II भारत में जलवायु परिवर्तन के समष्टि आर्थिक प्रभाव*

भारत की विविध स्थलाकृति इसे जलवायु जोखिमों के प्रति अत्यधिक संवेदनशील बनाती है, जो तापमान में निरंतर वृद्धि, अनियमित मानसून पैटर्न और चरम मौसम की घटनाओं की बढ़ती आवृत्ति और तीव्रता के रूप में प्रकट होती है। भारत के 2047 तक एक उन्नत अर्थव्यवस्था बनने और 2070 तक निवल शून्य लक्ष्य प्राप्त करने के लक्ष्य के लिए उत्पादन की ऊर्जा तीव्रता को कम करने के साथ-साथ नवीकरणीय ऊर्जा के पक्ष में ऊर्जा-मिश्रण में सुधार के दृष्टिकोण से त्वरित प्रयासों की आवश्यकता होगी। परिदृश्य विश्लेषण से पता चलता है कि बड़े उत्पादन घाटे और उच्च मुद्रास्फीति के संदर्भ में विलंबित जलवायु नीति कार्रवाई महंगी हो सकती है। जोखिम शमन के लिए क्षेत्रीय विश्लेषण ट्रेड-ऑफ लागत को कम करने के लिए उच्च उत्सर्जन-गहन क्षेत्रों पर ध्यान केंद्रित करने के लिए नीतिगत हस्तक्षेप का सुझाव देता है।

1 परिचय

II.1 हाल के वर्षों में अनुभव किए जा रहे विनाशकारी व्यापक आर्थिक प्रभाव और भविष्य में इसके गंभीर परिणामों की संभावना के कारण जलवायु परिवर्तन आज वैश्विक सार्वजनिक नीति बहस के केंद्र में आ गया है। तदनुसार अनुसंधान का फोकस प्रारंभिक 'पहचान और गुणन'[1] से 'प्रभाव मूल्यांकन और शमन नीतियों' तक आगे बढ़ गया है। जबकि बढ़ते वैज्ञानिक प्रमाणों ने जलवायु परिवर्तन के प्रमुख पहलुओं पर आम सहमति[2] बनाना संभव बना दिया है - अर्थात, ग्लोबल वार्मिंग वास्तविक है और मानवीय गतिविधियाँ एक महत्वपूर्ण कारण हैं - दुनिया भर में जलवायु आपदाओं की बढ़ती घटनाओं ने इस जोखिम के संबंध में सार्वजनिक जागरूकता बढ़ा दी है।

II.2 मौजूदा शोध कार्य न केवल जलवायु परिवर्तन के संभावित मांग-पक्ष प्रभावों पर प्रकाश डालते हैं, बल्कि समग्र व्यापक आर्थिक और वित्तीय प्रणाली में व्यापक व्यवधान पैदा करने की क्षमता के साथ मध्यम से लंबी अवधि में आपूर्ति के आघातों को भी उजागर करते हैं। उदाहरण के लिए, तापमान और वर्षा के पैटर्न में बदलाव के साथ-साथ चरम मौसम की घटनाओं की बढ़ती आवृत्ति और तीव्रता के माध्यम से जलवायु परिवर्तन की अभिव्यक्ति, जोखिम संचरण के कई चैनलों के साथ, विकास और मुद्रास्फीति पर प्रभाव डालती है। क्षेत्रीय निहितार्थों में फसल चक्र में व्यवधान और कृषि उपज/उत्पादन में भिन्नताएं शामिल हो सकती हैं। औद्योगिक क्षेत्र में, नए जलवायु-अनुकूल नियमों को लागू करने, पूंजी के पुराने स्टॉक के कम उपयोग और उत्पादन के स्थानांतरण के साथ-साथ जलवायु संबंधी हानियों के कारण होने वाली प्रक्रियाएँ और गतिविधियाँ, हरित बुनियादी ढांचे/पूंजी/प्रौद्योगिकी की ओर निवेश के मोड़ के कारण परिचालन लागत में वृद्धि हो सकती है, जिससे लाभप्रदता कम हो सकती है। सेवा क्षेत्र के लिए प्रतिकूल परिस्थितियाँ विविध हो सकती हैं, जैसे वित्तीय सेवाओं पर दबाव, बीमा दावों में वृद्धि के साथ-साथ यात्रा, परिवहन और व्यावसायिक सेवाओं में व्यवधान। जलवायु घटनाओं की उत्पत्ति के विभिन्न कारकों पर भी प्रभाव पड़ सकता है। व्यापक स्तर पर, जलवायु-संबंधित स्वास्थ्य खतरों के कारण श्रम उत्पादकता में गिरावट और जलवायु प्रवासन के संदर्भ में श्रम बाजार पर प्रभाव पड़ सकता है, अर्थात, जलवायु जोखिमों से काफी प्रभावित क्षेत्रों से कम प्रभावित क्षेत्रों की ओर पलायन। बुनियादी ढांचे के भौतिक नुकसान के कारण पूंजी भी प्रभावित हो सकती है जो पूंजी पर प्रतिलाभ और हरित तथा अन्य आस्तियों के बीच अंतर करने

* इस अध्याय को बिनोद बी. भोई, जीवी नथनएल, सुजाता कुंडु, विमल किशोर, चैताली भौमिक, मधुरेश कुमार, रणजय गुह नियोगी, अभिषेक रंजन और देबोज्योति मजूमदार की एक टीम ने तैयार किया है।

1 चल रहे परिवर्तनों की प्रकृति को निर्धारित करने के लिए पिछले जलवायु घटनाओं के ज्ञान का उपयोग करना.

2 ओरेस्केस, एन. (2007)।

वाले नियामक शुल्क को कम कर सकती है। कुल मिलाकर, पुनर्वास उपायों और शमन और अनुकूलन के लिए नए निवेश के कारण अर्थव्यवस्था की लागत बढ़ने की उम्मीद है, जिसे अगर सरकार द्वारा वित्त पोषित किया जाता है, तो राजकोषीय लागत बढ़ सकती है।

II.3 इसलिए, यद्यपि जलवायु परिवर्तन से होने वाले जोखिमों को आम तौर पर दो श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया है - भौतिक जोखिम और संक्रमण जोखिम, तथापि जोखिम संचरण के चैनल तीन हो सकते हैं: (i) प्रत्यक्ष प्रभाव या प्रथम-क्रम के प्रभाव; (ii) अप्रत्यक्ष प्रभाव या दूसरे क्रम के प्रभाव; और (iii) स्पिलओवर प्रभाव (अंतर-अर्थव्यवस्था और सीमा पारीय प्रभाव या संक्रामक जोखिम) [बीसीबीएस, 2021; सिसकारेली और मैरोट्टा, 2021]। प्रत्यक्ष संक्रमण चैनल उन क्षेत्रों में उत्पन्न होते हैं जो दूसरों की तुलना में जलवायु घटनाओं के अधिक संपर्क में हैं, जबकि अप्रत्यक्ष संक्रमण चैनल विभिन्न स्तरों पर क्षेत्रीय मूल्य शृंखलाओं से उत्पन्न होने वाले प्रभावों को शामिल करते हैं। यह अप्रत्यक्ष संक्रमण चैनलों के माध्यम से है कि जलवायु घटना का प्रभाव पूरी अर्थव्यवस्था तक फैल सकता है। तीसरे चैनल में वास्तविक अर्थव्यवस्था और वित्तीय क्षेत्र के बीच बातचीत से उत्पन्न होने वाले प्रभावों का फैलाव शामिल है। इसमें अंतर्राष्ट्रीय व्यापार और पूंजी प्रवाह तथा उनके माध्यम से सीमा पारीय संक्रामक जोखिमों के निहितार्थ भी शामिल होंगे। हालाँकि अब तक की आम सहमति यह बताती है कि वैश्विक तापमान बढ़ने के साथ दुनिया भर में समय के साथ प्रत्यक्ष प्रभाव धीरे-धीरे बढ़ने की संभावना है, जो अभी भी छाया में छिपा हुआ है वह प्रभाव की सीमा है; अंतर्निहित गैर-रैखिकताएं; और वह समय-सीमा जिस पर प्रभाव पड़ सकता है (बीसीबीएस, 2021)। यह इसलिए और भी अधिक है क्योंकि जलवायु परिवर्तन के समग्र व्यापक आर्थिक प्रभाव का सटीक और विश्वसनीय अनुमान प्राप्त करना बेहद कठिन है, जो न केवल जलवायु आघातों की प्रकृति और परिमाण पर निर्भर है, बल्कि इस बात पर भी निर्भर करता है कि अर्थव्यवस्थाएं कैसे अनुकूलन करती हैं और विभिन्न नीतिगत कार्रवाइयों के माध्यम से प्रभाव को कम करती हैं। हालांकि एक सामान्य लक्ष्य के रूप में हरित परिवर्तन पर व्यापक सहमति है, लेकिन इसकी उपलब्धि का मार्ग कठिन है, जिसमें न केवल ज्ञात और अज्ञात समष्टि आर्थिक ट्रेड-ऑफ, विशेष रूप से विकास-मुद्रास्फीति-वित्तीय स्थिरता को संतुलित करना शामिल है, बल्कि आम चुनौती से निपटने के लिए संयुक्त कार्रवाई करने हेतु सहयोग के लिए एक वैश्विक वातावरण भी बनाना शामिल है।

II.4 मौद्रिक नीति के दृष्टिकोण से, जलवायु से संबंधित जोखिमों का आकलन – आघातों के प्रभाव की संभावित दृढ़ता, लक्ष्य चर और संचरण चैनलों पर प्रभाव की सीमा, और भविष्य के जोखिम - अर्थव्यवस्था को प्रतिकूल परिणामों से बचाने के लिए महत्वपूर्ण हो जाता है क्योंकि मौद्रिक नीति अप्रत्याशित आघातों से प्रभावित होने के बाद अर्थव्यवस्था को स्थिर करने का प्रयास करती है। यह भी तर्क दिया गया है कि जलवायु परिवर्तन केवल एक और बाज़ार विफलता नहीं है, बल्कि संभवतः "दुनिया की अब तक की सबसे बड़ी बाज़ार विफलता है" (स्टर्न, 2006)। बहस का दूसरा पक्ष यह विरोधाभास है कि "सफलता विफलता है" (कार्नी, 2016), जिसका अर्थ है कि अल्पकालिक क्षितिज पर तीव्र और महत्वाकांक्षी नीतिगत उपाय बड़े व्यापक आर्थिक और वित्तीय स्थिरता के दृष्टिकोण से वांछनीय नहीं हो सकते हैं। इसलिए, मौद्रिक नीति के दृष्टिकोण से, जलवायु-संबंधी जोखिमों के दृश्यमान पैटर्न और अर्थव्यवस्था के लिए उनके संबंधित प्रभावों की सावधानीपूर्वक निगरानी और मूल्यांकन की आवश्यकता है, ताकि उचित और समय पर नीतिगत उपायों को अंशांकित किया जा सके।

II.5 इस पृष्ठभूमि में, भारत एक अद्वितीय विकास चुनौती के शिखर पर है। 1970 से 2021[4] के दौरान भारत के ग्रीन हाउस गैस (जीएचजी) उत्सर्जन[3] में चार गुना से अधिक वृद्धि के साथ

[3] कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2), मीथेन (CH_4), नाइट्रस ऑक्साइड (N_2O), और औद्योगिक गैसों जैसे हाइड्रोफ्लोरोकार्बन (HFC), परफ्लुरोकार्बन (PFC), सल्फर हेक्साफ्लोराइड (SF_6) और नाइट्रोजन ट्राइफ्लोराइड (NF_3) का उत्सर्जन शामिल है। सेंटर फॉर क्लाइमेट एंड एनर्जी सॉल्यूशंस (सी2ईएस) के अनुसार, वैश्विक स्तर पर कार्बन डाइऑक्साइड कुल जीएचजी उत्सर्जन का लगभग 76 प्रतिशत है, इसके बाद CH_4 (16 प्रतिशत) और N_2O (6 प्रतिशत) है।

[4] जोन्स एवं अन्य के उत्सर्जन डेटा के आधार पर डेटा इन आवर वर्ल्ड से गणना की गई, (2023)।

एक हरित संक्रमण पथ के लिए सावधानीपूर्वक दीर्घकालिक योजना और सुपरिभाषित कार्यान्वयन योग्य रणनीतियों की आवश्यकता है। ऐसा इसलिए भी अधिक है क्योंकि वैश्विक जलवायु जोखिम सूचकांक 2021 (एकस्टीन, एवं अन्य, 2021) के अनुसार 2019 में जलवायु जोखिम की घटनाओं के एक्सपोजर और संवेदनशीलता के मामले में भारत सबसे अधिक प्रभावित देशों की सूची में सातवें स्थान पर है। खुशी की बात है कि जलवायु परिवर्तन प्रदर्शन सूचकांक 2023 (बर्क, एवं अन्य, 2022; पीआईबी, 2022) के अनुसार भी भारत सर्वोच्च रैंक वाला जी-20 देश है। देश का उच्च जलवायु जोखिम एक्सपोजर और जोखिमों को कम करने में अग्रणी प्रदर्शन दोनों ही भारत में जलवायु परिवर्तन के समष्टि आर्थिक प्रभाव का अनुमान लगाने के लिए चुनौतियां पैदा करते हैं।

II.6 तदनुसार, इस अध्याय की मुख्य प्रेरणाएं हैं: (i) भारतीय अर्थव्यवस्था पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव का आकलन करना, और (ii) भारत की राष्ट्रीय स्तर पर निर्धारित योगदान (एनडीसी) प्रतिबद्धताओं से जुड़े परिदृश्यों के माध्यम से भविष्य के व्यापक आर्थिक प्रभावों का पता लगाना। बेसलाइन परिदृश्य (सामान्य रूप से व्यवसाय [बीएयू]) की तुलना में, एक मामूली हरित संक्रमण परिदृश्य (पिछले दशक की उल्लेखनीय उपलब्धियों की निरंतरता की विशेषता) और एक महत्वाकांक्षी हरित संक्रमण परिदृश्य (उत्सर्जन में कमी की आवश्यक दर के साथ) 2070 तक निवल शून्य लक्ष्य) पर्यावरण और समष्टि आर्थिक उद्देश्यों के बीच अक्सर चर्चा में आने वाले अस्थायी समझौताकारी तालमेल को सामने लाता है। ये आकलन उपलब्ध तथ्यों और जलवायु-अर्थव्यवस्था संबंध की भारत-विशिष्ट विशिष्टताओं को ध्यान में रखकर किया जाता है। उदाहरण के लिए, भारत की मानसून पर निर्भर कृषि, आर्थिक रूप से महत्वपूर्ण लंबी तटरेखा और ऊर्जा-गहन औद्योगिक क्षेत्र जलवायु जोखिमों से उत्पन्न चुनौतियों को उजागर करते हैं।

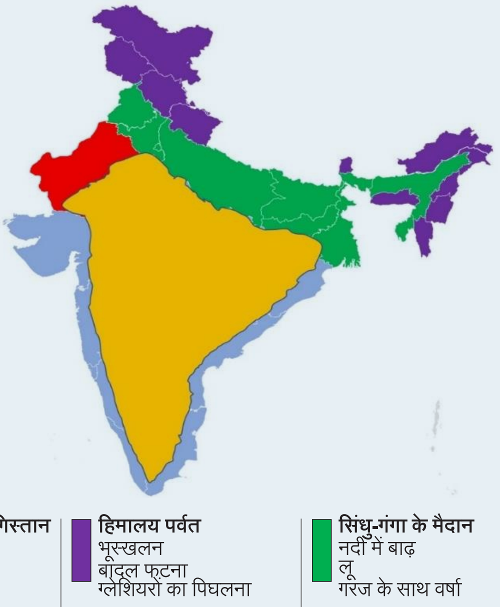
II.7 इन प्रमुख प्रेरणाओं को ध्यान में रखते हुए, यह अध्याय सात खंडों के अंतर्गत व्यवस्थित किया गया है: खंड 2 भारतीय अर्थव्यवस्था की भौगोलिक और संरचनात्मक विशेषताओं की व्याख्या करता है। यह विश्लेषण करता है कि क्यों जलवायु परिवर्तन भारत को उच्च आर्थिक विकास की आकांक्षा के मुकाबले उत्सर्जन लक्ष्य के संदर्भ में एक अनोखी और कठिन चुनौती प्रस्तुत करता है। खंड 3 में उन विभिन्न रूपों पर चर्चा किया गया है जिनमें भारत में जलवायु परिवर्तन के जोखिम प्रकट होते हैं। खंड 4 भारत में जलवायु परिवर्तन विशेष रूप से भौतिक जोखिमों के दृष्टिकोण से समष्टि आर्थिक प्रभाव का आकलन प्रस्तुत करता है। खंड 5 में 2070 तक निवल शून्य उत्सर्जन लक्ष्य को प्राप्त करने के साथ-साथ 2047 तक देश की एक उन्नत अर्थव्यवस्था बनने की क्षमता के अनुरूप हरित संक्रमण के विभिन्न परिदृश्यों का विश्लेषण किया गया है, जबकि इसमें अंतर्निहित विकास-मुद्रास्फीति समझौताकारी तालमेल पर प्रकाश डाला गया है जो आर्थिक और पर्यावरणीय दोनों लक्ष्यों को आगे बढ़ाने से उभर सकते हैं। क्षेत्र विशिष्ट हरित परिवर्तन चुनौतियों को खंड 6 में स्पष्ट किया गया है। खंड 7 में कुछ नीतिगत सुझावों के साथ समापन टिप्पणियाँ प्रस्तुत किया गया है।

2. जलवायु जोखिमों के प्रति भारत का एक्सपोजर

भौगोलिक विशेषताएं

II.8 जलवायु घटनाओं के प्रति भारत की उच्च संवेदनशीलता इसकी अद्वितीय भौगोलिक विशेषताओं और आर्थिक संरचना के कारण है। भारतीय उप महाद्वीप की स्थलाकृति विविध है, जिसमें उत्तर में बर्फ से ढका हिमालय, पूर्व में उपजाऊ मैदान और डेल्टाई क्षेत्र शामिल हैं, दक्षिणी प्रायद्वीप, और उत्तर-पश्चिम में थार रेगिस्तान (चार्ट II.1) वाली 7500 किलोमीटर से अधिक की लंबी तटरेखा मुख्य भूमि में पूर्व से पश्चिम तक 9 राज्यों को कवर करती है। यह विविध स्थलाकृति न केवल विभिन्न तापमान और वर्षा पैटर्न के संपर्क में है, बल्कि अर्थव्यवस्था के लिए व्यापक स्थानिक और लौकिक प्रभाव पैदा करने वाली चरम मौसम की घटनाओं के प्रति भी संवेदनशील है।

चार्ट II.1: भारत के भौगोलिक क्षेत्रों में जलवायु परिवर्तन से उत्पन्न होने वाले जोखिम



टिप्पणी: मानचित्र पैमाने के अनुरूप/ सटीक नहीं है।

स्रोत: मणि और अन्य (2018): कृष्णन, और अन्य (2020)।

II.9 उदाहरण के लिए, भारत की लंबी तटरेखा, जिसे तटीय मैदान भी कहा जाता है, मुख्य रूप से इसकी उपजाऊ मिट्टी और बंदरगाहों तक पहुंच के कारण दुनिया के सबसे घनी आबादी वाले क्षेत्रों में से एक है। तटीय मैदान देश के कुछ प्रमुख बंदरगाहों को महत्वपूर्ण आंतरिक क्षेत्र प्रदान करते हैं। इसलिए, समष्टि आर्थिक दृष्टिकोण से, भारत की लंबी तटरेखा बहुत अधिक महत्व रखती है। दूसरी ओर, ग्लोबल वार्मिंग के कारण ज्वार, लहरों, तूफ़ानी लहरों और औसत समुद्र स्तर में वृद्धि के रूप में चरम समुद्र स्तर की घटनाओं की बढ़ती तीव्रता और आवृत्ति के कारण तटीय मैदानी इलाके बाढ़ के प्रति संवेदनशील हो जाते हैं। इसके अलावा, ग्लोबल वार्मिंग के खतरों में तटीय कटाव के कारण भूमि की हानि और घटती तटरेखाएं, तटीय बुनियादी ढांचे, मानव पुनर्वास और औद्योगिक और कृषि गतिविधियों पर प्रभाव भी शामिल है। तटीय शहर चक्रवातों से ग्रस्त हैं और उन्हें बार-बार बाढ़ आने और खेत और मीठे पानी की आपूर्ति के खारे होने के गंभीर खतरों का भी सामना करना पड़ता है (कृष्णन, एवं अन्य, 2020)।

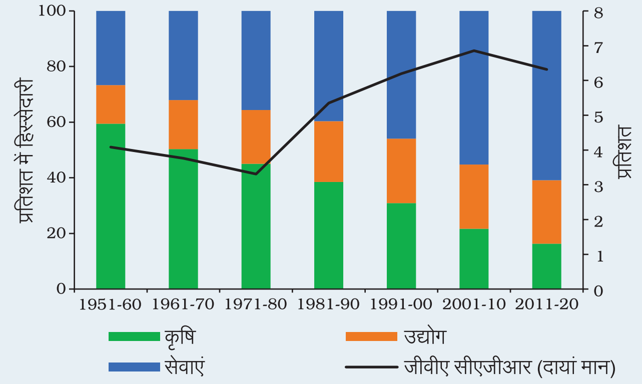
आर्थिक संरचना

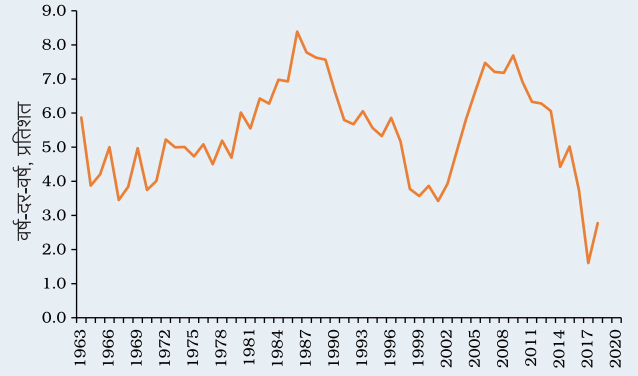
II.10 भारत की सकल घरेलू उत्पाद की क्षेत्रीय संरचना सेवा क्षेत्र में अधिक है, जिसे विश्व स्तर पर उत्पादन की अपेक्षाकृत कम ऊर्जा तीव्रता के साथ अल्प-उत्सर्जन वाला माना जाता है। जीवीए में सेवा क्षेत्र की हिस्सेदारी 1980 के दशक के दौरान 43.2 प्रतिशत से बढ़कर 2010 के दौरान 60.9 प्रतिशत हो गई (चार्ट II.2ए)। इसके विपरीत, इसी अवधि में समग्र सकल घरेलू उत्पाद में कृषि की हिस्सेदारी 38.5 प्रतिशत से गिरकर 16.3 प्रतिशत हो गई, जबकि औद्योगिक क्षेत्र की हिस्सेदारी समग्र जीवीए के पांचवें हिस्से से कुछ अधिक पर मोटे तौर पर अपरिवर्तित रही। 1980 के दशक से सेवा-आधारित विकास पथ 2000 के दशक की शुरुआत तक लगभग बीस वर्षों तक समग्र CO_2 उत्सर्जन वृद्धि में गिरावट के साथ जुड़ा हुआ था (चार्ट II.2बी)। 2004-05 से 2009-10 के बीच CO_2 उत्सर्जन वृद्धि में तेजी का एक संक्षिप्त प्रकरण था, जिसका श्रेय उस अवधि के दौरान देखी गई विनिर्माण गतिविधि में तेजी को दिया जा सकता है। 2011-12 के आसपास CO_2 उत्सर्जन वृद्धि में गिरावट शुरू हुई और 2010 के दशक के दौरान फिर से गिरावट का दौर जारी रहा।

II.11 भारत के क्षेत्रीय विभाजन पर गहराई से विचार करने से पता चलता है कि धातु उद्योग, बिजली और परिवहन, जीवाश्म ईंधन पर प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष दोनों तरह से निर्भरता के कारण, सबसे अधिक उत्सर्जन-गहन[5] क्षेत्र हैं,

[5] CO_2 उत्सर्जन तीव्रता आउटपुट की प्रति इकाई प्रत्यक्ष ईंधन दहन के परिणामस्वरूप वायुमंडल में जारी CO_2 की मात्रा का प्रतिनिधित्व करती है।

चार्ट II.2: भारत में जीवीए और CO_2 उत्सर्जन की क्षेत्रवार संरचना



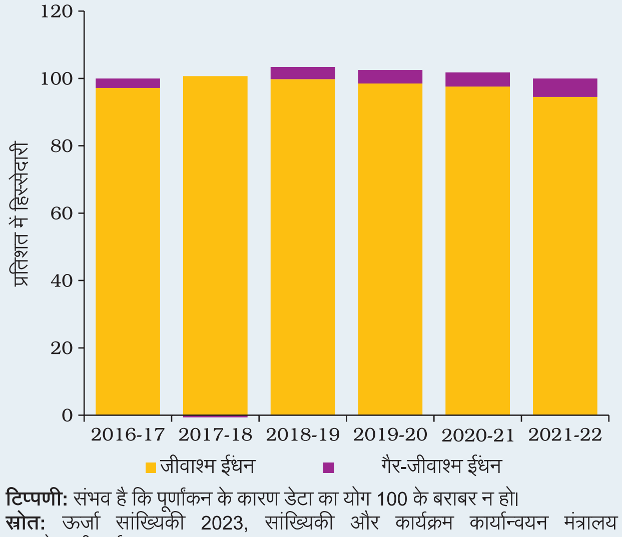


स्रोत: राष्ट्रीय सांख्यिकी कार्यालय (एनएसओ); और अवर वर्ल्ड इन डेटा।

जो 2018-19 में भारत के कुल जीवीए का प्रतिशत[6] (सारणी II.1) कुल मिलाकर लगभग 9 प्रतिशत हैं। इसके विपरीत, थोक और खुदरा व्यापार, वित्तीय और व्यावसायिक सेवाएँ, जिनमें सूचना और कंप्यूटर से संबंधित सेवाएँ, पेशेवर, वैज्ञानिक और तकनीकी सेवाएँ शामिल हैं, जिनमें भारत के कुल जीवीए का 27 प्रतिशत से अधिक शामिल है, अपेक्षाकृत कम उत्सर्जन-गहन क्षेत्रों में से हैं। यद्यपि कृषि और सेवा क्षेत्रों की तुलना में औद्योगिक क्षेत्र का उत्सर्जन अधिक है, कृषि क्षेत्र की उत्सर्जन तीव्रता, जिसमें ऊर्जा से संबंधित उत्सर्जन और गैर-ऊर्जा से संबंधित उत्सर्जन (जैसे N_2O और CH_4) दोनों शामिल हैं, वास्तव में, कपड़ा, मशीनरी और उपकरण जैसे उद्योगों के साथ-साथ निर्माण गतिविधि से भी अधिक है। इस प्रकार, भारतीय अर्थव्यवस्था की क्षेत्रीय संरचना - औद्योगिक क्षेत्र की छोटी हिस्सेदारी और कम ऊर्जा-गहन सेवाओं की व्यापकता - भारत के उत्सर्जन को नियंत्रित करने में मदद करती है।

II.12 ऊर्जा उत्पादन के कारण वैश्विक जीएचजी उत्सर्जन लगभग तीन-चौथाई हो जाता है, ऊर्जा-मिश्रण को गैर-नवीकरणीय से नवीकरणीय ऊर्जा में बदलना महत्वपूर्ण है। समग्र ऊर्जा-मिश्रण के संदर्भ में, जीवाश्म ईंधन-आधारित ऊर्जा स्रोत, जैसे कोयला, तेल और प्राकृतिक गैस, भारत में ऊर्जा खपत पर हावी हैं (चार्ट II.3)। अलग-अलग

चार्ट II.3: भारत की प्राथमिक ऊर्जा खपत में जीवाश्म ईंधन और गैर-जीवाश्म ईंधन आधारित ऊर्जा स्रोतों का हिस्सा



टिप्पणी: संभव है कि पूर्णांकन के कारण डेटा का योग 100 के बराबर न हो।
स्रोत: ऊर्जा सांख्यिकी 2023, सांख्यिकी और कार्यक्रम कार्यान्वयन मंत्रालय (एमओएसपीआई)।

[6] सारणी II.1 2018-19 के आंकड़ों से मेल खाती है क्योंकि आईएमएफ जलवायु परिवर्तन संकेतक डैशबोर्ड के अनुसार भारत के लिए उत्सर्जन तीव्रता पर नवीनतम डेटा वर्ष 2018 तक उपलब्ध हैं।

सारणी II.1: भारत में जीवीए में क्षेत्र-वार हिस्सेदारी और CO_2 उत्सर्जन सघनता (2018-19) [7]

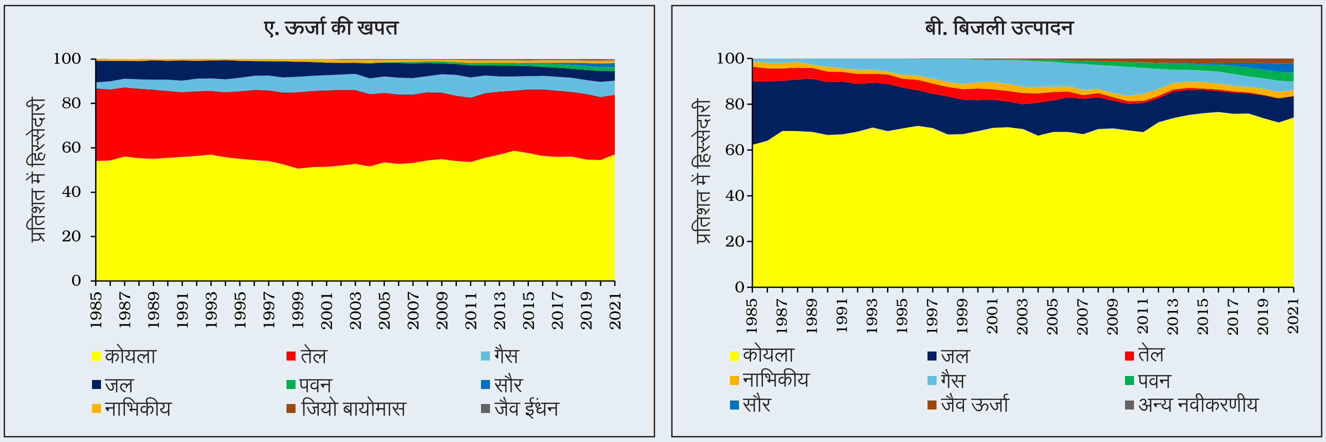
क्षेत्र	जीवीए में हिस्सेदारी	CO_2 उत्सर्जन सघनता (प्रति 1 मिलियन यूएस$ उत्पादन पर मीट्रिक टन CO_2 उत्सर्जन)
कृषि, वानिकी और मछली पकड़ना	14.8	-
कृषि, शिकार, वानिकी	13.8	84.7
मछली पकड़ना और जलचर (मछली) पालन	1.0	4.1
खनन	2.6	-
खनन और उत्खनन, ऊर्जा उत्पादक उत्पाद	-	382.1
खनन और उत्खनन, गैर-ऊर्जा उत्पादक उत्पाद	-	185.2
विनिर्माण	18.3	-
खाद्य उत्पाद, पेय पदार्थ और तंबाकू	2.0	11.9
वस्त्र, परिधान और चमड़े से बने उत्पाद	2.4	37.8
धातु उत्पाद	2.6	2796.6
मशीनरी और उपकरण	4.6	67.0
बिजली, गैस, जल आपूर्ति और अन्य उपयोगिता सेवाएं	2.3	-
बिजली, गैस, भाप और एयर कंडीशनिंग आपूर्ति	-	7263.8
जलापूर्ति; सीवरेज, अपशिष्ट प्रबंधन और सुधारात्मक गतिविधियाँ	-	110.4
निर्माण	8.1	26.1
थोक और खुदरा व्यापार; मोटर वाहनों की मरम्मत	12.3	67.8
आवास एवं भोजन सेवाएं	1.1	22.0
परिवहन	3.9	-
वायु परिवहन	0.07	1210.4
भूमि परिवहन	4.0	378.8
जल परिवहन	0.1	1587.7
वित्तीय, स्थावर संपदा, आवास का स्वामित्व और पेशेवर सेवाएं	22.5	-
वित्तीय सेवाएं	6.0	27.4
स्थावर संपदा और आवास का स्वामित्व	6.5	48.6
पेशेवर सेवाएं	8.9	127.9
लोक प्रशासन और रक्षा	5.7	16.1
अन्य सेवाएं	7.1	-
शिक्षा	3.7	23.2
कला, मनोरंजन और मन-बहलाव	0.3	31.8
मानव स्वास्थ्य और सामाजिक कार्य संबंधी गतिविधियाँ	1.5	17.5
अन्य सेवा गतिविधियाँ	1.6	77.4

-: उन श्रेणियों को दर्शाता है जिनके लिए डेटा रिपोर्ट नहीं किया गया है।
स्रोत: एनएसओ; और आईएमएफ जलवायु परिवर्तन डैशबोर्ड।

स्तर पर, जीवाश्म ईंधन के भीतर, कोयला प्रमुख स्रोत है और उसके बाद तेल है (चार्ट II.4a)। भारत के बिजली उत्पादन में कोयले की हिस्सेदारी लगभग 60 प्रतिशत है (चार्ट II.4बी)।

[7] क्षेत्रीय जीवीए हिस्सेदारी और क्षेत्रीय उत्सर्जन तीव्रता दो अलग-अलग स्रोतों से संकलित की जाती है जो उनके संबंधित क्षेत्रीय वर्गीकरण और एकत्रीकरण में भिन्न होती हैं। इसलिए, कुछ क्षेत्रों के मामले में, दोनों संकेतकों का सटीक मानचित्रण नहीं किया जा सका।

चार्ट II.4: भारत का ऊर्जा-मिश्रण – खंडित स्तर पर

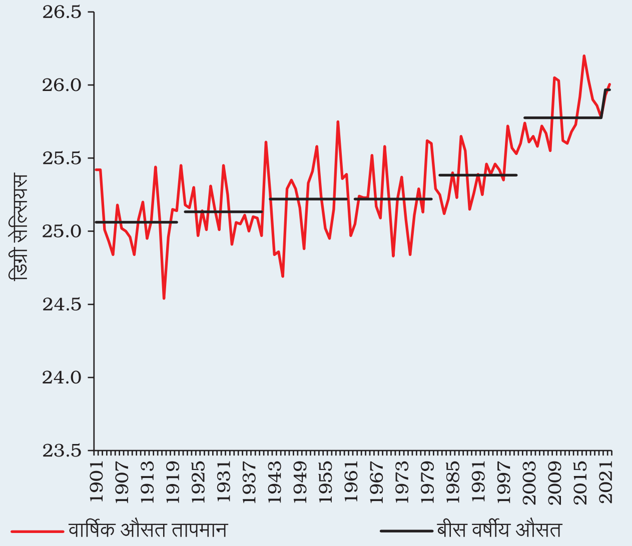


स्रोत: अवर वर्ल्ड इन डेटा।

3. भारत में जलवायु परिवर्तन की अभिव्यक्ति

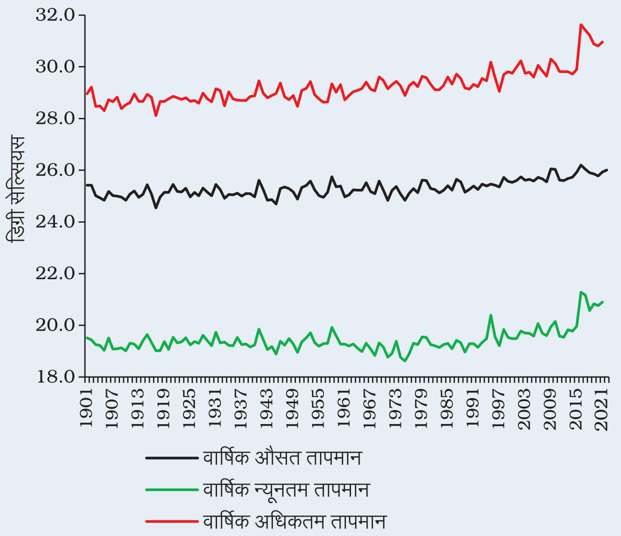
II.13 प्रमुख संकेतक जो जलवायु-संबंधी दबाव के बारे में संकेत देते हैं, वे विशिष्ट तापमान और वर्षा विसंगतियाँ हैं। भारत ने हाल के वर्षों में इन विसंगतियों को अक्सर देखा है। जबकि भारत में वार्षिक औसत तापमान धीरे-धीरे बढ़ रहा है, 1901 के बाद से किसी भी अन्य 20-वर्षीय समय अंतराल की तुलना में पिछले बीस वर्षों के दौरान वृद्धि काफी तेज रही है (चार्ट II.5)। न्यूनतम और अधिकतम तापमान के दृष्टिकोण से, 1901-2021 के दौरान वार्षिक औसत तापमान में प्रति 100 वर्षों में 0.63 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि देखी गई, जबकि अधिकतम तापमान में प्रति 100 वर्षों में 0.99 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि हुई। न्यूनतम तापमान में वृद्धि की प्रवृत्ति अधिकतम तापमान की तुलना में अपेक्षाकृत कम थी, न्यूनतम तापमान में प्रति 100 वर्षों में 0.26 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि हुई (आईएमडी, 2021) [चार्ट II.6]।

चार्ट II.5: भारत में औसत वार्षिक तापमान



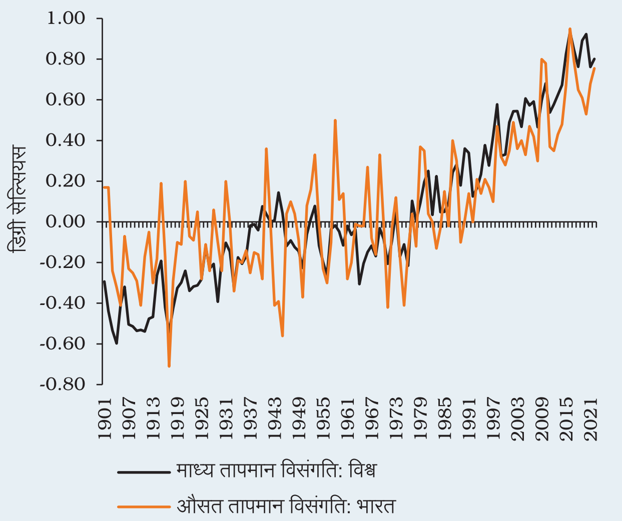
स्रोत: Data.gov.in; और भारत मौसम विज्ञान विभाग (आईएमडी)।

चार्ट II.6: भारत में न्यूनतम और अधिकतम तापमान



स्रोत: Data.gov.in; और आईएमडी।

चार्ट II.7: वैश्विक और भारतीय तापमान विसंगति
(1961-1990 तक औसत तापमान)



स्रोत: अवर वर्ल्ड इन डेटा; data.gov.in; और आईएमडी।

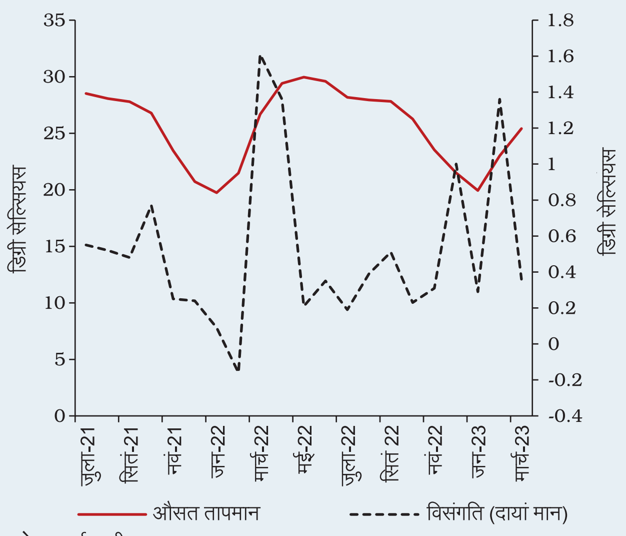
II.14 भारत के तापमान प्रोफाइल में इस तरह के तेजी से बदलाव के कारण तापमान विसंगति[8] बढ़ गई है, जैसा कि विश्व स्तर पर भी देखा गया है (चार्ट II.7)।

II.15 पिछला दशक (2011-2021) प्रमुख तापमान अनियमितताओं के मामले में सामान्य प्रवृत्ति से अलग रहा है। यह दशक अब तक का सबसे गर्म दशक रहा है, जहां तापमान लंबी अवधि के औसत (एलपीए) से 0.34-0.37 डिग्री सेल्सियस ऊपर पहुंच गया है। इसके अलावा, 1901 के बाद से भारत में 15 सबसे गर्म वर्षों में से 11 वर्ष 2007-2021 के दौरान रहे हैं। इसके अलावा, 1901[9] के बाद से 2022 और 2021 रिकॉर्ड पर पांचवें और छठे सबसे गर्म वर्ष रहे हैं , जिसमें वार्षिक औसत तापमान 1981- 2010 के औसत स्तर से क्रमशः 0.51 डिग्री सेल्सियस और 0.44 डिग्री सेल्सियस ऊपर है। 1901 के बाद से 2016 भारत के लिए अब तक का सबसे गर्म वर्ष रहा है, जिसमें 1981-2010 के औसत से 0.71 डिग्री सेल्सियस अधिक तापमान विसंगति है।

II.16 2022 में, गर्मियों की शुरुआत के साथ, देश के कई क्षेत्रों में तापमान सामान्य से ऊपर चला गया, विशेष रूप से पंजाब, हरियाणा, दिल्ली, राजस्थान और उत्तर प्रदेश के उत्तरी राज्यों में, तापमान 3 डिग्री सेल्सियस से लेकर 8 डिग्री सेल्सियस तक। मार्च 2022 में सामान्य[10] से अधिक 1.9 डिग्री सेल्सियस की विसंगति के साथ उच्चतम औसत अधिकतम तापमान दर्ज किया गया और मार्च महीने के लिए 1901 के बाद से 1.6 डिग्री सेल्सियस की विसंगति के साथ दूसरा उच्चतम औसत तापमान दर्ज किया गया (चार्ट II.8)। इसके अतिरिक्त, अप्रैल 2022 में 1901 के बाद से अप्रैल महीने का दूसरा सबसे अधिक औसत तापमान भी दर्ज किया गया (सर्वोच्च तापमान 2010 में हुआ)।

II.17 गर्मी की शुरुआत के साथ इतने ऊंचे तापमान के कारण देश में गंभीर लू की स्थिति पैदा हो गई, जिसका असर कृषि उत्पादन पर पड़ा। उदाहरण के लिए, 2022 के रबी मौसम में गेहूं की फसल पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ा, जिससे उत्पादन

चार्ट II.8: औसत तापमान एवं सामान्य तापमान से विसंगति



स्रोत: आईएमडी।

8 तापमान विसंगति को उस अवधि के लिए देखे गए तापमान और सामान्य तापमान (एलपीए) के बीच अंतर के रूप में परिभाषित किया गया है।

9 आईएमडी के अनुसार, तापमान पर राष्ट्रव्यापी रिकॉर्ड रखने की शुरुआत 1901 से हुई थी।

10 मार्च 2022 में 1901 के बाद से तीसरा सबसे अधिक औसत न्यूनतम तापमान भी दर्ज किया गया, जिसमें मार्च के महीने के लिए 1.4 डिग्री सेल्सियस की विसंगति थी।

कम हो गया। इसके अलावा, गर्मी की लहर (हीटवेव) के कारण भी जंगल की आग की संख्या में वृद्धि हुई है। अप्रैल 2022 के अंत तक, भारत का लगभग 70 प्रतिशत हिस्सा इसके प्रसार से प्रभावित था (आईएमडी, 2022)। इसके अलावा, मई 2022 के दौरान, गर्मी की लहर देश के तटीय और पूर्वी क्षेत्रों में फैल गई। गर्मी के महीनों के दौरान दर्ज किए गए उच्च तापमान ने अनाज की भराई पर प्रतिकूल प्रभाव डाला और फसल जल्दी पक गया, जिससे वर्ष के दौरान खाद्यान्न की पैदावार कम हो गई। 2023 में, भारत ने रिकॉर्ड (अधिकतम तापमान के संदर्भ में) सबसे गर्म फरवरी का अनुभव किया, आईएमडी ने 2023 की गर्मियों के दौरान भारत के मध्य और उत्तर-पश्चिमी क्षेत्रों में गर्मी की लहर की संभावना बढ़ने की भविष्यवाणी की है।

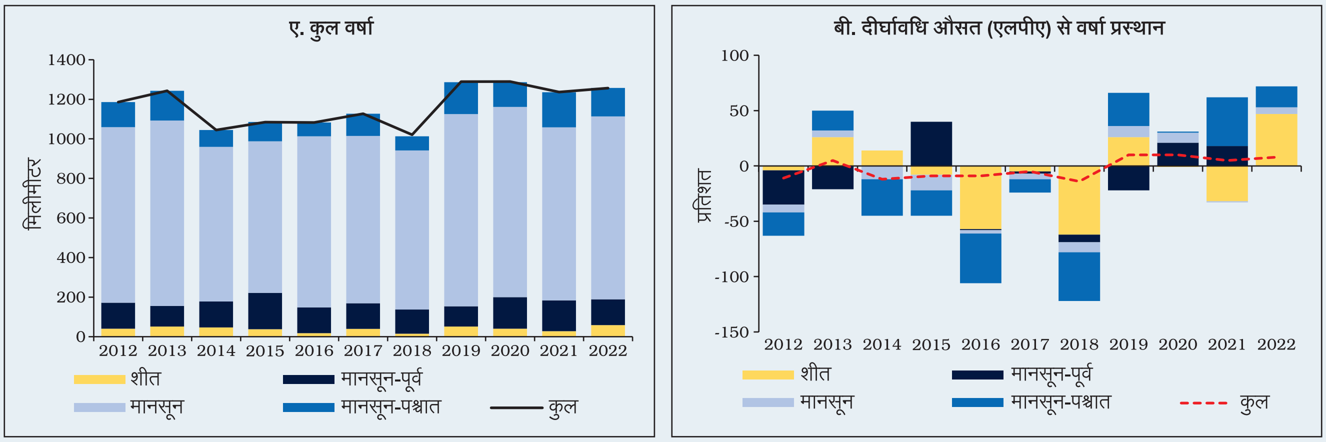
II.18 किसी क्षेत्र में वर्षा का पैटर्न उसकी भौगोलिक विशेषताओं पर बहुत अधिक निर्भर होता है।[11] इस संबंध में, भारतीय उप महाद्वीप की एक प्रमुख विशेषता दक्षिण-पश्चिम मानसून (एसडब्ल्यूएम) मौसम (जून-सितंबर) है, जिसे भारतीय ग्रीष्मकालीन मानसून भी कहा जाता है। भारत की वार्षिक वर्षा का लगभग 75 प्रतिशत एसडब्ल्यूएम मौसम के चार महीनों के दौरान केंद्रित होता है, जो कि ख़रीफ़ फसल मौसम के दौरान कृषि उत्पादन के लिए महत्वपूर्ण है, क्योंकि देश का लगभग आधा निवल बुआई क्षेत्र अभी भी असिंचित है। इसके अलावा, इस मौसम के दौरान वर्षा देश में जलाशयों को भरने के लिए महत्वपूर्ण है जो रबी फसल के मौसम के दौरान बहुत जरूरी सिंचाई में मदद करती है। हालांकि, भारत खाद्यान्न के मामले में आत्मनिर्भर हो गया है, तथापि, एसडब्ल्यूएम में विसंगतियाँ, चाहे अस्थायी या स्थानिक, खाद्य मूल्य की गतिशीलता और मुद्रास्फीति के दृष्टिकोण को प्रभावित करती हैं।

II.19 पिछले कुछ वर्षों में, एसडब्ल्यूएम मौसम के पैटर्न में सूक्ष्म परिवर्तन हुए प्रतीत होते हैं। [12] विशेष रूप से, जबकि पिछले बीस वर्षों (2000-2020) के दौरान अखिल भारतीय स्तर पर औसत वार्षिक वर्षा में 1960-1999 के दौरान वृद्धि देखी गई, 1901 के बाद से लंबे समय तक, भारत में वार्षिक औसत वर्षा में धीरे-धीरे गिरावट आई है। महत्वपूर्ण बात यह है कि एसडब्ल्यूएम मौसम के दौरान प्राप्त औसत वर्षा में 1941-1960 की तुलना में 2001-2020 के दौरान लगभग 8 प्रतिशत की गिरावट आई है। इसके अलावा, साक्ष्य बताते हैं कि जहां पिछले कई वर्षों के दौरान सूखे के दौर अधिक हो गए हैं, वहीं तीव्र बारिश के दौर में भी वृद्धि हुई है। 2019-2022 के दौरान, देश में कुल वर्षा एलपीए से अधिक रही है, लेकिन मानसून से पहले और बाद के मौसम सहित इसका वितरण विषम रहा है। उदाहरण के लिए, 2019 में, मानसून के बाद की वर्षा एलपीए से 30 प्रतिशत अधिक हो गई, जबकि 2020 में मानसून-पूर्व वर्षा एलपीए से 21 प्रतिशत अधिक हो गई (चार्ट II.9)। 2021 में, मॉनसून-पूर्व और मॉनसूनोत्तर दोनों मौसमों में एलपीए से अधिक, क्रमशः 18 प्रतिशत और 44 प्रतिशत बारिश दर्ज की गई। इसके अलावा, 2022 में, हालांकि वार्षिक वर्षा एलपीए का 108 प्रतिशत थी, एसडब्ल्यूएम मौसम के दौरान वर्षा में महत्वपूर्ण स्थानिक विस्तार था। उदाहरण के लिए, भारत के दक्षिण प्रायद्वीपीय और मध्य क्षेत्रों में सामान्य से अधिक वर्षा हुई (उनके एलपीए से क्रमशः 122 प्रतिशत और 119 प्रतिशत अधिक)। इसके विपरीत, भारत के उत्तर-पश्चिमी हिस्सों में सामान्य वर्षा (एलपीए का 101 प्रतिशत) हुई, जबकि देश के उत्तर-पूर्वी हिस्सों में सामान्य से कम (एलपीए का 82 प्रतिशत) बारिश हुई।

[11] इसलिए, किसी क्षेत्र में वर्षा पैटर्न में परिवर्तन पर विश्लेषण आमतौर पर उस विशेष क्षेत्र में वर्षा के एलपीए के आधार पर किया जाता है। एलपीए एक क्षेत्र में एक लंबी अवधि (30 साल या 50 साल) में एक निश्चित अंतराल (महीने या मौसम) के लिए दर्ज की गई औसत वर्षा है, जो किसी क्षेत्र में वर्षा पैटर्न में अस्थायी परिवर्तनों का अध्ययन करते समय एक बेंचमार्क के रूप में कार्य करती है।

[12] आईएमडी के अनुसार, एसडब्ल्यूएम की शुरुआत और वापसी की सामान्य तारीखें क्रमशः 1 जून और 15 अक्टूबर हैं।

चार्ट II.9: कुल वर्षा तथा दीर्घावधि औसत (एलपीए) से वर्षा का प्रस्थान



स्रोत: आईएमडी।

II.20 पिछले कुछ वर्षों में, एसडब्ल्यूएम मौसम की शुरुआत और वापसी की तारीखों में भी बदलाव देखा गया है, वापसी में आम तौर पर देरी होती है और अक्सर यह उत्तर-पूर्वी मानसून या शीतकालीन मानसून मौसम के साथ मेल खाता है (सारणी II.2)। उदाहरण के लिए, 2019 के दौरान, देरी से शुरू होने (8 जून, 2019) और जून के दौरान अत्यधिक कमी वाले चरण (एलपीए से 33 प्रतिशत कम) के बावजूद, मानसून का मौसम सामान्य से 10 प्रतिशत अधिक वर्षा के साथ समाप्त हुआ, जो कि पिछले 25 वर्षों में सबसे अधिक (1990-2019 की अवधि के दौरान उच्चतम 1994 में 12.5 प्रतिशत) दर्ज की गई वर्षा थी।

सारणी II.2: भारत में मानसून का आगमन और प्रस्थान

वर्ष	आगमन की तारीख	आगमन में देरी	भारत से वापसी की तारीख	वापसी में देरी
2012	5 जून	चार दिन	18 अक्टूबर	3 दिन
2013	1 जून	0 दिन	21 अक्टूबर	6 दिन
2014	6 जून	पांच दिन	27 अक्टूबर	बारह दिन
2015	5 जून	चार दिन	19 अक्टूबर	चार दिन
2016	8 जून	7 दिन	28 अक्टूबर	13 दिन
2017	30 मई	(-)दो दिन	25 अक्टूबर	दस दिन
2018	29 मई	(-)3 दिन	21 अक्टूबर	6 दिन
2019	8 जून	7 दिन	16 अक्टूबर	1 दिन
2020	1 जून	0 दिन	28 अक्टूबर	13 दिन
2021	3 जून	3 दिन	25 अक्टूबर	दस दिन
2022	29 मई	(-) दो दिन	23 अक्टूबर	8 दिन

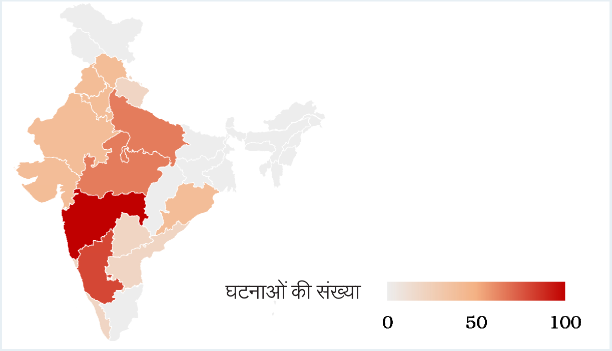
स्रोत: आईएमडी वार्षिक रिपोर्ट।

II.21 जलवायु परिवर्तन चरम मौसम की घटनाओं की बढ़ती तीव्रता और आवृत्ति के रूप में भी प्रकट हो रहा है जैसे अत्यधिक/बेमौसम बारिश (अक्सर बाढ़ का कारण), गंभीर तापमान में उतार-चढ़ाव (जैसे, गर्मी की लहरें और ठंडी लहरें) और तेज़ हवा की गति (जैसे, चक्रवात)। 2000 के दशक की शुरुआत से, भारत में चरम मौसम की घटनाएं अक्सर होती रही हैं। उदाहरण के लिए, बेमौसम बारिश और लू एक नियमित घटना बन गई है (चार्ट II.10)। जहाँ महाराष्ट्र, कर्नाटक, उत्तर प्रदेश और मध्य प्रदेश में पिछले कुछ वर्षों में लगातार बेमौसम बारिश देखी गई है, तो वहीं राजस्थान, हरियाणा, पंजाब, दिल्ली, उत्तर प्रदेश और झारखंड जैसे राज्य गर्मियों की शुरुआत और मानसून पूर्व के महीनों में गर्मी की लहर से सबसे अधिक प्रभावित हुए हैं।

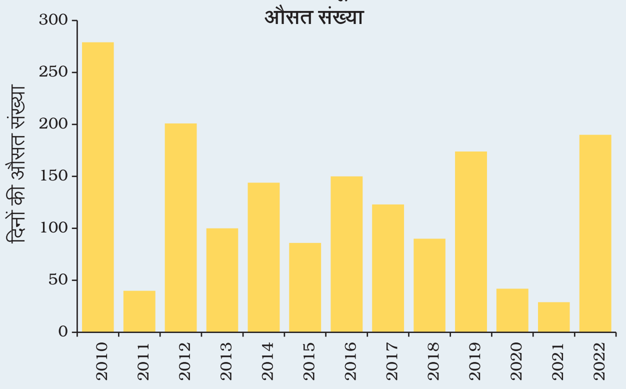
II.22 इसके अलावा, पिछले कुछ वर्षों में भारत में चक्रवाती तूफानों की आवृत्ति में वृद्धि हुई है

चार्ट II.10: भारत में बेमौसम बारिश और लू की आवृत्ति

ए. 1998-2022 के दौरान भारत में बेमौसम वर्षा का स्थानिक वितरण



बी. 2010-2022 के दौरान लू चलने वाले दिनों की औसत संख्या

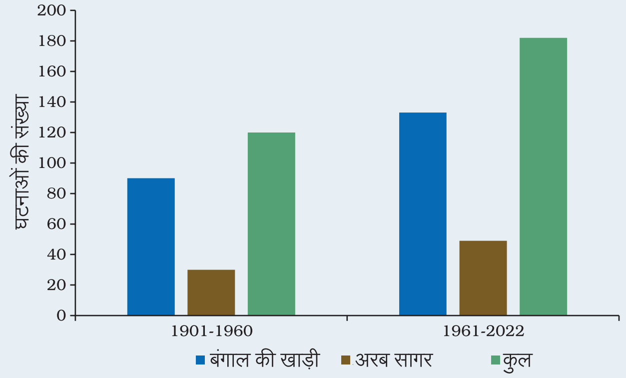


स्रोत: डाउन टू अर्थ (विज्ञान एवं पर्यावरण केंद्र द्वारा सहायता प्राप्त); और पर्यावरण सांख्यिकी, एमओएसपीआई।

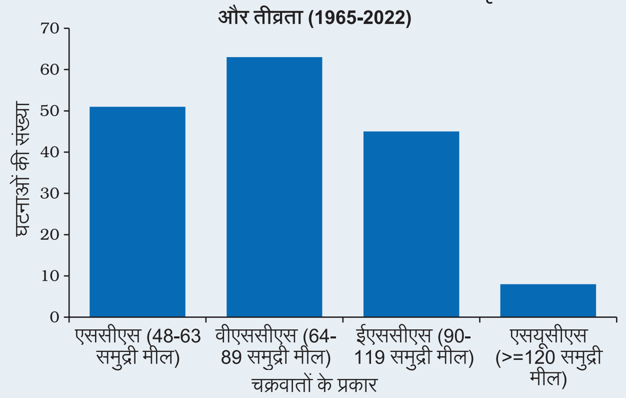
(चार्ट II.11a)।[13] उदाहरण के लिए, 1960-2020 के दौरान उत्तरी हिंद महासागर (एनआईओ) में देखे गए सामान्य 11-12 चक्रवाती विक्षोभ और 4.8 चक्रवाती तूफान की तुलना में, 2019 के दौरान 8 चक्रवाती तूफान आए। महत्वपूर्ण बात यह है कि गंभीर चक्रवाती तूफानों (एससीएस) की तुलना में बहुत गंभीर चक्रवाती तूफान (वीएससीएस) और बेहद गंभीर चक्रवाती तूफान (ईएससीएस) की अधिक संख्या (चार्ट II.11बी) के साथ उनकी तीव्रता में भी वृद्धि हुई है। 2021 में, मई (मानसून पूर्व मौसम) में क्रमशः अरब सागर और बंगाल की खाड़ी के ऊपर आए पांच चक्रवाती तूफानों में से एक ईएससीएस (तौकते) और दूसरा वीएससीएस (यास) था।

चार्ट II.11: 1901-2022 के दौरान भारत में चक्रवाती तूफानों की आवृत्ति और तीव्रता

ए. 1901-2022 के दौरान भारत में चक्रवाती तूफानों की आवृत्ति



बी. उत्तर हिंद महासागर पर गंभीर चक्रवातों की आवृत्ति और तीव्रता (1965-2022)



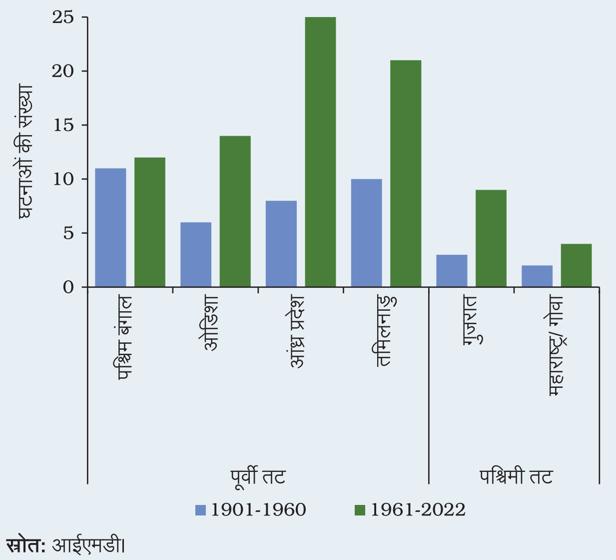
स्रोत: आईएमडी।

[13] आईएमडी के अनुसार, चक्रवाती विक्षोभ में सतह पर हवा की अधिकतम निरंतर गति 17 समुद्री मील (31 किमी प्रति घंटे) से 33 समुद्री मील (61 किमी प्रति घंटे) की सीमा में होती है। एक चक्रवाती तूफान के मामले में, अधिकतम औसत सतह हवा की गति 34 समुद्री मील (62 किमी प्रति घंटे) से 47 समुद्री मील (88 किमी प्रति घंटे) की सीमा में होती है। गंभीर चक्रवाती तूफानों (एससीएस) की तीव्रता के संबंध में, आईएमडी गंभीर चक्रवातों को निम्नलिखित चार श्रेणियों में वर्गीकृत करता है: गंभीर चक्रवाती तूफान (एससीएस: 48-63 समुद्री मील), बहुत गंभीर चक्रवाती तूफान (वीएससीएस: 64-89 समुद्री मील), अत्यंत गंभीर चक्रवाती तूफान (ईएससीएस: 90-119 समुद्री मील) और सुपर चक्रवाती तूफान (एसयूसीएस ≥ 120 समुद्री मील)।

II.23 अरब सागर के ऊपर चक्रवाती तूफानों की आवृत्ति में वृद्धि के साथ पिछले कुछ वर्षों में पूर्वी तट और पश्चिमी तट के बीच चक्रवातों का वितरण भी बदल गया है (घोष एवं अन्य, 2021)। ऐतिहासिक रूप से, अरब सागर में चक्रवात बंगाल की खाड़ी की तुलना में कम थे। 2019 के दौरान, जो 20 चक्रवाती विक्षोभ/तूफान आए, उनमें से अधिकांश अरब सागर (पश्चिमी तट) [आईएमडी 2019] में थे।[14] गंभीर चक्रवातों के स्थानिक वितरण से पता चलता है कि 1961-2022 के दौरान भारत के पूर्वी तट पर ओडिशा, आंध्र प्रदेश और तमिलनाडु राज्यों में आए चक्रवातों की संख्या 1901-1960 के दौरान की तुलना में बहुत अधिक थी (चार्ट II.12)। इसके अतिरिक्त, पश्चिमी तट पर, महाराष्ट्र और गोवा की तुलना में 1961-2022 के दौरान गुजरात में एससीएस की घटनाओं में काफी वृद्धि हुई है। अरब सागर और एनआईओ पर ईएससीएस की आवृत्ति में वृद्धि के लिए मानवजनित तापन (मुराकामी एवं अन्य, 2017) को जिम्मेदार ठहराया गया है।

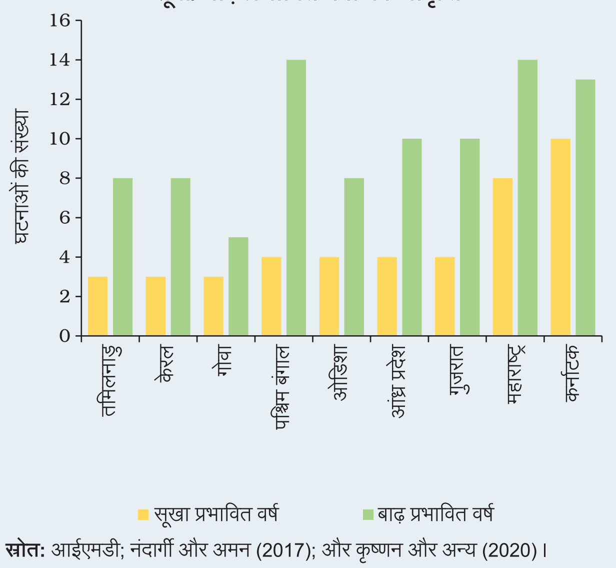
II.24 इसके अतिरिक्त, हाल के वर्षों में सूखे और बाढ़ की घटनाओं में भी वृद्धि देखी गई है। बाढ़ और सूखे को आम तौर पर जल-जलवायु चरम सीमाओं के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। भारत में, सूखे की संख्या में वृद्धि देखी गई है, 1901-1960 की अवधि की तुलना में 1961-2021 के दौरान उनकी गंभीरता अधिक रही (घोष और अन्य, 2021)। विशेष रूप से, मध्य भारत और दक्षिणी प्रायद्वीप क्षेत्रों में सूखे की अधिक संभावना है। तटीय राज्यों में, कर्नाटक और महाराष्ट्र प्रमुख राज्य हैं, जहां 1951-2021 के दौरान सूखे की उच्च आवृत्ति देखी गई है (चार्ट II.13)। इसके अलावा, आपदा जोखिम न्यूनीकरण के लिए संयुक्त राष्ट्र कार्यालय के अनुसार, भारत में बाढ़ की संख्या 2006-2015 के दशक के दौरान 90 तक पहुंच गई, जबकि 1996 से 2005 के दौरान यह 67 थी। बार-बार आने वाली बाढ़ जलवायु संबंधी आपदाओं के कारण भारत में आर्थिक दृष्टि से औसत वार्षिक नुकसान (विश्व बैंक, 2021) में महत्वपूर्ण योगदानकर्ताओं में से एक है। अध्ययनों से पता चला है कि मानवजनित भौगोलिक

चार्ट II.12: तीव्र चक्रवातों का स्थानिक वितरण और आवृत्ति



स्रोत: आईएमडी।

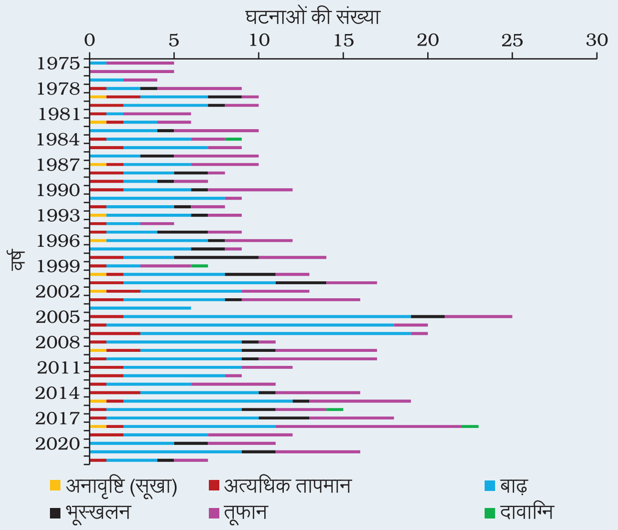
चार्ट II.13: 1951-2021 के दौरान भारतीय तटीय राज्यों में सूखे/ बाढ़ प्रभावित वर्षों की आवृत्ति



स्रोत: आईएमडी; नंदार्गी और अमन (2017); और कृष्णन और अन्य (2020)।

[14] 2019 के दौरान कुछ गंभीर चक्रवात ईएससीएस फानी और महा और वीएससीएस वायु, हिका और बुलबुल थे।

चार्ट II.14: भारत में प्राकृतिक आपदाओं की संख्या



टिप्पणी: तूफानों में उष्णकटिबंधीय चक्रवात, ओलावृष्टि, आंधी और धूल भरे अंधड़ जैसी घटनाएं शामिल हैं; अत्यधिक तापमान में लू और शीत लहर जैसी घटनाएं शामिल होती हैं।
स्रोत: आपातकालीन घटनाएं - डेटाबेस (ईएम-डीएटी)।

परिवर्तन, जिसमें लगातार अनियोजित शहरीकरण भी शामिल है, भारत में शहरी बाढ़ की बढ़ती संख्या के पीछे प्रमुख कारणों में से एक है (यांग एवं अन्य, 2015; लियू और नियोगी, 2019; कृष्णन, एवं अन्य., 2020)).

II.25 कुल मिलाकर, भारत सूखे और लू की तुलना में बाढ़ और तूफान (अर्थात, चक्रवात और ओलावृष्टि) से अपेक्षाकृत अधिक प्रभावित है (चार्ट II.14)। ऐसी घटनाएं कृषि उत्पादन (कृष्णन और अन्य, 2020) और खाद्य मूल्य अस्थिरता (दिलीप और कुंडू, 2020; घोष और अन्य, 2021; और किशोर और शेखर, 2022) के लिए महत्वपूर्ण जोखिम पैदा करती हैं।

4. भारत में जलवायु परिवर्तन का समष्टि आर्थिक प्रभाव

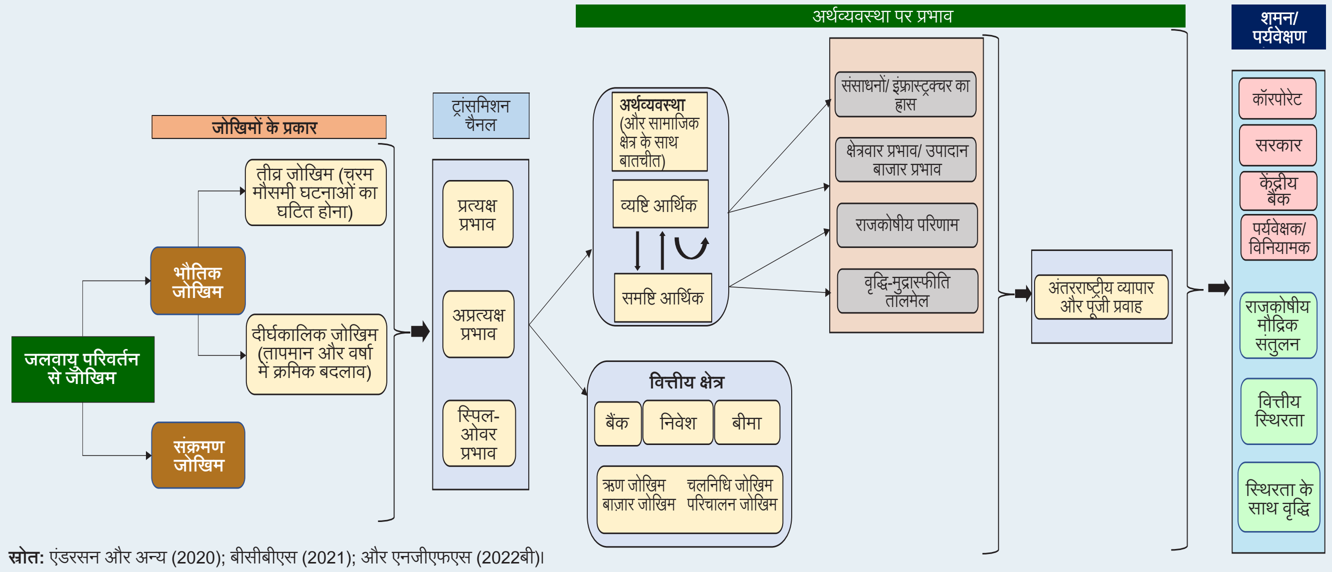
II.26 अर्थव्यवस्था पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव अर्थव्यवस्था की आपूर्ति क्षमता पर प्रतिकूल प्रभाव के साथ-साथ मांग की स्थितियों में बदलाव के माध्यम से प्रकट हो सकता है। जलवायु परिवर्तन की घटनाओं को अक्सर प्रतिकूल आपूर्ति आघातों के रूप में जाना जाता है, जो अर्थव्यवस्था के कुल उत्पादन को कम करता है और कीमतें बढ़ाता है, जिससे अर्थव्यवस्था की संभावित वृद्धि पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। इसके अलावा, जलवायु परिवर्तन की घटना के बाद उत्पन्न अनिश्चितता भी उत्पादन और कीमतों में अस्थिरता बढ़ाती है। मौसम का मिजाज बदलने से उपभोक्ता के व्यवहार और प्राथमिकताओं पर भी असर पड़ सकता है, जिससे मांग की स्थिति प्रभावित हो सकती है (एंडरसन एवं अन्य, 2020; सिसकारेली और मैरोटा, 2021)।

II.27 जलवायु परिवर्तन से लड़ने से वैश्विक मुद्रास्फीति को आघात पहुँच सकता है (मॉरिसन, 2021), केंद्रीय बैंकों द्वारा सामना किए जाने वाले आउटपुट-मुद्रास्फीति समझौताकारी तालमेल को बढ़ा सकता है और मध्यम अवधि की मूल्य स्थिरता के लिए जोखिम बढ़ा सकता है (श्नाबेल, 2021)। ऊर्जा उत्पादन और कीमतों पर जलवायु परिवर्तन शमन नीतियों का संभावित प्रभाव प्रतिकूल हो सकता है (वोल्ज़, 2017)।

II.28 अर्थव्यवस्था पर भौतिक और संक्रमण जोखिमों का प्रभाव प्रत्यक्ष, अप्रत्यक्ष और विसरण प्रभावों के माध्यम से हो सकता है (चित्रण II.1)। शारीरिक जोखिम चालकों को अक्सर दो प्रकारों में वर्गीकृत किया जाता है: तीव्र जोखिम - चरम मौसम की घटनाओं की घटना से संबंधित, और दीर्घकालिक जोखिम - तापमान और वर्षा पैटर्न में क्रमिक बदलाव से जुड़े (मैकिन्से ग्लोबल इंस्टीट्यूट, 2020; एनजीएफएस, 2022बी), हालांकि तीव्र जोखिम दीर्घकालिक जोखिमों के कारण भी उत्पन्न हो सकता है। उदाहरण के लिए, वैश्विक तापमान में वृद्धि से गर्मी की लहर और जंगल की आग के कारण जलवायु में तीव्र परिवर्तन हो सकता है (जोन्स एवं अन्य, 2020; अबात्ज़ोग्लू एवं अन्य, 2019)। इसके अलावा, गर्म वातावरण अधिक नमी धारण कर सकता है, जिससे कई क्षेत्रों में भारी और केंद्रित वर्षा में वृद्धि हो सकती है (आईपीसीसी, 2018)। ये समग्र उत्पादन को प्रभावित कर सकते हैं क्योंकि तीव्र जलवायु घटनाएं जैसे विनाशकारी अचानक बाढ़ से संपत्तियों, बुनियादी ढांचे और फसलों को भौतिक क्षति होती है।

II.29 दूसरी ओर, संक्रमण जोखिम चालक, निम्न-कार्बन अर्थव्यवस्था की ओर संक्रमण से उत्पन्न होने वाले अर्थव्यवस्था-व्यापी परिवर्तन हैं। ये सार्वजनिक क्षेत्र की नीतियों से संबंधित हो सकते हैं; नवाचार और प्रौद्योगिकियां; या निवेशक और उपभोक्ता की भावनाएं/प्राथमिकताएं एक हरित अर्थव्यवस्था को सुविधाजनक बनाती हैं। इसलिए, जलवायु-संबंधित संक्रमण

चित्रण II.1: जलवायु परिवर्तन से जोखिम और अर्थव्यवस्था पर उनका प्रभाव



स्रोत: एंडरसन और अन्य (2020); बीसीबीएस (2021); और एनजीएफएस (2022बी)।

जोखिम का प्रभाव कई कारकों पर निर्भर होगा और इसमें जलवायु-अर्थव्यवस्था संबंध से संबंधित कई अंतर्निहित निर्भरताएं शामिल होंगी। उक्त प्रभाव भी भौतिक जोखिम से अधिक अप्रत्यक्ष है।

II.30 भारतीय अर्थव्यवस्था को प्रभावित करने वाले अनेक चैनलों के माध्यम से जलवायु परिवर्तन होता है, जिसे साहित्य में प्रलेखित किया गया है, और जो अभी भी विकसित हो रहे हैं। भारत, जलवायु जोखिम की घटनाओं के प्रति संवेदनशीलता के मामले में शीर्ष 10 अर्थव्यवस्थाओं में से एक है, पहले से ही अपने लोगों के जीवन और आजीविका पर जलवायु परिवर्तन का प्रतिकूल प्रभाव देख रहा है। उदाहरण के लिए, 2019 में, जलवायु संबंधी घटनाओं के कारण भारत को लगभग 69 बिलियन अमेरिकी डॉलर का नुकसान हुआ, जो कि 1998-2017 (यूएनआईएसडीआर, 2018) में हुए 79.5 बिलियन अमेरिकी डॉलर के बिल्कुल विपरीत है। 2019 के दौरान भारत में बाढ़ ने लगभग 14 राज्यों को प्रभावित किया, जिससे लगभग 1.8 मिलियन लोगों का विस्थापन हुआ और 1800 मौतें हुईं। कुल मिलाकर, 2019 में मानसून के मौसम के दौरान तीव्र वर्षा से लगभग 12 मिलियन लोग प्रभावित हुए, जिससे लगभग 10 बिलियन अमेरिकी डॉलर का आर्थिक नुकसान होने का अनुमान है। इसके अतिरिक्त, हाल के वर्षों में एसडब्ल्यूएम बारिश अक्सर महत्वपूर्ण अस्थायी और स्थानिक फैलाव के साथ हुई है, जिससे फसल को नुकसान हुआ है, जिससे उच्च खाद्य मुद्रास्फीति और इसकी अस्थिरता बढ़ गई है (दिलीप और कुंडू, 2020; घोष एवं अन्य, 2021)।

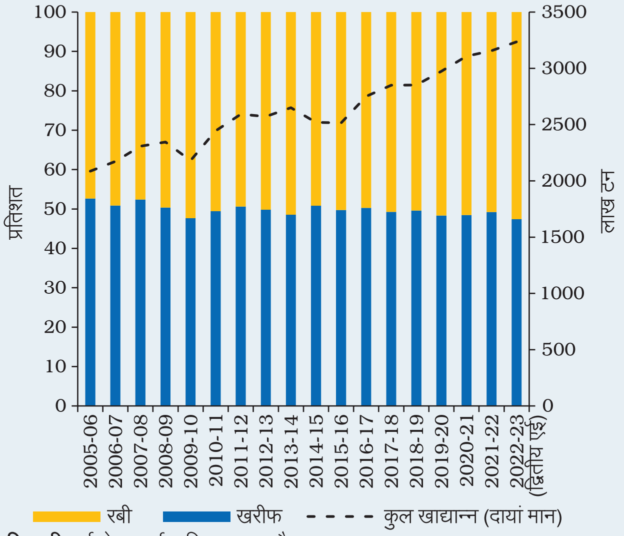
II.31 आईपीसीसी कार्यकारी समूह (डब्ल्यूजी)-II (आईपीसीसी, 2022बी) की रिपोर्ट में कहा गया है कि जनसंख्या के मामले में भारत विश्व स्तर पर सबसे कमजोर देशों में से एक है जो समुद्र के स्तर में वृद्धि से प्रभावित होगा। वर्तमान सदी के मध्य तक, भारत में लगभग 35 मिलियन लोगों को वार्षिक तटीय बाढ़ का सामना करना पड़ सकता है, जबकि सदी के अंत तक 45-50 मिलियन लोग जोखिम में होंगे (विश्व बैंक, 2021)। इसके अलावा, बढ़ते समुद्र स्तर और भूजल की कमी के कारण कृषि क्षेत्र और मत्स्य पालन को बहुत अधिक प्रतिकूल परिणामों का सामना करना पड़ेगा। साहित्य इंगित करता है कि भारत के अधिकांश हिस्से जीवन स्तर पर तापमान के प्रतिकूल प्रभाव का अनुभव कर रहे हैं, क्योंकि सबसे अधिक प्रभावित परिवार अपनी आजीविका के लिए मुख्य रूप से कृषि क्षेत्र पर निर्भर हैं (मणि एवं अन्य, 2018)। इसके अलावा, अगर वैश्विक तापमान पूर्व-औद्योगिक स्तर (अली और मिश्रा, 2018) से 2 डिग्री सेल्सियस ऊपर बढ़ जाता है, तो अचानक बाढ़ की घटनाएं बढ़ने की उम्मीद है। पारिस्थितिकी तंत्र सेवाओं के संदर्भ में, भारत की

लगभग 600 मिलियन आबादी गंभीर जल अभाव का सामना कर रही है, शहरी भारत में 14 वर्ष से कम उम्र के 8 मिलियन बच्चे खराब जल आपूर्ति के कारण जोखिम में हैं (नीति आयोग, 2019)।

II.32 यदि ग्लोबल वार्मिंग के कारण तापमान 1.5 डिग्री सेल्सियस (आईपीसीसी, 2018) के मुकाबले 2 डिग्री सेल्सियस बढ़ जाता है, तो ब्राजील और मैक्सिको जैसे देशों के साथ भारत को आर्थिक विकास में कमी का उच्च जोखिम का सामना करना पड़ता है। भारत में बढ़ते तापमान और मानसूनी वर्षा के बदलते पैटर्न के माध्यम से प्रकट जलवायु परिवर्तन से अर्थव्यवस्था को सकल घरेलू उत्पाद का 2.8 प्रतिशत नुकसान हो सकता है और 2050 तक इसकी लगभग आधी आबादी के जीवन स्तर पर असर पड़ सकता है (मणि एवं अन्य, 2018)। पर्याप्त शमन नीतियों के अभाव में जलवायु परिवर्तन (कोम्पास एवं अन्य, 2018; पिकियारीलो एवं अन्य , 2021) के कारण भारत को 2100 तक सालाना अपने सकल घरेलू उत्पाद का लगभग 3 प्रतिशत से 10 प्रतिशत तक का नुकसान हो सकता है। इसके अलावा, भारतीय कृषि (निर्माण गतिविधि के साथ) और उद्योग विशेष रूप से गर्मी से संबंधित दबाव (सोमनाथन एवं अन्य, 2021) के कारण होने वाली श्रम उत्पादकता हानि के प्रति संवेदनशील हैं। 2030 तक गर्मी के दबाव से संबंधित उत्पादकता में गिरावट के कारण अनुमानित 80 मिलियन वैश्विक नौकरियों में से 34 मिलियन का नुकसान भारत में हो सकता है (विश्व बैंक, 2022)। इसके अलावा, अत्यधिक गर्मी और नमी की स्थिति के कारण श्रम के घंटों की हानि के कारण 2030 तक भारत की जीडीपी का 4.5 प्रतिशत तक जोखिम हो सकता है। इसके अलावा, यदि कार्बन उत्सर्जन की वर्तमान दर को नियंत्रित नहीं किया गया तो गर्मी की लहर 25 गुना अधिक समय तक रह सकती है, अर्थात 2036-2065 तक गंभीरता में वृद्धि हो सकती है (सीएमसीसी, 2021)। इस प्रकार, ये अनुमान भारतीय अर्थव्यवस्था पर प्रतिकूल प्रभाव को कम करने के लिए जलवायु शमन नीतियों को समय पर अपनाने और तेजी से कार्यान्वयन के महत्व को रेखांकित करते हैं।

II.33 चरम मौसम की घटनाओं की बढ़ती आवृत्ति के बावजूद, भारत हाल के वर्षों में खाद्यान्न और बागवानी के

चार्ट II.15: भारत में कुल खाद्यान्न उत्पादन

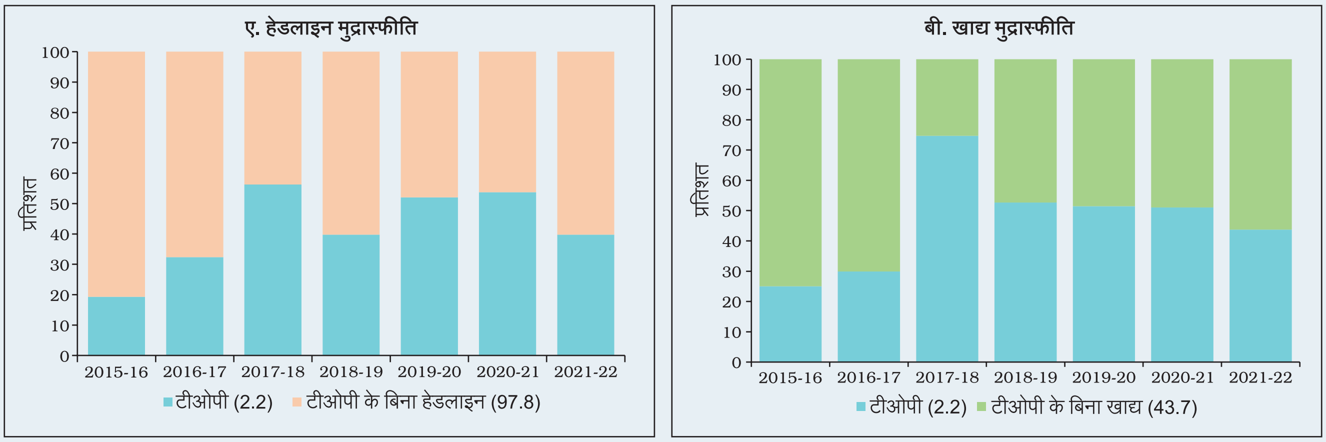


टिप्पणी: एई से तात्पर्य अग्रिम अनुमान है।
स्रोत: कृषि मंत्रालय, भारत सरकार।

रिकॉर्ड उत्पादन की रिपोर्ट कर रहा है, जो रबी उत्पादन में तेज वृद्धि को दर्शाता है (चार्ट II.15)। चूँकि अधिकांश अधिक और बेमौसम वर्षा की घटनाएँ और चक्रवात मानसून या मानसून के बाद के मौसम में होते हैं, इसलिए फसल के नुकसान के मामले में रबी की फसल की तुलना में खरीफ की फसल पर उनका प्रभाव अधिक होता है। इससे भौगोलिक रूप से अच्छी तरह से वितरित खाद्यान्न उत्पादन के साथ-साथ जलवायु घटनाओं की स्थानीय प्रकृति के कारण उत्पादन चैनल के माध्यम से मुद्रास्फीति पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव समग्र स्तर पर कम प्रतीत होता है।

II.34 इसके विपरीत, बागवानी फसलें, विशेष रूप से सब्जियों जैसी खराब होने वाली फसलें, मानसून के बाद की अवधि के दौरान चक्रवात और बेमौसम बारिश जैसी चरम मौसम की घटनाओं के संपर्क में अधिक आती हैं, जिससे उनकी कीमतों पर अस्थायी प्रभाव पड़ता है (किशोर और शेखर, 2022)। उदाहरण के लिए, बेमौसम बारिश के कारण दिसंबर 2019 में प्याज की कीमतों में मुद्रास्फीति 327 प्रतिशत तक बढ़ गई; बेमौसम बारिश के कारण नवंबर 2020 में आलू की कीमतें 107 प्रतिशत बढ़ीं; और जून 2022 में गर्मी की लहर और चक्रवात के कारण फसल क्षति के कारण टमाटर

चार्ट II.16: हेडलाइन और खाद्य मुद्रास्फीति की अस्थिरता में टमाटर, प्याज, आलू (टीओपी) का योगदान[15]



टिप्पणी: टीओपी - टमाटर, प्याज और आलू का संक्षिप्त रूप है। कोष्ठक में दिए गए आंकड़े सीपीआई समूह में भार को प्रतिशत में दर्शाते हैं।
स्रोत: एनएसओ; और लेखकों के अनुमान।

की कीमतों में 158 प्रतिशत की वृद्धि हुई। वास्तव में, सीपीआई (2.2 प्रतिशत) में इन तीन सब्जियों (टमाटर, प्याज, आलू - टॉप) की कम हिस्सेदारी के बावजूद, वे खाद्य और हेडलाइन मुद्रास्फीति (चार्ट II.16) में अस्थिरता का एक बड़ा हिस्सा रखते हैं। हाल ही में, किसान भी अपनी बुआई और कटाई के कार्यक्रम को समायोजित करके ऐसी जलवायु घटनाओं से अनुकूलित हो रहे हैं, जबकि कृषि में अनुसंधान एवं विकास ने खाद्य उत्पादन, कीमतों और किसानों की आय पर प्रतिकूल प्रभाव को कम करने के लिए जलवायु लचीली फसलें विकसित करने पर ध्यान केंद्रित किया है।

II.35 कुल मिलाकर, कृषि क्षेत्र पर बदलते तापमान और वर्षा पैटर्न का प्रभाव अत्यधिक गैर-रैखिक है और चरम परिस्थितियों में गैर-सिंचित क्षेत्रों के लिए अधिक तीव्रता के साथ प्रकट होता है। अनुमान बताते हैं कि जब किसी जिले में असामान्य रूप से उच्च तापमान (तापमान वितरण के शीर्ष 20 प्रतिशत में) का अनुभव होता है, तो खरीफ मौसम के दौरान कृषि उपज में 4 प्रतिशत की कमी होती है और रबी मौसम के दौरान 4.7 प्रतिशत की कमी होती है (भारत सरकार, 2018))। इसी प्रकार, जब किसी जिले में सामान्य से काफी कम वर्षा होती है (वर्षा वितरण के निचले 20 प्रतिशत में), तो खरीफ उपज में 12.8 प्रतिशत की कमी होती है और रबी उपज में 6.7 प्रतिशत की छोटी, किन्तु ध्यान देने योग्य कमी होती है। बढ़ते मानवजनित उत्सर्जन के साथ, ऐसी चरम घटनाओं की आवृत्ति और भी बढ़ सकती है, जिसका असर कृषि उपज, किसानों की आय और खाद्य मुद्रास्फीति पर पड़ेगा।

II.36 इस पृष्ठभूमि में, पिछले 10 वर्षों, अर्थात 2012-13 से 2021-22 के दौरान भारत के संदर्भ में कुछ प्रमुख चरम मौसम की घटनाओं, जैसे बाढ़, चक्रवात और सूखे के व्यापक आर्थिक प्रभाव का विश्लेषण किया गया है। घोष एवं अन्य, (2021) के समान, पश्चिमी तटरेखा के साथ 5 राज्य (गुजरात, महाराष्ट्र, गोवा, कर्नाटक और केरल) एवं पूर्वी तटरेखा के साथ चार राज्य (पश्चिम बंगाल, ओडिशा, आंध्र प्रदेश और तमिलनाडु) एक साथ आठ पड़ोसी अंतर्देशीय राज्यों पर विचार किया गया है। डिफरेंस-इन-डिफरेंस (डीआईडी) पैनल डेटा प्रतिगमन परिणाम संकेत देते हैं कि प्राकृतिक आपदाएं आर्थिक गतिविधि पर प्रतिकूल प्रभाव

[15] कुल (ए + बी) में भिन्नता के लिए उपसमूह (जैसे, ए) के योगदान की गणना निम्नलिखित सूत्र का उपयोग करके की जाती है: Contribution (A) = W(A) W(A) Var(A) + W(A) W(B) Cov (A, B) जहां W उप-समूह की भारिता है, Var विचरण है और Cov सह-संयोजक है।

सारणी II.3: अंतर-में-अंतर पैनल डेटा परिणाम

डी- आई -डी गुणांक	मुद्रा स्फीति	जीएसडीपी	प्रति व्यक्ति एनएसडीपी	जीएसवीए कृषि	एनएसवीए कृषि	जीएसवीए विनिर्माण	एनएसवीए विनिर्माण	जीएसवीए सेवाएं	एनएसवीए सेवाएं	कैपेक्स
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
C	7.34***	5.01***	3.24***	10.69***	11.72***	2.58	1.97	6.08***	4.09***	20.94***
	(1.93)	(0.87)	(0.80)	(2.30)	(2.58)	(1.88)	(2.06)	(0.79)	(0.63)	(4.53)
γ	-0.29	1.99*	2.85**	-7.89***	-9.06***	8.17***	10.40***	1.03***	1.99*	-4.34
	(0.35)	(1.12)	(1.11)	(2.42)	(2.72)	(2.51)	(2.99)	(0.30)	(0.99)	(5.22)
δ	-2.19	1.19	1.27	-9.60***	-11.26***	6.03	7.13***	1.36	2.20***	-9.03*
	(1.93)	(1.05)	(0.98)	(2.77)	(3.04)	(2.17)	(2.71)	(0.81)	(0.80)	(4.63)
β_{DID}	1.04**	-2.71**	-2.73**	8.32***	10.06***	-11.43***	-14.03***	-1.31**	-2.80**	4.63
	(0.44)	(1.24)	(1.23)	(2.93)	(3.21)	(2.71)	(3.40)	(0.56)	(1.06)	(5.75)

टिप्पणी: ***, **, * क्रमशः 1 प्रतिशत, 5 प्रतिशत और 10 प्रतिशत स्तरों पर महत्व दर्शाते हैं।
कोष्ठक में दिए गए आंकड़े मजबूत मानक त्रुटियों को दर्शाते हैं।

डालती हैं, अर्थात, मुद्रास्फीति को बढ़ाते हुए कम उत्पादन वृद्धि (सारणी II.3)।[16] उक्त परिणाम पहले के कुछ अध्ययनों के विपरीत है जो आपदा के बाद के निवेश और गुणक प्रभावों (कैबालेरो और हैमौर, 1994) के कारण सकल घरेलू उत्पाद में वृद्धि का सुझाव देते हैं। इसके अलावा, परिणाम कृषि जीवीए पर नकारात्मक प्रभाव का संकेत नहीं देते हैं।[17] जबकि भारत ने खाद्य उत्पादन के संबंध में आत्मनिर्भरता की एक डिग्री हासिल कर ली है, जलवायु-लचीली फसलों को विकसित करने और फसल पैटर्न को बदलने की दिशा में सरकारी नीतिगत हस्तक्षेप - जैसे कि धान और दालों में विशेष रूप से तटीय राज्यों में सूखा/बाढ़/तापमान अनुकूलित किस्मों को लाना; पानी की बचत करने वाली धान की खेती के तरीके, गर्मी के दबाव वाले क्षेत्रों में रबी की बुआई की तारीखों को आगे बढ़ाना; और मानसून के विलंबित आगमन के समाधान के रूप में सामुदायिक नर्सरी - ने जलवायु संबंधी दबाव को देखते हुए भारत के कृषि क्षेत्र की लचीलापन बढ़ाने में प्रमुख भूमिका निभाई है (एनआईसीआरए, 2016)। मुद्रास्फीति के संबंध में, साहित्य इंगित करता है कि चरम मौसम की घटनाओं का प्रभाव आम तौर पर अल्पकालिक (फ्रीमैन एवं अन्य, 2003; एनजीएफएस, 2020; दिलीप और कुंडू, 2020; घोष एवं अन्य, 2021), होता है; हालांकि इसके संबंध में खतरे का प्रकार के आधार पर विषमता है और उन्नत और विकासशील अर्थव्यवस्थाओं के बीच भिन्नता है (पार्कर, 2018)। हालांकि, तथ्य यह है कि मुद्रास्फीति और इसकी अस्थिरता ऐसे आघातों से प्रेरित होती है जो अल्पकालिक मुद्रास्फीति पथ की भविष्यवाणी करना कठिन बना देती है, जो भविष्योन्मुखी मौद्रिक नीति के संचालन के लिए बड़ी चुनौती पैदा करती है। परिणाम आपदा वर्ष के दौरान तटीय राज्यों में पूंजीगत व्यय में सांख्यिकीय रूप से अत्यधिक वृद्धि का संकेत नहीं देते हैं, बल्कि यह संकेत मिलता है कि आपदा आने पर कुल पूंजीगत व्यय गिर[18] जाता है, जिससे आर्थिक विकास में गिरावट की पुष्टि होती है। इसके अलावा, प्राकृतिक आपदा के बाद की अवधि में राहत और पुनर्वास/पुनर्निर्माण उपायों की भी आवश्यकता उत्पन्न होगी, जिसके लिए बजटीय धनराशि के

चरम मौसम की घटनाओं (बाढ़, सूखा और चक्रवात) के प्रभाव की जांच आर्थिक गतिविधि (सकल राज्य घरेलू उत्पाद (जीएसडीपी), प्रति व्यक्ति शुद्ध राज्य घरेलू उत्पाद (एनएसडीपी), पूंजीगत व्यय (कैपेक्स), सकल मूल्य में वृद्धि के आधार पर) पर की गई। निम्नलिखित समीकरण का अनुमान लगाकर कृषि, विनिर्माण और सेवा क्षेत्रों के लिए जोड़ा गया (जीवीए) और निवल मूल्य वर्धित (एनवीए) और मुद्रास्फीति: $y_{st} = C + \beta_{DID}(Coastal_s * Calamity_t) + \gamma\ Coastal_s + \delta\ Calamity_t + \epsilon_{st}$, जहां, y_{st} आश्रित चर का प्रतिनिधित्व करता है, s और t क्रमशः राज्य और समय का प्रतिनिधित्व करते हैं। गुणांकों की व्याख्या इस प्रकार की जा सकती है: सामान्य समय में गैर-तटीय राज्यों का माध्य: C; सामान्य समय में तटीय राज्यों का औसत: $C + \gamma$; आपदा काल में गैर-तटीय राज्यों का माध्य: $C + \delta$; आपदा के समय तटीय राज्यों का औसत: $C + \beta_{DID} + \gamma + \delta$.

16 इसी तरह के परिणाम साहित्य में भी नोट किए गए हैं (अल्बाला-बर्ट्रेंड, 1993; लोयज़ा और अन्य, 2012; घोष और अन्य, 2021)।

17 आपदा के वर्ष में कैपेक्स का विश्लेषण किया जाता है न कि बाद के वर्षों में। इसके अलावा, राज्य/राष्ट्रीय आपदा राहत निधि जैसे आपदा राहत कोष राजस्व व्यय का हिस्सा हैं न कि कैपेक्स।

विचलन की आवश्यकता होगी, जिससे सरकार के राजकोषीय घाटे पर प्रभाव पड़ेगा।

II.37 हालांकि उपरोक्त विश्लेषण अखिल भारतीय स्तर पर कुछ प्रमुख व्यापक आर्थिक संकेतकों पर चरम मौसम की घटनाओं के प्रभाव की सीमा का आकलन करने में मदद करता है, तथापि आर्थिक कल्याण संकेतक के स्तर पर परिवारों पर किसी विशेष जलवायु घटना के प्रभाव की जांच करना भी दिलचस्प होगा। राष्ट्रीय नमूना सर्वेक्षण संगठन (एनएसएसओ) के घरेलू स्तर के डेटा का उपयोग करते हुए एक विश्लेषण से खपत पर प्रतिकूल प्रभाव के साक्ष्य का पता चलता है, जहाँ औसत घरेलू खपत में 16 प्रतिशत की गिरावट का अनुभव होता है (अग्रवाल, 2019)। भारत में चक्रवातों की बढ़ती घटनाएं हाल ही में महत्वपूर्ण चिंता का विषय हैं क्योंकि वे तटीय राज्यों में और उसके आसपास बुनियादी ढांचे, जीवन और संपत्ति को बड़े पैमाने पर नुकसान पहुंचा रहे हैं। हालांकि बेहतर आपदा प्रबंधन, पूर्व चेतावनी प्रणालियों और चक्रवात आश्रयों जैसे लचीले बुनियादी ढांचे के कारण पिछले [19] वर्षों में चक्रवातों से होने वाली जान माल की हानि में कमी आई है , लेकिन आर्थिक नुकसान अक्सर अपरिहार्य रहा है जैसा कि चक्रवात अम्फान के मामले में स्पष्ट था (बॉक्स) II.1)।

बॉक्स II.1

पश्चिम बंगाल और ओडिशा के तटीय जिलों पर चक्रवात अम्फान का आर्थिक प्रभाव

सुपर चक्रवाती तूफान अम्फान एक प्राकृतिक आपदा थी जो बंगाल की खाड़ी में उत्पन्न हुई और मई 2020 में भारत में पश्चिम बंगाल और ओडिशा के तटीय जिलों और निकटवर्ती बांग्लादेश को प्रभावित किया। चक्रवात अम्फान का पश्चिम बंगाल और ओडिशा के तटीय जिलों की तुलना उनके गैर-तटीय पड़ोसी जिलों पर पड़े आर्थिक प्रभाव से की जाती है। जबकि पश्चिम बंगाल और ओडिशा के तटीय जिलों का उपयोग चक्रवात के समाधान प्रभाव (आर्थिक प्रभाव) का अनुमान लगाने के लिए किया गया है, तो वहीं भारत के पूर्वी तट से 100 किलोमीटर के भीतर स्थित उनके निकटवर्ती गैर-तटीय जिलों का उपयोग तुलनात्मक उद्देश्य के लिए किया जाता है। आर्थिक गतिविधि पर चक्रवात के प्रभाव की जांच करने के लिए, बायर एवं अन्य (2022) के बाद, डिफरेंस-इन-डिफरेंस (डीआईडी) पैनल डेटा प्रतिगमन विधि का उपयोग किया जाता है। इसके अलावा, आर्थिक गतिविधि को पारिवारिक खपत, जिला स्तर पर जमा और ऋण, और महात्मा गांधी राष्ट्रीय ग्रामीण रोजगार गारंटी अधिनियम (मनरेगा) के तहत रोजगार की मांग जैसे उपायों की एक शृंखला द्वारा दर्शाया गया है।

अनुभवजन्य अनुमान के लिए, आरबीआई का जिला-स्तरीय ऋण और जमा डेटा ति 3: 2019-20 से ति4: 2020-21 के दौरान त्रैमासिक आवृत्ति पर उपलब्ध है, जनवरी-दिसंबर 2020 के दौरान घरेलू स्तर के व्यय और इसकी उप-श्रेणियों पर डाटा सेंटर फॉर मॉनिटरिंग इंडियन इकोनॉमी (सीएमआईई) द्वारा प्रबंधित कंज्यूमर पिरामिड्स हाउसहोल्ड सर्वेक्षण (सीपीएचएस) डेटाबेस के पास उपलब्ध है, और जनवरी-दिसंबर 2020 के दौरान मनरेगा के तहत काम करने वाले और काम की मांग करने वाले[20] परिवारों की संख्या पर मासिक डेटा ग्रामीण विकास मंत्रालय, भारत सरकार द्वारा मनरेगा सार्वजनिक डेटा पोर्टल बनाए रखा जाता है।

प्रभाव का अध्ययन करने के लिए निम्नलिखित समीकरण का अनुमान लगाया गया है:

$$\ln\ (y_{dt}) = constant + \beta_{DID}(Treated_d * Post_t) + \gamma\ Treated_d + \delta\ Post_t + \epsilon_{dt} \qquad ...(1)$$

जहां, $\ln (y_{dt})$ आश्रित चर के लॉग का प्रतिनिधित्व करता है, जहां d और t क्रमशः जिले और समय को दर्शाते हैं। उपरोक्त समीकरण भी $Treated_d$ और $Post_t$ वे चर के बजाय जिला स्तर और महीने/तिमाही स्तर के निश्चित प्रभावों के साथ चलाया जाता है, जबकि वेरिएबल ($Treated_d * Post_t$) को अपरिवर्तित रखा जाता है। प्रतिगमन विश्लेषण के परिणाम सारणी 1 में प्रस्तुत किए गए हैं।

परिणाम चक्रवात से प्रभावित जिलों में ऋण में वृद्धि का संकेत देते हैं, जिसका अर्थ है कि फर्मों और परिवारों को आपदा से संबंधित पुनर्वास/पुनर्स्थापना खर्चों को वित्तपोषित करने की आवश्यकता है। यह या तो

(जारी...)

[18] चक्रवात के प्रबंधन पर दिशानिर्देश (अप्रैल 2008) के अनुसार, ओडिशा में बीओबी 06 (1999) के दौरान 9893 लोग मारे गए और 15 मिलियन से अधिक लोग प्रभावित हुए, जबकि ओडिशा और पश्चिम बंगाल में चक्रवात अम्फान (2020) के दौरान, 129 लोगों ने अपनी जान गंवाई, और 4.9 मिलियन लोग विस्थापित हुए (आईएफआरसी 2021; डब्ल्यूएमओ 2021)।

[19] मनरेगा के तहत, जो भारत सरकार का एक मांग-संचालित मजदूरी रोजगार कार्यक्रम है, ग्रामीण क्षेत्र में रहने वाले प्रत्येक परिवार को एक वित्तीय वर्ष में कम से कम 100 दिनों का गारंटीकृत रोजगार प्रदान किया जाता है। इस कार्यक्रम में ग्रामीण परिवारों के उन सभी वयस्क सदस्यों को शामिल किया गया है जो अकुशल शारीरिक कार्य करना चाहते हैं।

सारणी 1: अंतर-में-अंतर प्रतिगमन परिणाम

D-I-D गुणांक	ऋण (₹ करोड़)	जमा (₹ करोड़)	कुल खपत (₹)	भोजन की खपत (₹)	मनरेगा रोजगार (व्यक्ति दिवस)
β पोस्ट और समाधान के साथ	0.037** (0.077)	0.004 (0.007)	0.012* (0.009)	-0.007 (0.006)	-0.346 (0.318)
β समय और जिला निश्चित प्रभाव के साथ	0.037** (0.018)	0.004 (0.440)	-0.006* (0.008)	-0.022*** (0.007)	-0.346*** (0.078)

नोट: ***, **, * क्रमशः 1 प्रतिशत, 5 प्रतिशत और 10 प्रतिशत स्तरों पर महत्व दर्शाते हैं।
कोष्ठक में दिए गए आंकड़े मजबूत मानक त्रुटियों को दर्शाते हैं।

उनकी अपनी बचत से या वित्तीय संस्थानों से उधार लेकर आ सकता है, लेकिन परिणाम बचत में कोई महत्वपूर्ण बदलाव नहीं दिखाते हैं। इसके अलावा, भोजन की खपत में उल्लेखनीय गिरावट देखी गई है, खासकर जब जिले और समय के निश्चित प्रभावों को ध्यान में रखा जाता है। यह चक्रवात से हुई क्षति के बाद पुनर्निर्माण की आवश्यकता के कारण हो सकता है, पुनर्निर्माण बैंक ऋण और/या सरकार की चक्रवात के बाद पुनर्वास योजनाओं के तहत प्राप्त धन पर निर्भर है। ग्रामीण रोजगार की बात करें तो मनरेगा के तहत रोजगार की मांग में गिरावट देखी गई है। यह गिरावट चक्रवात के बाद अस्थायी प्रवास के कारण हो सकती है, क्योंकि अम्फान ने लगभग 5 मिलियन लोगों को विस्थापित किया है।

संक्षेप में, नतीजे बताते हैं कि प्राकृतिक आपदाएं या अम्फान जैसी एकबारगी चरम मौसम की घटनाएं घटना के बाद जिला-स्तरीय ऋण उठाव में वृद्धि कर सकती हैं, जिसका उपयोग पुनर्निर्माण और पुनर्वास के लिए किया जा सकता है। इसलिए, ऐसी प्राकृतिक आपदाओं की बढ़ी हुई आवृत्ति उच्च जोखिम वाले क्षेत्रों में फर्मों और परिवारों दोनों के ऋण स्तर को बढ़ा सकती है।

संदर्भ:

Beyer, R., Narayanan, A. and Thakur, G. (2022). Natural Disasters and Economic Dynamics: Evidence from the Kerala Floods. Policy Research Working Paper No. 10084, World Bank.

II.38 इसके अलावा, जलवायु परिवर्तन के आर्थिक प्रभाव की समग्र समझ के लिए, औसत व्यापक आर्थिक प्रभाव से परे देखना और वितरण संबंधी परिणामों के विभिन्न आयामों को समझना भी अनिवार्य है। गतिविधि की प्रकृति के आधार पर विभिन्न क्षेत्रों पर प्रभाव अलग-अलग हो सकता है। सिंचित क्षेत्र समृद्ध हो सकते हैं और साथ ही, बढ़ते तापमान के प्रति कम संवेदनशील हो सकते हैं। कृषि आस्तियों की स्वामित्व संरचना, न केवल भूमि बल्कि मानव पूंजी भी, आस्तियों पर प्रतिलाभ को प्रभावित कर सकती है और इस प्रकार, जलवायु घटनाओं के प्रति परिवारों की प्रतिक्रिया को प्रभावित कर सकती है।

II.39 जलवायु परिवर्तन का एक अन्य आयाम भौगोलिक स्थानांतरण के माध्यम से जलवायु घटनाओं के प्रति व्यक्तियों की प्रतिक्रिया हो सकता है। अंतर-राज्य स्तर पर अखिल भारतीय जनगणना पर आधारित साक्ष्य से पता चलता है कि जलवायु संबंधी आघातों का राज्यों में द्विपक्षीय प्रवास पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है (डैलमैन और मिलॉक, 2017)। उदाहरण के लिए, मूल राज्य में सूखे की आवृत्ति और गंभीरता से पलायन बढ़ जाता है, विशेष रूप से कुल उत्पादन में कृषि की अपेक्षाकृत अधिक हिस्सेदारी वाले राज्यों के लिए। इसके अलावा, अंतर-राज्य प्रवास भी जलवायु घटना से प्रभावित राज्य के सापेक्ष कृषि आय और गंतव्य राज्य में कुल आय दोनों से प्रभावित होता है।

5. भारत का निवल शून्य की ओर संक्रमण [21]

II.40 आईपीसीसी ने माना है कि ग्लोबल वार्मिंग के कारण जिन चुनौतियों का सामना करना पड़ रहा है, वे मुख्य रूप से विकसित देशों के संचयी ऐतिहासिक और वर्तमान जीएचजी उत्सर्जन के कारण हैं। हालाँकि, संचयी प्रभाव को जलवायु

[20] विभिन्न परिदृश्य विश्लेषणों के आधार पर इस खंड में प्रस्तुत अनुमान और विकास-मुद्रास्फीति-उत्सर्जन ट्रेड-ऑफ प्रकृति में सांकेतिक और मान्यताओं के प्रति संवेदनशील हैं। संबंध अधिक जटिल और गैर-रैखिक हो सकता है।

परिवर्तन का नुकसान भुगतने वाले विकासशील देशों के साथ अन्यायपूर्ण माना गया है, भले ही वे इसकी चुनौतियों का जवाब देने की अपनी सीमित क्षमता के कारण बाधित हो सकते हैं (आईपीसीसी-कार्यकारी समूह III, [आईपीसीसी, 2022ए])। हालाँकि, ग्लोबल वार्मिंग के विनाशकारी परिणामों को देखते हुए, विकसित और विकासशील दोनों देशों द्वारा जीएचजी उत्सर्जन को कम करना अनिवार्य है। भारत सहित उभरते बाजार और विकासशील देशों को अतिरिक्त समझौते का सामना करना पड़ रहा है कि उन्हें अपने जलवायु संबंधी राष्ट्रीय स्तर पर निर्धारित लक्ष्यों को आगे बढ़ाते हुए अपने स्वयं के विकास और विकास संबंधी आकांक्षाओं को प्राथमिकता देना जारी रखना चाहिए। इस पृष्ठभूमि में, 2070 तक निवल शून्य तक भारत के रोडमैप पर इस खंड में परिदृश्य विकसित किए गए हैं, जो एक ओर वास्तविक जीडीपी वृद्धि के लिए अलग-अलग धारणाओं पर आधारित है, और दूसरी ओर सकल घरेलू उत्पाद की ऊर्जा तीव्रता शामिल नीति समझौताकारी तालमेल की प्रकृति को समझाने के लिए। कुल ऊर्जा मांग में हरित ऊर्जा की हिस्सेदारी में बदलाव के साथ-साथ परिवर्तन भी शामिल हैं।

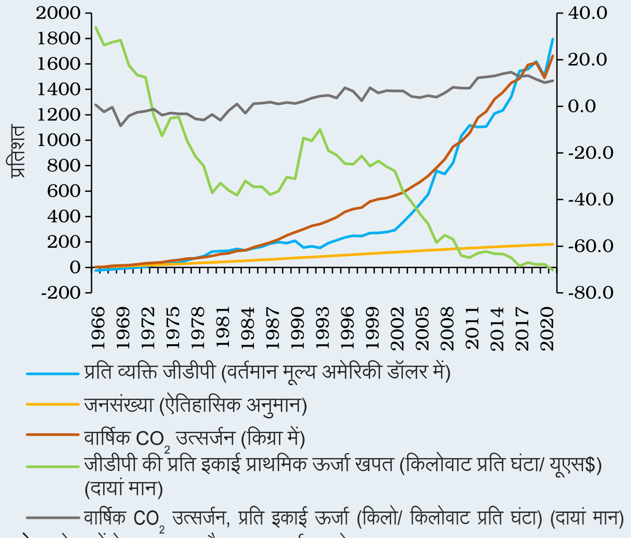
II.41 कुल मिलाकर, कार्बन उत्सर्जन जनसंख्या और प्रति व्यक्ति CO_2 उत्सर्जन का एक उत्पाद है। इसे 'काया आइडेंटिटी' [22] (काया, 1997) के बाद चार कारकों में विघटित किया जा सकता है। इनमें शामिल हैं (i) जनसंख्या; (ii) आय (प्रति व्यक्ति सकल घरेलू उत्पाद); (iii) जीडीपी की ऊर्जा तीव्रता और (iv) ऊर्जा की कार्बन तीव्रता; जिसमें (iii) और (iv) प्रौद्योगिकी द्वारा निर्धारित किए जाते हैं। [23] काया पहचान इस प्रकार व्यक्त की गई है:

$$Emissions = Population * GDP\ per\ capita * \underbrace{\frac{Energy\ consumption}{GDP}}_{\text{Energy Intensity of GDP}} * \underbrace{\frac{CO_2\ emission}{Energy\ consumption}}_{\text{Carbon Intensity of Energy}}$$

II.42 भारत में, अधिकांश अन्य देशों की तरह, सकल घरेलू उत्पाद में बड़े पैमाने पर वृद्धि उत्सर्जन का प्रमुख चालक साबित हुई - जनसंख्या में वृद्धि की तुलना में अधिक मजबूत

चार्ट II.17: काया (आईडेंटिटी) कारकों का मौजूदा पथ

[प्रारंभिक अवधि में संचयी प्रतिशत परिवर्तन (1965)]



स्रोत: लेखकों के अनुमान; और अवर वर्ल्ड इन डेटा।

चालक (चार्ट II.17)। प्रौद्योगिकी कारक के भीतर, भारत की अर्थव्यवस्था और तकनीकी दक्षता दोनों में संरचनात्मक परिवर्तन लाकर सकल घरेलू उत्पाद की अपनी ऊर्जा तीव्रता को लगातार कम करने में सक्षम था। 2000 के दशक की शुरुआत में ऊर्जा की तीव्रता में गिरावट की गति में तेजी आई। हाल के वर्षों में भी गिरावट जारी है। इसके विपरीत, ऊर्जा की उत्सर्जन तीव्रता में वृद्धि हुई है, खासकर पिछले दशक (2011 के बाद) में। यद्यपि सकल घरेलू उत्पाद की समग्र उत्सर्जन तीव्रता (जीडीपी की ऊर्जा तीव्रता और ऊर्जा की कार्बन तीव्रता का उत्पाद) में गिरावट आई है, भारत के एनडीसी के अनुरूप उत्सर्जन के घटते मार्ग को सुनिश्चित करने के लिए और सुधार की आवश्यकता है। चूंकि सकल घरेलू उत्पाद का अधिकतम व्यवहार्य विस्तार आवश्यक है, इसलिए प्रौद्योगिकी को भारत के निवल शून्य संक्रमण में महत्वपूर्ण भूमिका निभानी होगी। इसमें औद्योगिक क्षेत्र में अधिक कुशल ऊर्जा-मिश्रण और तकनीकी प्रगति का संयोजन शामिल होगा जिससे जीडीपी की उत्सर्जन तीव्रता कम होगी। अंतर-देशीय अध्ययनों पर आधारित अनुभवजन्य साक्ष्य मोटे तौर पर सुझाव देते हैं कि

[21] "काया पहचान" वैश्विक CO_2 उत्सर्जन को नियंत्रित करने वाले मुख्य कारकों का आकलन करने के लिए एक सरल गणितीय ढांचा है।

[22] (ii), (iii) और (iv) प्रति व्यक्ति उत्सर्जन के निर्धारक हैं।

कुल ऊर्जा खपत में नवीकरणीय ऊर्जा की हिस्सेदारी में वृद्धि जीएचजी उत्सर्जन को कम करने में महत्वपूर्ण प्रभाव डाल सकती है, बशर्ते कुल ऊर्जा खपत में नवीकरणीय ऊर्जा की हिस्सेदारी पर्याप्त रूप से अधिक हो (चेन एवं अन्य, 2022; हाओ, 2022)। भारतीय संदर्भ में, आईपीसीसी उत्सर्जन कारक डेटाबेस से प्राप्त ऊर्जा के विभिन्न स्रोतों के उत्सर्जन कारकों के आधार पर, यह अनुमान लगाया गया है कि ऊर्जा-मिश्रण में नवीकरणीय ऊर्जा की हिस्सेदारी में एक प्रतिशत की वृद्धि से CO_2 उत्सर्जन लगभग 0.63 प्रतिशत कम हो जाता है । यह एनडीसी लक्ष्य प्राप्त करने की दिशा में सकारात्मक योगदान देता है। उच्च विकास प्राप्त करने और जलवायु जोखिमों को कम करने के दोहरे उद्देश्यों को संतुलित करते हुए, 2070 तक निवल शून्य उत्सर्जन प्राप्त करने की व्यवहार्यता को मापने के लिए जीएचजी उत्सर्जन के भविष्य के मार्ग से संबंधित वैकल्पिक परिदृश्य विकसित किए गए हैं।

II.43 आधारभूत परिदृश्य मानता है कि भारतीय अर्थव्यवस्था अपनी पिछली प्रवृत्ति दर पर बढ़ती रहेगी, अर्थात, पिछले दशक (2011-12 से 2019-20) के दौरान अपने एनडीसी (सारणी II.4) के तहत प्रतिबद्धताओं को पूरा करने की दिशा में कोई कार्रवाई किए बिना वास्तविक सकल घरेलू उत्पाद की चक्रवृद्धि वार्षिक वृद्धि दर (सीएजीआर) 6.6 प्रति प्रतिशत प्राप्त करना। इसके अलावा, भारत के लिए संयुक्त राष्ट्र के जनसंख्या अनुमानों का उपयोग किया जाता है और यह भी माना जाता है कि सकल घरेलू उत्पाद की ऊर्जा तीव्रता, जिसे सकल घरेलू उत्पाद[24] की प्रति इकाई कुल प्राथमिक ऊर्जा खपत के रूप में परिभाषित किया गया है, सालाना 2.3 प्रतिशत की गिरावट जारी रहेगी (गिरावट की वार्षिक औसत दर जैसा कि 2011-12 से 2019-20 दौरान देखा गया था)। इसके अलावा, विभिन्न प्रकारों से कुल कार्बन पृथक्करण, जैसे कि जैविक, जो घास के मैदानों, जंगलों, मिट्टी और महासागरों में कार्बन के भंडारण को संदर्भित करता है; और तकनीकी, जैसे कि कार्बन कैप्चर, उपयोग और भंडारण (सीसीयूएस) बनाना, 2016 के 0.3 गीगाटन के स्तर पर बना रहेगा, इसमें कोई और वृद्धि नहीं होगी। इन आधारभूत धारणाओं के तहत, समय के साथ निवल उत्सर्जन में वृद्धि जारी रहेगी, जिससे निवल शून्य लक्ष्य से अंतर बढ़ जाएगा, जो अंतर को कम करने और लक्ष्य की ओर बढ़ने के लिए सक्रिय नीतिगत हस्तक्षेप की आवश्यकता को रेखांकित करता है (सारणी II.5)।

सारणी II.4: परिदृश्य धारणाएं

चर	बेसलाइन	वैकल्पिक परिदृश्य 1	वैकल्पिक परिदृश्य 2	वैकल्पिक परिदृश्य 3
वास्तविक जीडीपी वृद्धि	(2011-20 के दौरान प्राप्त) 6.6 प्रतिशत सीएजीआर	6.6 प्रतिशत	2023-24 से 2047-48 के दौरान 9.6 प्रतिशत और उसके बाद 5.8 प्रतिशत	2023-24 से 2047-48 के दौरान 9.6 प्रतिशत और उसके बाद 5.8 प्रतिशत
जीडीपी की ऊर्जा सघनता में गिरावट	(2011-20 के दौरान प्राप्त) 2.3 प्रतिशत सीएजीआर	धीरे-धीरे बढ़ा	2.3 प्रतिशत सीएजीआर	धीरे-धीरे बढ़ा
अर्थव्यवस्था में कार्बन अवशोषण क्षमता	0.3 गीगाटन (2016 में प्राप्त)	3.3 गीगाटन तक जुटाया गया	0.3 गीगाटन (2016 में प्राप्त)	3.3 गीगाटन तक जुटाया गया

टिप्पणियाँ: 1. ऊर्जा सघनता में गिरावट की आवश्यक दर वर्ष 2031-32 से 2040-41 के दौरान धीरे-धीरे बढ़कर 5.9 प्रतिशत हो जाती है और वैकल्पिक परिदृश्य 1 और 3 में वर्ष 2070 तक लगभग 5.3 प्रतिशत तक कम हो जाती है।
2. हरित ऊर्जा का दशकीय हिस्सा, वैकल्पिक परिदृश्य 1 (वैकल्पिक परिदृश्य 3) में 2021-22 में लगभग 5.5 प्रतिशत से बढ़कर 2030-31 में 9.1 हो जाता है और उसके बाद 2070-71 तक तेजी से बढ़कर लगभग 70 प्रतिशत (82 प्रतिशत) हो जाता है।
3. 'डेटा में अवर वर्ल्ड' से कुल उत्सर्जन और ऊर्जा-मिश्रण के लिए उपलब्ध आंकड़ों के आधार पर, हरित और गैर-हरित ऊर्जा स्रोतों के लिए उत्सर्जन कारक क्रमशः 0.0 गीगाटन प्रति टेरावाट घंटा और 0.00029 गीगाटन प्रति टेरावाट घंटा पर माने गए हैं।

II.44 पहला वैकल्पिक परिदृश्य (परिदृश्य 1) मानता है कि भारत एनडीसी के तहत अपने तात्कालिक उद्देश्यों - उत्सर्जन तीव्रता को कम करने और विद्युत ऊर्जा में नवीकरणीय स्रोतों की हिस्सेदारी का विस्तार करते हुए, 2030 तक 50 प्रतिशत, साथ ही 2070 तक निवल शून्य उत्सर्जन का दीर्घकालिक उद्देश्य के साथ-साथ अपनी पिछली प्रवृत्ति जीडीपी वृद्धि (6.6 प्रतिशत) को बनाए रखेगा। 2070 तक निवल शून्य प्राप्त करने के लिए,

[23] ऊर्जा तीव्रता की गणना कुल प्राथमिक ऊर्जा खपत और वास्तविक सकल घरेलू उत्पाद के अनुपात के रूप में की जाती है।

सारणी II.5: 2021-22 की तुलना में 2070 तक निवल शून्य की ओर ऊर्जा पारगमन और जीएचजी उत्सर्जन

परिदृश्य	2070 तक सकल जीएचजी उत्सर्जन स्तर (गीगाटन में)	उत्सर्जन में परिवर्तन की दर (प्रतिशत)		उत्सर्जन सघनता में कमी की दर (प्रतिशत)		ऊर्जा सघनता में कमी की दर (प्रतिशत)	
		संचयी	सीएजीआर	संचयी	सीएजीआर	संचयी	सीएजीआर
बेसलाइन	19.2	469.4	3.6	-73.0	-2.7	-67.6	-2.3
परिदृश्य 1	3.3	-1.0	-0.02	-95.7	-6.2	-91.9	-5.0
परिदृश्य 2	32.4	859.6	4.7	-75.2	-2.8	-67.6	-2.3
परिदृश्य 3	3.3	-1.5	-0.03	-97.5	-7.2	-92.1	-5.1

टिप्पणी: 2021-22 में भारत का सकल जीएचजी उत्सर्जन 3.4 गीगाटन था।
स्रोत: लेखकों के अनुमान।

ऊर्जा दक्षता के और भी उच्च स्तर की आवश्यकता होगी जिसे केवल दशकों से सकल घरेलू उत्पाद की ऊर्जा तीव्रता में तेज गिरावट के अलावा एक अधिक कुशल ऊर्जा-मिश्रण के माध्यम से प्राप्त किया जा सकता है। इसके लिए ऊर्जा तीव्रता में गिरावट की वार्षिक दर को इसके वर्तमान स्तर 2.3 प्रतिशत से धीरे-धीरे बढ़ाकर 2070 तक 5.0 प्रतिशत करने की आवश्यकता होगी। साथ ही, कुल ऊर्जा खपत में हरित ऊर्जा की हिस्सेदारी को 2021-22[26] में लगभग 5.5 प्रतिशत[25] से 2070 तक लगभग 70 प्रतिशत तक पहुंचाने की आवश्यकता होगी। इसके अलावा, यह परिदृश्य वन और वृक्ष आवरण के विस्तार के प्रयासों के साथ-साथ 2030 तक प्राकृतिक कार्बन सिंक क्षमता को लगभग 3 गीगाटन तक बढ़ाने के घोषित एनडीसी लक्ष्य के अनुरूप बना हुआ है। इस परिदृश्य के तहत निवल शून्य की उपलब्धि से सकल जीएचजी उत्सर्जन 2032-33 तक चरम पर पहुंच जाएगा और उसके बाद 2070 तक निवल शून्य जीएचजी उत्सर्जन में गिरावट आएगी। 2070 तक ऊर्जा खपत का स्तर बेसलाइन (बीएयू) परिदृश्य के तहत 7.2 गुना अधिक के मुकाबले 2021-22 के स्तर से 1.8 गुना अधिक होगा।

II.45 दूसरा वैकल्पिक परिदृश्य (परिदृश्य 2) मानता है कि भारत 2047 तक एई बनने के लिए उच्च विकास प्रक्षेपवक्र हासिल करेगा। 'उन्नत अर्थव्यवस्थाओं' (एई) के देश-समूह वर्गीकरण के लिए आईएमएफ द्वारा परिभाषित प्रति व्यक्ति आय सीमा, 2047-48 तक सकल घरेलू उत्पाद के आवश्यक स्तर का अनुमान लगाने के लिए 'उभरती बाजार अर्थव्यवस्थाएं' (ईएमई) और कम आय वाले विकासशील देश' (एलआईडीसी) का उपयोग किया गया है। इस वर्गीकरण के अनुसार, भारत वर्तमान में ईएमई के समूह (2022-23 में प्रति व्यक्ति सकल घरेलू उत्पाद 2,450 अमेरिकी डॉलर) से संबंधित है और एई बनने के लिए इसकी प्रति व्यक्ति सकल घरेलू उत्पाद को 2047-48 में 33,632 अमेरिकी डॉलर की अनुमानित सीमा [27] को पार करना होगा। इसका मतलब है कि 2023-24 से 2047-48 के बीच 9.6 प्रतिशत की आवश्यक वार्षिक वास्तविक जीडीपी वृद्धि

[24] आवर वर्ल्ड इन डेटा से उपलब्ध आंकड़ों के आधार पर, कुल प्राथमिक ऊर्जा खपत में हरित ऊर्जा का हिस्सा 2021-22 के लिए लगभग 9 प्रतिशत है, जो एनर्जी स्टैटिस्टिक्स इंडिया, 2023, भारत सरकार से प्राप्त लगभग 5.5 प्रतिशत की हिस्सेदारी से अलग है। यह अंतर जीवाश्म ईंधन की उत्पादन क्षमता के कारण ईंधन-समूह संरचना और समायोजन के कारण होने की संभावना है। हालांकि, परिदृश्य विश्लेषण से व्यापक निष्कर्ष हरित ऊर्जा हिस्सेदारी में इस अंतर के लिए मजबूत बने हुए हैं।

[25] यह हिस्सा 2011-12 से 2021-22 के दौरान अक्षय ऊर्जा उत्पादन में उल्लेखनीय वृद्धि से हासिल किया गया है, जब सीएजीआर 12.4 प्रतिशत था।

[26] आईएमएफ द्वारा वर्गीकृत एई के भीतर, स्लोवाक गणराज्य में 2022 में 20,565 अमेरिकी डॉलर की सबसे कम प्रति व्यक्ति आय है। तदनुसार, 20,500 अमेरिकी डॉलर का उपयोग व्यापक सन्निकटन के रूप में एई के लिए प्रति व्यक्ति आय की सीमा के रूप में किया जाता है। यह माना जाता है कि एई में वास्तविक जीडीपी 2047-48 तक 2 प्रतिशत (4 प्रतिशत की नाममात्र दर) की औसत वार्षिक दर से बढ़ेगी, जिसके कारण भारत के लिए प्रति व्यक्ति आय लक्ष्य हर साल बढ़ रहा होगा। यदि एई में औसत वार्षिक वृद्धि अधिक होती है, तो तदनुसार 2047-48 प्रति व्यक्ति आय लक्ष्य भारत के लिए अधिक होगा। भारत के लिए आवश्यक वार्षिक वास्तविक जीडीपी वृद्धि पर पहुंचने के लिए, यह माना जाता है कि एई की तुलना में 2 प्रतिशत का मुद्रास्फीति अंतर 2047-48 तक जारी रहेगा, और तदनुसार रुपये में हर साल 2 प्रतिशत की गिरावट आएगी और शेष 2 प्रतिशत मुद्रास्फीति लक्ष्य 4 प्रतिशत मुद्रास्फीति लक्ष्य को उत्पादकता अंतर द्वारा समझाया जाएगा (द इकोनॉमिक टाइम्स, द इकोनॉमिक टाइम्स, 2018)। 2011-12 से 2019-20 तक की पूर्व-कोविड अवधि को दशकीय औसत विकास दर की गणना के लिए माना गया था।

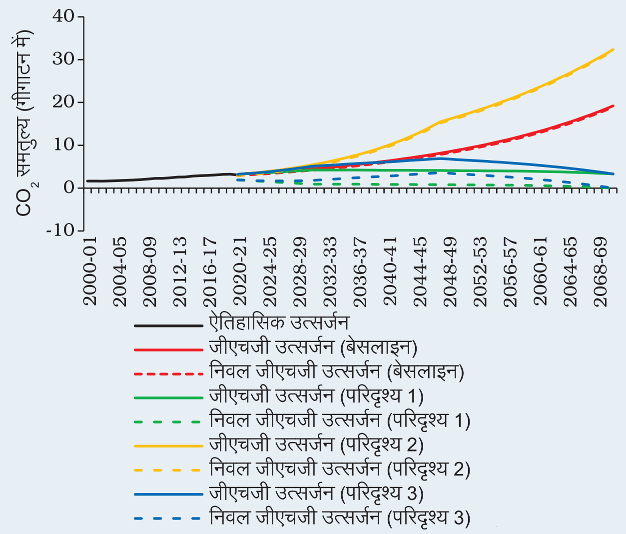
होगी। हालाँकि, जलवायु लक्ष्यों के संबंध में, बीएयू धारणा को आधार रेखा के अनुसार बनाए रखा गया है। पर्यावरणीय प्रतिबद्धताओं के बिना उच्च विकास, ऊर्जा आवश्यकता और उत्सर्जन के और भी ऊंचे प्रक्षेप पथ में तबदील हो जाएगा, जिससे 2070 तक निवल शून्य लक्ष्य से विचलन हो जाएगा। इस परिदृश्य के तहत, कुल प्राथमिक ऊर्जा आवश्यकता और निवल जीएचजी उत्सर्जन 2021-22 में उनके स्तरों की तुलना में क्रमशः 12.5 गुना और 10.5 गुना होने का अनुमान है।

II.46 तीसरा वैकल्पिक परिदृश्य (परिदृश्य 3) 2047 तक एई बनने और 2070 तक निवल शून्य लक्ष्य प्राप्त करने के दोहरे उद्देश्यों को समायोजित करता है। इसके वर्तमान एनडीसी के तहत बताए गए लक्ष्यों की तुलना में इसके लिए ऊर्जा की तीव्रता और ऊर्जा-मिश्रण दोनों में और भी अधिक आक्रामक प्रयास की आवश्यकता है। इस परिदृश्य के तहत, ऊर्जा तीव्रता में गिरावट की वार्षिक दर को 5.4 प्रतिशत तक बढ़ाना होगा और कुल ऊर्जा खपत में हरित ऊर्जा की हिस्सेदारी को 2070 तक लगभग 82 प्रतिशत तक बढ़ाना होगा (चार्ट II.18)। 2070 तक ऊर्जा खपत का निहित स्तर 2021-22 के स्तर की तुलना में 3.1 गुना अधिक होगा।

II.47 मौसम कार्रवाई ट्रैकर (सीएटी) के अनुसार, एक स्वतंत्र वैज्ञानिक परियोजना जो विभिन्न देशों में सरकारी जलवायु कार्य योजनाओं पर नज़र रखती है, भारत के [28] अद्यतन एनडीसी, जिसमें 2030 तक अपने सकल घरेलू उत्पाद की उत्सर्जन तीव्रता को 45 प्रतिशत तक कम करना शामिल है; 2030 तक गैर-जीवाश्म ईंधन-आधारित ऊर्जा संसाधनों से 50 प्रतिशत संचयी विद्युत ऊर्जा स्थापित क्षमता प्राप्त करना; और 2030 तक अतिरिक्त वन और वृक्ष आवरण के माध्यम से 2.5 से 3 बिलियन टन CO_2 के बराबर अतिरिक्त कार्बन सिंक बनाना, ग्लोबल वार्मिंग को 1.5 डिग्री सेल्सियस तक सीमित करने के लिए आवश्यक कटौती के स्तर को पूरा करने के लिए पर्याप्त नहीं होगा। इसके अद्यतन एनडीसी के साथ, भारत की उचित शेयर रेटिंग फिर भी "अत्यधिक अपर्याप्त" से सुधरकर "अपर्याप्त" हो गई (सीएटी, 15 नवंबर, 2022) [चार्ट II.19]।

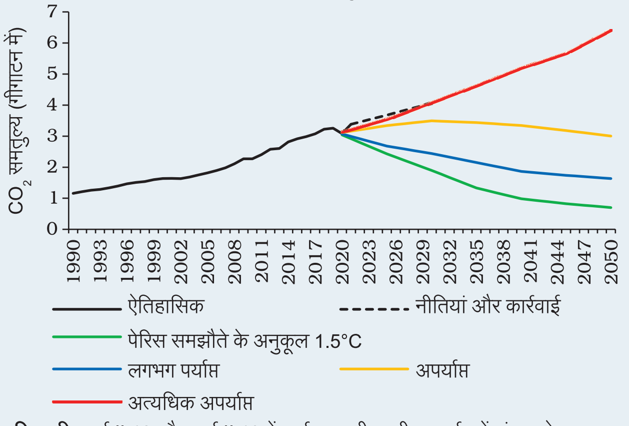
II.48 एक वैकल्पिक दृष्टिकोण यह भी है कि जलवायु परिवर्तन से निपटने का प्रभावी तरीका विकास का त्याग करना नहीं है, बल्कि राष्ट्रों को बढ़ने देना है ताकि उनके पास इससे बचने और

चार्ट II.18: अनुमानित जीएचजी उत्सर्जन – परिदृश्य



स्रोत: लेखकों के अनुमान: ऊर्जा सांख्यिकी भारत 2023, एमओएसपीआई; और अवर वर्ल्ड इन डेटा।

चार्ट II.19: क्लाइमेट एक्शन ट्रैकर के अनुसार भारत के लिए जीएचजी उत्सर्जन हेतु निर्मित रास्ते



टिप्पणी: चार्ट II.18 और चार्ट II.19 में दर्शाए गए जीएचजी उत्सर्जन में अंतर को मुख्य रूप से जीडीपी वृद्धि की धारणा में अंतर के लिए जिम्मेदार ठहराया जा सकता है। सीएटी ने 2022-2027 के लिए आईएमएफ जीडीपी वृद्धि अनुमान और 1990-2021 के लिए विश्व बैंक जीडीपी डेटा के आधार पर शेष दशक के रुझान अनुमानों का उपयोग करते हुए वर्ष 2030 जीडीपी का अनुमान लगाया है।
स्रोत: सीएटी।

[27] कैट 39 देशों के जलवायु परिवर्तन शमन लक्ष्यों, नीतियों और कार्यों का मूल्यांकन और मूल्यांकन करता है। यह दीर्घकालिक तापमान वृद्धि को 1.5 डिग्री सेल्सियस तक सीमित करने के पेरिस समझौते को पूरा करने के लिए देशों द्वारा आवश्यक उत्सर्जन को मॉडल करता है।

हरित प्रौद्योगिकी की ओर स्थानांतरित होने के लिए अधिक संसाधन हों (शेलिंग, 1992)। आर्थिक सर्वेक्षण 2023 में, भारत सरकार ने यह भी माना कि निरंतर विकास जलवायु परिवर्तन के विरुद्ध सबसे अच्छा बचाव हो सकता है क्योंकि बाह्य निधीयन प्राप्त करना मुश्किल हो सकता है। हालाँकि, ऐसी विकास रणनीतियाँ मध्यम से दीर्घावधि में पर्यावरणीय उद्देश्यों के साथ संघर्ष कर सकती हैं। इसलिए, एक अधिक संतुलित दृष्टिकोण की आवश्यकता है, जिसमें पर्यावरणीय प्रतिबद्धताओं से समझौता किए बिना विकास को अधिकतम करने के लिए समझौताकारी तालमेल किया जाए (बॉक्स II.2)।

बॉक्स II.2
आर्थिक विकास, ऊर्जा खपत और उत्सर्जन: समझौताकारी तालमेल

वृद्धि और जीएचजी उत्सर्जन संबंधी समझौताकारी तालमेल पर बहस को देखते हुए, ऊर्जा उपयोग के विभिन्न स्तरों और उनके अनुरूप जीएचजी उत्सर्जन के तहत भारतीय संदर्भ के लिए प्रति व्यक्ति वास्तविक जीडीपी परिदृश्यों का अनुकरण करने के लिए एक सरल पर्यावरणीय सोलो-प्रकार का वृद्धि मॉडल यहां प्रस्तुत किया गया है (सोलो, 1999; ज़ेपापैडेस, 2005)। उच्चतर प्रति व्यक्ति सकल घरेलू उत्पाद के लिए सामान्यतः अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होनी चाहिए। लेकिन, इस ढांचे का उपयोग करके यह पहचाना और दिखाया गया है कि प्रौद्योगिकी और ऊर्जा-मिश्रण में उपयुक्त परिवर्तन से कम लागत वाले तरीके से दोहरे उद्देश्य को प्राप्त कर सकते हैं। एक मानक उत्पादन फंक्शन पर निम्न रूप से विचार किया जाता है:

$$Y = F(K, AL, BE) = K^{a_1}(AL)^{a_2}(BE)^{a_3} \quad ...(1)$$

जहां, *K* पूंजी है, *L* श्रम का प्रतिनिधित्व करता है, *E* ऊर्जा इनपुट है, *B* ऊर्जा संवर्द्धन तकनीक है और *A* श्रम बढ़ाने वाली तकनीक है। कुल ऊर्जा इनपुट में ब्राउन एनर्जी (Ec) और हरित ऊर्जा (Eg), दोनों शामिल हैं। पूंजी, श्रम और ऊर्जा का उत्पादन लोच क्रमशः a_1, a_2 और a_3 हैं। इस व्यवस्था में, उत्पादन के कारकों के अलावा, प्रौद्योगिकी द्वारा निर्धारित उनके उपयोग में दक्षता, वृद्धि में भी योगदान देती है। ऐसे सुधार ऊर्जा संवर्धन प्रौद्योगिकी विकास $\left(\frac{\dot{B}}{B} = b\right)$ और श्रम संवर्धन प्रौद्योगिकी विकास $\left(\frac{\dot{A}}{A} = g\right)$ में परिलक्षित होते हैं (ज़ेपापैडीज़, 2005)। उत्पादन फंक्शन पैमाने पर निरंतर रिटर्न के सभी मानक गुणों का अनुसरण करता है। प्रति प्रति व्यक्ति पूंजी (K) गतिकी को इस प्रकार दर्शाया गया है:

$$\dot{k} = s * y - (n + \delta) * k \quad ...(2)$$

जहां, s बचत दर है, y प्रति व्यक्ति उत्पादन है, n $\left(\frac{\dot{L}}{L}\right)$ जनसंख्या वृद्धि है, और δ मूल्यह्रास की दर है।

इस ढांचे का उपयोग करके, किसी दिए गए E के लिए स्थिर-स्थिति को हल किया जाता है और फिर भारतीय संदर्भ के लिए ऊर्जा इनपुट (E) और ऊर्जा-मिश्रण के विभिन्न स्तरों के तहत विभिन्न परिदृश्यों का अनुकरण किया जाता है। आधारभूत पैरामीटर विशिष्टताओं (सारणी 1)

सारणी 1 : मॉडल के लिए मापदंड विनिर्देश

मापदंड	प्रेक्षित मान	स्रोत
पूंजीगत आय की हिस्सेदारी (a_1)	0.67	KLEMS
श्रम आय की हिस्सेदारी (a_2)	0.3	KLEMS
ऊर्जा लागत की हिस्सेदारी (a_3)	0.03	KLEMS
तकनीकी विकास के साथ श्रम समायोजन (g)	7.1%	KLEMS
जनसंख्या वृद्धि (n)	1.01%	विश्व बैंक
अवमूल्यन दर (δ)	0.1	बनर्जी और बसु (2019)
बचत दर (s)	0.31	एनएसओ
तकनीकी विकास के साथ ऊर्जा समायोजन (b)	2.6%	विश्व बैंक डेटा का उपयोग कर अनुमानित

नोट: 2011-12 से 2017-18 की अवधि के लिए विनिर्माण क्षेत्र के लिए केएलईएमएस डेटा से प्राप्त श्रम आय हिस्सेदारी, ऊर्जा लागत हिस्सेदारी और श्रम उत्पादकता का उपयोग किया जाता है। पूंजीगत आय अंश को रेसिडुयल्स के रूप में प्राप्त किया जाता है। बचत दर 2011-12 से 2020-21 तक का औसत है। ऊर्जा संवर्धन प्रौद्योगिकी वृद्धि 2011-12 से 2019-20 के दौरान सकल घरेलू उत्पाद की ऊर्जा तीव्रता के व्युत्क्रम में देखी गई वृद्धि को दर्शाती है।

को देखते हुए, अर्थव्यवस्था की विकास दर 6.6 प्रतिशत अनुमानित है। हालाँकि, यह विकास दर भारत को 2047 तक एई के प्रति व्यक्ति आय स्तर को प्राप्त करने में सक्षम नहीं बनाती है।

इसलिए एक ऐसे वैकल्पिक परिदृश्य पर विचार किया जाता है, जिसमें भारत को 2047 तक एई बनने के उद्देश्य को पूरा किया जा सके। ऐसा परिदृश्य जहां श्रम संवर्धन और ऊर्जा संवर्धन प्रौद्योगिकी की वृद्धि दर क्रमशः 10 प्रतिशत और 6 प्रतिशत है, ऊर्जा की उत्पादन लोच 0.06 है और श्रम आय का हिस्सा 0.64 है (जो एई के समान है)[30] जिसके परिणामस्वरूप विकास दर 9.4 प्रतिशत होती है, जो 2047 तक भारत के एई बनने के लक्ष्य को पूरा करता है (चार्ट 1)। इस परिदृश्य में, ऊर्जा का उपयोग वर्तमान स्तर का 1.9 गुना हो जाता है।

ऊर्जा-मिश्रण के विभिन्न संयोजनों के तहत जीएचजी उत्सर्जन पर वृद्धि के प्रभाव को समझने के लिए, मॉडल आगे उत्सर्जन पथों की रूपरेखा का पता लगाता है (चार्ट 2)। [31]

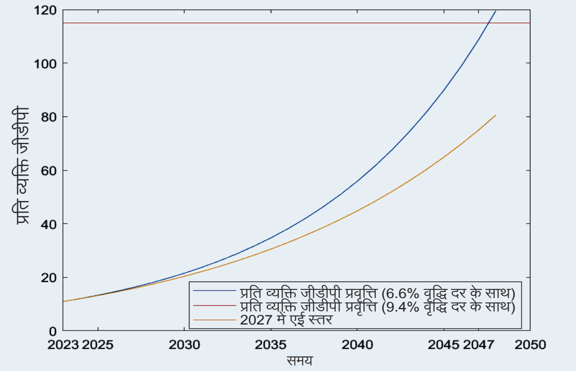
(जारी...)

[28] किसी भी चर के शीर्ष पर बिंदु समय के संबंध में व्युत्पन्न को दर्शाता है।

[29] स्रोत: पेन वर्ल्ड टेबल से उपलब्ध आंकड़ों के आधार पर अमेरिका, ब्रिटेन, स्वीडन, नीदरलैंड, जर्मनी, स्विट्जरलैंड, कनाडा का औसत।

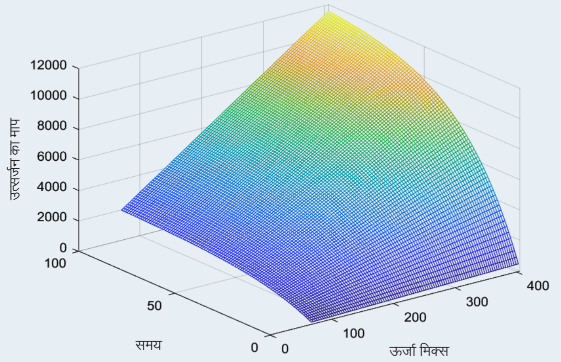
[30] प्रदूषण की गतिशीलता को इस प्रकार माना जाता है, *: = जी (ईसी, जैसे) - एम * पी*। उत्सर्जन/प्रदूषण गतिशीलता के लिए अपेक्षित पैरामीटरों का अनुमान प्रति व्यक्ति CO_2 उत्सर्जन और पावर सिस्टम प्रचालन निगम लिमिटेड पर विश्व बैंक के आंकड़ों का उपयोग करके लगाया जाता है। उत्सर्जन/प्रदूषण गतिशीलता के पैरामीटरों का अनुमान उपलब्ध आंकड़ों से लगाया गया है।

चार्ट 1: प्रति व्यक्ति जीडीपी प्रवृत्ति



स्रोत: लेखकों के अनुमान

चार्ट 2: उत्सर्जन गति



स्रोत: लेखकों के अनुमान

हरित ऊर्जा की हिस्सेदारी बढ़ाने से विकास लक्ष्य से समझौता किए बिना उत्सर्जन कम करने के दोनों उद्देश्यों को हासिल करना संभव होगा। इस संदर्भ में, यह ध्यान देने योग्य है कि एनडीसी की प्रतिबद्धता यह कहती है कि 2030 तक 50 प्रतिशत विद्युत ऊर्जा नवीकरणीय ऊर्जा से आनी चाहिए। अनुमान बताते हैं कि 2047-48 तक भारत के लिए एई बनना संभव है। यदि कुल ऊर्जा उपयोग का 60 प्रतिशत हरित स्रोतों द्वारा प्राप्त किया जाता है, तो मौजूदा स्तर की तुलना में 1.65 गुना जीएचजी उत्सर्जन होता है। इससे भी आगे बढ़ते हुए, यदि अर्थव्यवस्था 85 प्रतिशत ऊर्जा हरित स्रोतों से प्राप्त करके ऊर्जा-मिश्रण में सुधार की दिशा में आगे बढ़ती रहती है, तो एई के प्रति व्यक्ति आय स्तर को प्राप्त करते हुए 2070 तक निवल शून्य तक पहुंचना भी संभव है। सारणी 2 में उत्सर्जन के दृष्टिकोण से मॉडल के परिणामों का सारांश प्रस्तुत किया गया है और इसकी तुलना इस खंड में पहले प्रस्तुत रैखिक मॉडल के परिणामों से किया गया है। विकास मॉडल से पता चलता है कि निवल शून्य उत्सर्जन लक्ष्य और एई बनने का दोहरा उद्देश्य रैखिक मॉडल की तुलना में कम ऊर्जा खपत के साथ संभव है। यह श्रम उत्पादकता और ऊर्जा दक्षता में अनुमानित सुधार से संभव हुआ है।

कुल मिलाकर, विश्लेषण से पता चलता है कि तकनीकी सुधार और संरचनात्मक परिवर्तनों के साथ समन्वित नीतिगत कार्रवाइयां भारत के लिए निवल शून्य उत्सर्जन के साथ एई बनने के अपने दोहरे लक्ष्यों को एक साथ पूरा करने के लिए आवश्यक हो सकती हैं।

सारणी 2 : उत्सर्जन संभाव्यता का सारांश

मुख्य-मुख्य परिणाम	2021-22		2029-30		2047-48		2070-71	
	रैखिक मॉडल	वृद्धि मॉडल	रैखिक मॉडल	वृद्धि मॉडल	रैखिक मॉडल	वृद्धि मॉडल	रैखिक मॉडल	वृद्धि मॉडल
कुल ऊर्जा खपत (टेरावाट/घंटा)	9070.1	9070.1	14689.6	11060.1	27238.6	17904.0	27699.6	19047.0
निवल उत्सर्जन (गीगाटन)	1.7	1.7	1.8	1.1	3.6	1.8	0.0	0.0

नोट: निवल उत्सर्जन एनडीसी के हिस्से के रूप में कुल उत्सर्जन कम अनुमानित कार्बन अवशोषण के रूप में प्राप्त होते हैं: 2021-22 में 1.5 गीगाटन; 2029-30 तक 3.1 गीगाटन और 2047-48 तक 3.3 गीगाटन जो उसके बाद जारी है। निवल उत्सर्जन भी ऊर्जा-मिश्रण द्वारा निर्धारित किया जाता है, जिसका मार्ग मॉडल में भिन्न हो सकता है।

संदर्भ:

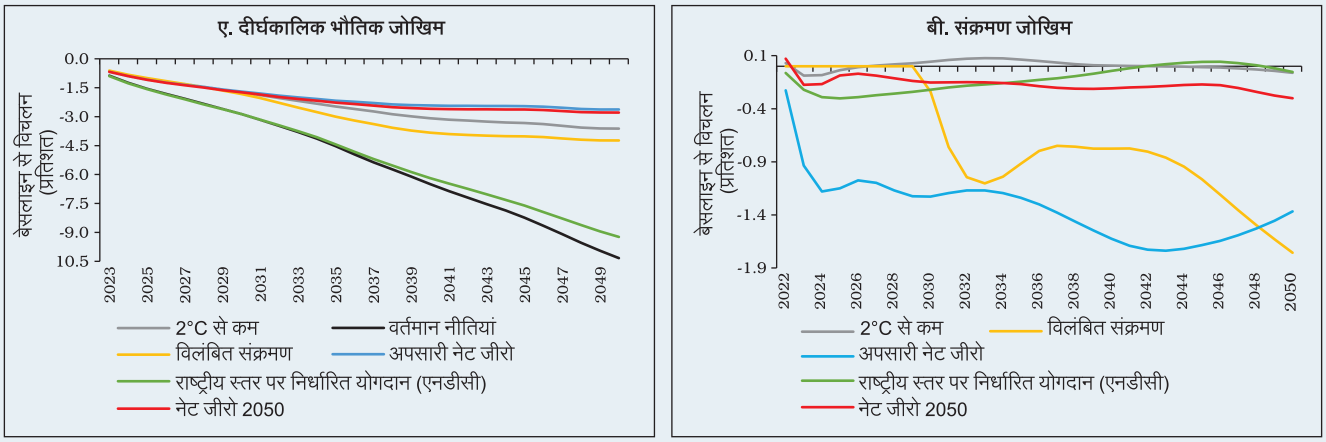
Banerjee, S. and Basu, P. (2019). Technology shocks and business cycles in India. Macroeconomic Dynamics, Vol. 23(5), 1721-1756.

Solow, R. M. (1999). Neoclassical Growth Theory. Handbook of Macroeconomics, 1, 637-667.

Xepapadeas, A. (2005). Economic Growth and the Environment. Handbook of Environmental Economics, 3, 1219-1271.

II.49 वित्तीय प्रणाली को हरित बनाने के लिए केंद्रीय बैंकों और पर्यवेक्षकों के नेटवर्क (एनजीएफएस) ने नीति तैयार करने के लिए मानक एकीकृत मूल्यांकन मॉडल (आईएएम) को एक वैश्विक व्यापक आर्थिक मॉडल के साथ जोड़ा है - जिसे राष्ट्रीय संस्थान वैश्विक अर्थमिति मॉडल (एनआईजीईएम) कहा जाता है- अल्पावधि पर नीतिगत अंतर्दृष्टि तैयार करने हेतु, जिसमें रूपरेखा जलवायु परिवर्तन से भौतिक और संक्रमणकालीन जोखिम दोनों पर विचार किया जाता है। एनआईजीईएम छह

चार्ट II.20: भारत की जीडीपी पर प्रभाव



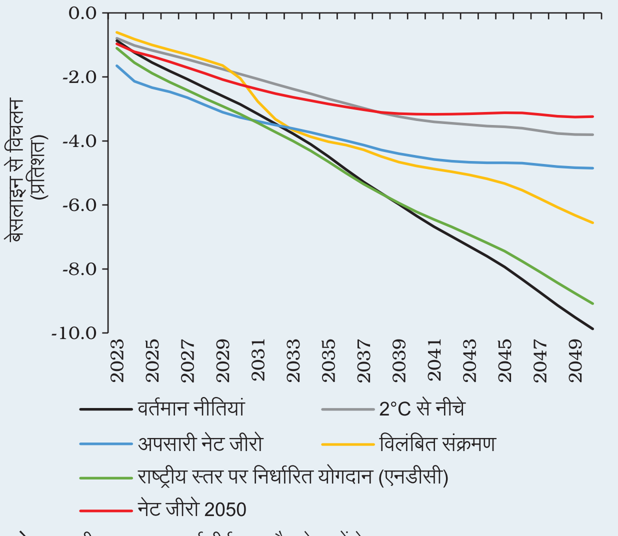
स्रोत: एनजीएफएस; एनआईजीईएम; और लेखकों के अनुमान।

मानक वैश्विक परिदृश्यों (अनुलग्नक II.1) के तहत समष्टि आर्थिक प्रभाव का विश्लेषण करता है।

II.50 वैश्विक एनजीएफएस परिदृश्यों को ध्यान में रखते हुए, भारत के लिए समग्र समष्टि आर्थिक निहितार्थ को एनआईजीईएम मॉडल के माध्यम से चित्रित किया गया है। उक्त मॉडल से पता चलता है कि वैश्विक स्तर पर जितने अधिक महत्वाकांक्षी शमन लक्ष्य होंगे, जलवायु परिवर्तन के कोई प्रभाव नहीं होने की आधार रेखा (सर्वोत्तम स्थिति) [चार्ट II.20ए] की तुलना में जीडीपी पर भौतिक जोखिमों का नकारात्मक प्रभाव उतना ही कम होगा। हालाँकि, जब संक्रमण जोखिमों पर विचार किया जाता है तो गतिशीलता भिन्न होती है (चार्ट II.20बी)। भिन्न निवल शून्य और विलंबित संक्रमण परिदृश्य प्रभाव प्राप्ति और संचरण में अस्थायी और क्षेत्रीय असंतुलन के कारण सकल घरेलू उत्पाद पर बड़ा नकारात्मक प्रभाव डालते हैं। अन्य परिदृश्य, अर्थात, '2 डिग्री सेल्सियस से नीचे', 'निवल शून्य 2050' और 'एनडीसी' में मोटे तौर पर समान गतिशीलता है और विकास के कम त्याग का कारण बनता है। इस प्रकार, इन परिदृश्यों में, उच्च भौतिक जोखिम सकल घरेलू उत्पाद में 2030 में आधारभूत स्तर से लगभग 1 से 3 प्रतिशत की गिरावट का कारण बन सकता है। हालाँकि, 2047 तक, जोखिम न्यूनीकरण की सीमा के आधार पर प्रभाव लगभग 3 से 9 प्रतिशत तक अधिक नकारात्मक हो सकता है।

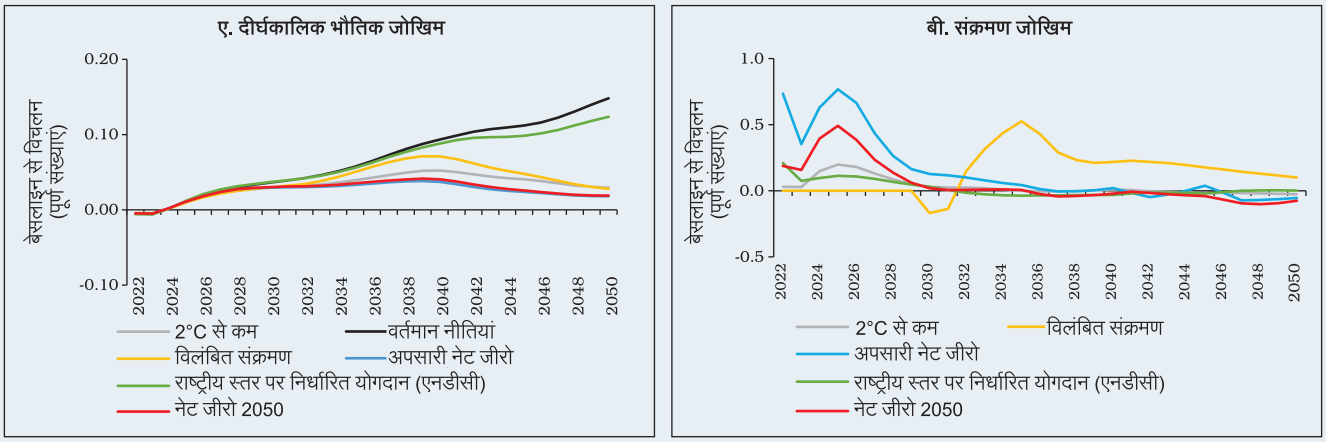
II.51 चूंकि अर्थव्यवस्था दोनों प्रकार के जोखिमों से प्रभावित होती है, इसलिए नीतिगत अंतर्दृष्टि के लिए संयुक्त प्रभाव की कल्पना करने की आवश्यकता है (चार्ट II.21)। 'वर्तमान नीतियों' और 'एनडीसी' के वैश्विक परिदृश्यों का उत्पादन पर सबसे अधिक नकारात्मक प्रभाव पड़ता है, जिसका मुख्य कारण भारत के मामले में भौतिक जोखिम प्रभाव का प्रभुत्व है। 'एनडीसी' का 'निवल शून्य 2050' और '2 डिग्री सेल्सियस से नीचे' की तुलना में अधिक नकारात्मक प्रभाव

चार्ट II.21: भारत की जीडीपी पर भौतिक और संक्रमण जोखिमों का संयुक्त प्रभाव



स्रोत: एनजीएफएस; एनआईजीईएम; और लेखकों के अनुमान।

चार्ट II.22: भारत की मुद्रास्फीति पर प्रभाव



स्रोत: एनजीएफएस: एनआईजीईएम; और लेखकों के अनुमान।

पड़ने का कारण यह है कि, जबकि एनडीसी व्यक्तिगत देशों पर बाधाओं के रूप में कार्य करते हैं, अन्य परिदृश्य वैश्विक स्तर पर तुलनात्मक रूप से अधिक प्रतिबंधात्मक हैं और इस प्रकार, समय के साथ देशों में कम शारीरिक जोखिम को शामिल करता है। संक्षेप में, जलवायु जोखिम शमन के प्रति वैश्विक प्रतिबद्धताएं और समन्वय महत्वपूर्ण है, जिसके बिना वैश्विक स्तर पर असंगत शमन प्रयासों और व्यक्तिगत एनडीसी की अपर्याप्तता की संभावना के कारण भारत सहित व्यक्तिगत अर्थव्यवस्थाएं काफी प्रभावित हो सकती हैं।

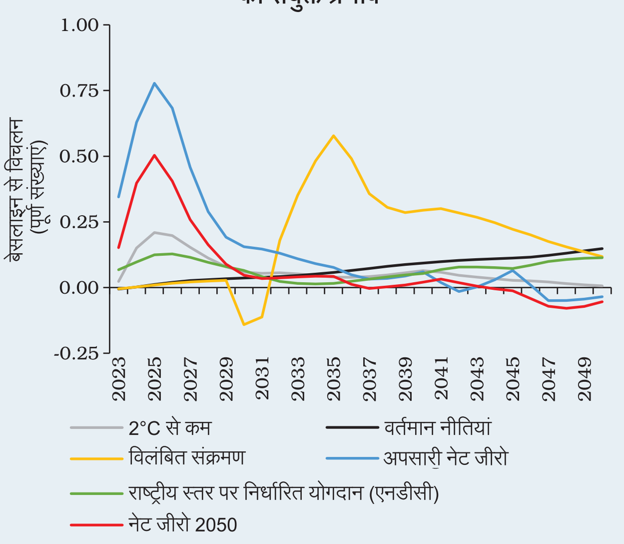
II.52 भौतिक और संक्रमण जोखिम भी व्यापक आर्थिक संबंधों के माध्यम से मुद्रास्फीति को प्रभावित करते हैं। भौतिक जोखिमों के मामले में, मुद्रास्फीति और इसकी अस्थिरता दोनों समय के साथ बढ़ती हैं, लेकिन वृद्धि की सीमा "वर्तमान नीतियों" और "एनडीसी" के परिदृश्यों के तहत अधिकतम होती है (चार्ट II.22 ए) [इन परिदृश्यों के तहत उच्च संवृद्धि को खोना भी शामिल है जिसकी पहले चर्चा की गई है]। चूंकि समय के साथ भौतिक जोखिम बढ़ने की उम्मीद है, जिससे कुल आपूर्ति प्रभावित होगी, जोखिम कम करने वाले पर्याप्त उपायों के अभाव में, कम महत्वाकांक्षी शमन लक्ष्यों के तहत मुद्रास्फीति पर प्रभाव अधिक होने का अनुमान है। हालाँकि, संक्रमण जोखिमों के मामले में, कार्बन टैक्स और अन्य शमन नीतियों के कारण प्रारंभिक वर्षों में मुद्रास्फीति बढ़ जाती है, जो शुरू में उत्पादन की लागत बढ़ाती है, लेकिन प्रभाव धीरे-धीरे आधार रेखा की ओर कम हो जाता है, यानी, विचलन शून्य हो जाता है (विलंबित संक्रमण परिदृश्य को छोड़कर) [चार्ट II.22बी]। यह संभवतः प्रौद्योगिकी की व्यापक उपलब्धता और अंगीकरण के कारण समय के साथ हरित परिवर्तन की कम होती लागत के साथ-साथ आर्थिक एजेंटों की अपेक्षाओं के देश के संक्रमण पथ के साथ उत्तरोत्तर संरेखित होने के कारण हो सकता है।

II.53 कुल मिलाकर, मुद्रास्फीति पर जलवायु जोखिमों का प्रभाव शुरू में भौतिक जोखिमों के प्रभाव से पहले हरित संक्रमण के प्रभाव का होता है (चार्ट II.23)। ऐसा इसलिए है क्योंकि जलवायु परिवर्तन के साथ भौतिक जोखिम बढ़ने की उम्मीद है, जबकि संक्रमण जोखिम उस समय से प्रभावी होंगे जब जोखिम कम करने वाली नीति लागू की जाएगी।

II.54 अमेरिका जैसे एई के साथ भारत जैसे ईएमई के लिए भौतिक जोखिमों और संक्रमण जोखिमों के प्रभाव के तुलनात्मक चित्रण से पता चलता है कि भौतिक जोखिमों के प्रति अधिक

[31] दूसरे शब्दों में, अक्षय ऊर्जा की सापेक्ष कीमत समय के साथ गिरती है जो कुल मुद्रास्फीति के लिए नीचे की ओर खींचने के रूप में कार्य करती है।

चार्ट II.23: भारत की मुद्रास्फीति पर भौतिक और संक्रमण जोखिमों का संयुक्त प्रभाव



स्रोत: एनजीएफएस; एनआईजीईएम; और लेखकों के अनुमान।

संवेदनशीलता के कारण भारत में जलवायु परिवर्तन का प्रतिकूल प्रभाव काफी अधिक है (बॉक्स II.3)।

II.55 अत:, भारत की एनडीसी प्रतिबद्धताओं में शामिल एनजीएफएस परिदृश्यों के संदर्भ में, कम कार्बन अर्थव्यवस्था की ओर संक्रमण का संवृद्धि और मुद्रास्फीति पर सीमित प्रभाव पड़ता है। इसलिए, अल्पावधि में, 'एनडीसी परिदृश्य' पर टिके रहने से भारत की मुद्रास्फीति पर न्यूनतम प्रभाव पड़ता है, देर से प्रतिक्रिया मध्यम अवधि में मुद्रास्फीति को बढ़ा सकती है। सकल घरेलू उत्पाद पर प्रभाव के संदर्भ में, हालांकि एनडीसी प्रतिबद्धताएं भौतिक जोखिम के प्रति उच्च संवेदनशीलता के कारण भारत के लिए अधिक नकारात्मक प्रभाव लेकर आती हैं, जलवायु जोखिम शमन की दिशा में विश्व स्तर पर ठोस प्रयास समय के साथ हरित परिवर्तन को सुचारु बनाने में काफी मदद करेंगे।

II.56 कुल मिलाकर, भविष्य में भारत का कार्बन उत्सर्जन प्रक्षेप पथ कैसे विकसित हो सकता है, यह जीडीपी वृद्धि और नीतिगत कार्रवाइयों (एनडीसी के अनुरूप या अन्यथा) और अल्पावधि बनाम मध्यम से दीर्घावधि के बीच तालमेल पर निर्भर करेगा। सबसे पहले, बेसलाइन के अनुसार, 6.6 प्रतिशत की जीडीपी संवृद्धि और कोई नीतिगत कार्रवाई नहीं होने की स्थिति में जीएचजी उत्सर्जन स्तर 2021-22 में 3.4 गीगाटन से बढ़कर 2030-31 में 4.5 गीगाटन और 2047-48 तक 8.2 गीगाटन हो

बॉक्स II.3
सकल घरेलू उत्पाद पर जलवायु परिवर्तन का प्रभाव - एक तुलनात्मक मूल्यांकन

एनजीएफएस दुनिया भर के देशों के लिए अलग-अलग लक्ष्य निर्धारित करता है। चूंकि एई के लिए विशेष रूप से सख्त प्रतिबंध हैं, अल्पावधि में उनके लिए संक्रमण जोखिम प्रभाव अधिक हो सकता है। दूसरी ओर, चूंकि भारतीय अर्थव्यवस्था जलवायु परिवर्तन से होने वाले भौतिक जोखिमों के प्रति अधिक संवेदनशील है (जैसा कि खंड 2 में विस्तार से बताया गया है) इसका प्रभाव भारत पर अधिक हो सकता है।

भौतिक जोखिमों के प्रति उच्च संवेदनशीलता के कारण, जैसा कि भारत की उच्च भेद्यता रैंकिंग में परिलक्षित होता है और जिस पर पहले चर्चा की गई है, भारतीय अर्थव्यवस्था एक नरम जोखिम शमन योजना अर्थात, "वर्तमान नीतियों" और "एनडीसी" के परिदृश्यों के तहत, दीर्घकालिक रूप से अत्यधिक प्रभावित होगी। इसके अतिरिक्त, इन दो परिदृश्यों को छोड़कर, भारत पर प्रभाव वैश्विक औसत से बहुत अलग नहीं होगा (सारणी 1)। इसके अलावा, भारत ऊर्जा समूह की संरचना के मामले में अधिकांश एई से अलग है। भारत के मामले में जीवाश्म ईंधन के तहत कोयले का प्रभुत्व है, जिससे आंशिक रूप से इस अंतर के प्रभाव को समझा सकता है। उदाहरण के लिए, अमेरिका के मामले में, ऊर्जा-मिश्रण और बिजली उत्पादन संरचना भारत से काफी भिन्न है, जहां नवीकरणीय और गैर-कोयला आधारित स्रोतों का अपेक्षाकृत अधिक उपयोग होता है।

सारणी 1: जीडीपी पर प्रभाव

परिदृश्य (प्रतिशत में आधार रेखा से विपथन)	जीडीपी पर प्रभाव (यूएसए)	जीडीपी पर प्रभाव (विश्व)	जीडीपी पर प्रभाव (भारत)
2030 में 2°C से नीचे	-1.93	-1.67	-1.91
2050 में 2°C से नीचे	-2.29	-3.02	-3.80
2030 में एनडीसी	-2.59	-2.14	-3.16
2050 में एनडीसी	-5.56	-5.74	-9.08
2030 में वर्तमान नीतियाँ	-1.55	-1.63	-2.86
2050 में वर्तमान नीतियाँ	-5.09	-6.05	-9.87

स्रोत: एनजीएफ़एस, एनआईजीईएम

संदर्भ:

एनजीएफएस। (2022ए)। केंद्रीय बैंकों और पर्यवेक्षकों के लिए एनजीएफएस परिदृश्य।

जाएगा। दूसरा, एनडीसी प्रतिबद्धताओं के अनुसार कार्रवाई का वर्तमान स्तर, 2070 तक निवल शून्य हासिल करने के लिए फिर भी अपर्याप्त होगा। 2070 तक निवल शून्य हासिल करने के लिए एनडीसी प्रतिबद्धताओं के अलावा अन्य त्वरित कार्रवाई की आवश्यकता है जैसे (i) ऊर्जा तीव्रता में 2030-31 तक उत्तरोत्तर 2.8 प्रतिशत की और उसके बाद लगभग 5.5 प्रतिशत सालाना कमी लाना (ii) प्राथमिक ऊर्जा खपत में हरित ऊर्जा की हिस्सेदारी 2030-31 तक 9 प्रतिशत, 2047-48 तक 27 प्रतिशत और 2070 तक 70 प्रतिशत तक बढ़ाना। इसके परिणामस्वरूप जीएचजी उत्सर्जन में धीमी गति से वृद्धि होगी, जो 2021-22 में 3.4 गीगाटन के वर्तमान स्तर से बढ़कर 2030-31 में 4.2 गीगाटन हो जाएगा और 2047-48 तक मामूली गिरावट के साथ 4.1 गीगाटन हो जाएगा।

II.57 दूसरा, 2047 तक एई बनने का उद्देश्य 9.6 प्रतिशत की उच्च वार्षिक सकल घरेलू उत्पाद वृद्धि की मांग करता है, जो निवल शून्य लक्ष्य प्राप्त करने के लिए अतिरिक्त चुनौतियां पैदा करेगा। 9.6 प्रतिशत की सकल घरेलू उत्पाद की वृद्धि और उपरोक्त के अनुसार कोई नीतिगत कार्रवाई नहीं होने पर, जीएचजी उत्सर्जन स्तर 2021-22 में 3.4 गीगाटन से बढ़कर 2030-31 में 5.5 गीगाटन और 2047-48 तक 15.5 गीगाटन और 2070-71 तक 32.4 गीगाटन हो सकता है। इस परिदृश्य में, 2070 तक निवल शून्य हासिल करने के लिए 6.6 प्रतिशत की संवृद्धि दर के तहत जितनी आवश्यकता थी, उससे भी अधिक त्वरित कार्रवाई की आवश्यकता है। एनडीसी प्रतिबद्धताओं के अलावा, इसके लिए (i) 2031-32 से प्रति वर्ष 5.6 प्रतिशत की दर से ऊर्जा तीव्रता में तेज गिरावट की आवश्यकता होगी (ii) प्राथमिक ऊर्जा खपत में हरित ऊर्जा की हिस्सेदारी 2021-22 के लगभग 5.5 प्रतिशत से 2030-31 तक 9.1 प्रतिशत, 2047-48 तक 28.7 प्रतिशत और 2070-71 तक लगभग 82 प्रतिशत तक बढ़ाना।

II.58 वैश्विक एनआईजीईएम-एनजीएफएस मॉडल का उपयोग करके भौतिक और संक्रमण जोखिमों के आकलन से पता चलता है कि मौजूदा नीतियों के तहत, भारत की जीडीपी 2030 में बेसलाइन से 2.9 प्रतिशत कम और 2047 तक 8.7 प्रतिशत कम हो सकती है। प्रत्येक देश द्वारा स्वयं के एनडीसी अनुपालन किए जाने की स्थिति में भारत की जीडीपी 2030 में बेसलाइन से 3.2 प्रतिशत और 2047 तक 8.1 प्रतिशत कम हो सकती है, जो बहुत अधिक लाभ नहीं दर्शाती है। हालाँकि, 2070 के बजाय 2050 तक निवल शून्य की रणनीति के परिणामस्वरूप आउटपुट में कम हानि हो सकती है - 2030 में बेसलाइन से 2.2 प्रतिशत और 2047 तक 3.2 प्रतिशत - जिसका अर्थ यह है कि यह वैश्विक स्तर पर एक बेहतर नीति विकल्प हो सकता है। वर्तमान नीतियों/एनडीसी के अनुसार, मुद्रास्फीति पर प्रभाव न्यूनतम होने की उम्मीद है, भले ही इसकी अस्थिरता बढ़ सकती है। कुल मिलाकर, विलंबित और नरम नीतिगत कार्रवाइयां मध्यम से दीर्घावधि में संवृद्धि और मुद्रास्फीति संभावना, दोनों पर प्रतिकूल प्रभाव डालती हैं।

6. क्षेत्रवार हरित संक्रमण चुनौतियाँ

II.59 जलवायु परिवर्तन का प्रभाव विभिन्न क्षेत्रों में भिन्न हो सकता है। इसके अलावा, चूंकि विभिन्न क्षेत्रों में डीकार्बोनाइजेशन के लिए अलग-अलग प्रौद्योगिकी मार्ग हैं, इसलिए एक समान दृष्टिकोण सर्वोत्तम रणनीति नहीं हो सकती है। नीतिगत कार्रवाइयों को विलंबित करते हुए निकट अवधि के प्रतिकूल आउटपुट प्रभाव को नियंत्रित करने और विलंबित नीतिगत कार्रवाइयों के कारण मध्यम अवधि में बड़े आउटपुट घाटे के बीच कठिन नीतिगत तालमेल स्थापन को ध्यान में रखते हुए, जलवायु जोखिम शमन के लिए एक क्षेत्र-विशिष्ट दृष्टिकोण तालमेल स्थापित करने की लागत को कम करने में मदद कर सकता है। व्यावहारिक दृष्टिकोण उन क्षेत्रों को लक्षित करना होगा i) जिनका उत्सर्जन के मौजूदा स्तर में अधिक योगदान है, और ii) जो, लागत के साथ-साथ सीमांत लाभ दोनों के संदर्भ में, शमन रणनीतियों को अपनाने के लिए तैयार हैं।

II.60 इस संदर्भ में, चार प्रमुख क्षेत्रों - बिजली, गतिशीलता, उद्योग और कृषि - की पहचान की गई है जो भारत में जीएचजी उत्सर्जन के बड़े हिस्से के लिए जिम्मेदार हैं। औद्योगिक क्षेत्र के भीतर, स्टील, सीमेंट और रासायनिक उद्योगों जैसे चुनिंदा कठिन क्षेत्रों में डीकार्बोनाइजेशन के नीतिगत विकल्पों और प्रभावों की विशेष रूप से जांच की गई है। इसका उद्देश्य वर्तमान उत्पादन संरचना और प्रौद्योगिकी के साथ-साथ उपभोग में

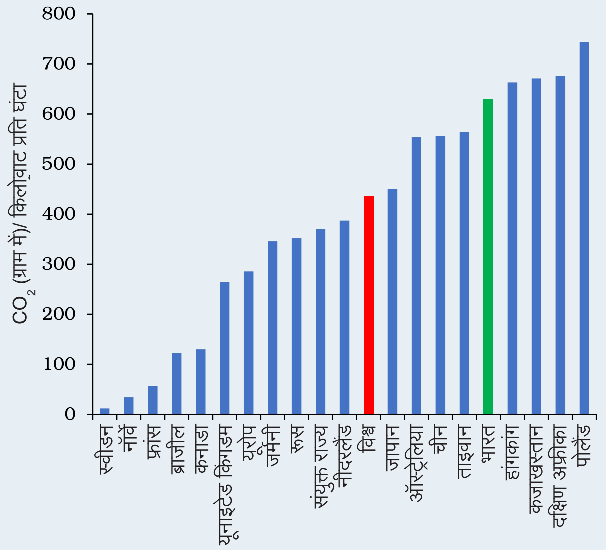
उभरते रुझानों का आकलन करना है ताकि व्यापक स्तर पर परिकल्पित संक्रमण पथ को कैसे साकार किया जा सके, इस पर अंतर्दृष्टि प्रदान की जा सके।

बिजली क्षेत्र

II.61 जलवायु परिवर्तन संबंधी चिंताओं को स्थायी आधार पर संबोधित करने के लिए, बिजली क्षेत्र में बदलाव महत्वपूर्ण होगा, क्योंकि भारत में लगभग 70 प्रतिशत बिजली थर्मल पावर प्लांटों से उत्पादित होती है। यह क्षेत्र प्रमुख अर्थव्यवस्थाओं में भारतीय बिजली ग्रिडों को अत्यधिक कार्बन-सघन बनाता है (चार्ट II.24)।

II.62 भारत ने 2030 तक कुल नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता 500 गीगावॉट हासिल करने और नवीकरणीय बिजली उत्पादन की हिस्सेदारी को 50 प्रतिशत तक बढ़ाने की महत्वाकांक्षी योजना शुरू की है। प्रमुख कारकों में से एक जो समग्र समष्टि-अर्थव्यवस्था की लागत में बड़ी वृद्धि के बिना इस संक्रमण को सुविधाजनक बनाने में मदद कर सकता है, वह प्रौद्योगिकी में प्रगति होगी, जिसके कारण हाल के वर्षों में नवीकरणीय ऊर्जा की कीमतों में उल्लेखनीय गिरावट आई है। वैश्विक स्तर पर 2009-19 के दौरान सौर और तटवर्ती पवन से बिजली की कीमत में क्रमशः 89 प्रतिशत और 70 प्रतिशत की गिरावट आई है

चार्ट II.24: विद्युत ग्रिड की CO_2 सघनता (2019)



स्रोत: अवर वर्ल्ड इन डेटा।

सारणी II.6: 2021-22 में भारत में बिजली प्रशुल्क (टैरिफ)

स्रोत	टैरिफ (₹/केडब्ल्यूएच)
पारंपरिक (एपीपीसी)*	3.85
नाभिकीय	3.42
एनएचपीसी लिमिटेड	3.36
सौर	1.99
पवन	2.44

*औसत बिजली खरीद लागत (एपीपीसी)।

टिप्पणी: सौर और पवन के लिए टैरिफ, सोलर एनर्जी कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया (एसईसीआई) द्वारा आयोजित विभिन्न नीलामियों में देखे गए सबसे निम्नतम टैरिफ हैं।

स्रोत: केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण (सीईए); एनएचपीसी; और एसईसीआई।

(यूएनडीपी, 2022)। भारत में भी सौर और पवन बिजली दरें कम हैं (सारणी II.6)।

II.63 विश्व स्तर पर, सबसे सस्ते 20 बिजली संयंत्रों में एक भी जीवाश्म ईंधन संयंत्र शामिल नहीं है (सारणी II.7)। इसके अलावा, एकीकरण लागत सहित सौर ऊर्जा और पवन से उत्पन्न बिजली की लेवलाइज़्ड लागत (एलसीओई) में 2030 तक क्रमशः लगभग 40-55 प्रतिशत और 20-25 प्रतिशत की गिरावट आने की उम्मीद है (बीपी, 2022)। इससे स्वच्छ ऊर्जा-मिश्रण की ओर संक्रमण को प्रेरणा मिल सकती है। दुनिया के सबसे बड़े सिंक्रोनस इंटर-कनेक्टेड ग्रिडों में से एक भारत के पास है जो एक विशाल भौगोलिक क्षेत्र में बिजली की मांग और आपूर्ति को संतुलित करने के लिए एक फ्रिक्वेंसी पर काम करता है, जिससे परिवर्तनशील नवीकरणीय ऊर्जा (वीआरई) स्रोतों को अपनाने का कार्य अपेक्षाकृत आसान हो जाता है। तथापि, सर्वोच्च मांग के समय जाम से बचने के लिए अंतर-राज्य ट्रांसमिशन सिस्टम (आईएसटीएस) में बड़े पैमाने पर निवेश की आवश्यकता है। भारत ने 2030 तक नवीकरणीय ऊर्जा प्राप्ति के लिए आईएसटीएस में ₹2.8 लाख करोड़ निवेश करने की योजना बनाई है (द इकोनॉमिक टाइम्स, 2022बी)।

गतिशीलता क्षेत्र

II.64 भारत के कुल CO_2 उत्सर्जन में लगभग 14 प्रतिशत की हिस्सेदारी के साथ गतिशीलता क्षेत्र भारत में उत्सर्जन का सबसे तेजी से बढ़ने वाला स्रोत है। इस क्षेत्र में ऊर्जा की खपत और CO_2 उत्सर्जन के विभिन्न आंकड़े इंगित करते हैं कि

सारणी II.7: संयंत्र स्तर पर बिजली की स्तरीय लागत (एलसीओई) की गणना

देश	संयंत्र श्रेणी	कुल पूंजीगत लागत (यूएस$/ मेगावाट-घंटा)	संचालन और रखरखाव लागत (यूएस$/मेगावाट-घंटा)	ईंधन लागत (यूएस$/ मेगावाट-घंटा)	एलसीओई (यूएस$/ मेगावाट-घंटा)
स्वीडन	नाभिकीय	5.9	12.9	9.3	28.2
डेनमार्क	पवन	22.9	6.3	0.0	29.2
स्विट्ज़रलैंड	नाभिकीय	7.4	12.9	9.3	29.6
फ्रांस	नाभिकीय	8.4	12.9	9.3	30.7
नॉर्वे	पवन	20.9	9.8	0.0	30.8
यूएसए	नाभिकीय	5.2	18.7	9.3	33.3
ब्राजील	पवन	27.6	6.0	0.0	33.6
फ्रांस	सौर	30.4	3.5	0.0	33.9
यूएसए	सौर	30.4	4.2	0.0	34.6
यूएसए	पवन	26.5	8.7	0.0	35.2
भारत	**सौर**	**31.9**	**3.7**	**0.0**	**35.6**
भारत	**पवन**	**32.2**	**3.7**	**0.0**	**35.9**

टिप्पणी: पवन और सौर ऊर्जा के लिए कोई ईंधन लागत नहीं है। नाभिकीय ऊर्जा के लिए ईंधन लागत सभी देशों में समान मानी जाती है।
स्रोत: अंतरराष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी (आईईए)।

सड़क गतिशीलता के कारण सर्वाधिक CO_2 उत्सर्जन होता है (सारणी II.8)।

II.65 परिवहन बुनियादी ढांचे के संदर्भ में 2000-2017 के दौरान सड़कों पर यात्री किलोमीटर (किमी) और माल ढुलाई टन-किलोमीटर क्रमशः 10 गुना और 5 गुना बढ़ गए हैं जबकि रेलवे में वे क्रमशः 2.5 गुना और 2 गुना बढ़ गए हैं , (चार्ट II.25)। मल्टी-मॉडल परिवहन प्रणाली विकसित करने के लिए भारत सरकार द्वारा शुरू की गई 'गतिशक्ति' योजना का उद्देश्य रसद लागत को कम करने और दक्षता में सुधार करने के लिए सड़क, रेलवे, वायुमार्ग और जलमार्ग जैसे परिवहन के विभिन्न तरीकों को एकीकृत करना है। परिवहन प्रणाली की दक्षता में सुधार करके यह योजना वाहन उत्सर्जन को कम करने और टिकाऊ परिवहन को बढ़ावा देने में मदद करेगी।

सारणी II.8: परिवहन क्षेत्र - ऊर्जा खपत और उत्सर्जन (2019)

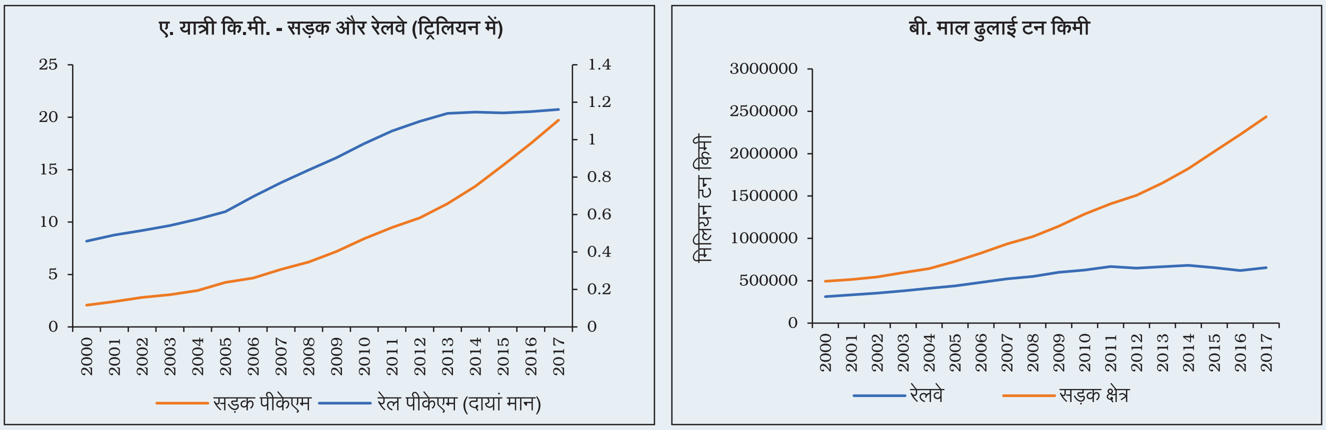
	ऊर्जा खपत (टीडब्ल्यूएच)	CO_2 उत्सर्जन (मिलियन टन)
सड़क	1144.0	292.9
पेट्रोल	337.8	87.5
डीज़ल	691.4	184.5
गैस	114.0	20.9
विमानन	120.0	24.8
रेलवे	43.7	22.7
बिजली	20.0	16.4
डीज़ल	23.7	6.3
कुल	1307.7	340.4

स्रोत: भारतीय ऊर्जा सांख्यिकी; भारतीय रेल; पीआईबी; और लेखकों के अनुमान।

II.66 परिवहन क्षेत्र से उत्पन्न होने वाले समग्र उत्सर्जन को कम करने के लिए, यात्री और वाणिज्यिक वाहन, दोनों क्षेत्रों में इलेक्ट्रिक वाहनों (ईवी) की हिस्सेदारी बढ़ाने के अलावा शहरों में रेलवे बुनियादी ढांचे और मेट्रो नेटवर्क के विकास पर अधिक ध्यान देने की आवश्यकता है। केंद्र सरकार ने इस दिशा में कई कदम उठाए हैं।

II.67 भारत के 19 शहरों में 742 किलोमीटर लंबी मेट्रो रेल लाइनें चालू हैं और देश भर के 27 शहरों में लगभग 1037 किलोमीटर मेट्रो रेल लाइनें निर्माणाधीन हैं (द इकोनॉमिक टाइम्स, 2022ए)। भारत में शहरीकरण की तीव्र गति और निर्माणाधीन मेट्रो लाइनों के पूरा होने के साथ वार्षिक सवारियों की संख्या में काफी वृद्धि होने की उम्मीद है।

चार्ट II.25: परिवहन के साधनों द्वारा यात्री संचलन और माल ढुलाई



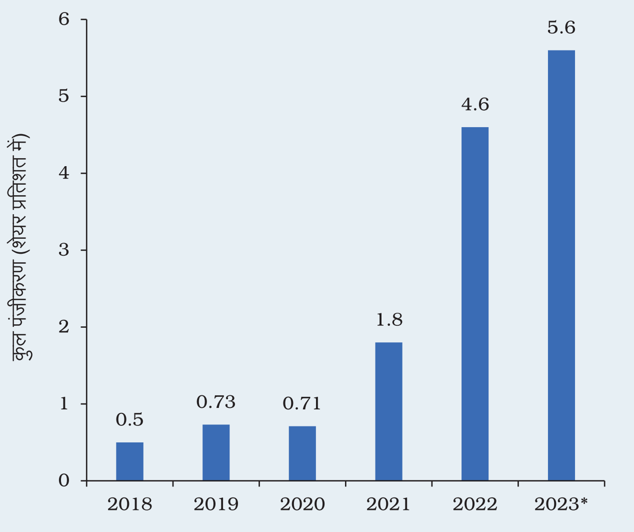
टिप्पणी: पीकेएम से तात्पर्य यात्री किलोमीटर से है।

स्रोत: आर्थिक सहयोग और विकास संगठन (ओईसीडी)।

II.68 इसके अलावा, कई नीतिगत पहलों और प्रौद्योगिकी रुझानों, विशेष रूप से ईवी द्वारा समर्थित सड़क परिवहन प्रणाली के बड़े पैमाने पर विद्युतीकरण से उत्सर्जन को कम करने में काफी मदद मिलेगी। वैश्विक स्तर पर, ईवी कारों की बिक्री 2022 में 55 प्रतिशत की सालाना वृद्धि के साथ 10 मिलियन का आंकड़ा पार कर गई है। भारत में कुल नई बिक्री में ईवी की हिस्सेदारी तेजी से बढ़ रही है और 2022 में बिक्री 1 मिलियन को पार कर गई है (चार्ट II.26)। वर्तमान में दो और तीन पहिया वाहन, जो ज्यादातर यात्री परिवहन के लिए उपयोग किए जाते हैं और भारत में वाहनों का लगभग 76 प्रतिशत हिस्सा हैं, ईवी बिक्री (मार्च 2023 तक, वाहन) पर हावी हैं। इसके अलावा, भारत में 64 प्रतिशत पेट्रोल की खपत दो/तीन पहिया वाहनों द्वारा होती है (एमओपीएनजी , 2015)। हाल के वर्षों में, तिपहिया ई-रिक्शा सभी शहरों में छोटी दूरी के आवागमन के लिए पारंपरिक पेट्रोल/डीजल चालित तिपहिया वाहनों को विस्थापित करने वाला पहला और अंतिम यातायात-साधन विकल्प बन गया है।

II.69 ईवी की पैठ, हालांकि, अपने आंतरिक दहन इंजन (आईसीई) समकक्षों की तुलना में ईवी की अधिक शुरुआती लागत और पर्याप्त ईवी चार्जिंग बुनियादी ढांचे की कमी की चुनौतियों का सामना करती है। 27 अप्रैल 2023 तक, भारत में 7010 सार्वजनिक ईवी चार्जिंग स्टेशन थे, जो वैश्विक मानकों से कम है। पिछले दस वर्षों में सरकार ने ईवी मालिकों के लिए कर प्रोत्साहन और सार्वजनिक ईवी चार्जिंग बुनियादी ढांचे के विकास के माध्यम से देश में ईवी अपनाने को प्रोत्साहित करने के लिए कई उपाय किए हैं।

चार्ट II.26: भारत में इलेक्ट्रिक वाहन (ईवी) पंजीकरण



* फरवरी 2023 तक।

स्रोत: वाहन पंजीकरण।

II.70 यातायात क्षेत्र के भीतर, किफायती अवकार्बनिक विकल्पों की कमी के कारण पोत-परिवहन और विमानन को कम करना मुश्किल है। जैव-ईंधन, हालांकि महंगा है, आज उपलब्ध सबसे परिपक्व तकनीक है जो विमानन और पोत-परिवहन को अकार्बनीकरण कर सकती है।

औद्योगिक क्षेत्र

II.71 औद्योगिक क्षेत्र को अकार्बनीकृत करना सबसे कठिन हो सकता है क्योंकि यह प्रकृति में अत्यधिक ऊर्जा-गहन है और इसमें बड़ा निश्चित निवेश भी है। इस क्षेत्र में अकार्बनीकरण के लिए उत्पादन प्रक्रियाओं, महंगी रेट्रोफिट्स, नई प्रौद्योगिकियों के विकास और उपयोग के साथ-साथ व्यावसायिक प्रथाओं और नीतियों में बड़े बदलाव की आवश्यकता होगी। इन चुनौतियों के बावजूद, भारत उत्पादन की ऊर्जा तीव्रता में गिरावट के साथ उत्सर्जन की सीमा को नियंत्रित करने में कामयाब रहा है (सारणी II.9)। इसके साथ, 2009-2020 के दौरान पंजीकृत विनिर्माण क्षेत्र में संवृद्धि की ऊर्जा लोच, (ΔAE/E/ΔGVA/GVA) के रूप में मापी गई, 0.53 थी।

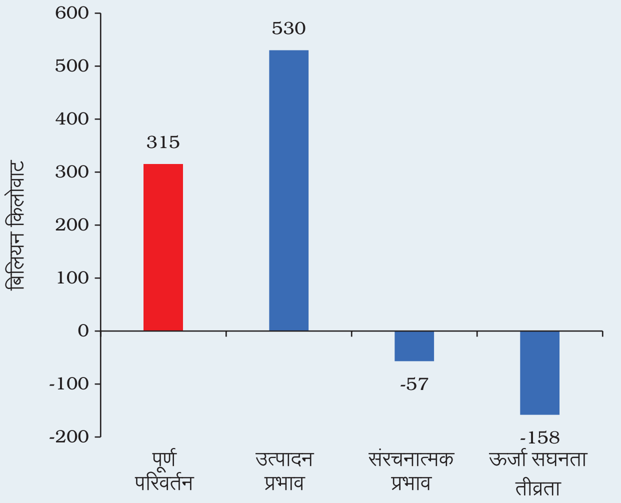
II.72 कांट और अन्य (2022) के बाद औद्योगिक ऊर्जा उपयोग का अपघटन विश्लेषण, इंगित करता है कि बाकी सब समान होने के पर, अकेले आउटपुट प्रभाव से ऊर्जा खपत में 530 बिलियन किलोवाट घंटा की वृद्धि हुई होगी लेकिन,

सारणी II.9: भारत में विनिर्माण फर्म: ऊर्जा सघनता, उत्पादन और उत्सर्जन

वर्ष	ऊर्जा (बिलियन केडब्ल्यूएच)	CO_2 (मिलियन टन)	जीवीए (2011-12 की कीमतों पर, ₹ ट्रिलियन में)	ऊर्जा सघनता (केडब्ल्यूएच/₹ जीवीए)	कार्बन सघनता (2011-12 की कीमतों पर ग्राम CO_2 प्रति रुपया जीवीए)
2009-10	921	320.1	7.49	0.12	43.0
2019-20	1237	491.8	12.32	0.10	39.9

स्रोत: लेखकों के अनुमान; कार्यप्रणाली के लिए कांत और अन्य (2022) देखें।

चार्ट II.27: ऊर्जा उपयोग पारगमन का अपघटन



टिप्पणी: लाल पट्टी CO_2 उत्सर्जन में समग्र परिवर्तन को दर्शाती है, जबकि नीली पट्टी विनिर्माण क्षेत्र से उत्सर्जन के अपघटन को दर्शाती है।
स्रोत: लेखकों के अनुमान।

मुख्य रूप से ऊर्जा की तीव्रता में सुधार और कम ऊर्जा-गहन उद्योगों की ओर उद्योगों की संरचना में बदलाव को प्रतिबिंबित करने वाले संरचनात्मक प्रभाव के कारण, वास्तविक वृद्धि 315 बिलियन किलोवाट घंटा पर ही सीमित थी (चार्ट II.27)। ऊर्जा दक्षता में सुधार का श्रेय उद्योगों में निरंतर तकनीकी-आर्थिक सुधारों को दिया जा सकता है। अनुकूल संरचनात्मक प्रभाव औद्योगिक जीवीए में कम ऊर्जा-गहन उद्योगों की बढ़ती हिस्सेदारी का संकेत है। इस संरचनात्मक प्रभाव का आगे चलकर बहुत बड़ी भूमिका निभाने की उम्मीद है क्योंकि इलेक्ट्रॉनिक्स जैसे उच्च-स्तरीय विनिर्माण सामग्री और ऊर्जा गहन के बजाय अधिक ज्ञान गहन है।

II.73 कुल मिलाकर, भारतीय उद्योग अपनी ऊर्जा आवश्यकताओं के लिए बड़े पैमाने पर कोयले पर निर्भर हैं (सारणी II.10)। उद्योग के भीतर, धातु, अधातु खनिज और रसायन कुल औद्योगिक कोयले के उपयोग का 78 प्रतिशत हिस्सा हैं, जबकि अन्य मुख्य रूप से बिजली का उपयोग करते हैं (सारणी II.11)। हालाँकि, इन ऊर्जा-गहन विनिर्माण उद्योगों के

सारणी II.10: भारतीय विनिर्माण क्षेत्र में ईंधन का हिस्सा

ईंधन (ऊर्जा-मिश्रण के प्रतिशत के रूप में)	2009-10	2013-14	2019-20
कोयला	40.8	47.2	45.5
गैस (एलपीजी, बायोगैस, प्राकृतिक गैस, कोयला गैस)	17.9	9.3	11.2
डीज़ल	3.8	2.6	5.5
फर्नेस ऑयल	9.8	6.4	8.5
मिट्टी का तेल	0.2	0.4	0.3
बिजली	16.3	21.5	22.9
अन्य (लकड़ी, सौर, ईंधन तेल)	11.3	12.6	6.0

स्रोत: लेखकों के अनुमान।

भीतर एक क्रमिक बदलाव चल रहा है, 2009-2019 के दौरान बिजली की हिस्सेदारी 12.6 प्रतिशत से बढ़कर 18.0 प्रतिशत हो गई है।

इस्पात

II.74 वैश्विक स्तर पर, भारत 124.4 मिलियन टन कच्चे इस्पात उत्पादन के साथ स्टील का दूसरा सबसे बड़ा उत्पादक है, भले ही प्रति व्यक्ति खपत 74.7 किलोग्राम विश्व औसत 229 किलोग्राम (वर्ल्ड स्टील एसोसिएशन, 2019-20) से काफी कम है। उद्योग के तेजी से बढ़ने की उम्मीद है, 2040 तक इस्पात उत्पादन तीन गुना बढ़ जाएगा (आईईए, 2021)। वर्तमान में, भारत का लगभग 56 प्रतिशत इस्पात उत्पादन अधिक ऊर्जा-गहन और कोयला-निर्भर एकीकृत ब्लास्ट फर्नेस और बुनियादी ऑक्सीजन फर्नेस (बीएफ / बीओएफ) की तुलना में कम प्रदूषणकारी और कम ऊर्जा गहन इलेक्ट्रिक आर्क फर्नेस (ईएएफ) पद्धति पर आधारित है। बहरहाल, आने वाले वर्षों में

सारणी II.11: भारतीय विनिर्माण क्षेत्र में ईंधन उपयोग (2019-20)

औद्योगिक क्षेत्र	कुल ऊर्जा खपत (गीगावाट-घंटा)	कुल उपभोग में हिस्सेदारी (प्रतिशत)				
		कोयला	पेट्रोलियम	गैस	बिजली	अन्य
धातु	409200	61.8	9.8	5.1	20.7	2.5
गैर-धात्विक खनिज	202902	62.0	8.2	13.8	12.1	3.9
रसायन	166697	33.7	9.5	29.8	18.4	8.5
वस्त्र	83219	45.2	10.4	2.0	35.6	6.8
खाद्य	78085	23.6	23.0	5.3	29.3	18.8
रिफाइनरी	49917	1.3	27.9	52.7	6.7	11.4
कागज़	45151	66.3	9.7	0.3	15.3	8.3
बिजली, गैस, भाप, ए.सी.	30529	83.7	3.1	2.7	8.3	2.2
बिजली चालित उपकरण	29261	0.1	55.4	1.6	41.7	1.1
रबड़	28534	15.9	22.5	2.4	54.9	4.3
फार्मा	24478	20.2	24.2	3.9	40.7	11.0
मोटर वाहन	20002	0.2	28.5	16.4	52.9	2.1
निर्मित धातुएं	12561	5.9	35.1	8.1	45.9	5.0
मशीनरी	11523	2.8	34.0	3.4	53.1	6.8
पेय पदार्थ	10607	31.4	20.3	0.4	21.0	26.8
परिधान	5890	7.2	41.1	1.1	40.1	10.5
परिवहन उपकरण	5539	0.9	40.4	6.9	47.7	4.1
मोटर वाहन मरम्मत	4604	0.0	77.8	5.9	15.5	0.7
लकड़ी	2909	16.8	21.0	0.2	44.9	17.1
अन्य	2745	0.2	34.5	3.3	58.2	3.9
चमड़ा	2698	7.9	29.8	1.1	53.6	7.6
इलेक्ट्रानिक्स	2292	0.0	25.5	1.9	72.2	0.4
भंडारण	1972	0.0	40.8	1.6	56.8	0.7
मीडिया	1683	0.3	31.6	0.8	59.6	7.7
तंबाकू	1096	29.3	28.8	1.9	29.5	10.5
खेती	1073	3.9	20.0	3.9	70.4	1.8
अपशिष्ट निपटान	924	3.6	34.3	13.2	30.5	18.5

स्रोत: लेखकों के अनुमान।

भारत में स्टील की मांग बढ़ने की उम्मीद है, इसलिए इस्पात क्षेत्र के अकार्बनीकरण के लिए कम कार्बन-सघन उत्पादन प्रक्रियाओं, जैसे वीआरई का उपयोग और ईएएफ के साथ इसके एकीकरण की दिशा में विविधता लाने की आवश्यकता है।

सीमेंट

II.75 भारत विश्व स्तर पर चीन के बाद सीमेंट का दूसरा सबसे बड़ा उपभोक्ता है। दुनिया भर में, भट्ठी में आवश्यक अत्यधिक उच्च तापमान (लगभग 1600 डिग्री सेल्सियस) और चूना पत्थर को कैल्शियम ऑक्साइड और CO_2 में तोड़ने की रासायनिक प्रक्रिया के कारण सीमेंट उद्योग प्रमुख कठिन उद्योगों में से एक है । वैकल्पिक सीमेंट घटकों, जैसे कि कैलक्लाइंड क्ले, के माध्यम से निकट अवधि के उत्सर्जन में कमी प्राप्त की जा सकती है, जो मिश्रित सीमेंट में क्लिंकर-टू-सीमेंट अनुपात को कम करेगा।

रासायनिक उद्योग

ईथीलीन

II.76 एथिलीन, जिसका उपयोग प्लास्टिक के निर्माण में कच्चे माल के रूप में किया जाता है, इसके उत्पादन के लिए तेल आधारित फीडस्टॉक की आवश्यकता होती है। भारत में, लगभग 67 प्रतिशत उत्पादन नेफ्था-आधारित है और शेष गैस-आधारित है। कोई प्रक्रियात्मक उत्सर्जन नहीं होता है क्योंकि कार्बन उत्पादों में कैद हो जाता है, भले ही कैद किया गया कार्बन अंततः उत्पाद के जीवनकाल के दौरान प्लास्टिक के भस्मीकरण के माध्यम से वातावरण में छोड़ दिया जाता है। इसके अलावा, एथिलीन उत्पादन में बहुत अधिक तापमान का उपयोग होता है जिसे वर्तमान प्रौद्योगिकियों का उपयोग करके विद्युतीकृत करना मुश्किल है। एथिलीन उत्पादन को अकार्बनीकरण करने के लिए , तेल-आधारित फीडस्टॉक को बायो- नेफ्था जैसे जैव-आधारित फीडस्टॉक द्वारा प्रतिस्थापित किया जा सकता है। भारत की योजना 2025 तक इथेनॉल के लिए 20 प्रतिशत [33] सम्मिश्रण दर हासिल करने और बायोडीजल उत्पादन को और बढ़ाने की है, जो उत्प्रेरक के रूप में कार्य कर सकता है क्योंकि इस प्रक्रिया में बायो-नेफ्था एक उप-उत्पाद के रूप में उत्पन्न होता है और इसे फीडस्टॉक के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है। जैव ईंधन उत्पादन का बड़ा हिस्सा पहली पीढ़ी की तकनीक पर आधारित है जो गन्ना, चावल, मक्का जैसे खाद्य बायोमास को इथेनॉल और जेट्रोफा को बायोडीजल में परिवर्तित करता है जो भूमि और पानी गहन है। इसके अलावा, दूसरी पीढ़ी की जैव-रूपांतरण तकनीक पर स्विच करके उत्पादन तकनीक को उन्नत करने से भी उत्सर्जन में समग्र कमी आ सकती है, जो सेलूलोज़-आधारित, गैर-खाद्य बायोमास और कृषि अपशिष्ट का उपयोग करती है। कृषि-अवशेषों से बायोमास का बेहतर उपयोग करने के प्रयास [34] और प्लास्टिक का पुनर्चक्रीकरण इस उद्योग में उत्सर्जन को कम करने के प्रभावी तरीके हैं। [35]

अमोनिया का विनिर्माण

II.77 अमोनिया के कई औद्योगिक अनुप्रयोग हैं, हालांकि, इसके उत्पादन का लगभग तीन-चौथाई हिस्सा मुख्य रूप से उर्वरकों के निर्माण के लिए उपयोग किया जाता है। अमोनिया उत्पादन, जो बहुत उच्च तापमान पर संचालित होता है और विद्युतीकरण करना मुश्किल है, फीडस्टॉक के रूप में जीवाश्म ईंधन का उपयोग करता है। जबकि इस प्रक्रिया में उपयोग किया जाने वाला हाइड्रोजन वर्तमान में प्राकृतिक गैस से प्राप्त होता है, इसके बजाय नवीकरणीय हाइड्रोजन को फीडस्टॉक के रूप में उपयोग करना संभव है। हालाँकि, प्राकृतिक गैस से हाइड्रोजन की तुलना में नवीकरणीय हाइड्रोजन का उत्पादन करना अधिक महंगा है। आगे बढ़ते हुए, जैसे-जैसे सस्ते नवीकरणीय स्रोतों के उपयोग से बिजली की कीमतें कम होंगी, इलेक्ट्रोलिसिस से प्राप्त हाइड्रोजन प्राकृतिक गैस की तुलना में सस्ता हो सकता है।

[32] भारत ने 2022 में पेट्रोल में 10 प्रतिशत इथेनॉल मिश्रण करने का लक्ष्य निर्धारित समय से काफी पहले हासिल कर लिया।

[33] भारत में बायोमास की वर्तमान उपलब्धता लगभग 750 मिलियन मीट्रिक टन प्रति वर्ष (एमएनआरई, 2022) होने का अनुमान है। इसके अलावा, अधिशेष बायोमास उपलब्धता कृषि अवशेषों को कवर करते हुए लगभग 230 मिलियन मीट्रिक टन प्रति वर्ष अनुमानित है।

[34] 2019-20 के दौरान भारत द्वारा प्रति वर्ष लगभग 34.7 लाख टन प्लास्टिक कचरा उत्पन्न किया गया था, जिसमें से 50 प्रतिशत भारत में पुनर्नवीनीकरण किया जाता है (केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड, 2019)।

II.78 इस दिशा में पहल पहले से ही चल रही है। पवन-सौर हाइब्रिड परियोजनाओं के स्थल पर अमोनिया संयंत्र स्थापित करने में ग्रीनफील्ड निवेश आर्थिक व्यवहार्यता सुनिश्चित करेगा। उदाहरण के लिए, राजस्थान सरकार एक हरित अमोनिया सुविधा और एक नवीकरणीय ऊर्जा बिजली संयंत्र स्थापित करने की प्रक्रिया में है, जिससे प्रति वर्ष दस लाख टन हरित अमोनिया का उत्पादन होने की उम्मीद है। इसके अलावा, मांग पक्ष से, समग्र उपयोग को तर्कसंगत बनाने के साथ-साथ नैनो यूरिया का उपयोग संभावित रूप से यूरिया की खपत को कम कर सकता है।

कृषि क्षेत्र

II.79 जलवायु परिवर्तन से प्रभावित होने के अलावा, कृषि स्वयं जीएचजी का एक प्रमुख स्रोत है। भारत में लगभग 14 प्रतिशत GHGs का उत्सर्जन कृषि क्षेत्र द्वारा किया जाता है। कृषि क्षेत्र CH_4 और N_2O उत्सर्जन का मुख्य स्रोत है। CH_4 उत्सर्जन मुख्य रूप से पशुधन पालन (आंत्र किण्वन और खाद प्रबंधन) और चावल की खेती के कारण होता है। N_2O मुख्यतः कृषि मिट्टी में उर्वरकों के प्रयोग के कारण उत्सर्जित होता है। कृषि के भीतर, 54.6 प्रतिशत जीएचजी उत्सर्जन आंत्र किण्वन के कारण होता है, इसके बाद 17.5 प्रतिशत चावल की खेती से, 19.1 प्रतिशत कृषि मिट्टी में लागू उर्वरक से, 6.7 प्रतिशत खाद प्रबंधन से, और 2.2 प्रतिशत खेतों में कृषि अवशेष में आग लगाने के कारण होता है। आंत्र किण्वन और चावल की खेती से उत्सर्जित CH_4 ऊपरी वायुमंडल में CO_2 में परिवर्तित हो जाता है और पौधों द्वारा पुनः ग्रहण कर लिया जाता है जो पशुओं के चारे के रूप में जाता है। फिर भी, CH_4 की उच्च भू-तापन क्षमता के कारण, इसे अल्पावधि में जलवायु से अप्रभावित नहीं माना जाता है। उर्वरकों के विवेकपूर्ण उपयोग जैसे मांग पक्ष के हस्तक्षेप से N_2 ओ उत्सर्जन को कम किया जा सकता है।

II.80 टन डीजल के साथ-साथ कुल बिजली की खपत का लगभग 17 प्रतिशत हिस्सा होता है, जिसका उपयोग मुख्य रूप से देश भर में 20 मिलियन पानी पंपों को सक्रिय करने में किया जाता है। कई राज्यों में समर्पित कृषि फीडर सिस्टम विशेष रूप से नवीकरणीय ऊर्जा पर चलाए जा सकते हैं जब उत्पादन अधिक होता है और कम परिवर्तनीय नवीकरणीय उत्पादन अवधि पर बंद किया जा सकता है।

II.81 संक्षेप में, हरित परिवर्तन के लिए एक राष्ट्रीय क्षेत्र-विशिष्ट दृष्टिकोण तभी सफल हो सकता है जब सभी प्रमुख कार्बन उत्सर्जन क्षेत्रों में उचित और निरंतर प्रगति हासिल की जाए, जिसके लिए राज्य और स्थानीय सरकारों से लेकर निजी कॉर्पोरेट और गैर सरकारी संगठन तक सभी हितधारकों की सक्रिय भागीदारी की आवश्यकता होगी। कठिन औद्योगिक क्षेत्रों में हरित परिवर्तन हासिल करने के लिए आवश्यक महत्वपूर्ण तकनीकी सफलताओं के साथ-साथ, कपड़ा, मत्स्य पालन, भूमि परिवहन और सेवाओं जैसे कम उत्सर्जन वाले क्षेत्रों पर नीति फोकस भारत की संवृद्धि और रोजगार उद्देश्यों का सहयोग कर पूरक की भूमिका निभा सकता है। भारत ने नवीकरणीय ऊर्जा और कृषि (जलवायु-अनुकूल फसल पैटर्न और बीज विकसित करना) जैसे कुछ क्षेत्रों में परिवर्तनकारी परिणाम प्राप्त करने की अपनी क्षमता का प्रदर्शन किया है, और निरंतर नीतिगत ध्यानाकर्षण के साथ उच्च और टिकाऊ संवृद्धि उद्देश्य को लघु और मध्यम अवधि में अपरिहार्य ट्रेड-ऑफ के बावजूद हासिल किया जा सकता है।

7. निष्कर्ष

II.82 जलवायु परिवर्तन पर अनुसंधान धीरे-धीरे बढ़ा है उसके साथ इसके नीतिगत पक्ष पर सार्वजनिक तौर पर बहस प्रमुखता से होने लगी है। बदलते तापमान और वर्षा के स्वरूप और विश्व स्तर पर उच्च मौसमी की घटनाओं की बढ़ती घटनाओं के कारण, जलवायु परिवर्तन के परिणामों के बारे में सार्वजनिक जागरूकता बढ़ गई है। इतना कि जलवायु नीतियां तेजी से लक्ष्य-उन्मुख हो गई हैं और अर्थव्यवस्थाएं एक निर्धारित समयसीमा के भीतर निवल शून्य उत्सर्जन हासिल करने का लक्ष्य रख रही हैं।

II.83 भारत की विविध स्थलाकृति इसे जलवायु परिवर्तन से होने वाले महत्वपूर्ण खतरों के प्रति संवेदनशील बनाती है, जिसके प्रमाण तापमान में तेजी से हो रहे बदलावों में दिखाई दे रहे हैं; जैसे- एसडब्ल्यूएम बारिश में बदलाव; बेमौसम बारिश, लू, चक्रवात और बाढ़ जैसी चरम मौसमी घटनाओं की बढ़ती आवृत्ति और तीव्रता। इसके अलावा, 2047 तक उन्नत अर्थव्यवस्था बनने की आकांक्षा भारत के लिए एक अनूठी विकास चुनौती पैदा कर सकती है, जिसमें उसे आर्थिक और पर्यावरणीय लक्ष्यों के बीच संतुलन बनाना होगा। इस संबंध में, भारत की जलवायु कार्रवाई नीति ने अपने एनडीसी के संदर्भ में परिभाषित जलवायु लक्ष्यों को अपनाया है, जबकि प्रमुख आर्थिक क्षेत्रों में कम कार्बन संक्रमण मार्गों की घोषणा करके 2070 तक निवल शून्य उत्सर्जन प्राप्त करने की दिशा में एक कदम बढ़ाया है।

II.84 जहाँ, जलवायु परिवर्तन की अभिव्यक्ति स्पष्ट हो गई है, भारतीय अर्थव्यवस्था पर इसका प्रभाव कई गुना हो सकता है, अर्थव्यवस्था की आपूर्ति क्षमता को नुकसान पहुंचाने के साथ-साथ मांग की स्थिति में भी बदलाव हो सकता है। अनुभवजन्य विश्लेषण से संकेत मिलता है कि प्राकृतिक आपदाएँ आर्थिक गतिविधियों पर प्रतिकूल प्रभाव डालती हैं, यानी उत्पादन वृद्धि कम करती हैं, जबकि मुद्रास्फीति बढ़ाती हैं। इसके अलावा, आपदा प्रभावित क्षेत्रों में आपदा के बाद पुनर्निर्माण/पुनर्वास आवश्यकताओं के लिए निधि के विविधीकरण के कारण आवश्यक वस्तुओं की खपत में भी गिरावट देखी जा सकती है।

II.85 इसके अलावा, 2047 तक एई का दर्जा प्राप्त करते हुए 2070 तक निवल शून्य लक्ष्य तक भारत के संक्रमण की रूपरेखा तैयार करने के लिए परिदृश्य विश्लेषण से पता चलता है कि भारत को वर्तमान एनडीसी प्रतिबद्धताओं की तुलना में उत्पादन की ऊर्जा तीव्रता को कम करने के साथ-साथ ऊर्जा-मिश्रण में सुधार करने के संदर्भ में आक्रामक प्रयासों की आवश्यकता होगी। जबकि समग्र ऊर्जा खपत में हरित ऊर्जा का हिस्सा 2021-22 में लगभग 5.5 प्रतिशत के अपने वर्तमान स्तर से लगभग 82 प्रतिशत तक पहुंचना है, उत्पादन की ऊर्जा तीव्रता को 2021-22 में 2.3 प्रतिशत की गिरावट की वर्तमान दर की तुलना में वार्षिक औसत आधार पर 5.1 प्रतिशत तक कम करना होगा। ऐसे परिदृश्य में, 2070 तक ऊर्जा खपत का निहित स्तर 2021-22 के स्तर की तुलना में 3.1 गुना अधिक होगा।

II.86 एक समग्र व्यापक आर्थिक नीति संतुलन प्राप्त करने का लक्ष्य अर्थव्यवस्था को बहुत आवश्यक लचीलापन और स्थिरता प्रदान करने में मदद करेगा, जलवायु कार्रवाई के लिए आवश्यक नीतिगत उपायों के विशाल पैमाने और व्यापक प्रकृति को देखते हुए। इसके अलावा, नीतिगत कार्रवाइयों के प्रभाव व्यापक हो सकते हैं, जो अल्पावधि में क्षेत्र-विशिष्ट असंतुलन से लेकर मध्यम से लंबी अवधि में अर्थव्यवस्था-व्यापी घर्षण और समायोजन तक हो सकते हैं। आर्थिक विकास, ऊर्जा उपयोग और उत्सर्जन के बीच संबंधों का विश्लेषण करने के लिए एक मानक पर्यावरणीय सोलो-प्रकार के विकास मॉडल का उपयोग करके अनुभवजन्य अनुमान ों से संकेत मिलता है कि अर्थव्यवस्था सही ऊर्जा-मिश्रण करके उत्पादन और जीएचजी उत्सर्जन पर अनुकूलन कर सकती है - भूरे रंग की ऊर्जा से हरी ऊर्जा में बदलाव। इसके अलावा, 2047 तक एई बनने और 2070 तक निवल शून्य लक्ष्य प्राप्त करने के दोहरे उद्देश्य अभी भी संभव हो सकते हैं यदि ऊर्जा के अलावा उत्पादन के अन्य कारक - श्रम और पूंजी - सरकारी नीतियों और तकनीकी सफलताओं के आधार पर उत्पादकता लाभ का गवाह बनते हैं।

II.87 इसके अतिरिक्त, जलवायु परिवर्तन से उत्पन्न भौतिक जोखिमों के प्रति भारत की संवेदनशीलता विकास-मुद्रास्फीति के आसपास के नीतिगत व्यापार-बंद पर महत्वपूर्ण चिंताएं पैदा करती है। परिदृश्य विश्लेषण से संकेत मिलता है कि मुद्रास्फीति बढ़ने और मध्यम अवधि में उत्पादन में गिरावट के साथ भारतीय अर्थव्यवस्था पर गहरा असर पड़ सकता है। तथापि, घरेलू नीतियों और वैश्विक ठोस प्रयासों से जोखिम कम करने से विकास और मुद्रास्फीति पर प्रतिकूल प्रभाव को नियंत्रित करने में मदद मिल सकती है।

II.88 अंत में, एनडीसी प्रतिबद्धताओं के कारण निकट अवधि के प्रतिकूल उत्पादन प्रभाव को नियंत्रित करने और मध्यम अवधि में कोई नीतिगत कार्रवाई न होने के कारण बड़े उत्पादन घाटे को रोकने के बीच कठिन नीतिगत व्यापार-बंद को देखते हुए, जलवायु जोखिम शमन के लिए एक क्षेत्र-विशिष्ट दृष्टिकोण की आवश्यकता है। इसके अलावा, चूंकि अर्थव्यवस्था के विभिन्न क्षेत्रों में अलग-अलग उत्सर्जन तीव्रता है, इसलिए यह सलाह दी जाती है कि सभी क्षेत्रों में एक समान जलवायु शमन रणनीति न हो। इस संबंध में, कठिन औद्योगिक क्षेत्रों में हरित संक्रमण प्राप्त करने के लिए आवश्यक महत्वपूर्ण तकनीकी सफलताओं के साथ-साथ, कपड़ा, मत्स्य पालन, भूमि परिवहन और सेवाओं जैसे कम उत्सर्जन तीव्रता वाले क्षेत्रों पर नीतिगत ध्यान केंद्रित करने से भारत के विकास और रोजगार उद्देश्यों का समर्थन किया जा सकता है। भारत ने पहले ही नवीकरणीय और कृषि (जलवायु-लचीला फसल पैटर्न और बीज विकसित करना) जैसे कुछ क्षेत्रों में प्रमुख परिवर्तन को प्राप्त करने की अपनी क्षमता का प्रदर्शन किया है। निरंतर नीतिगत समर्थन और फोकस के साथ, 2047 तक एई बनने और 2070 तक निवल शून्य उत्सर्जन लक्ष्य प्राप्त करने के दोहरे उद्देश्यों को प्राप्त करना बहुत महत्वाकांक्षी नहीं हो सकता है, भले ही लघु और मध्यम अवधि में अपरिहार्य व्यापार-बंद हो।

संदर्भ

Abatzoglou, J. T., Williams, A. P., and Barbero, R. (2019). Global emergence of anthropogenic climate change in fire weather indices. *Geophysical Research Letters*, *46*(1), 326-336.

Aggarwal, R. (2019). *The impact of climate shocks on consumption and the consumption distribution in India* (Doctoral dissertation, PhD Thesis, Paris School of Economics, Paris, France).

Albala-Bertrand, J. M. (1993). Natural disaster situations and growth: A macroeconomic model for sudden disaster impacts. *World Development*, *21*(9), 1417-1434.

Ali, H., and Mishra, V. (2018). Increase in subdaily precipitation extremes in India under 1.5 and 2.0 C warming worlds. *Geophysical Research Letters*, *45*(14), 6972-6982.

Andersson, M., Morgan, J., and Baccianti, C. (2020). Climate change and the macro economy. *ECB Occasional Paper No. 243*, 1-50.

Basel Committee on Banking Supervision (BCBS). (2021). Climate-Related Risk Drivers and Their Transmission Channels.

British Petroleum. (2022). Energy Outlook 2022. Retrieved from: *https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/ energy-outlook/bp-energy-outlook-2022.pdf*

Burck, J., Uhlich, T., Bals. C., Hohne, N. and Nascimento, L. (2022). Climate Change Performance Index 2023 Background and Methodology. *Germanwatch*.

Caballero, R., and Hammour, M. (1994). The Cleansing Effect of Recessions. *American Economic Review*, 84 (5), 1350-1368.

Carney, M. (2016). Resolving the climate paradox. *Arthur Burns Memorial Lecture,* Bank of England, Berlin, 22.

Central Pollution Control Board. (2020). Annual Report 2019.

Chen, C., Pinar, M., and Stengos, T. (2022). Renewable energy and CO2 emissions: New evidence with the panel threshold model. *Renewable Energy*, *194*, 117-128.

Ciccarelli, M., and Marotta, F. (2021). Demand or supply? An empirical exploration of the effects of climate change on the macroeconomy. *ECB Working Paper Series No. 2608*, 1-59.

Climate Action Tracker. (2022). Retrieved from: h*ttps://climateactiontracker.org/countries/india/*

Dallmann, I., and Millock, K. (2017). Climate variability and inter-state migration in India. *CESifo Economic Studies*, 63(4), 560-594.

Dilip, A., and Kundu, S. (2020). Climate change: macroeconomic impact and policy options for mitigating risks. *RBI Bulletin*, *125*, 105-125.

Eckstein, D., Künzel, V., and Schäfer, L. (2021). The global climate risk index 2021. *Germanwatch*.

Euro-Mediterranean Centre on Climate Change (CMCC). (2021). G20 Climate Risk Atlas Impacts, Policy, Economics – India.

Freeman, P., Keen, M., and Muthukumara, M. (2003). Dealing with Increased Risk of Natural Disasters: Challenges and Options. IMF– International Monetary Fund. *Working Paper* 03/197.

Ghosh, S., Kundu, S., and Dilip, A. (2021). Green Swans and their Economic Impact on Indian Coastal States. *Reserve Bank of India Occasional Papers*, 42(1), 1-69.

Ministry of Statistics and Programme Implementation, GoI. (2023). Energy Statistics India 2022.

Hao, Y. (2022). Effect of economic indicators, renewable energy consumption and human development on climate change: an empirical analysis based on panel data of selected countries. *Frontiers in Energy Research*, *10*, 841497.

IMD. (2022). Annual Report. Ministry of Earth Sciences, GoI.

IMD. (2019). Annual Report. Ministry of Earth Sciences, GoI.

International Energy Agency (IEA). (2021). India Energy Outlook 2021.

International Federation of Red Cross and Red Crescent (IFRC). (2021). India: Cyclone Amphan: Final Report.

IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. Cambridge University Press, USA

IPCC. (2022a). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York.

IPCC. (2022b). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York.

Jones, M. W., Peters, G. P., Gasser, T., Andrew, R. M., Schwingshackl, C., Gütschow, J., ... and Le Quéré, C. (2023). National contributions to climate change due to historical emissions of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide since 1850. *Scientific Data*, *10*(1), 155.

Jones, M. W., Smith, A., Betts, R., Canadell, J. G., Prentice, I. C., and Le Quéré, C. (2020). Climate change increases the risk of wildfires. *ScienceBrief Review*, *116*, 117.

Kant, S., Kumar, M., Khan, S., and Sharma, S. (2022). Carbon Dioxide Emissions from India's Manufacturing Sector: A Decomposition Analysis. *Reserve Bank of India Occasional Papers*, *43*(1).

Kaya, Y., and Yokobori, K. (Eds.). (1997). *Environment, energy, and economy: strategies for sustainability* (pp. 16-26). Tokyo: United Nations University Press.

Kishore, V. and Shekhar, H. (2022). Extreme Weather Events and Vegetables Inflation in India. *Economic and Political Weekly*, 57 (44-45), 29.

Kompas, T., Pham, V. H., and Che, T. N. (2018). The effects of climate change on GDP by country and the global economic gains from complying

with the Paris climate accord. *Earth's Future*, *6*(8), 1153-1173.

Krishnan, R., Sanjay, J., Gnanaseelan, C., Mujumdar, M., Kulkarni, A., and Chakraborty, S. (2020). *Assessment of climate change over the Indian region: a report of the ministry of earth sciences (MOES), government of India* (p. 226). Springer Nature.

Liu, J., and Niyogi, D. (2019). Meta-analysis of urbanization impact on rainfall modification. *Scientific reports*, *9*(1), 1-14.

Loayza, N. V., Olaberria, E., Rigolini, J., and Christiaensen, L. (2012). Natural disasters and growth: Going beyond the averages. *World Development*, *40*(7), 1317-1336.

Mani, M., Bandyopadhyay, S., Chonabayashi, S., and Markandya, A. (2018). *South Asia's hotspots: The impact of temperature and precipitation changes on living standards*. World Bank Publications.

Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., ... and Waterfield, T. (2018). Global warming of 1.5 C. *An IPCC Special Report on the impacts of global warming of*, *1*(5), 43-50.

McKinsey Global Institute. (2020). Climate risk and response: Physical hazards and socioeconomic impacts.

Ministry of Finance, GoI. (2018). Economic Survey 2017-18.

Ministry of Finance, GoI. (2023). Economic Survey 2022-23.

Ministry of New and Renewable Energy, GoI. (2023). Retrieved from *https://mnre.gov.in/bio-energy/current-status#:~:text=As%20per%20a%20recent%20study,million%20metric%20tonnes%20per%20year.*

Morison, R. (2021). The Climate-Change Fight Is Adding to the Global Inflation Scare. *Bloomberg (June).*

Murakami, H., Vecchi, G. A., and Underwood, S. (2017). Increasing frequency of extremely severe cyclonic storms over the Arabian Sea. *Nature Climate Change*, *7*(12), 885-889.

Narayanan, A., Beye, R., and Thakur, G. M. (2022). Natural Disasters and Economic Dynamics: Evidence from the Kerala Floods. *Policy Research Working Papers;10084,* World Bank, Washington, DC.

Nandargi, S. S., & Aman, K. (2017). Computation of the standardized precipitation index (SPI) for assessing droughts over India. *International Journal of Current Advanced Research*, 6(12), 8545-8557.

National Disaster Management Authority (NDMA). (2008). Guidelines on Management of Cyclones.

National Innovations in Climate Resilient Agriculture. (2016). Annual Report 2015-16.

NGFS. (2020). The macroeconomic and financial stability impacts of climate change research priorities, technical document.

NGFS. (2022a). NGFS Scenarios for Central Banks and Supervisors.

NGFS. (2022b). Physical Climate Risk Assessment: Practical Lessons for the Development of Climate Scenarios with Extreme Weather Events from Emerging Markets and Developing Economies: Technical Document. September 2022. 1-33.

NITI Aayog. (2019). Composite water management index. Retrieved from: *http://social. niti. gov. in/uploads/sample/water_index_report2. pdf. Accessed*, *28*, 21.

Oreskes, N. (2007). The scientific consensus on climate change: How do we know we're not wrong? *Climate Change: What It Means for Us,*

Our Children, and Our Grandchildren, edited by Joseph F. C. DiMento and Pamela Doughman. MIT Press, 65-99.

Parker, M. (2018). The impact of disasters on inflation. *Economics of Disasters and Climate Change*, *2*(1), 21-48.

Picciariello, A., Colenbrander, S., Bazaz, A., and Roy, R. (2021). The costs of climate change in India. *Overseas Development Institute. Retrieved https://odi.org/en/publications/the-costs-of-climate-change-in-india-a-review-of-the-climate-related-risks-facing-india-and-their-economic-and-social-costs/*.

Press Information Bureau (PIB). (2015). All India Study Report to PPAC on sale of Diesel and Petrol. Ministry of Petroleum and Natural Gas, GoI.

Press Information Bureau (PIB). (2022). Climate Change Performance Index. Ministry of Environment, Forest and Climate Change, GoI.

Schelling, T. C. (1992). Some economics of global warming. *The American Economic Review,* 82(1), 1-14.

Schnabel, I. (2021). Climate change and monetary policy. *Finance and Development*, *58*(3), 53-55.

Solow, R. M. (1999). Neoclassical growth theory. *Handbook of macroeconomics*, *1*, 637-667.

Somanathan, E., Somanathan, R., Sudarshan, A., and Tewari, M. (2021). The impact of temperature on productivity and labor supply: Evidence from Indian manufacturing. *Journal of Political Economy*, *129*(6), 1797-1827.

Stern, N. (2006). Stern Review: The economics of climate change. *Cambridge University Press*, UK.

The Economic Times (2014). We'll gain confidence in our models over time, says RBI Governor Raghuram Rajan. Retrieved from: *https://economictimes.indiatimes.com/opinion/interviews/well-gain-confidence-in-our-models-over-time-says-rbi-governor-raghuram-rajan/articleshow/45355264.cms?from=mdr*

The Economic Times. (2022a). 742 km of metro rail lines operational in 19 cities: Par panel report. Retrieved from: *https://infra.economictimes.indiatimes.com/ news/urban-transportation/742-km-of-metro-rail-lines-operational-in-19-cities-par-panel-report/92992922*

The Economic Times. (2022b). India plans to invest Rs 2.8 lakh crore in ISTS for RE evacuation. Retrieved from: h*ttps://energy.economictimes.indiatimes.com/news/renewable/india-plans-to-invest-rs-2-8-lakh-crore-in-ists-for-re-evacuation/95457753*

United Nations Development Programme. (2022). Energy Progress Report 2022. Retrieved from *https://www.undp.org/publications/energy-progress-report-2022*

United Nations International Strategy for Disaster. Reduction. (2018). Economic Losses, Poverty and Disasters 1998-2017. *Université Catholique de Louvain (UCL),* Brussels, Belgium, 33.

Volz, U. (2017). On the role of central banks in enhancing green finance. *Inquiry Working Paper* No. 01.

World Bank. (2021). Climate Risk Country Profile: India.

World Bank. (2022). Climate Investment Opportunities in India's Cooling Sector.

World Meteorological Organization. (2021). State of the Global Climate 2020. MO-No. 1264. World Meteorological Organization.

World Steel Association, 2019-20. World Steel in Figures 2019.

Yang, L., Tian, F., and Niyogi, D. (2015). A need to revisit hydrologic responses to urbanization by incorporating the feedback on spatial rainfall patterns. *Urban Climate*, *12*, 128-140.

अनुबंध II.1: एनआईजीईएम मॉडल - मुख्य विशेषताएं

एनआईजीईएम दृष्टिकोण मानक एनजीएफएस परिदृश्यों को बेंचमार्क के रूप में ध्यान में रखता है (अनुबंध सारणी 1)। विभिन्न संभावित संक्रमण परिदृश्यों के तहत विभिन्न मैक्रोइकॉनॉमिक चर के विचलन की जांच की जाती है। एनजीएफएस के मानक परिदृश्यों को वैश्विक जीएचजी उत्सर्जन के संदर्भ में परिभाषित किया गया है, जिन्हें व्यापक आर्थिक प्रभाव मूल्यांकन (एनजीएफएस, 2022 ए) के लिए वैश्विक आधारभूत परिदृश्य माना जाता है।

अनुबंध सारणी 1: मानक एनजीएफएस परिदृश्य वैश्विक बेंचमार्क सेट कर रहे हैं	
2 डिग्री सेल्सियस से नीचे	यह परिदृश्य मानता है कि दीर्घकालिक पथ के अनुसार इष्टतम कार्बन की कीमतें 2020 के तुरंत बाद निर्धारित की जाती हैं और 21 वीं सदी में वार्मिंग के 67 वें प्रतिशत को 2 डिग्री सेल्सियस से नीचे रखती हैं।
वर्तमान नीतियां	मौजूदा जलवायु नीतियां नीतिगत महत्वाकांक्षाओं में किसी भी बदलाव के बिना बनी हुई हैं।
विलंबित संक्रमण	यह परिदृश्य मानता है कि अगले 10 वर्षों में एक '; जीवाश्म पुनर्प्राप्ति" और इस प्रकार, 2030 तक वर्तमान नीति परिदृश्य के प्रक्षेपवक्र का पालन करें। यह 2 डिग्री सेल्सियस से नीचे के परिदृश्य से संबंधित है, लेकिन देर से शुरू होने के कारण बहुत तिरछे रास्ते का अनुसरण करता है।
डाइवर्जेंट नेट जीरो	यह परिदृश्य मानता है कि दीर्घकालिक लक्ष्यों के अनुरूप इष्टतम कार्बन की कीमतें, निवल शून्य तक पहुंचने से पहले सीमित अस्थायी ओवरशूट के बाद 2020 के तुरंत बाद लागू की जाती हैं। यह निवल शून्य 2050 से संबंधित है, लेकिन एक अलग मार्ग का अनुसरण करता है - शमन प्रयासों को विभिन्न क्षेत्रों में असमान रूप से वितरित किया जाता है, जिसमें परिवहन और भवन क्षेत्रों में मजबूत शमन कार्रवाई हो रही है- समन्वय की कमी को दर्शाता है।
राष्ट्रीय स्तर पर निर्धारित योगदान (एनडीसी)	इस परिदृश्य में भविष्यवाणी की गई है कि वर्तमान में बिना शर्त एनडीसी को पूरी तरह से लागू किया जाता है और 2025 और 2030 में ऊर्जा और उत्सर्जन पर संबंधित लक्ष्यों को सभी देशों में प्राप्त किया जाता है। यह परिदृश्य एनडीसी के अनुसार भारत के निवल शून्य 2070 लक्ष्य में भी शामिल है।
निवल शून्य 2050	यह परिदृश्य 2050 में वैश्विक CO_2 उत्सर्जन को निवल शून्य पर होने की भविष्यवाणी करता है। यह तापमान वृद्धि को 1.5 डिग्री सेल्सियस तक सीमित करता है। इसके अलावा, 2020 के अंत में एक विशिष्ट निवल-शून्य नीति लक्ष्य के लिए स्पष्ट प्रतिबद्धता वाले देशों को इस लक्ष्य को पूरा करने के लिए माना जाता है।