ENVIRONMENTAL HEAT STRESS VULNERABILITY IN INDIA

ROHIT KUMAR CHOUDHARY

CENTRE FOR ATMOSPHERIC SCIENCES
INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY DELHI

DECEMBER 2024

ENVIRONMENTAL HEAT STRESS VULNERABILITY IN INDIA

by

ROHIT KUMAR CHOUDHARY

CENTRE FOR ATMOSPHERIC SCIENCES

Submitted

In fulfilment of the requirements of the degree of doctor of philosophy

to the

INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY DELHI

DECEMBER 2024

माँ, पिताजी

एवं

मेरे गुरुजनों को

समर्पित

Dedicated to

My Parents

and

Teachers

Certificate

This is to certify that the thesis entitled, "**Environmental Heat Stress Vulnerability in India,**" submitted by Mr. Rohit Kumar Choudhary for the award of the degree of Doctor of Philosophy, is a record of the original bonafide research work he carried out. He has worked under our guidance and supervision and has fulfilled the requirements for the submission of this thesis. The results presented in this thesis have not been submitted in part or full to any University or Institution for the award of any degree/diploma.

Prof. Sagnik Dey	**Prof. Dilip Ganguly**
Professor	Associate Professor
Centre for Atmospheric Sciences,	Centre for Atmospheric Sciences,
Indian Institute of Technology Delhi,	Indian Institute of Technology Delhi,
Hauz Khas, New Delhi-110016, India	Hauz Khas, New Delhi-110016, India

Acknowledgments

Words often fall short when acknowledging the people who have been the building blocks of our journey. I am profoundly thankful to many during this journey.

First and foremost, my deepest gratitude goes to my supervisor, Prof. Sagnik Dey, whose guidance and support have been pivotal throughout my academic journey. Prof. Dey provided invaluable academic insights and extended unwavering emotional support through his actions and encouragement. His mentorship has inspired me, fostering an environment where I could navigate challenges and excel in my research endeavors. I am genuinely grateful for Prof. Dey's multifaceted assistance, which has shaped my academic and personal growth. He is a true guru who has guided me to become a proficient teacher and will always be a role model for me in my academic endeavors.

My sincere appreciation goes to my esteemed joint supervisor, Prof. Dilip Ganguly, whose scholarly mentorship and academic guidance have been crucial to the successful completion of this thesis. I am deeply grateful for his support, advice, and the courses he taught during my PhD journey. I truly admire his support and motivation throughout my research career.

I express my profound thanks to the distinguished members of my Supervisory Research Committee (SRC), Prof. A. D. Rao, Prof. Manju Mohan, and Prof. Arun Kumar, for their invaluable insights and constructive critiques that significantly enhanced the depth and quality of my research.

I am grateful to the Newton-Bhabha Fund for funding my four-month stay in the UK for the PhD placement program. Thanks to the University of Leicester for supporting the research visit. Heartfelt acknowledgment goes to Dr. Harjinder Sembhi for her invaluable guidance during the Newton Bhabha Fellowship. Despite the short duration, her mentorship provided valuable insights and helped me gain more motivation to research endeavors. I also thank Prof. Hartmut Boesch for supporting me in this visit.

I sincerely appreciate the American Geophysical Union (AGU) for the Student Travel Grant to attend the AGU Fall Meeting 2018 in Washington, DC. This support enhanced my academic and professional growth, recognized by the Outstanding Student Presentation Award (OSPA) in 2021.

Thanks to the University Grant Commission (UGC) for the JRF Fellowship, which enabled me to do five years of PhD research at IIT Delhi. Special thanks to IIT Delhi for their financial and computational support during my academic journey. I always thank Dr. Srinivas Acharya, Dr. Trupti Das (CSIR, IMMT, Bhubaneswar), Prof. Sushil Kumar Dash, Prof. Pranab Kumar Nag, Prof. Santu Ghosh, and Prof. Somnath Baidya Roy for their academic wisdom and guidance. Special thanks to my mentors in life, my first school teacher, Shri Kushleswar Kansrali, and my other teachers, Smt. Angurbala Pattanaik, Tripathy Sir, Shri Ram Narayan Singh, Shri Pankaj Singh, Prof. Parag Singla, Prof. Nomesh Bolia, and Prof. Jitendra Kathait, for their guidance, support and care. I also want to thank Prof. V. Ramgopal Rao, the former director of IIT Delhi, who immensely helped and inspired me to participate in many social activities within the campus during my Ph.D. journey.

I am deeply grateful for my lab friends' camaraderie and collaborative spirit, which fostered a vibrant research environment. My Ph.D. journey became memorable due to friends like Shashi Tiwari and Anushree Biswas, who have always stood by my side through the ups and downs. My sincere thanks to my seniors for all the scientific discussions and helpful tips on handling errors and challenges: Dr. Pallavi Joshi, Dr. Sofiya Rao, Dr. Soumi Dutta, Dr. Sudipta Ghosh, Dr. Abhishek Upadhyay, Dr. Sourangshu Chowdhury, and Dr. Parth Sarathi Mahapatra, Dr. Sanak Ray, who supported and motivated me not only academically but also emotionally, like family. I also want to thank Dr. Sachiko Mohanty for teaching me atmospheric dynamics, which made my coursework easier. Thanks to my labmates Ekta, Deepshikha, Neha, Vineetha, and others for making my stay at CAS memorable. Special thanks to Jaswant, Pradeep, Bhavesh, Sushovan, Alok, Fahad, Gautam, and Amit Sharma for helping me with technical learning, allowing me to develop good skills in efficiently using MATLAB, Python, and other helpful software. I also want to thank Faizan, Narayan, and Pradeep, who helped me immensely during my knee surgery. My journey at CAS is incomplete without thanking Vijay Bhaiya for all his logistic support and administrative insights.

Life at IIT Delhi is not complete without my hostel, Karakoram. I want to thank the hostel warden, caretaker, and all the staff for making my stay comfortable. I am also grateful for the wonderful friends I made during my PhD, including Varunesh, Prabhakar, Amit, Akash, Adarsh, Animesh, Chandrashekhar, and Mukund, who made my hostel days memorable and a home away from home. I am also thankful to the Music Society (Udbhav) and Dramatic Society of IIT Delhi, where I was part of and had the opportunity to learn and enhance my social skills and showcase my musical talents through performances. I also want to thank the IIT Delhi Security unit, who helped with my research survey and ensured our safety and security on campus.

Special thanks are due to Sumedh Deshpande for his warm hospitality and support during my AGU meet 2018 visit and the gracious hospitality and family-like support of Shri

Dharamdas ji and his family from Leicester, who made the journey memorable forever in my life.

Appreciation extends to schoolmate friends Anil Kullu, Sridhar Sahu, Pradyumna Gidhi, Shivani Ray, Swarup Tripathi, and Shashikant whose enduring friendships have enriched my life. I thank my friends at IIT, including Akash Bansal, Varun, Chandra Bhushan, Suresh, Swati Varshney, and Pooja Basera, for their friendly support.

Words cannot adequately convey my gratitude to my family – Maa, Pitaaji, brother Suraj, and Puja Didi – for their unwavering encouragement and belief in my capabilities. Finally, my most profound appreciation goes to my wife, Vibha, whose love, support, and understanding have been my constant pillars throughout this academic journey. During this PhD journey, I became a father to my lovely daughter, Vedika, whose smile has been a blessing and a source of joy.

I thank all my teachers and mentors, whose teachings and blessings have helped me succeed in my endeavors. I am always grateful to the almighty God for blessing me with patience, perseverance, strength, and determination to complete this journey.

Date: Rohit Kumar Choudhary

Abstract

India, with its diverse geography and climate, experiences significant temperature variations. The National Crime Records Bureau (NCRB) reports that heat is a leading cause of mortality due to natural causes, contributing to 15%-18% of annual deaths, second only to lightning. One-third of these deaths occur in cities. Currently, 35% of the population lives in urban areas, which is expected to exceed 50% by 2050 due to rapid urbanization. Global temperatures have risen by 0.85°C since 1880, with further increases anticipated, particularly affecting human health in developing countries' cities. Heat waves pose higher stress risks, especially for vulnerable populations lacking adaptation resources.

Studies on heat in India primarily focus on heat waves, but other factors like humidity, wind, solar radiation, and livelihood also affect human physiology. Heat stress occurs when the body cannot dissipate heat, leading to heat strain. While studies highlight rising heat wave frequencies, limited research has examined heat-stress vulnerability in specific cities and workplaces, often considering only temperature and humidity. However, wind and solar radiation are crucial and should not be overlooked.

India's diverse climates and rising temperatures, coupled with more frequent heat waves, pose environmental challenges. Heat stress affects ecosystems and human health, impacting agriculture, crop yields, and livestock. Vulnerable populations, such as the elderly and those with pre-existing health conditions, are particularly at risk from prolonged high temperatures. Recognizing heat-related incidents as a leading cause of mortality underscores the urgent need for comprehensive public health strategies. Existing heat stress indices, developed in temperate

zones, are inadequate for India's diverse climates. There is a need for an India-specific index to assess heat-stress conditions accurately. Additionally, there is a lack of comprehensive assessments of heat-stress burden and vulnerability at the regional level, essential for effective policymaking.

This study used ERA-5 atmospheric reanalysis data from 1979 to 2020 to propose an India-specific heat index (IHI) and comfort thresholds, incorporating air temperature, relative humidity, wind speed, and solar radiation. The IHI and threshold values were applied to a climatological study of heat stress, assessing the burden and vulnerability across India at district and city levels. These thresholds were tested using a semi-parametric quasi-Poisson generalized additive regression model on mortality data from Delhi, Varanasi, and Chennai, representing semi-arid, humid subtropical, and tropical wet and dry climates, respectively. These zones cover over 75% of India's area and are home to about 88% of its population. The study estimated the relative risk of mortality due to heat stress on both heatwave and non-heatwave days.

Additionally, the study examined heat stress in 2010 and projected conditions for 2030 under different climate change scenarios (RCP 4.5 and RCP 8.5), accounting for aerosol direct radiative feedback. Another chapter focuses on urbanization's impact on heat stress, examining over a hundred cities. Urbanization was assessed using land use and land cover (LULC) data from the European Space Agency Climate Change Initiative (ESA CCI), land surface temperature (LST) data from MODIS Aqua, and the IHI for heat stress conditions. Global urban population data from LandScan Global were used to analyze population changes.

The study found increasing vulnerability to heat stress across India, with humid subtropical, semi-arid, and tropical wet and dry regions most affected. Districts are becoming more vulnerable, with extreme class exposures increasing almost threefold in the last four decades. Heat stress has risen by 2 to 2.4°C in India under climate change scenarios over the last 40 years. With pollution mitigation, heat stress is predicted to increase. As temperatures and heat stress rise, the diurnal temperature range (DTR) decreases, reducing heat dissipation and leading to more health issues. Mortality risks increase by 6%-8% with each unit rise in extreme comfort classes. Aerosols modulate temperature and heat stress, suggesting that pollution mitigation efforts might inadvertently intensify future heat stress, while higher aerosol concentrations could have a cooling effect.

This study aims to assist administrators in mitigating heat stress impacts, particularly in rapidly growing urban areas. Additionally, it projects future heat stress under anticipated climate change scenarios, providing insights for long-term planning and adaptation strategies.

सारांश

भारत, अपने विविध भौगोलिक स्थिति और जलवायु के साथ, महत्वपूर्ण तापमान भिन्नताओं का अनुभव करता है । नेशनल क्राइम रिकॉर्ड ब्यूरो, (NCRB) की वार्षिक रिपोर्टों से यह पता चलता है कि गर्मी प्राकृतिक कारणों से होने वाली मृत्यु का एक प्रमुख कारण है, जो की वार्षिक 15% -18% मौंते केवल गर्मी के अत्यधिक प्रकोप के कारण होतीं हैं । यह संख्या, बिजली गिरने से होने वाली मृत्यु संख्या के बाद दूसरे स्थान पर है । गर्मी के कारण होने वाली कुल मौतों की संख्या में से एक तिहाई मौतें केवल शहरों में होती हैं। वर्तमान में, भारत की कुल आबादी का 35% हिस्सा शहरी क्षेत्रों में रहता है, जो तेजी से बढ़ती शहरीकरण के कारण 2050 तक 50% से अधिक होने की उम्मीद है । 1880 के बाद से वैश्विक तापमान में 0.85 °C की वृद्धि हुई है, तथा आगे भी वृद्धि की संभावना है। इन कारणों से विशेष रूप से विकासशील देशों के शहरों में मानव स्वास्थ्य अधिक प्रभावित हो रहा है । गर्मी की लहरें अत्यधिक तनाव और जोखिम पैदा करती हैं, विशेष रूप से उन जनसंख्या को जो गर्मी से निपटने के लिए आवश्यक अनुकूल संसाधनों की कमी से जूझ रहे हैं।

भारत में गर्मी पर अध्ययन मुख्य रूप से गर्मी की लहरों (लू) पर केंद्रित है, लेकिन आर्द्रता, हवा, सौर विकिरण, साथ ही आजीविका तथा वेशभूषा आदि जैसे अन्य कारक भी मानव शरीर विज्ञान को प्रभावित करते हैं । जब शरीर अपने अनावश्यक गर्मी को, प्राकृतिक तरीकों से निष्कासित नहीं कर पाता, तब वह शरीर पर नकारात्मक प्रभाव डालता हैं। ऐसी पर्यावरणीय स्थिति के कारण से गर्मी का तनाव या फिर गर्मी-तनाव (हिट स्ट्रेस) होता है । जबकि ज्यादातर अध्ययन गर्मी की लहरों की बढ़ती आवृत्तियों पर प्रकाश डालती हैं, कुछ सीमित शोधों ने कुछ विशेष शहरों और कार्यस्थलों में होने वाली गर्मी-तनाव की संवेदनशीलता की भी जांच की है। परन्तु वह एक छोटे स्थान या कार्यक्षेत्र पर ही किया गया है । सामान्यतः, केवल तापमान और आर्द्रता पर विचार किया जाता है, जबकि हवा और सौर विकिरण भी महत्वपूर्ण हैं, और इन्हें नज़रअंदाज़ नहीं किया जाना चाहिए ।

भारत की विविध जलवायु और बढ़ते तापमान के साथ-साथ अधिक बार होने वाली गर्मी की लहरों के कारण पर्यावरणीय चुनौतियाँ पैदा करती हैं । हिट-स्ट्रेस पारिस्थितिक तंत्र और मानव स्वास्थ्य को प्रभावित करता है, जिससे कृषि, फसल की पैदावार और पशुधन भी प्रभावित होता है । शारीरिक रूप से कमजोर वर्ग, विशेष रूप से, वृद्ध और पहले से स्वास्थ्य समस्याओं से पीड़ित लोग, उच्च तापमान से अधिक जोखिम में होते हैं । गर्मी से संबंधित घटनाओं को मृत्यु दर के प्रमुख कारण के रूप में पहचानना, व्यापक सार्वजनिक स्वास्थ्य रणनीतियों की तत्काल आवश्यकता को रेखांकित करता है। समशीतोष्ण क्षेत्रों में विकसित मौजूदा ताप तनाव सूचकांक (हिट-स्ट्रेस इंडेक्स), भारत की विविध जलवायु क्षेत्र के लिए अपर्याप्त प्रतीत होता हैं । इस कारण, हिट-स्ट्रेस की स्थिति का सटीक आकलन करने के लिए एक भारत-विशिष्ट सूचकांक की आवश्यकता है । इसके अतिरिक्त, भिन्न जलवायु वाले क्षेत्रीय स्तर पर हिट-स्ट्रेस के बोझ और संवेदनशीलता के व्यापक आकलन का भी अभाव है, जो की एक प्रभावी नीति निर्धारण के लिए अति आवश्यक है ।

इस अध्ययन में हवा के तापमान (temperature), सापेक्ष आर्द्रता (relative humidity), हवा की गति (wind) और सौर विकिरण (solar radiation) को शामिल करते हुए भारत-विशिष्ट ताप सूचकांक, इंडिया हीट इंडेक्स (IHI) और मनुष्य शरीर पर तापमान के विभिन्न स्तर पर प्रभावों को आकलन करने हेतु पांच कम्फर्ट क्लास थ्रेसहोल्ड प्रस्तावित किया गया है । इस अध्ययन के लिए 1979 से 2020 तक की, पांचवीं पीढ़ी की यूरोपियन सेंटर फॉर मीडियम रेंज वेदर फोरकास्ट के वायुमंडलीय पुनर्विश्लेषण डेटा (ECMWF Re-Analysis, ERA5) का उपयोग किया गया है । IHI और थ्रेशोल्ड मानों को पूरे भारत में जिला और विभिन्न स्मार्ट शहरों में बढ़ते शहरीकरण के अंतर्गत गर्मी से होने वाले तनाव के बोझ का आकलन करने हेतु इस अध्ययन को किया गया है , साथ ही हिट-स्ट्रेस पर जलवायु परिवर्तन संबंधी अध्ययन के लिए भी इनका प्रयोग किया गया है । यही गर्मी सूचकांक तथा कम्फर्ट क्लास थ्रेशोल्ड का परीक्षण दिल्ली, वाराणसी और चेन्नई के मृत्यु संख्या पर, सेमी पैरामीट्रिक क्वुअसी-पॉइसन जेनेरलाइज़्ड एडिटिव रिग्रेशन मॉडल का उपयोग करके किया गया है, जो क्रमशः अर्ध-शुष्क, आर्द्र उपोष्णकटिबंधीय और उष्णकटिबंधीय गीले और शुष्क जलवायु का प्रतिनिधित्व करते हैं । यह तीन जलवायु क्षेत्र भारत का लगभग 75% से अधिक भौगोलिक क्षेत्र में फैले हुए हैं और भारत की लगभग

88% आबादी इन्हीं क्षेत्रों में रहती हैं । अध्ययन में लू और बिना लू वाले दिनों में गर्मी के तनाव के कारण मृत्यु के सापेक्ष जोखिम (रिलेटिव रिस्क) का अनुमान लगाया गया है।

इसके अतिरिक्त, इस अध्ययन में साल 2010 तथा 2030 में वायु प्रदुषण , विशेष कर एयरोसोल का प्रभाव आने वाले दिनों के जलवायु पर किस प्रकार होगा तथा, हिट-स्ट्रेस पर इसका क्या प्रभाव पड़ेगा, इसका अध्ययन किया गया है । हिट-स्ट्रेस की जांच की गयी है और एयरोसोल प्रत्यक्ष विकिरण प्रतिक्रिया को समझते हुए , विभिन्न जलवायु परिवर्तन परिदृश्यों (RCP 4.5 और RCP 8.5) के तहत 2030 के लिए अनुमानित स्थितियों का भी आकलन किया गया है ।

एक अध्याय जिसमें की, हिट-स्ट्रेस पर बढ़ते शहरीकरण के प्रभाव को देखा गया है, जिसमें सौ से अधिक शहरों की जांच की गई है । शहरीकरण के बढ़ते स्तर का मूल्यांकन, यूरोपीय स्पेस एजेंसी क्लाइमेट चेंज इनिशिएटिव (ESA CCI) से लैंड युज लैंड कवर (LULC) डेटा, लैंड सरफेस टेम्परेचर (LST) डेटा और गर्मी तनाव स्थितियों के लिए IHI का उपयोग करके किया गया है । जनसंख्या परिवर्तन का विश्लेषण करने के लिए लैंडस्कैन ग्लोबल के वैश्विक शहरी जनसंख्या डेटा का उपयोग किया गया ।

अध्ययन में पाया गया कि पूरे भारत में गर्मी के तनाव के प्रति संवेदनशीलता बढ़ रही है, जिसमें आर्द्र उपोष्णकटिबंधीय, अर्ध-शुष्क और उष्णकटिबंधीय गीले और शुष्क क्षेत्र सबसे अधिक प्रभावित हैं । जिले अधिक असुरक्षित होते जा रहे है । पिछले चार दशकों में अत्यधिक जोखिम वाले गर्मी के प्रभाव, कम्फर्ट क्लास के सबसे अधिक जोखिम वाले स्तर (वैरी हॉट और स्वेल्टरिंग) से ग्रसित जिलों की संख्या तीन गुना तक बढ़ गयी हैं । पिछले 40 वर्षों में जलवायु परिवर्तन परिदृश्यों के तहत भारत में गर्मी का तनाव 2°C से 2.4 °C तक बढ़ गया है । प्रदूषण कम होने से गर्मी का तनाव अधिक बढ़ने का अनुमान है । जैसे-जैसे तापमान और गर्मी का तनाव बढ़ता है, दिन रात के तापमान का अंतर, (डाइयुर्नल टेम्परेचर रेंज, DTR), कम हो जाती है, जिस कारण शरीर से गर्मी के प्राकृतिक रूप से घटने की क्षमता कम हो जाती हैं , और अधिक स्वास्थ्य समस्याएं पैदा होती हैं । IHI के पांच स्तर के मानक (कम्फर्ट क्लास थ्रेसहोल्ड्स) बनाये गए हैं , जिसमें अत्यधिक प्रभावी स्वेल्टरिंग क्लास में प्रति इकाई की वृद्धि के साथ मृत्यु दर का जोखिम 6%-8% बढ़ जाता है। एयरोसोल तापमान और गर्मी के तनाव को प्रभावित करते

हैं, एयरोसोल की कमी के कारण पर्यावरणीय तापमान अधिक बढ़ सकता है, जिससे पता चलता है कि प्रदूषण शमन के प्रयास अनजाने में भविष्य में गर्मी के तनाव को बढ़ा सकते हैं, जबकि उच्च एयरोसोल का शीतलन प्रभाव हो सकता है ।

इस अध्ययन का उद्देश्य विशेष रूप से तेजी से बढ़ते शहरी क्षेत्रों में हिट-स्ट्रेस के प्रभावों को कम करने में प्रशासकों की सहायता करना है। इसके अतिरिक्त, यह प्रत्याशित जलवायु परिवर्तन परिदृश्यों के तहत भविष्य में हिट-स्ट्रेस को दर्शाता है, तथा दीर्घकालिक योजना और अनुकूलन रणनीतियों के लिए अंतर्दृष्टि प्रदान करता है ।

Table of Contents

List of Figures

List of Tables

List of Abbreviations

#	Abbreviation	Expansion
1	AR6	The Sixth Assessment Report (of IPCC)
2	AT	Apparent Temperature
3	Avg	Average
4	BC	Black Carbon
5	Climate AR	Arid Climate
6	Climate HS	Humid Subtropical Climate
7	Climate MO	Montane Climate
8	Climate SA	Semi-Arid Climate
9	Climate TW	Tropical Wet Climate
10	Climate TWD	Tropical Wet and Dry Climate
11	CPCB	Central Pollution Control Board
12	D1	Decade 1 (1981-1990)
13	D2	Decade 2 (1991-2000)
14	D3	Decade 3 (2001-2010)
15	D4	Decade 4 (2011-2020)
16	DTR	Diurnal Temperature Range
17	ECLIPSE	Climate and Air Quality Impact of Short-Lived Pollutant Emission
18	ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
19	ERA	ECMWF Re-Analysis
20	ESACCI	European Space Agency Climate Change Initiative
21	GHG	Greenhouse Gases
22	GOCART	Goddard Chemistry Aerosol Radiation and Transport
23	GoI	Government of India
24	HI	Heat Index
25	HSI	Heat Stress Index
26	HW	Heat Wave
27	IHI	India Heat Index
28	IMD	India Meteorological Department
29	IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
30	IPCC WG-II	Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group II
31	LP DAAC	Land Processes Distributed Active Archive Center
32	LMICs	Low And Middle-Income Countries
33	LST	Land Surface Temperature
34	LULC	Land Use Land Cover
35	MHA	Ministry of Home Affairs
36	MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

37	NASA	National Aeronautics and Space Administration
38	NCRB	National Crime Records Bureau
39	NHW	Non- Heat Wave
40	NOAA	The National Oceanic and Atmospheric Administration
41	NRMSE	Normalized Root Mean Square Error
42	OC	Organic Carbon
43	$PM_{2.5}$	Particulate Matter of size 2.5 micron
44	PSI	Physiological Strain Index
45	RCP	Representative Concentration Pathway
46	RH	Relative Humidity
47	SLCPs	Short-Lived Climate Pollutants
48	SR	Solar Radiation
49	SUHI	Surface Urban Heat Island
50	T_a	Temperature
51	T_g	Globe Temperature
52	T_{nwb}	Natural Wet Bulb Temperature
53	UHI	Urban Heat Island
54	UN	United Nations
55	UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
56	US-NWS	National Weather Service of The United States
57	UTCI	Universal Thermal Climate Index
58	WBGT	Wet-Bulb Globe Temperature
59	WRF-Chem	Weather Research Forecasting Model Coupled with Chemistry
60	WS	Wind Speed