

**GOVERNMENT OF INDIA  
MINISTRY OF EARTH SCIENCES  
LOK SABHA  
UNSTARRED QUESTION NO. 2853  
TO BE ANSWERED ON WEDNESDAY, 3<sup>RD</sup> AUGUST, 2022**

**HEAVY RAINFALL**

2853. SHRI SUBRAT PATHAK:  
SHRI RAVINDRA KUSHWAHA:  
SHRI RAVI KISHAN:  
SHRI RAM KRIPAL YADAV:  
SHRI MANOJ TIWARI:  
SHRI SHRIRANG APPA BARNE:  
SHRI DHAIRYASHEEL SAMBHAJIRAO MANE:  
SHRI SANJAY SADASHIVRAO MANDLIK:  
SHRI PRATAPRAO JADHAV:  
SHRI BIDYUT BARAN MAHATO:  
SHRI SUDHEER GUPTA:

Will the Minister of EARTH SCIENCES be pleased to state:

- (a) whether the rainfall pattern is changing drastically in different parts of the country, wherein some parts like Assam, Gujarat and parts of Maharashtra are experiencing heavy rainfall and some parts particularly northern planes are facing draught like conditions even in the monsoon time;
- (b) if so, the details thereof and the actual rainfall recorded between June and till date in each State;
- (c) whether the India Meteorological Department/the Government has conducted any survey through experts to ascertain the reasons for extreme diversity in the rainfall during the monsoon season recently and if so, the outcome therefor;
- (d) whether unplanned development leading to obstruction of natural drainage is primarily responsible for this extreme monsoon and if so, the details thereof and the steps taken by the Government to rectify the same; and
- (e) the details of other steps taken by the Government to prevent such extreme monsoon conditions?

**ANSWER**

THE MINISTER OF STATE (INDEPENDENT CHARGE) FOR  
MINISTRY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
AND EARTH SCIENCES  
(DR. JITENDRA SINGH)

- (a) There are changes in monsoon rainfall distribution as seen in district wise trend in rainfall .IMD has carried out an analysis of observed monsoon rainfall variability and changes of 29 States & Union Territory at State and District levels based on the IMD's observational data of recent 30 years (1989- 2018) during the Southwest monsoon season from June to September (JJAS) and issued a report on 30 March 2020. The reports on observed rainfall variability and its trend for each State and Union Territory are available in IMD website (<https://mausam.imd.gov.in/>) under "PUBLICATIONS" as well as in IMD Pune website;

**[http://www.imdpune.gov.in/hydrology/rainfall%20variability%20page/rainfall%20trend.h  
tml](http://www.imdpune.gov.in/hydrology/rainfall%20variability%20page/rainfall%20trend.html)**



The **highlights of the report** are given below;

- Five states viz., Uttar Pradesh, Bihar, West Bengal, Meghalaya and Nagaland have shown significant decreasing trends in southwest monsoon rainfall during the recent 30 years period (1989-2018).
  - The annual rainfall over these five states along with the states of Arunachal Pradesh and Himachal Pradesh also show significant decreasing trends.
  - Other states do not show any significant changes in southwest monsoon rainfall during the same period.
  - Considering district-wise rainfall, there are many districts in the country, which show significant changes in southwest monsoon and annual rainfall during the recent 30 years period (1989-2018). With regard to the frequency of heavy rainfall days, significant increasing trend is observed over Saurashtra & Kutch, Southeastern parts of Rajasthan, Northern parts of Tamil Nadu, Northern parts of Andhra Pradesh and adjoining areas of Southwest Odisha, many parts of Chhattisgarh, Southwest Madhya Pradesh, West Bengal, Manipur & Mizoram, Konkan & Goa and Uttarakhand.
- (b) Statewise rainfall statistics for the period from 01 June 2022 to 27 July 2022 is given in Annexure-I.
- (c) The Ministry of Earth Sciences (MoES), has recently published a Climate Change report entitled "Assessment of Climate Change over the Indian Region" ([http://cccr.tropmet.res.in/home/docs/cccr/2020\\_Book\\_AssessmentOfClimateChangeOverT.pdf](http://cccr.tropmet.res.in/home/docs/cccr/2020_Book_AssessmentOfClimateChangeOverT.pdf)). The report highlights the effects of human-made global warming induced climate change. The summer monsoon precipitation (June to September) over India has declined by around 6% from 1951 to 2015, with notable decrease over the Indo-Gangetic Plains and the Western Ghats. There is an emerging consensus, based on multiple datasets and climate model simulations, that the radiative effects of anthropogenic aerosol forcing over the Northern Hemisphere have considerably offset the expected precipitation increase from Green House Gas (GHG) warming and contributed to the observed decline in summer monsoon precipitation. The Hindu Kush Himalayas (HKH) experienced a temperature rise of about 1.3°C during 1951–2014. Several areas of HKH have experienced a declining trend in snowfall and also retreat of glaciers in recent decades. In contrast, the high-elevation Karakoram Himalayas have experienced higher winter snowfall that has shielded the region from glacier shrinkage.
- The main summary of the Report given in **Annexure-II**
- (d) Dissemination of forecasts and warnings for extreme weather events like heavy rainfall are the primary mandates of this ministry. The development related data are being maintained by the respective State Governments. However, IMD forewarn the State Government and the disaster response teams with impact based forecasting and colour coded warnings for timely action.
- (e) The extreme rainfall events are induced by the anthropogenic impacts on the weather and climate system. Ministry of Environment, Forest and Climate Change has implemented various action plans such as National Action Plan for Climate Change and State Action Plan for Climate Change towards adapting and mitigating these impacts on the climate system.

रिपोर्ट के मुख्य अंश नीचे दिए गए हैं;

- पांच राज्यों अर्थात् उत्तर प्रदेश, बिहार, पश्चिम बंगाल, मेघालय और नागालैंड ने हाल के 30 वर्षों की अवधि (1989-2018) के दौरान दक्षिण-पश्चिम मानसून की वर्षा में उल्लेखनीय कमी देखी गई है।
- अरुणाचल प्रदेश और हिमाचल प्रदेश राज्यों के साथ इन पांच राज्यों में वार्षिक वर्षा में भी उल्लेखनीय कमी की प्रवृत्ति देखी गई है।
- इसी अवधि के दौरान दक्षिण-पश्चिम मानसूनी वर्षा में अन्य राज्यों में कोई महत्वपूर्ण परिवर्तन नहीं देखे गए हैं।
- जिलेवार वर्षा पर विचार करने पर, देश में अनेक जिले हैं, जिनमें हाल के 30 वर्षों की अवधि (1989-2018) के दौरान दक्षिण-पश्चिम मानसून और वार्षिक वर्षा में महत्वपूर्ण परिवर्तन देखे गए हैं। भारी वर्षा के दिनों की आवृत्ति के संबंध में, सौराष्ट्र और कच्छ, राजस्थान के दक्षिण-पूर्वी हिस्सों, तमिलनाडु के उत्तरी भागों, आंध्र प्रदेश के उत्तरी भागों और दक्षिण-पश्चिम ओडिशा के आसपास के क्षेत्रों, छत्तीसगढ़ के कई हिस्सों, दक्षिण-पश्चिम मध्य प्रदेश, पश्चिम बंगाल, मणिपुर और मिजोरम, कोकण और गोवा तथा उत्तराखंड में उल्लेखनीय वृद्धि की प्रवृत्ति देखी गई है।

(ख) 01 जून 2022 से 27 जुलाई 2022 तक की अवधि के लिए राज्यवार वर्षा के आंकड़े अनुलनक-1 में दिए गए हैं।

(ग) पृथ्वी विज्ञान मंत्रालयने हाल ही में "भारतीय क्षेत्र में जलवायु परिवर्तन का आकलन" शीर्षक से एक जलवायु परिवर्तन रिपोर्ट प्रकाशित की है ([http://cccr.tropmet.res.in/home/docs/cccr/2020\\_Book\\_AssessmentOfClimateChangeOverT.pdf](http://cccr.tropmet.res.in/home/docs/cccr/2020_Book_AssessmentOfClimateChangeOverT.pdf)) . इस रिपोर्ट में मानव जनित ग्लोबल वार्मिंग-प्रेरित जलवायु परिवर्तन के प्रभावों पर प्रकाश डाला गया है। भारत में ग्रीष्मकालीन मानसून वर्षा (जून से सितंबर) में 1951 से 2015 तक लगभग 6% की कमी आई है, जिसमें भारत के गांगेय मैदानों और पश्चिमी घाटों में उल्लेखनीय कमी आई है। कई डेटासेट और जलवायु मॉडल सिमुलेशन के आधार पर एक उभरती आम सहमति है कि उत्तरी गोलार्ध पर मानवजनित एरोसोल के विकिरण प्रभाव ने ग्रीन हाउस गैस (जीएचजी) वार्मिंग से अपेक्षित वर्षा वृद्धि को काफी हद तक प्रभावित कर दिया है और गर्मियों में देखी गई मानसूनी वर्षा में कमी में योगदान दिया है। 1951-2014 के दौरान हिंदू कुश हिमालय में लगभग 1.3 ° C तापमान वृद्धि हुई है। हिंदू कुश हिमालय के कई क्षेत्रों में हाल के दशकों में हिमपात में कमी और हिमनदों के पीछे हटने की प्रवृत्ति देखी गई है। इसके विपरीत, अधिक ऊंचाई वाले काराकोरम हिमालय में सर्दियों में अधिक बर्फबारी हुई है, जिसने इस क्षेत्र को रीशियर के सिकुड़ने से बचा लिया है।

रिपोर्ट का मुख्य सारांश अनुलनक-1 में दिया गया है।

(घ) भारी वर्षा जैसी चरम मौसम की घटनाओं के पूर्वानुमान और चेतावनियों का प्रसारण करना इस मंत्रालय के प्राथमिक अधिदेश है। संबंधित राज्य सरकारों द्वारा आंकड़ों का रखरखाव किया जा रहा है। तथापि, आईएमडी राज्य सरकार और आपदा प्रतिक्रिया दलों को समय पर कार्रवाई करने के लिए प्रभाव आधारित पूर्वानुमान और रंग कोडिड चेतावनियों के साथ पहले से सूचित करता है।

(ङ) अत्यधिक वर्षा की घटनाएं मौसम और जलवायु प्रणाली पर मानवजनित प्रभावों से उत्प्रेरित होती हैं। पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय ने जलवायु प्रणाली पर इन प्रभावों के अनुकूलन और इन्हें कम करने के लिए अनेक कार्य योजनाएं जैसे कि जलवायु परिवर्तन के लिए राष्ट्रीय कार्य योजना और जलवायु परिवर्तन के लिए राज्य कार्य योजना लागू की हैं।

**STATE/UT-WISE RAINFALL DISTRIBUTION**  
**Period 01-06-2022 to 27-07-2022**

S NO	STATE/UT	ACTUAL (mm)	NORMAL (mm)	% DEP.	CAT.
	<b>REGION : EAST AND NORTH EAST INDIA</b>	<b>597.3</b>	<b>703</b>	<b>-15%</b>	<b>N</b>
1	ARUNACHAL PRADESH	880.6	929	-5%	N
2	ASSAM	897.3	814.2	10%	N
3	MEGHALAYA	1770.1	1524.6	16%	N
4	NAGALAND	462.2	524.2	-12%	N
5	MANIPUR	363.2	546.1	-33%	D
6	MIZORAM	667.8	789.3	-15%	N
7	TRIPURA	549.9	752.3	-27%	D
8	SIKKIM	888.8	856	4%	N
9	WEST BENGAL	478.2	652.6	-27%	D
10	JHARKHAND	232.8	467.4	-50%	D
11	BIHAR	269.1	462.9	-42%	D
	<b>REGION : NORTH WEST INDIA</b>	<b>261.9</b>	<b>257.5</b>	<b>2%</b>	<b>N</b>
1	UTTAR PRADESH	155.1	322.9	-52%	D
2	UTTARAKHAND	453.9	536.1	-15%	N
3	HARYANA	202.8	184.9	10%	N
4	CHANDIGARH (UT)	499.8	379.7	32%	E
5	DELHI (UT)	207.9	227.7	-9%	N
6	PUNJAB	224.6	193.7	16%	N
7	HIMACHAL PRADESH	282.7	321.2	-12%	N
8	JAMMU & KASHMIR (UT)	281.3	234.1	20%	E
9	LADAKH (UT)	10.7	10.6	1%	N
10	RAJASTHAN	308	194.3	58%	E
	<b>REGION : CENTRAL INDIA</b>	<b>562.2</b>	<b>448.4</b>	<b>25%</b>	<b>E</b>
1	ODISHA	497.1	501.6	-1%	N
2	MADHYA PRADESH	496.1	407	22%	E
3	GUJARAT	529.9	331.8	60%	LE
4	DADRA & NAGAR HAVELI AND DAMAN & DIU (UT)	1950.4	1128.6	73%	LE
5	GOA	2023.7	1836.3	10%	N
6	MAHARASHTRA	660.4	490.6	35%	E
7	CHHATTISGARH	564.7	512.7	10%	N
	<b>REGION : SOUTH PENINSULA</b>	<b>440.2</b>	<b>339.6</b>	<b>30%</b>	<b>E</b>
1	ANDAMAN & NICOBAR (UT)	797.7	750.5	6%	N
2	ANDHRA PRADESH	250.6	207.7	21%	E
3	TELANGANA	665	321.1	107%	LE
4	TAMIL NADU	196.4	110.8	77%	LE
5	PUDUCHERRY (UT)	182.4	144.7	26%	E
6	KARNATAKA	518.1	421.8	23%	E
7	KERALA	929.4	1224.2	-24%	D
8	LAKSHADWEEP (UT)	632	599.8	5%	N
	<b>COUNTRY : INDIA</b>	<b>451.5</b>	<b>408.9</b>	<b>10%</b>	<b>N</b>

<b>LEGENDS:</b>		
Large Excess: (+60% or more)	Large Deficient: (-60% to -99%)	A: Actual Rainfall (mm)
Excess: (+20% to +59%)	Scanty: (-20% to -99%)	N: Normal Rainfall (mm)
Normal: (+19% to -19%)	No Rain (-100%)	D: Departure from normal (%)
Deficient: (-20% to -59%)	Data Inadequate: **	Rainfall upto 0.4mm: *

क्रम सं.	राज्य/संघ राज्य क्षेत्र	वार्षिक (मिमी)	सामान्य (मिमी)	% अंतर	श्रेणी
1	अरुणाचल प्रदेश	880.6	929	-5%	एन
2	असम	897.3	814.2	10%	एन
3	मिजोरम	1770.1	1524.6	16%	एन
4	नागालैंड	462.2	524.2	-12%	एन
5	मणिपुर	363.2	546.1	-33%	डी
6	मिजोरम	667.8	789.3	-15%	एन
7	त्रिपुरा	549.9	752.3	-27%	डी
8	सिक्किम	888.8	856	4%	एन
9	पश्चिम बंगाल	478.2	652.6	-27%	डी
10	झारखंड	232.8	467.4	-50%	डी
11	बिहार	269.1	462.9	-42%	डी
<b>क्षेत्र: उत्तर पश्चिम भारत</b>					
1	उत्तर प्रदेश	155.1	322.9	-52%	डी
2	उत्तराखंड	453.9	536.1	-15%	एन
3	हरियाणा	202.8	184.9	10%	एन
4	चंडीगढ़ (संघ राज्य क्षेत्र)	499.8	379.7	32%	इ
5	हिमाचल प्रदेश	207.9	227.7	-9%	एन
6	पंजाब	224.6	193.7	16%	एन
7	हिमाचल प्रदेश	282.7	321.2	-12%	एन
8	जम्मू और कश्मीर (संघ राज्य क्षेत्र)	281.3	234.1	20%	इ
9	लद्दाख (संघ राज्य क्षेत्र)	10.7	10.6	1%	एन
10	राजस्थान	308	194.3	58%	इ
<b>क्षेत्र: मध्य भारत</b>					
1	उड़ीसा	497.1	501.6	-1%	एन
2	मध्य प्रदेश	496.1	407	22%	इ
3	गुजरात	529.9	331.8	60%	ले
4	दादरा और नगरहवेली तथा दमन और दीव (संघ राज्य क्षेत्र)	1950.4	1128.6	73%	ले
5	गोवा	2023.7	1836.3	10%	एन
6	महाराष्ट्र	660.4	490.6	35%	इ
7	छत्तीसगढ़	564.7	512.7	10%	एन
<b>क्षेत्र: दक्षिण प्रायद्वीप</b>					
1	अंडमान और निकोबार (संघ राज्य क्षेत्र)	797.7	750.5	6%	एन
2	आंध्र प्रदेश	250.6	207.7	21%	इ
3	तेलंगाना	665	321.1	107%	ले
4	तमिलनाडु	196.4	110.8	77%	ले
5	पुदुच्चेरी (संघ राज्य क्षेत्र)	182.4	144.7	26%	इ
6	कर्नाटक	518.1	421.8	23%	इ
7	केरल	929.4	1224.2	-24%	डी
8	लक्षद्वीप (संघ राज्य क्षेत्र)	632	599.8	5%	एन
<b>देश: भारत</b>					
		<b>451.5</b>	<b>408.9</b>	<b>10%</b>	<b>एन</b>

संकेतिकः

बहुत अधिक: (+60% या अधिक)

अधिक: (+20% से +59% तक)

सामान्य: (+19% से -19% तक)

कम: (-20% से -59% तक)

इस अवधि: \*\*

कई वर्षा नहीं (-100%)

डी: सामान्य से अंतर (%)

कम (-20% से -99%)

एन: सामान्य वर्षा (मिमी)

बहुत कम: (-60% से -99%)

ए: वार्षिक वर्षा (मिमी)

0.4 मिमी तक वर्षा: \*

**Highlights of the Assessment report**

The summary on the variability and change of the regional climate system based on the 12 chapters in this book is as follows.

**Observed Changes in Global Climate**

The global average temperature has risen by around 1°C since pre-industrial times. This magnitude and rate of warming cannot be explained by natural variations alone and must necessarily take into account changes due to human activities. Emissions of greenhouse gases (GHGs), aerosols and changes in Land Use and Land Cover (LULC) during the industrial period have substantially altered the atmospheric composition, and consequently the planetary energy balance, and are thus primarily responsible for the present-day climate change. Warming since the 1950s has already contributed to a significant increase in weather and climate extremes globally (e.g., heat waves, droughts, heavy precipitation, and severe cyclones), changes in precipitation and wind patterns (including shifts in the global monsoon systems), warming and acidification of the global oceans, melting of sea ice and glaciers, rising sea levels, and changes in marine and terrestrial ecosystems.

**Projected Changes in Global Climate**

Global climate models project a continuation of human-induced climate change during the twenty-first century and beyond. If the current GHG emission rates are sustained, the global average temperature is likely to rise by nearly 5°C, and possibly more, by the end of the twenty-first century. Even if all the commitments (called the “Nationally Determined Contributions”) made under the 2015 Paris agreement are met, it is projected that global warming will exceed 3°C by the end of the century. However, temperature rise will not be uniform across the planet; some parts of the world will experience greater warming than the global average. Such large changes in temperature will greatly accelerate other changes that are already underway in the climate system, such as the changing patterns of rainfall and increasing temperature extremes.

**Climate Change in India: Observed and Projected Changes**

**Temperature Rise Over India**

India’s average temperature has risen by around 0.7°C during 1901–2018. This rise in temperature is largely on account of GHG-induced warming, partially offset by forcing due to anthropogenic aerosols and changes in LULC. By the end of the twenty-first century, average temperature over India is projected to rise by approximately 4.4°C relative to the recent past (1976–2005 average), under the RCP8.5 scenario. Projections by climate models of the Coupled Model Inter-comparison Project Phase 5 (CMIP5) are based on multiple standardized forcing scenarios called Representative Concentration Pathways (RCPs). Each scenario is a time series of emissions and concentrations of the full suite of GHGs, aerosols, and chemically active gases, as well as LULC changes through the twenty-first century, characterized by the resulting Radiative Forcing (A measure of an imbalance in the Earth’s energy budget owing to natural (e.g., volcanic eruptions) or human-induced (e.g., GHG from fossil fuel combustion) changes) in the year 2100 (IPCC 2013). The two most commonly analyzed scenarios in this report are “RCP4.5” (an intermediate stabilization pathway that results in a Radiative Forcing of 4.5 W/m<sup>2</sup> in 2100) and “RCP8.5” (a high concentration pathway resulting in a Radiative Forcing of 8.5 W/m<sup>2</sup> in 2100).

## आकलन रिपोर्ट की मुख्य बातें

इस पुस्तक के 12 अध्यायों पर आधारित क्षेत्रीय जलवायु प्रणाली की परिवर्तनशीलता और परिवर्तन का सारांश इस प्रकार है।

### वैश्विक जलवायु में देखे गए परिवर्तन

पूर्व-औद्योगिक काल से वैश्विक औसत तापमान में लगभग 1 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि हुई है। इस परिमाण और तापन की दर को केवल प्राकृतिक परिवर्तनों से नहीं समझाया जा सकता है और इसमें मानवीय गतिविधियों के कारण होने वाले परिवर्तनों को आवश्यक रूप से ध्यान में रखा जाना चाहिए। औद्योगिक अवधि के दौरान ग्रीनहाउस गैसों, एरोसोल और भूमि उपयोग और भूमि कवर (एल्यूएलसी) में परिवर्तन ने वायुमंडलीय संरचना को काफी हद तक बदल दिया है और फलस्वरूप ग्रहीय ऊर्जा संतुलन में परिवर्तन हुआ है तथा इस प्रकार वर्तमान में जलवायु परिवर्तन के लिए मुख्य रूप से जिम्मेदार है। 1950 के दशक के बाद से तापन ने पहले से ही विश्व स्तर पर मौसम और जलवायु की चरम घटनाओं में उल्लेखनीय वृद्धि में योगदान दिया है, जैसे (लू, सूखा, भारी वर्षा और प्रचंड चक्रवात), वर्षा और हवा के पैटर्न में बदलाव (वैश्विक मानसून प्रणालियों में बदलाव सहित), तापन और वैश्विक महासागरों का अम्लीकरण, समुद्री बर्फ और नलशियरों का पिघलना, समुद्र का बढ़ता स्तर तथा समुद्री और स्थलीय पारिस्थितिक तंत्र में परिवर्तन।

### वैश्विक जलवायु में अनुमानित परिवर्तन

वैश्विक जलवायु मॉडलों में इक्कीसवीं सदी और उससे बाद के दौरान मानव-प्रेरित जलवायु परिवर्तन की निरंतरता का अनुमान लगाया गया है। यदि वर्तमान ग्रीन हाउस गैस उत्सर्जन दर बनी रहती है, तो इक्कीसवीं सदी के अंत तक वैश्विक औसत तापमान में लगभग 5 डिग्री सेल्सियस और संभवतः इससे अधिक वृद्धि होने की संभावना है। यहां तक कि यदि 2015 के पेरिस समझौते के तहत की गई सभी प्रतिबद्धताओं ("राष्ट्रीय स्तर पर निर्धारित योगदान" कहा गया है) को पूरा किया जाता है, तो यह अनुमान लगाया जाता है कि सदी के अंत तक ग्लोबल वार्मिंग 3 डिग्री सेल्सियस से अधिक हो जाएगी। हालांकि, पूरे ग्रह में तापमान वृद्धि एक समान नहीं होगी; विश्व के कुछ हिस्सों में वैश्विक औसत से अधिक ताप का अनुभव होगा। तापमान में इस तरह के बड़े बदलाव से जलवायु प्रणाली में पहले से चल रहे अन्य परिवर्तनों में तेजी आएगी, जैसे कि वर्षा के बदलते पैटर्न और तापमान में वृद्धि।

### भारत में जलवायु परिवर्तन: देखे गए और अनुमानित परिवर्तन

#### भारत में तापमान में वृद्धि

1901-2018 के दौरान भारत के औसत तापमान में लगभग 0.7 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि हुई है। तापमान में यह वृद्धि काफी हद तक ग्रीन हाउस गैस-प्रेरित तापन के कारण है, जो आंशिक रूप से मानवजनित एरोसोल तथाभूमि उपयोग और भूमि कवर में परिवर्तन के कारण ऑफसेट हुई है। इक्कीसवीं सदी के अंत तक, आरसीपी8.5 परिदृश्य के तहत, भारत के औसत तापमान में हाल के अतीत (1976-2005 औसत) के सापेक्ष लगभग 4.4 डिग्री सेल्सियस वृद्धि होने का अनुमान है। युग्मित मॉडल अंतर-तुलना परियोजना चरण 5 (CMIP5) के जलवायु मॉडलों द्वारा किए गए अनुमान बहुत मानकीकृत फोर्सिंग परिदृश्यों पर आधारित हैं जिन्हें रिप्रजेंटेटिव कंसंट्रेशन पाथवेज (RCP) कहा जाता है। प्रत्येक परिदृश्य ग्रीन हाउस गैसों, एरोसोल, और रासायनिक रूप से सक्रिय गैसों के पूर्ण सैट के उत्सर्जन और सांद्रता के साथ-साथ इक्कीसवीं शताब्दी के दौरान भूमि उपयोग और भूमि कवर में परिवर्तन की एक समय श्रृंखला है, जो वर्ष 2100 में परिणामी रेडिएटिव फोर्सिंग ( प्राकृतिक (जैसे, ज्वालामुखी विस्फोट) या मानव-प्रेरित (जैसे, जीवाश्म ईंधन के दहन से ग्रीन हाउस गैस) परिवर्तनों के कारण पृथ्वी के ऊर्जा बजट में असंतुलन का एक माप) से दिखाई देता है (आईपीसीसी 2013)। इस रिपोर्ट में दो सबसे सामान्य विश्लेषण किए गए परिदृश्य हैं "आरसीपी 4.5" (एक मध्यवर्ती स्थिरीकरण मार्ग जिसके परिणामस्वरूप 2100 में 4.5 डब्ल्यू/एम 2 का विकिरण बल होता है) और "आरसीपी 8.5" (एक उच्च सांद्रता मार्ग जिसके परिणामस्वरूप 2100 में 8.5 डब्ल्यू/एम2विकिरण बल होता है)।



In the recent 30-year period (1986–2015), temperatures of the warmest day and the coldest night of the year have risen by about 0.63°C and 0.4°C, respectively.

By the end of the twenty-first century, these temperatures are projected to rise by approximately 4.7°C and 5.5°C, respectively, relative to the corresponding temperatures in the recent past (1976–2005 average), under the RCP8.5 scenario.

By the end of the twenty-first century, the frequencies of occurrence of warm days and warm nights are projected to increase by 55% and 70%, respectively, relative to the reference period 1976–2005, under the RCP8.5 scenario.

The frequency of summer (April–June) heat waves over India is projected to be 3 to 4 times higher by the end of the twenty-first century under the RCP8.5 scenario, as compared to the 1976–2005 baseline period. The average duration of heat wave events is also projected to approximately double, but with a substantial spread among models.

In response to the combined rise in surface temperature and humidity, amplification of heat stress is expected across India, particularly over the Indo-Gangetic and Indus river basins.

### **Indian Ocean Warming**

Sea surface temperature (SST) of the tropical Indian Ocean has risen by 1°C on average during 1951–2015, markedly higher than the global average SST warming of 0.7°C, over the same period. Ocean heat content in the upper 700 m (OHC700) of the tropical Indian Ocean has also exhibited an increasing trend over the past six decades (1955–2015), with the past two decades (1998–2015) having witnessed a notably abrupt rise.

During the twenty-first century, SST and ocean heat content in the tropical Indian Ocean are projected to continue to rise.

### **Changes in Rainfall**

The summer monsoon precipitation (June to September) over India has declined by around 6% from 1951 to 2015, with notable decreases over the Indo-Gangetic Plains and the Western Ghats. There is an emerging consensus, based on multiple datasets and climate model simulations, that the radiative effects of anthropogenic aerosol forcing over the Northern Hemisphere have considerably offset the expected precipitation increase from GHG warming and contributed to the observed decline in summer monsoon precipitation.

There has been a shift in the recent period toward more frequent dry spells (27% higher during 1981–2011 relative to 1951–1980) and more intense wet spells during the summer monsoon season. The frequency of localized heavy precipitation occurrences has increased worldwide in response to increased atmospheric moisture content. Over central India, the frequency of daily precipitation extremes with rainfall intensities exceeding 150 mm per day increased by about 75% during 1950–2015.

With continued global warming and anticipated reductions in anthropogenic aerosol emissions in the future, CMIP5 models project an increase in the mean and variability of monsoon precipitation by the end of the twenty-first century, together with substantial increases in daily precipitation extremes.

हाल के 30-वर्षों की अवधि (1986-2015) में, वर्ष के सबसे गर्म दिन और सबसे ठंडी रात के तापमान में क्रमशः 0.63 डिग्री सेल्सियस और 0.4 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि हुई है।

इक्कीसवीं सदी के अंत तक, इन तापमानों में आरसीपी8.5 परिदृश्य के तहत, हाल के अतीत (1976-2005 औसत) में संबंधित तापमान के सापेक्ष क्रमशः लगभग 4.7 डिग्री सेल्सियस और 5.5 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि का अनुमान है।

इक्कीसवीं सदी के अंत तक, आरसीपी8.5 परिदृश्य के तहत गर्म दिनों और गर्म रातों की घटनाओं की आवृत्ति में संदर्भ अवधि 1976-2005 के सापेक्ष क्रमशः 55% और 70% की वृद्धि का अनुमान है।

1976-2005 की आधारभूत अवधि की तुलना में आरसीपी8.5 परिदृश्य के तहत इक्कीसवीं सदी के अंत तक भारत में ग्रीष्मकाल (अप्रैल-जून) में लू की आवृत्ति 3 से 4 गुना अधिक होने का अनुमान है। लू की घटनाओं की औसत अवधि भी लगभग दोगुनी होने का अनुमान है, लेकिन मॉडलों के बीच पर्याप्त प्रसार के साथ।

सतह के तापमान और आर्द्रता में संयुक्त वृद्धि के प्रति उत्तर में, पूरे भारत में, विशेष रूप से भारत के गांगेय और सिंधु नदी घाटियों पर तपिश के बढ़ने की संभावना है।

### हिंद महासागर का गर्म होना

उष्णकटिबंधीय हिंद महासागर के समुद्र की सतह के तापमान (एसएसटी) में 1951-2015 के दौरान औसतन 1 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि हुई है, जो इसी अवधि में वैश्विक औसत एसएसटी वार्मिंग 0.7 डिग्री सेल्सियस से काफी अधिक है। उष्णकटिबंधीय हिंद महासागर के ऊपरी 700 मीटर (OHC700) में महासागर की गर्मी में भी पिछले छह दशकों (1955-2015) में एक बढ़ती प्रवृत्ति दिखाई दी है, विशेष रूप से पिछले दो दशकों (1998-2015) में तीव्र वृद्धि देखी गई है।

इक्कीसवीं सदी के दौरान, उष्णकटिबंधीय हिंद महासागर में एसएसटी और महासागरीय ताप में वृद्धि जारी रहने का अनुमान है।

### वर्षा में परिवर्तन

भारत में ग्रीष्मकालीन मानसून वर्षा (जून से सितंबर) में भारत के गांगेय मैदानों और पश्चिमी घाटों में उल्लेखनीय कमी के साथ 1951 से 2015 तक लगभग 6% की गिरावट आई है। अनेक डेटासेटों और जलवायु मॉडल सिमुलेशनों के आधार पर एक उभरती हुई आम सहमति है कि उत्तरी गोलार्ध पर मानवजनित एरोसोल के विकिरण प्रभाव ने ग्रीन हाउस गैस तापन वार्मिंग से अपेक्षित वर्षा वृद्धि को काफी हद तक ऑफसेट कर दिया है और गर्मियों में मानसून वर्षा में गिरावट में योगदान दिया है।

हाल की अवधि में अधिक बार शुष्क दौरों (1951-1980 के सापेक्ष 1981-2011 के दौरान 27% अधिक) और ग्रीष्म मानसून के मौसम के दौरान अधिक तीव्र आर्द्र दौरों की ओर एक बदलाव आया है। वायुमंडलीय नमी की मात्रा में वृद्धि की प्रतिक्रिया में दुनिया भर में स्थानीयकृत भारी वर्षा की आवृत्ति में वृद्धि हुई है। मध्य भारत में, प्रति दिन 150 मिमी से अधिक वर्षा की तीव्रता के साथ दैनिक वर्षा की चरम घटनाओं की आवृत्ति में 1950-2015 के दौरान लगभग 75% की वृद्धि हुई है।

निरंतर वैश्विक तापन वार्मिंग और भविष्य में मानवजनित एरोसोल उत्सर्जन में प्रत्याशित कमी के साथ, CMIP5 मॉडल ने इक्कीसवीं सदी के अंत तक मानसून वर्षा के औसत और परिवर्तनशीलता में वृद्धि के साथ-साथ दैनिक वर्षा की चरम घटनाओं में पर्याप्त वृद्धि का अनुमान लगाया है।

## **Droughts**

The overall decrease of seasonal summer monsoon rainfall during the last 6–7 decades has led to an increased propensity for droughts over India. Both the frequency and spatial extent of droughts have increased significantly during 1951–2016. In particular, areas over central India, southwest coast, southern peninsula and north-eastern India have experienced more than 2 droughts per decade, on average, during this period. The area affected by drought has also increased by 1.3% per decade over the same period.

Climate model projections indicate a high likelihood of increase in the frequency (>2 events per decade), intensity and area under drought conditions in India by the end of the twenty-first century under the RCP8.5 scenario, resulting from the increased variability of monsoon precipitation and increased water vapour demand in a warmer atmosphere.

## **Sea Level Rise**

Sea levels have risen globally because of the continental ice melt and thermal expansion of ocean water in response to global warming. Sea-level rise in the North Indian Ocean (NIO) occurred at a rate of 1.06–1.75 mm per year during 1874–2004 and has accelerated to 3.3 mm per year in the last two and a half decades (1993–2017), which is comparable to the current rate of global mean sea-level rise.

At the end of the twenty-first century, steric sea level in the NIO is projected to rise by approximately 300 mm relative to the average over 1986–2005 under the RCP4.5 scenario, with the corresponding projection for the global mean rise being approximately 180 mm.

## **Tropical Cyclones**

There has been a significant reduction in the annual frequency of tropical cyclones over the NIO basin since the middle of the twentieth century (1951–2018). In contrast, the frequency of very severe cyclonic storms (VSCSs) during the post-monsoon season has increased significantly (+1 event per decade) during the last two decades (2000–2018). However, a clear signal of anthropogenic warming on these trends has not yet emerged.

Climate models project a rise in the intensity of tropical cyclones in the NIO basin during the twenty-first century.

## **Changes in the Himalayas**

The Hindu Kush Himalayas (HKH) experienced a temperature rise of about 1.3°C during 1951–2014. Several areas of HKH have experienced a declining trend in snowfall and also retreat of glaciers in recent decades. In contrast, the high-elevation Karakoram Himalayas have experienced higher winter snowfall that has shielded the region from glacier shrinkage.

By the end of the twenty-first century, the annual mean surface temperature over HKH is projected to increase by about 5.2°C under the RCP8.5 scenario. The CMIP5 projections under the RCP8.5 scenario indicate an increase in annual precipitation, but decrease in snowfall over the HKH region by the end of the twenty-first century, with large spread across models.

## सूखा

पिछले 6-7 दशकों के दौरान ऋतुनिष्ठ ग्रीष्म मानसूनी वर्षा में समग्र कमी के कारण भारत में सूखे की प्रवृत्ति बढ़ी है। 1951-2016 के दौरान सूखे की आवृत्ति और स्थानिक सीमा दोनों में उल्लेखनीय वृद्धि हुई है। विशेष रूप से, मध्य भारत, दक्षिण-पश्चिम तट, दक्षिणी प्रायद्वीप और उत्तर-पूर्वी भारत के क्षेत्रों में इस अवधि के दौरान औसतन प्रति दशक 2 से अधिक सूखे का अनुभव हुआ है। इसी अवधि में सूखे से प्रभावित क्षेत्र में भी प्रति दशक 1.3% की वृद्धि हुई है।

मानसून की वर्षा में बढ़ी हुई परिवर्तनशीलता और गर्म वातावरण में जल वाष्प की बढ़ी हुई मांग के कारण जलवायु मॉडल अनुमानों में आरसीपी8.5 परिदृश्य के तहत इक्कीसवीं सदी के अंत तक भारत में सूखे की स्थिति में आवृत्ति (> प्रति दशक 2 घटनाएं), तीव्रता और क्षेत्र में वृद्धि की उच्च संभावना का संकेत मिलता है।

## समुद्र के स्तर में वृद्धि

वैश्विक तापन के कारण महाद्वीपीय बर्फ के पिघलने और समुद्री जल के तापमान के बढ़ने के कारण विश्व स्तर पर समुद्र का स्तर बढ़ गया है। उत्तरी हिंद महासागर में समुद्र के स्तर में वृद्धि 1874-2004 के दौरान 1.06-1.75 मिमी प्रति वर्ष की दर से हुई और पिछले ढाई दशकों (1993-2017) में प्रति वर्ष 3.3 मिमी तक बढ़ गई है, जो वैश्विक औसत समुद्र-स्तर वृद्धि की वर्तमान दर के बराबर है।

इक्कीसवीं सदी के अंत में, आरसीपी 4.5 परिदृश्य के तहत वैश्विक औसत वृद्धि के लिए लगभग 180 मिमी वृद्धि के संगत अनुमान के साथ उत्तरी हिंद महासागर में स्टेरिक समुद्र का स्तर 1986-2005 के औसत के सापेक्ष लगभग 300 मिमी बढ़ने का अनुमान है।

## उष्णकटिबंधीय चक्रवात

बीसवीं सदी (1951-2018) के मध्य से उत्तरी हिंद महासागर बेसिन के ऊपर उष्णकटिबंधीय चक्रवातों की वार्षिक आवृत्ति में उल्लेखनीय कमी आई है। इसके विपरीत, पिछले दो दशकों (2000-2018) के दौरान मानसून के बाद की ऋतु के दौरान बहुत प्रचंड चक्रवाती तूफानों की आवृत्ति में बहुत वृद्धि हुई है (प्रति दशक +1 घटना)। हालांकि, इन प्रवृत्तियों पर मानवजनित तापन के स्पष्ट संकेत अभी सामने नहीं आए हैं।

जलवायु मॉडल इक्कीसवीं सदी के दौरान उत्तरी हिंद महासागर बेसिन में उष्णकटिबंधीय चक्रवातों की तीव्रता में वृद्धि का अनुमान लगाते हैं।

## हिमालय में परिवर्तन

1951-2014 के दौरान हिंदू कुश हिमालय में लगभग 1.3 ° C तापमान वृद्धि का अनुभव किया गया है। हिंदू कुश हिमालय के अनेक क्षेत्रों में हाल के दशकों में हिमपात में गिरावट और हिमनदों के पीछे हटने की प्रवृत्ति का अनुभव हुआ है। इसके विपरीत, अधिक ऊंचाई वाले काराकोरम हिमालय में सर्दियों में अधिक बर्फबारी हुई है, जिसने इस क्षेत्र में ग्लेशियर को सिकुड़ने से बचा लिया है।

इक्कीसवीं सदी के अंत तक, हिंदू कुश हिमालय पर वार्षिक औसत सतह के तापमान में आरसीपी8.5 परिदृश्य के तहत लगभग 5.2 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि का अनुमान है। आरसीपी 8.5 परिदृश्य के तहत CMIP5 अनुमानमॉडलों के बीच वृद्धि विस्तार के साथ इक्कीसवीं सदी के अंत तक हिंदू कुश हिमालय के ऊपर वार्षिक वर्षा में वृद्धि परन्तु बर्फबारी में कमी का संकेत देते हैं।

## **Conclusions**

Since the middle of the twentieth century, India has witnessed a rise in average temperature; a decrease in monsoon precipitation; a rise in extreme temperature and rainfall events, droughts, and sea levels; and an increase in the intensity of severe cyclones, alongside other changes in the monsoon system. There is compelling scientific evidence that human activities have influenced these changes in regional climate. Human-induced climate change is expected to continue apace during the twenty-first century. To improve the accuracy of future climate projections, particularly in the context of regional forecasts, it is essential to develop strategic approaches for improving the knowledge of Earth system processes, and to continue enhancing observation systems and climate models.

\*\*\*\*\*

## निष्कर्ष

बीसवीं सदी के मध्य से, भारत में औसत तापमान में वृद्धि; मानसून वर्षा में कमी; अत्यधिक तापमान और वर्षा की घटनाओं में वृद्धि, सूखे और समुद्र स्तरों में वृद्धि; तथा मानसून प्रणाली में अन्य परिवर्तनों के साथ-साथ प्रचंड चक्रवातों की तीव्रता में वृद्धि देखी गई है। इस बात के अकाट्य वैज्ञानिक प्रमाण हैं कि मानवीय गतिविधियों ने क्षेत्रीय जलवायु में इन परिवर्तनों को प्रभावित किया है।

इक्कीसवीं सदी के दौरान मानव-प्रेरित जलवायु परिवर्तन के तेजी से जारी रहने की संभावना है। विशेष रूप से क्षेत्रीय पूर्वानुमानों के संदर्भ में भविष्य के जलवायु अनुमानों की सटीकता में सुधार करने के लिए, पृथ्वी प्रणाली प्रक्रियाओं के ज्ञान में सुधार के लिए रणनीतिक दृष्टिकोण विकसित करना तथा प्रेक्षण प्रणालियों और जलवायु मॉडलों का विस्तार करना जारी रखना आवश्यक है।

\*\*\*\*\*