को द्वारा मान्यता प्राप्त बायोस्फीयर रिजर्व घोषित किया गया है। यह शोध पत्र मन्नार की खाड़ी की समृद्ध जैव विविधता पर जलवायु परिवर्तन के बहुआयामी प्रभावों का समग्र विश्लेषण प्रस्तुत करता है। अध्ययन बताता है कि समुद्र की सतह के बढ़ते तापमान (Sea Surface Temperature-SST) के कारण प्रवाल विरंजन (Coral Bleaching) की घटनाएँ बढ़ी हैं, जिससे प्रवाल भित्तियाँ क्षीण हो रही हैं और शैवालीय फेज शिफ्ट (Algal Phase Shift) की स्थिति उत्पन्न हुई है। इसके अतिरिक्त, अवसादन (Sedimantation), मैक्रोएल्गी (Microalgae) का प्रसार, और समुद्री जल की रासायनिक संरचना में परिवर्तन इस पारिस्थितिकी तंत्र के लिए गंभीर खतरे उत्पन्न कर रहे हैं। शोध से पता चलता है कि यद्यपि मन्नार की खाड़ी का विशिष्ट भौगोलिक स्थान इसे आसपास के क्षेत्रों की तुलना में अधिक स्थिर वातावरण प्रदान करता है, फिर भी बढ़ता मानवीय दबाव और जलवायु परिवर्तन के प्रभाव इसकी पारिस्थितिकीय स्थिरता को कमजोर कर रहे हैं। अध्ययन में कृत्रिम प्रवाल भित्तियों के पुनर्स्थापन प्रयासों और दीर्घकालिक संरक्षण रणनीतियों की आवश्यकता पर भी प्रकाश डाला गया है।

प्रस्तावना – मन्नार की खाड़ी (Gulf of Mannar) हिंद महासागर में लक्षद्वीप सागर का एक भाग है, जो भारत के दक्षिण-पूर्वी तट और श्रीलंका के उत्तर-पश्चिमी तट के बीच विस्तृत है। यह खाड़ी अपनी अत्यधिक समृद्ध जैव विविधता के लिए विश्व प्रसिद्ध है और इसे दक्षिण-पूर्व एशिया का पहला समुद्री बायोस्फीयर रिजर्व होने का गौरव प्राप्त है। वर्ष 1989 में स्थापित और 2001 में यूनेस्को द्वारा मान्यता प्राप्त इस बायोस्फीयर रिजर्व में 21 द्वीप और आसपास के तटीय क्षेत्र शामिल हैं, जो लगभग 10,500 वर्ग किलोमीटर क्षेत्र में फैले हुए हैं।

इस क्षेत्र की जैव विविधता अद्वितीय है: यहाँ 117 प्रवाल प्रजातियाँ, 450 से अधिक मछली प्रजातियाँ, 181 समुद्री शैवाल प्रजातियाँ, 11 मैंग्रोव प्रजातियाँ, तथा विश्व स्तरीय संकटापन्न प्रजातियाँ जैसे डुगोंग (समुद्री गाय), व्हेल शार्क, और समुद्री कछुए पाई जाती हैं। यह खाड़ी विभिन्न प्रकार के पारिस्थितिक तंत्रों का घर है, जिनमें प्रवाल भित्तियाँ, मैंग्रोव, समुद्री घास के मैदान, ज्वारनदमुख, मडफ्लैट्स, और रेतीले समुद्र तट शामिल हैं।

हालाँकि, यह अद्वितीय पारिस्थितिकी तंत्र वर्तमान में जलवायु परिवर्तन और मानवीय गतिविधियों के संयुक्त दबाव में है। यह शोध पत्र मन्नार की खाड़ी की जैव विविधता पर जलवायु परिवर्तन के प्रभावों का एक समग्र विश्लेषण प्रस्तुत करने का प्रयास करता है।

मन्नार की खाड़ी: जैव विविधता का हॉटस्पॉट

1. भौगोलिक एवं पारिस्थितिकीय विशेषताएँ – मन्नार की खाड़ी की भौगोलिक स्थिति इसे अद्वितीय बनाती है। यह खाड़ी दक्षिण-पूर्वी अरब सागर और बंगाल की खाड़ी के संगम क्षेत्र में स्थित है, फिर भी रामेश्वरम द्वीप, मन्नार द्वीप और रामसेतु (एडम ब्रिज) की उथली जलरेखा के कारण यह आंशिक रूप से सुरक्षित है। इस विशिष्ट भौगोलिक संरचना के कारण यहाँ पर्यावरणीय स्थिरता बनी रहती है। हाल के शोध से पता चला है कि मन्नार की खाड़ी में मौसमी तापमान में परिवर्तन 2^0C से कम होता है, जबकि आसपास के दक्षिण-पूर्वी अरब सागर में यह 4.5^0C तक और पाक खाड़ी में 3^0C तक होता है।

यह स्थिरता इस क्षेत्र को जैव विविधता के लिए अनुकूल बनाती है। खाड़ी में औसत गहराई लगभग 100 मीटर है, जो अधिकतम 1500 मीटर तक जाती है, और यह विभिन्न प्रकार के आवासों को सहारा देती है। इसके अतिरिक्त, यहाँ वर्ष भर प्लवक (Plankton) की उच्च मात्रा, हाइपोक्सिया (ऑक्सीजन की कमी) का अभाव, और रेतीला समुद्र तल जैव विविधता को बनाए रखने में सहायक है।

2. प्रमुख प्रजातियाँ और पारिस्थितिकीय महत्व – मन्नार की खाड़ी में कुल 2,963 पौधों और जानवरों की प्रजातियाँ पाई जाती हैं, जिनमें 8 गंभीर रूप से संकटापन्न (Critically Endangered), 21 लुप्तप्राय (Endangered), और 27 संवेदनशील (Vulnerable) प्रजातियाँ शामिल हैं। यहाँ पाई जाने वाली प्रमुख प्रजातियों में शामिल हैं:

प्रवाल भित्तियाँ : 117 प्रजातियाँ, जो 40 जेनेरा और 14 फैमिली में वितरित हैं। ये सभी भारतीय वन्यजीव संरक्षण अधिनियम 1972 की अनुसूची-I के तहत संरक्षित हैं।

समुद्री कछुए: विश्व में पाई जाने वाली 7 प्रजातियों में से 4 प्रजातियाँ यहाँ पाई जाती हैं – ओलिव रिडले, ग्रीन टर्टल, हॉक्सबिल, और लेदरबैक टर्टल।

डुगोंग (समुद्री गाय): यह प्रजाति भारत में केवल मन्नार की खाड़ी, कच्छ की खाड़ी, और अंडमान-निकोबार द्वीपसमूह में पाई जाती है।

पक्षी: 187 प्रजातियाँ, जिनमें रेड नॉट, क्रैब प्लोवर, और ग्रेटर फ्लेमिंगो शामिल हैं।

मैंग्रोव: 11 प्रजातियाँ और 17 सहयोगी प्रजातियाँ।

जलवायु परिवर्तन के प्रभाव

1. **समुद्र की सतह के तापमान में वृद्धि और प्रवाल विरंजन –** जलवायु परिवर्तन का सबसे प्रत्यक्ष प्रभाव समुद्र की सतह के तापमान (SST) में वृद्धि के रूप में दिखाई देता है। मन्नार की खाड़ी में औसत SST 0.02°C प्रति दशक की दर से बढ़ रहा है, जबकि न्यूनतम SST में 0.1°C प्रति दशक की वृद्धि हो रही है। यह वृद्धि प्रवाल भित्तियों के लिए गंभीर खतरा है, क्योंकि प्रवाल 21.7°C से 29.6°C के तापमान सीमा में ही स्वस्थ रहते हैं।

2010 की गर्मियों में, मन्नार की खाड़ी में SST में असामान्य वृद्धि (लगभग 50 दिनों तक) के कारण व्यापक प्रवाल विरंजन (Coral Bleaching) हुआ। 2019 में, ग्रीष्मकालीन तापमान 32°C से 36°C तक पहुँच गया, जो सामान्य सीमा 28–30°C से काफी अधिक था, जिसके परिणामस्वरूप फिर से भारी प्रवाल विरंजन हुआ। अध्ययनों से पता चला है कि शाखित (Branching) प्रवालों की तुलना में विशाल (Massive) प्रवाल विरंजन से तेजी से उबरते हैं, हालाँकि लंबी अवधि में दोनों ही प्रकार के प्रवाल प्रभावित होते हैं।

2. **एल्गल फेज शिफ्ट (**Algal Phase Shift**) –** प्रवाल विरंजन का एक गंभीर परिणाम 'एल्गल फेज शिफ्ट' है, जिसमें प्रवाल-प्रधान पारिस्थितिकी तंत्र शैवाल-प्रधान पारिस्थितिकी तंत्र में बदल जाता है। मन्नार की खाड़ी में, विरंजन से प्रभावित प्रवाल क्षेत्रों में Caulerpa scalpelliformis, Caulerpa racemosa, Ulva reticulata,और Turbinaria ornata जैसी मैक्रोएल्गी प्रजातियों का तेजी से प्रसार हुआ है।

मंडपम द्वीप समूह में किए गए एक अध्ययन से पता चला कि मृत प्रवाल भित्तियों में 90% तक शैवालीय समुदाय पाए गए, जबकि जीव-जंतु विविधता अत्यंत कम थी। यह फेज शिफ्ट न केवल प्रवालों के लिए, बल्कि संपूर्ण पारिस्थितिकी तंत्र के लिए खतरनाक है, क्योंकि यह मछलियों के प्रजनन स्थल, आहार श्रृंखला और अन्यपारिस्थितिकीय सेवाओं को प्रभावित करता है।

3. **अवसादन (**Sedimantation**) और पोषक तत्वों का अधिभार –** जलवायु परिवर्तन के कारण तीव्र वर्षा और तटीय क्षरण बढ़ा है, जिससे समुद्र में अवसादन (Sedimantation) की मात्रा बढ़ी है। अवसादन प्रवालों के विकास को बाधित करता है, क्योंकि यह प्रवाल की सतह पर जमा होकर प्रकाश संश्लेषण और भोजन ग्रहण करने की क्षमता को सीमित करता है। इसके अलावा, तटीय विकास और कृषि अपवाह के कारण पोषक तत्वों का अधिभार (Nutrient Loading) बढ़ा है, जो शैवालीय वृद्धि को और बढ़ावा देता है।

शोधकर्ताओं ने पाया कि अवसादन, मैक्रोएल्गी, और तापमान परिवर्तनशीलता प्रवाल पुनर्स्थापन (Coral Recruitment) को प्रभावित करने वाले प्रमुख कारक हैं। 103 प्रवाल पुनर्स्थापन स्थलों में से केवल 12 ने उच्च लचीलापन (High Resilience) दिखाया, जबकि 16 स्थलों ने निम्न लचीलापन (Low Resilience) दिखाया।

4. **समुद्री अम्लीकरण (**Ocean Acidification**) –** हालाँकि मन्नार की खाड़ी में समुद्री अम्लीकरण के प्रभावों पर सीमित शोध हुए हैं, वैश्विक अध्ययनों से पता चलता है कि बढ़ता CO_2 स्तर समुद्री जल की pH को कम कर रहा है, जिससे प्रवालों की कैल्शियम कार्बोनेट संरचना बनाने की क्षमता प्रभावित होती है। यह दीर्घकालिक खतरा प्रवाल भित्तियों की संरचनात्मक स्थिरता को कमजोर कर सकता है।

मानवीय गतिविधियाँ और जलवायु परिवर्तन का सह-प्रभाव – जलवायु परिवर्तन के प्रभाव मानवीय गतिविधियों के साथ मिलकर और अधिक गंभीर हो जाते हैं। मन्नार की खाड़ी में अत्यधिक मछली पकड़ना (Overfishing), प्रदूषण, प्रवाल खनन (Coral Mining), और अवैध समुद्री संसाधनों का दोहन प्रमुख मानवीय दबाव हैं। ये गतिविधियाँ पारिस्थितिकी तंत्र की पुनर्प्राप्ति क्षमता (Resilience) को कम करती हैं, जिससे जलवायु परिवर्तन के प्रभाव और भी विनाशकारी हो जाते हैं।

अध्ययन बताते हैं कि शिकारी मछलियों और शाकाहारी जीवों (जो शैवालों को नियंत्रित करते हैं) की कमी ने फेज शिफ्ट की प्रक्रिया को तेज किया है। इसके अलावा, जलवायु परिवर्तन के कारण प्रजातियों का प्रवासन (Species Migration) हो रहा है, जिससे स्थानीय पारिस्थितिकीय संतुलन बिगड़ रहा है।

संरक्षण प्रयास और पुनर्स्थापन

1 **कृत्रिम प्रवाल भित्तियाँ (**Artificial Reefs**) –** जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को कम करने के लिए, मन्नार की खाड़ी में कृत्रिम प्रवाल भित्तियों (Artificial Reefs) के पुनर्स्थापन प्रयास किए गए हैं। त्रिकोणीय और छिद्रित ट्रेपेजॉइडल (समलंबाकार) कंक्रीट संरचनाओं को गोताखोरों के माध्यम से समुद्र में स्थापित किया गया है। इन कृत्रिम संरचनाओं ने विभिन्न प्रवाल प्रजातियों को सफलतापूर्वक आश्रय प्रदान किया है, जिससे प्रवाल आवरण, जीवित रहने की दर और मछलियों की घनत्व में वृद्धि हुई है।

2 **दीर्घकालिक पुनर्स्थापन परियोजनाएँ –** 2002 से 2024 तक, मन्नार की खाड़ी में लगभग 51,183 प्रवाल टुकड़ों (Fragments) का प्रत्यक्ष प्रत्यारोपण (Direct Transplantation) किया गया है, जिनमें 20 देशी प्रजातियाँ शामिल हैं। इन प्रत्यारोपित टुकड़ों की औसत जीवित रहने की दर 55.6% से 79.5% के बीच रही है। IAcropora जीनस की प्रजातियों ने सबसे अच्छी वृद्धि दर (अधिकतम 16.7 सेमी/वर्ष) दिखाई है।

इन पुनर्स्थापन प्रयासों का सकारात्मक प्रभाव देखा गया है: पुनर्स्थापित स्थलों पर प्रवाल आवरण, प्रवाल घनत्व, और भित्ति मछलियों की बहुतायत में महत्वपूर्ण वृद्धि हुई है। इसके अतिरिक्त, पुनर्स्थापित प्रवालों में प्राकृतिक प्रवालों के समान गैमेटोजेनिक (Gametogenic) गतिविधि देखी गई है, जो बताता है कि ये प्रजनन के दृष्टिकोण से कार्यात्मक रूप से समान हैं।

3. **संरक्षण में चुनौतियाँ :** पुनर्स्थापन प्रयासों के बावजूद, कई चुनौतियाँ बनी हुई हैं:

1. **वित्तीय संसाधनों की कमी:** दीर्घकालिक निगरानी और रखरखाव के लिए पर्याप्त धन की आवश्यकता है।
2. **जलवायु परिवर्तन की गति:** बढ़ती SST और बार-बार होने वाले विरंजन प्रयासों को कमजोर कर सकते हैं।
3. **सामुदायिक सहभागिता:** स्थानीय मछुआरों और समुदायों को संरक्षण प्रयासों में शामिल करना आवश्यक है।

भविष्य की संभावनाएँ और सिफारिशें

1. **अनुसंधान की आवश्यकता :**मन्नार की खाड़ी में जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को समझने के लिए और अधिक शोध की आवश्यकता है:

1. **बायो–स्पेशियल तकनीक:** उपग्रह इमेजरी और GIS तकनीक का उपयोग करके SSTऔर भूमि उपयोग पैटर्न के दीर्घकालिक विश्लेषण की आवश्यकता है।
2. **जलवायु मॉडलिंग:** भविष्य के जलवायु परिदृश्यों का पूर्वानुमान लगाने के लिए मॉडलिंग सॉफ्टवेयर का विकास।
3. **लचीलापन मानचित्रण:** प्रवाल पुनर्स्थापन स्थलों की पहचान और संरक्षण क्षेत्रों का निर्धारण।

2. **नीति सिफारिशें :**

1. **संरक्षित क्षेत्रों का विस्तार:** उच्च लचीलापन वाले क्षेत्रों को प्राथमिकता देते हुए संरक्षित क्षेत्रों का विस्तार किया जाए।
2. **अत्यधिक मछली पकड़ने पर नियंत्रण:** मछली पकड़ने के मौसम और मात्रा पर कड़े नियम लागू किए जाएं।
3. **प्रदूषण नियंत्रण:** तटीय विकास और कृषि अपवाह को नियंत्रित करने के लिए सख्त नीतियाँ बनाई जाएं।
4. **सामुदायिक भागीदारी:** स्थानीय समुदायों को संरक्षण प्रयासों में शामिल किया जाए और वैकल्पिक आजीविका के अवसर प्रदान किए जाएं।
5. **अंतर्राष्ट्रीय सहयोग:** जलवायु परिवर्तन एक वैश्विक समस्या है, अत: अंतर्राष्ट्रीय सहयोग आवश्यक है।

निष्कर्ष – मन्नार की खाड़ी की जैव विविधता जलवायु परिवर्तन के कारण गंभीर संकट में है। बढ़ता SST, प्रवाल विरंजन, एल्गल फेज शिफ्ट, और अवसादन इस पारिस्थितिकी तंत्र को कमजोर कर रहे हैं। यद्यपि इस क्षेत्र की भौगोलिक स्थिति इसे आसपास के क्षेत्रों की तुलना में अधिक स्थिरता प्रदान करती है, फिर भी बढ़ते मानवीय दबाव और जलवायु परिवर्तन की गति इस स्थिरता को चुनौती दे रहे हैं।

कृत्रिम प्रवाल भित्तियों और प्रत्यारोपण के माध्यम से पुनर्स्थापन के प्रयासों ने सकारात्मक परिणाम दिखाए हैं, लेकिन ये प्रयास पर्याप्त नहीं हैं। दीर्घकालिक संरक्षण के लिए एक बहुआयामी दृष्टिकोण की आवश्यकता है, जिसमें वैज्ञानिक अनुसंधान, नीति निर्माण, सामुदायिक भागीदारी, और अंतर्राष्ट्रीय सहयोग शामिल हो। मन्नार की खाड़ी की जैव विविधता का संरक्षण न केवल इस क्षेत्र की पारिस्थितिकीय सेवाओं के लिए, बल्कि स्थानीय समुदायों की आजीविका और वैश्विक समुद्री पारिस्थितिकी तंत्र के स्वास्थ्य के लिए भी अत्यंत महत्वपूर्ण है। यदि सही समय पर उचित कदम नहीं उठाए गए, तो यह अद्वितीय जैव विविधता हॉटस्पॉट अपूरणीय क्षति का सामना कर सकता है।

संदर्भ ग्रंथ सूची :–

1. Drishti IAS . मन्नार की खाड़ी: जलवायु परिवर्तन और प्रवाल विरंजन.
2. India Science, Technology & Innovation. Assessment of Climate Change and its Impact on Marine Biodiversity in Gulf of Mannar Region Using Bio-spatial Technology.
3. Wetlands of India Portal. Gulf of Mannar Marine Biosphere Reserve.
4. ScienceDirect. Resilience of coral recruits in Gulf of Mannar Marine Biosphere Reserve (GOMMBR), India. 2020.ScienceDirect. Higher environmental stability makes the Gulf of Mannar a biodiversity hotspot. 2025.
5. News18. Gulf Of Mannar: A Marine Treasure Facing Threats Of Overfishing And Pollution. 2024.
6. Springer. Climate Change Induced Coral Bleaching and Algal Phase Shift in Reefs of the Gulf of Mannar, India.
7. PubMed/NIH. Long term coral restoration efforts to mitigate anthropogenic and climatic impacts in Gulf of Mannar, India. 2025.
8. ScienceDirect. Current biodiversity of Mandapam group of Islands in Gulf of Mannar Marine Biosphere Reserve. 2020.






- मछली प्रजातियाँ: 3,600 से अधिक प्रजातियाँ



- मोलस्क और क्रस्टेशियंस: 1000+ प्रजातियाँ

****