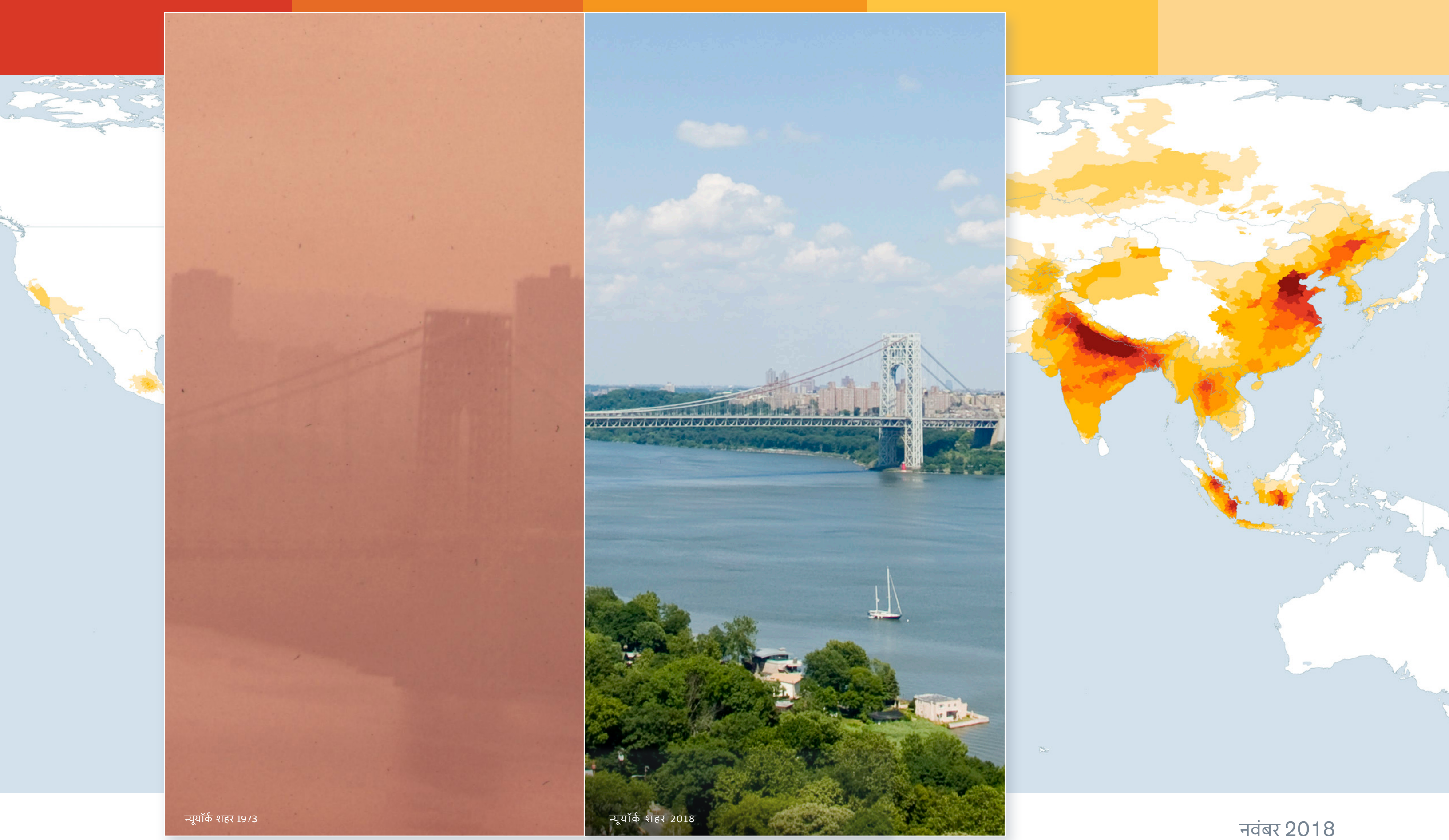
एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स का परिचय

कणीय वायु प्रदूषण, मानव स्वास्थ्य, और वैश्विक नीति के बारे में बारह तथ्य

द्वारा – माइकल ग्रीनस्टोन और क्लेयर क्विंग फैन, शिकागो विश्वविद्यालय स्थित एनर्जी पॉलिसी इंस्टीट्यूट



नवंबर 2018

RUSTON, WA | EPA 1970

विषयवस्तु सूची

कार्यकारी सारांश 4

खंड I
कणीय वायु प्रदूषण की पृष्ठभूमि 6

तथ्य 1 कणीय पदार्थ हृदय-श्वसन संस्थान के छोटे लेकिन घातक घुसपैठिए हैं . . . 7

तथ्य 2 ऊर्जा का उत्पादन कणीय प्रदूषण का प्रमुख स्रोत है . . . 8

तथ्य 3 प्रौद्योगिकियां कणीय प्रदूषण कम कर सकती हैं, लेकिन वे ऊर्जा की लागत बढ़ा देती हैं . . . 9

खंड II
एक्सपोजर के प्रभावों पर प्रमाण 10

तथ्य 4 अध्ययन कणीय प्रदूषण और स्वास्थ्य को जोड़ते तो हैं, लेकिन महत्वपूर्ण प्रश्नों को अनुत्तरित छोड़ देते हैं . . . 11

तथ्य 5 सबसे हाल का प्रमाण दर्शाता है कि कणीय प्रदूषण के एक्सपोजर के कारण जिंदगी कम होती है . . . 12

खंड III
एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स (वायु गुणवत्ता जनित जीवन सूचकांक) का परिचय 14

तथ्य 6 एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में पूरी दुनिया के लिए प्रदूषण की उपग्रह आधारित अत्यंत स्थानीय माप का उपयोग होता है . . . 15

तथ्य 7 एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स कणीय प्रदूषण घटने से जीवन प्रत्याशा में होने वाली वृद्धि की जानकारी देता है . . . 16

खंड IV
प्रभावी एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स 18

तथ्य 8 कणीय प्रदूषण मानव स्वास्थ्य के लिए सबसे बड़ा बाहरी जोखिम है . . . 19

तथ्य 9 कणीय प्रदूषण के कारण जीवन प्रत्याशा में कमी 1998 के 1.0 वर्ष से बढ़कर 2016 मे 1.8 वर्ष हो गई है . . . 20

तथ्य 10 कणीय प्रदूषण के वर्तमान संकेंद्रणों के कारण 63.5 करोड़ लोगों का जीवनकाल न्यूनतम 5 वर्ष घट जाने का अनुमान है . . . 21

खंड V
प्रदूषण संबंधी नीतियों का ट्रैक रिकॉर्ड 22

तथ्य 11 कणीय प्रदूषण में कमी के कारण संयुक्त राज्य अमेरिका के निवासी 1970 की अपेक्षा 1.5 वर्ष अधिक जी रहे हैं . . . 23

तथ्य 12 चीन अपना “प्रदूषण विरोधी युद्ध” जीत रहा है . . . 24

परिशिष्ट आंकड़े और प्रविधि . . . 26

कणीय प्रदूषण और जीवन प्रत्याशा संबंधी प्रभावों की देश आधारित तालिका . . . 30

संदर्भ . . . 34

डॉ. आरोन वान डोंकेलार और डलहौसी विश्वविद्यालय के एटमॉस्फेरिक कंपोजिशन एनालिसिस ग्रुप को पीएम$_{2.5}$ के उपग्रह से प्राप्त अशोधित आंकड़े उपलब्ध कराने के लिए विशेष धन्यवाद।

कार्यकारी सारांश

कणीय पदार्थों (पीएम) के कारण वायु प्रदूषण अभी पूरी दुनिया में मानव स्वास्थ्य के लिए सबसे बड़ा खतरा है।

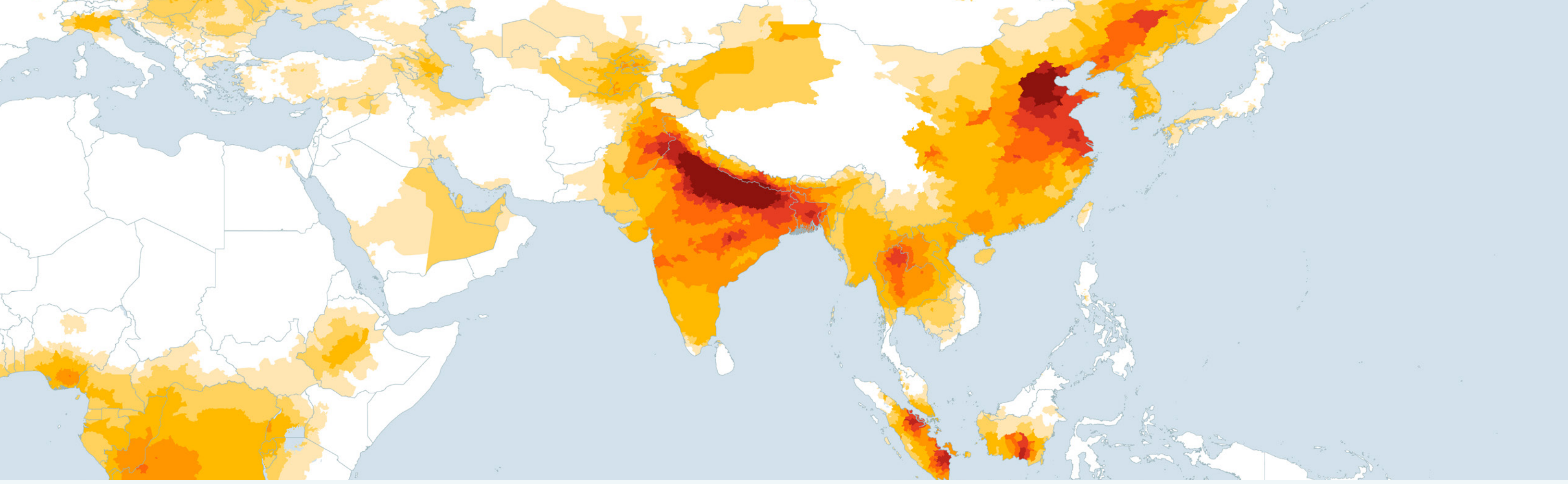
इसके अतिसूक्ष्म कण शरीर की प्राकृतिक प्रतिरक्षा को दरकिनार करके फेफड़ों में काफी अंदर चले जाते हैं। वहां से वे खून के प्रवाह में घुस जा सकते हैं और फेफड़े के रोग, कैंसर, स्ट्रोक और हृदयाघात (हर्ट अटैक) के कारण बन सकते हैं। संज्ञान पर भी इसके घातक प्रभावों के प्रमाण मिले हैं। इन जोखिमों के बावजूद, अभी तक समाज को आम तौर पर कणीय पदार्थों से होने वाले वायु प्रदूषण के स्तरों और मानव स्वास्थ्य के बीच संबंध की व्यापक समझ नहीं है। अधिकांश लोगों के लिए कणीय वायु प्रदूषण के एक्सपोजर और जोखिम को समझने का एकमात्र स्रोत लोकप्रिय वायु प्रदूषण सूचकांक (एक्यूआइ) रहा है जिसमें दैनिक वायु प्रदूषण का मानकीय मूल्यांकन उपलब्ध कराने के लिए एक कलर-कोडेड सिस्टम का उपयोग किया जाता है। लेकिन ये रंग स्वास्थ्य संबंधी वास्तविक जोखिम का बहुत कम अहसास करा पाते हैं, और अक्सर इनके साथ इकाइयों की माप (जैसे माइक्रोग्राम प्रदूषण प्रति घनमीटर) लिखी रहती है जिससे लगभग सभी लोग अपरिचित हैं।

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स कणीय पदार्थों से होने वाले वायु प्रदूषण के द्वारा स्वास्थ्य पर उपस्थित जोखिमों को मापने और बताने के मामले में पूरी तरह से नई प्रगति है। इसलिए कि एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स कणीय वायु प्रदूषण को अस्तित्व में मौजूद संभवतः सबसे महत्वपूर्ण पैमाने - जीवन प्रत्याशा पर उसके प्रभाव - में बदल देता है।

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स दर्शाता है कि कणीय पदार्थों का संक्रेद्रण विश्व स्वास्थ्य संघ (डब्ल्यूएचओ) द्वारा सुरक्षित समझी जाने वाली सीमा में रहने पर पूरी दुनिया की सारी महिलाओं, पुरुषों और बच्चों की जितनी औसत जीवन प्रत्याशा (अर्थात औसतन जितने वर्ष जीवित रहने की संभावना) होती, कणीय पदार्थों से होने वाले वायु प्रदूषण के कारण वह उससे लगभग 2 वर्ष घट जाती है। जीवन प्रत्याशा को होने वाला यह नुकसान टीबी और एचआइवी/ एड्स जैसे संचारी रोगों, सिगरेट पीने जैसे व्यवहार जनित मारकों और यहां तक कि युद्ध के कारण होने वाले नुकसान से भी अधिक विनाशकारी है।

इसका दुनिया के कुछ क्षेत्रों पर दूसरे क्षेत्रों से अधिक प्रभाव पड़ता है। जैसे, संयुक्त राज्य अमेरिका में, जहां प्रदूषण कम है, इससे जीवन प्रत्याशा में विश्व स्वास्थ्य संगठन के गाइडलाइन से मात्र 0.1 वर्ष कमी आती है। लेकिन चीन और भारत में, जहां प्रदूषण काफी अधिक है, कणीय पदार्थों के संकेंद्रण को घटाकर विश्व स्वास्थ्य संगठन की गाइडलाइन के स्तर तक ले लाने पर औसत जीवन प्रत्याशा क्रमशः 2.9 वर्ष और 4.3 वर्ष बढ़ जाएगी।

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स की जड़ सहकर्मियों द्वारा समीक्षित शोध में है जिसके द्वारा पहली बार मनुष्यों पर वायु प्रदूषण के दीर्घकालिक एक्सपोजर और जीवन प्रत्याशा के बीच कार्य-कारण संबंध को मापा गया है। उसके बाद यह सूचकांक इस शोध को कणीय पदार्थों के अत्यंत स्थानीयकृत वैश्विक मापों के साथ जोड़ता है। इसके कारण हमें पूरी दुनिया के समुदायों में वायु प्रदूषण के वास्तविक व्यय के बारे में अप्रत्याशित समझ हासिल होती है। जैसे, दिल्ली के औसत निवासी अत्यधिक प्रदूषण के कारण 10 वर्ष कम जीएंगे, जबकि बींजिग और लास ऐंजेल्स के निवासियों की उम्र क्रमशः 6 वर्ष और 1 वर्ष के आसपास घट जाएगी।



इन कारकों के अतिरिक्त, एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स कुछ महत्वपूर्ण मामलों में बिल्कुल अलग है :

- एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स का मूल शोधकार्य वर्तमान समय में एशिया के अनेक हिस्सों में मौजूद प्रदूषण के अति उच्च संकेंद्रण वाले वासस्थलों के आंकड़ों पर आधारित है। पहले के शोध कार्यो में अमेरिका में मौजूद प्रदूषण के निम्न स्तर से प्राप्त सहचारी प्रमाण (एसोसिएशनल एविडेंस) के एक्स्ट्रापोलेशन या सिगरेट पीने पर किए गए अध्ययनों के एक्स्ट्रापोलेशन पर भरोसा किया गया है।
- एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के मूल शोध की कारणमूलक प्रकृति के चलते स्वास्थ्य को प्रभावित करने वाले अन्य कारकों से वायु प्रदूषण के प्रभाव को अलग करने की गुंजाइश बनती है। इसके विपरीत, स्वास्थ्य पर वायु प्रदूषण के प्रभावों का सारांश प्रस्तुत करने वाले पहले के प्रयासों में उन सहचारी (एसोसिएशनल) अध्ययनों पर भरोसा किया गया है जिनमें मानव स्वास्थ्य पर पड़ने वाले अन्य निर्धारकों के साथ वायु प्रदूषण के प्रभावों के गड्डमड्ड हो जाने की आशंका रही है।
- एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के जरिए किसी औसत व्यक्ति के लिए जीवन प्रत्याशा में कमी के आकलन प्रस्तुत किए जाते हैं। वहीं, अन्य दृष्टिकोणों में वायु प्रदूषण के कारण समय से पहले मरने वाले लोगों की संख्या बताई जाती है, जिससे यह प्रश्न अनुत्तरित रह जाता है कि उनकी जिंदगी कितनी घटी।
- एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में अत्यंत स्थानीय स्तर के लिए उपग्रह से प्राप्त आंकड़ों का उपयोग किया जाता है। पहले के अध्ययनों की तरह काफी अधिक समूहित (ऍग्रीगेटेड) स्तरों पर जानकारी देने के बजाय इससे किसी देश में या पूरी दुनिया में ऐसे किसी स्तर पर जीवन प्रत्याशा पर होने वाले प्रभावों की जानकारी देना संभव हो जाता है।

पूरी दुनिया के आम लोगों के लिए महत्व के अलावा, एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स नीति निर्माताओं के लिए भी बहुमूल्य साधन हो सकता है। इसका उपयोग हवा की गुणवत्ता और जीवन संभाविता, दोनो के लिहाज से प्रदूषण में कमी के प्रभाव की माप, ट्रैकिंग और व्याख्या की जा सकती है। जैसे, स्वच्छ वायु अधिनियम के कारण वायु प्रदूषण में कमी आने से औसत अमेरिकी व्यक्ति की जीवन प्रत्याशा 1970 की अपेक्षा 1.5 वर्ष बढ़ गई है। एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के आंकड़े यह भी दर्शाते हैं कि बिल्कुल हाल में, चीन ने ''प्रदूषण पर युद्ध'' छेड़ने के तीन वर्षों के अंदर वायु प्रदूषण में काफी कमी लाई है। अगर इन सुधारों को बरकरार रखा जाता है, तो वहां के औसत निवासी देखेंगे कि उनकी जीवन प्रत्याशा 0.5 वर्ष बढ़ गई है।

इस दस्तावेज के बाकी हिस्से में कणीय वायु प्रदूषण और एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के बारे में बारह तथ्य प्रस्तुत किए गए हैं। खंड 1 में कणीय वायु प्रदूषण, मानव शरीर पर उसके प्रभाव और उसके मुख्य स्रोतों की मूल पृष्ठभूमि बताई गई है। खंड 2 में बताया गया है कि स्वास्थ्य पर कणीय वायु प्रदूषण के प्रभाव के बारे में शोधकर्ता क्या जानते हैं और क्या नहीं जानते हैं। खंड 3 में बताया गया है कि एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स क्या है और उसका उपयोग कैसे किया जा सकता है। और खंड 4 में जीवन प्रत्याशा पर प्रदूषण के खतरे की गंभीरता को, और यह कहां सबसे गंभीर स्थिति में है, इसे प्रकट करने के लिए एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के लेंस का उपयोग किया गया है।

कणीय पदार्थों के कारण होने वाला वायु प्रदूषण वैश्विक जीवन संभाव्यता को लगभग 2 वर्ष घटा देता है।

खंड I

कणीय वायु प्रदूषण की पृष्ठभूमि

माना जाता है कि वायु प्रदूषण का सबसे घातक स्वरूप कणीय पदार्थों के कारण होने वाला वायु प्रदूषण है। इसके सूक्ष्म कण फेफड़ों में गहराई से प्रवेश करते है और खून के प्रवाह में भी चले जाते हैं। वहां से वे फेफड़ों के रोग, कैंसर, स्ट्रोक और हृदयाघात (हर्ट अटैक) के भी कारण बन सकते हैं। इस कणीय प्रदूषण का अधिकांश हिस्सा जीवाश्म इंधनों - जलवायु परिवर्तन में योगदान करने वाले जीवाश्म इंधनों - के जलने से पैदा होता है।

तथ्य 1

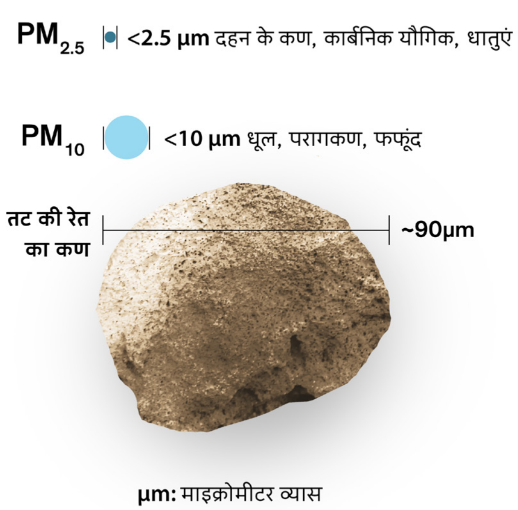
कणीय पदार्थ हृदय-श्वसन संस्थान के छोटे लेकिन घातक घुसपैठिए हैं।

कणीय पदार्थ (पीएम) का अर्थ कालिख, धुआं, धूल, और अन्य चीजों के वैसे ठोस या तरल कणों से है जो हवा में निलंबित रहते हैं। जब हवा कणीय पदार्थों से प्रदूषित होती है, तो ये कण हमारे शरीर की जरूरत वाले ऑक्सीजन के साथ हमारी श्वास प्रणाली में प्रवेश कर जाते हैं।

जब कणीय पदार्थ सांस के जरिए हमारी नाक या मुंह में जाते हैं, तो हर कण का भाग्य उसके आकार पर निर्भर करता है – कण जितने छोटे होते हैं, वे हमारे शरीर में उतने ही अधिक अंदर चले जाते हैं। 10 माइक्रोमीटर से कम व्यास वाले पीएम10 कणों को ''पूर्णतः निलंबित पदार्थ'' (टीएसपी) में शामिल किया जाता है। वे इतने छोटे होते हैं कि नाक में मौजूद बालों के बीच से घुसकर अंदर चले जाते हैं। वे श्वास मार्ग से होकर हमारे फेफड़ों में चले जाते हैं जहां कणों की सतह पर मौजूद धातु वाले तत्व फेफड़े के कोषों का ऑक्सीकरण कर देते हैं, उनके डीएनए को क्षतिग्रस्त कर देते हैं और कैंसर पैदा होने का जोखिम बढ़ा देते हैं।[1] फेफड़ा के कोषों के साथ कणों के संपर्क के कारण सूजन, जलन, विक्षोभ, और हवा का प्रवाह में रुकावट पैदा होती है जिससे सीओपीडी (क्रॉनिक ऑब्सट्रक्टिव पल्मोनरी डिजॉर्डर), सिस्टिक लंग डिजिज, और ब्रौंकाइक्टेसिस जैसे सांस लेने में कठिनाई को बढ़ाने वाले फेफड़े के रोग बढ़ जाते हैं या उनका जोखिम बढ़ जाता है।[2]

इससे छोटे कण - पीएम$_{2.5}$ अर्थात 2.5 माइक्रोमीटर से कम व्यास वाले कण - तो और भी अधिक घातक होते हैं। उनका व्यास मनुष्यों के बाल का मात्र 3 प्रतिशत होता है। फेफड़े के रोग का जोखिम बढ़ाने के अलावा, पीएम$_{2.5}$ और भी गहराई तक चले जाते हैं - फेफड़े की अल्वियोली में जो रक्त-नलिकाओं से ढंके एयर सैक्स होते हैं जहां खून कार्बन डायक्साइड छोड़कर ऑक्सीजन ग्रहण करता है। अल्वियोली से होकर खून की धारा में घुसते ही पीएम$_{2.5}$ रक्त-नलिकाओं में सूजन पैदा करके या वसायुक्त पपड़ी बनाकर उन्हें संकरा कर देते हैं। इससे रक्तचाप बढ़ जाता है या खून के थक्के बनने लगते हैं। इसके कारण हृदय और मस्तिष्क तक पहुंचने वाले रक्त का प्रवाह रुक सकता है जिसके चलते स्ट्रोक या हृदयाघात (हर्ट अटैक) हो सकता है। हाल के वर्षों में शोधकर्ताओं ने गौर करना शुरू किया है कि कणीय पदार्थ जनित प्रदूषण का संबंध संज्ञानात्मक कार्यों (कॉग्नीटिव फंक्शंस) को घटाने से भी है। उनलोगों का सोचना है कि खून के प्रवाह में पीएम$_{2.5}$ के पहुंचने के चलते सूजन होने से मस्तिष्क अधिक तेजी से बूढ़ा होने लग सकता है। इसके अलावा इससे मस्तिष्क का श्वेत पदार्थ भी क्षतिग्रस्त हो सकता है। इसी श्वेत पदार्थ के कारण मस्तिष्क के विभिन्न क्षेत्रों के द्वारा संवाद हो पाता है।[3]
पीएम$_{2.5}$ के कारण जिस तरह से श्वेत पदार्थ क्षतिग्रस्त होता है, वैसी क्षति अल्जाइमर और डिमेंशिया जैसे रोगों से भी जुड़ी पाई गई है।[4]

पीएम$_{2.5}$ कणों का छोटा आकार उन्हें शारीरिक लिहाज से ही नुकसानदेह नहीं बनाता। इसके कारण ये कण हवा में संभवतः हफ्तों तक मौजूद रह सकते हैं और सैंकड़ों-हजारों किलोमीटर यात्रा कर सकते हैं।[5] इससे इसकी आशंका बढ़ जाती है कि ये कण जमीन पर पहुंचकर इकट्ठा होने के पहले मनुष्यों की सांस के जरिए उनके शरीर में पहुंच जाएंगे।



2 Xing et al., 2016

3 E.g. Ling & van Eeden, 2009

4 Gibbens, 2018

5 Iadecola, 2013

तथ्य 2

ऊर्जा का उत्पादान कणीय प्रदूषण का प्रमुख स्रोत है।

हालांकि कुछ कण धूल, समुद्री नमक, और जंगल की आग जैसे प्राकृतिक स्रोतों से भी आते हें, लेकिन अधिकांश पीएम$_{2.5}$ प्रदूषण मनुष्यों द्वारा पैदा किया हुआ है। इस तथ्य की जानकारी हमें काफी पहले से है कि कोयला को जलाने से हवा प्रदूषित होती है। 1300 ईस्वी के आसपास इंगलैंड के किंग एडवर्ड प्रथम ने तय किया था कि उनके राज्य में कोयला जलाने वाले को मौत की सजा दी जाएगी। आज जीवाश्म इंधन जलाने से विनाशकारी जलवायु परिवर्तन के संकट को बढ़ा देने वाला कार्बन डायक्साइड ही नहां निकलता है। यह मानव निर्मित पीएम$_{2.5}$ का प्रमुख वैश्विक स्रोत भी है।[6] यह तीन अलग-अलग तरीकों से कणीय पदार्थों को पैदा करता है[7]:

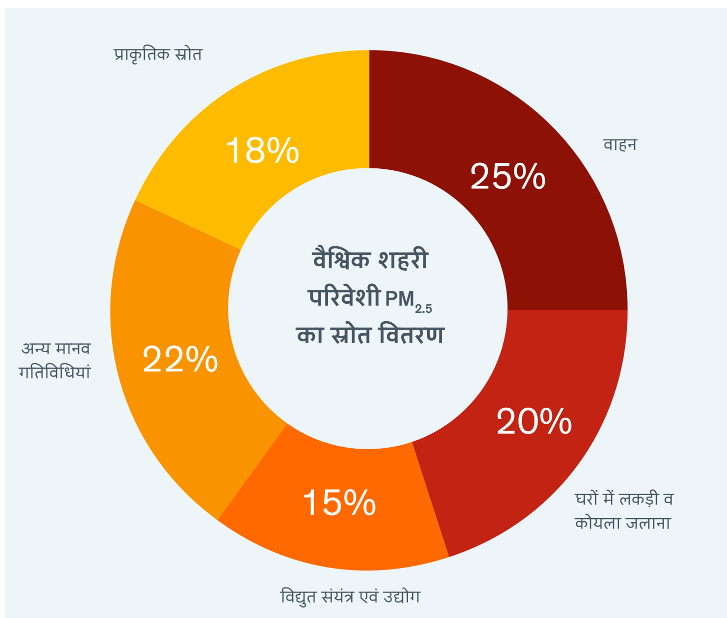
चूंकि कोयला में सल्फ़र होता है इसलिए कोयला आधारित विद्युत संयंत्रों और औद्योगिक इकाइयों में सल्फर डायक्साइड गैस पैदा होती है। हवा में जाने के बाद यह गैस वायुमंडल के ऑक्सीजन और उसके बाद अमोनिया से प्रतिक्रिया करके सल्फेट कणों को पैदा कर सकती है।

वाहनों के इंधन और विद्युत संयंत्र जैसी चीजों में उच्च तापमान पर होने वाले दहन के दौरान नाइट्रोजन डायक्साइड गैस निकलती है जो हवा में वैसी प्रतिक्रिया करके नाइट्रेट कणों को पैदा करती है।

डीजल इंजन, कोयला आधारित विद्युत संयंत्र, और घरेलू इंधन के रूप में कोयला जलाना - सभी के दौरान अपूर्ण दहन होता है। इस प्रकार के दहन में इंधन की निश्चित मात्रा से अधिकतम संभव ऊर्जा पैदा करने के लिए पर्याप्त मात्रा में ऑक्सीजन मौजूद नहीं होता है। इंधन का अधिशेष कार्बन पीएम$_{2.5}$ का एक घटक - कजली - बन जाता है जिसका जलवायु परिवर्तन में कार्बन डायक्साइड और संभवतः मिथेन के बाद सबसे अधिक योगदान है।

जीवाश्म इंधन के दहन के अलावा, घर में खाना पकाने और घर गर्म करने के लिए लकड़ी और फसलों की ठूंठ जैसे जैव इंधनों के दहन के जरिए भी लोग पीएम$_{2.5}$ पैदा करते हैं। जैव इंधन के जलने से ब्लैक कार्बन और कार्बनिक कण निकलते हैं। दुनिया के कई हिस्सों में कणीय प्रदूषण में जैव इंधनों के दहन के योगदान की तुलना जीवाश्म इंधनों के तहत के साथ की जा सकती है। खेती के लिए जमीन साफ करने के लिहाज से बायोमास अर्थात जंगलों, घास के मैदानों (सवाना), और खेतों में फसलों की ठूंट को जलाना भी मानवजनित कणीय प्रदूषण का बड़ा स्रोत है।[8]

चित्र 1 · वैश्विक शहरी परिवेशी PM$_{2.5}$ का स्रोत वितरण



स्रोत: Karagulian et al., 2015

6 Wilson & Suh, 1997
7 Philip et al., 2014
8 NRC, 2010

तथ्य 3

प्रौद्योगिकियां कणीय प्रदूषण कम कर सकती हैं, लेकिन वे ऊर्जा की लागत बढ़ा देती हैं।

अनेक उपलब्ध प्रौद्योगिकियां उर्जा का उत्पादन और जीवन की गुणवत्ता बरकरार रखते हुए कणीय वायु प्रदूषण और कणों के पूर्ववर्ती उत्सर्जनों को घटाने के अवसर देती हैं। स्थायी और चलंत (मोबाइल), दोनो तरह के प्रदूषण के स्रोत अंततः सल्फेट कण बन जाने वाले सल्फर डायक्साइड का उत्सर्जन घटा सकते हैं।

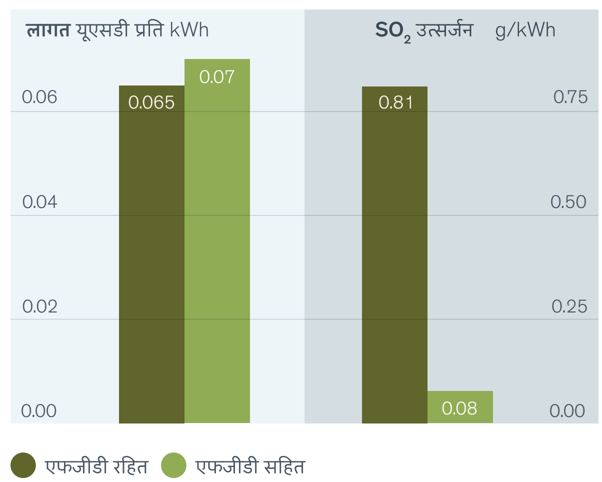
विद्युत संयंत्रों के लिए फ्लू-गैस डिसल्फराइजेशन (एफजीडी) की तकनीक [9] के जरिए एक्ज़ॉस्ट में क्षारीय (अल्कलाइन) सॉर्बेंट लगाकर वायुमंडल में पहुंचने के पहले ही एक्ज़ॉस्ट से सल्फर डायक्साइड को हटा दिया जाता है। अम्लीय सल्फर डायक्साइड सॉर्बेंट से प्रतिक्रिया करके उदासीन कैल्सियम या मैग्नेसियम सल्फाइट बनाता है जो वायुमंडल में पहुंचने के बाद कणीय पदार्थ नहीं रह जाता है। इस रासायनिक प्रक्रिया की जानकारी 19वीं सदी के उत्तरार्ध से ही है और सबसे पहले इसका उपयोग 1920 के दशक में लंदन में किया गया था जब सल्फर डायक्साइड के प्रदूषण को लेकर लोगों की चीख-पुकार और न्यायालय की कार्रवाई होने लगी थी।[10]

आज, अत्याधुनिक फ्लू-गैस डिसल्फराइजेशन ''स्क्रबर'' विद्युत संयंत्र के उत्सर्जन से 99 प्रतिशत तक सल्फर डायक्साइड हटा सकते हैं। हालांकि विद्युत संयंत्र और उपभोक्ता को फ्लू-गैस डिसल्फराइजेशन की कीमत देनी पड़ती है। हमारा अनुमान है कि जिस कोयला आधारित संयंत्र में उत्सर्जन पर बहुत कम नियंत्रण हो या बिल्कुल ही नियंत्रण नहीं हो, उसमें फ्लू-गैस डिसल्फराइजेशन लगाने पर उत्पादित बिजली का खुदरा मूल्य 6.5 से 7.1 सेंट प्रति किलोवाट-आवर बढ़ जाता है।[11] इसके बावजूद, जहां वायु प्रदूषण संबंधी विनियम मौजूद हैं, वहां यह प्रौद्योगिकी आम प्रचलन में है। अमेरिका में 2017 में कोयला आधारित विद्युत संयंत्रों की 86 प्रतिशत स्थापित क्षमता फ्लू-गैस डिसल्फराइजेशन से युक्त थी। [12]

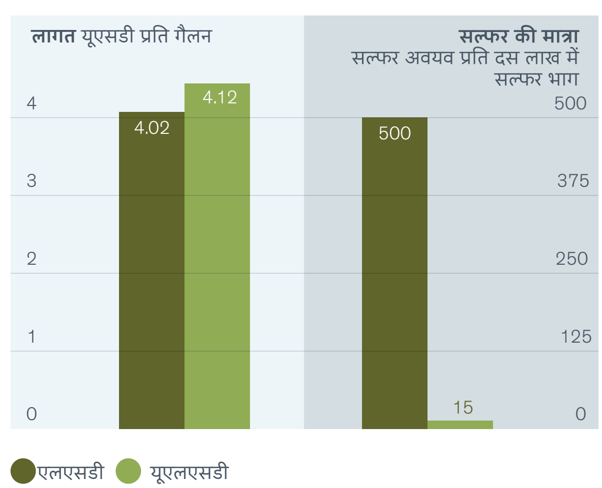
पर्यावरण संबंधी विनियमों के कारण वाहनों के लिए अति-निम्न सल्फर युक्त डीजल (यूएलएसडी) जैसे नवाचार अब यूरोपीय संघ और अमेरिका में स्टैंडर्ड हैं। पैदा हुए प्रदूषण को साफ करने वाले फ्लू-गैस डिसल्फराइजेशन के विपरीत, यूएलएसडी तैयार करने के लिए इंधन में से सल्फर पहले ही हटा दिया जाता है जिससे प्रदूषण पैदा होने से बचाव हो जाता है। डीजल संबंधी पहला विनियम लागू होने के पहले के डीजल की तुलना में यूएलएसडी में 99.7 प्रतिशत कम सल्फर होता है।[13]; लेकिन इसके ठीक पहले वाले निम्न सल्फर डीजल (एलएसडी) से इसकी कीमत 2 प्रतिशत अधिक होती है[14] जबकि उससे सल्फर 97 प्रतिशत कम होता है।[15]

अन्य प्रदूषकों की समस्या के निराकरण के लिए भी प्रौद्योगिकियां मौजूद हैं। चूंकि नाइट्रोजन ऑक्साइड का उत्सर्जन तब होता है जब दहन का तापमान ऊंचा होता है इसलिए नाइट्रेट कणों में कमी के लिए विद्युत संयंत्रों और औद्योगिक केंद्रों में निम्न चरम तापमान वाले बर्नर का उपयोग किया जा सकता है। अमेरिका के कोयला आधारित विद्युत संयंत्रों की 95 प्रतिशत स्थापित क्षमता[16] के मामले में उनमें लगे इलक्ट्रोस्टेटिक प्रेसिपिटेटर उनके उत्सर्जन में से कार्बन ब्लैक हटा देते हैं। पार्टिकुलेट फिल्टर यही काम डीजल वाले वाहनों के उत्सर्जन के मामले में करते हैं। और स्वच्छ चूल्हे भी परिवारों के फेफड़ों में जानो वाले कार्बन ब्लैक और कार्बनिक कणीय पदार्थों में कमी ला सकते हैं। ऐसी प्रौद्योगिकियों को व्यापक तौर पर अपनाने से दुनिया में कणीय प्रदूषण का संकेंद्रण घटेगा, और संभवतः इसके लिए ऊर्जा की उपलब्धता में कोई कमी भी नहीं होगी।

चित्र 2ए · भारत के एक आम कोयला संयंत्र और फ्लू गैस डीसल्फराइज़ेशन (एफजीडी) वाले संयंत्र के बीच, प्रति किलोवाट-घंटा लेवलाइज़्ड (समय-विभाजित) लागत और SO_2 उत्सर्जन के अंतर



चित्र 2बी · लो (एलएसडी) और अल्ट्रा-लो (यूएलएसडी) सल्फर डीज़ल के बीच लागत और सल्फर की मात्रा के अंतर



9 SO_2 उत्सर्जनों की गणना Guttikunda & Jawahar (2014) के भारत 2011 आकलनों और बीपी सांख्यिकीय समीक्षा (2012) पर आधारित है, जिसमें एफजीडी द्वारा SO_2 हटाने की दर 90% मानी गई है

10 Biondo & Marten, 1977

11 एफजीडी लागतों का आकलन ईपीआईसी के विद्युत की लेवलाइज़्ड (समय विभाजित) लागत मॉडल के साथ किया गया है जो यू.एस. ईआईए (2017ए) के आंकड़ों पर आधारित है

12 गणना यू.एस. ईआईए (2017बी) और यू.एस. ईआईए (2017सी) से की गई है

13 यू.एस. ईपीए

14 गणना यू.एस. ईआईए (2018) के 2007-2008 के आंकड़ों से की गई है

15 यू.एस. डीओई

16 गणना यू.एस. ईआईए (2017बी) और यू.एस. ईआईए (2017सी) से की गई है

खंड II

एक्सपोजर के प्रभावों पर प्रमाण

बीसियों अध्ययनों में कणीय वायु प्रदूषण और मानव स्वास्थ्य के बीच संबंध का पता चला है लेकिन कणीय प्रदूषण के कारणमूलक प्रभाव और जीवन प्रत्याशा में कुल कमी पर महत्वपूर्ण प्रश्न छूटे रह जाते हैं। हाल के दो अध्ययनों में चीन में एक नीति के जरिए उपलब्ध प्राकृतिक प्रयोग का उपयोग किया गया है जो जीवन प्रत्याशा पर कणीय प्रदूषण के दीर्घकालिक एक्सपोजर के प्रभावों पर पहला कारणमूलक प्रमाण उपलब्ध कराते हैं। साथ ही, एशिया और दुनिया के दूसरे हिस्सों में अभी जिस स्तर का प्रदूषण है, उस स्तर वे जीवन प्रत्याशा और कणीय प्रदूषण के बीच संबंध की प्रकृति के बारे में सूचनापरक भी हैं।

तथ्य 4

अध्ययन कणीय प्रदूषण और स्वास्थ्य को जोड़ते तो हैं, लेकिन महत्वपूर्ण प्रश्नो को अनुत्तरित छोड़ देते हैं।

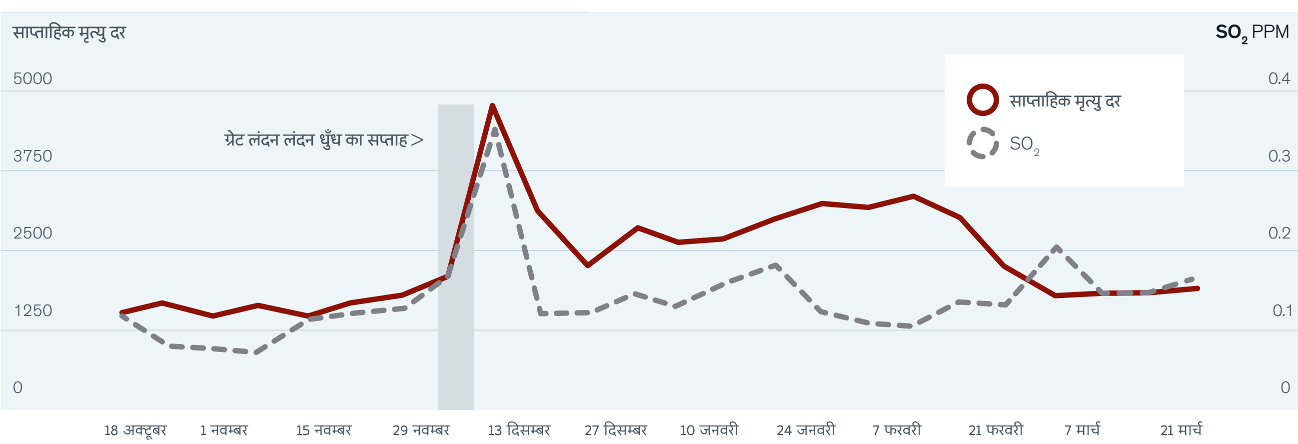
दशकों के शोध ने कणीय प्रदूषण और स्वास्थ्य संबंधी विभिन्न परिणामों - आपात कक्ष में पहुंचने, हृदवाहिनी के रोगों और श्वास संबंधी रोगों की बहुलता, तथा मृत्यु - के बीच घनिष्ठ संबंध स्थापित किया है। हालांकि बहुमूल्य होने के बावजूद इन अध्ययनों ने जीवन भर के स्वास्थ्य पर, खास कर आज के औद्योगीकृत हो रहे देशों के संदर्भ में कणीय पदार्थों के दीर्घकालिक एक्सपोजर पर हमारी समझ में एक कमी छोड़ ही दी है।

ढेर सारे शोधकार्यों में कणीय पदार्थों और प्रतिकूल स्वास्थ्य परिणामों के बीच नजदीकी संबंध का दस्तावेजीकरण किया गया है। जैसे, एक प्रसिद्ध विश्लेषण में बताया गया है कि लंदन में 1952 के भयंकर स्मॉग ने 12,000 लोगों की जान ले ली थी।[17] अपेक्षाकृत हाल के दशकों में भी यूरोपीय देशों में कणीय पदार्थों के अधिक संकेंद्रण वाले दिनों को अधिक संख्या में मृत्यु होती दर्ज की गई है।[18] साथ ही, चे और ग्रीनस्टोन (2003ए और 2003बी) ने कणीय प्रदूषण और बढ़ी शिशु मृत्यु दरों के बीच घनिष्ठ संबंध का पता लगाया है।

ऐसे अध्ययन कारणमूलक संबंध स्थापित करने में बहुत सफल हुए हैं, लेकिन इनसे दो मुख्य प्रश्नों के उत्तर नहीं मिलते हैं। एक तो यह कि लोगों की जिंदगी के कितने वर्ष कम हुए? इन परिणामों से यह स्पष्ट नहीं होता है कि जिनलोगों की अकालमृत्यु हुई, उनकी अन्य कारणों से शीघ्र ही मृत्यु हो सकती थी या नहीं, और कणीय प्रदूषण ने उनकी बीमारियों को बढ़ा भर तो नहीं दिया था जिससे उनकी थोड़ी जल्दी मृत्यु हो गई। दूसरे, प्रदूषण के बारे में अधिक व्यापक प्रश्न कई वर्षों तक एक्सपोजर के प्रभाव का है, कम समय का नहीं या गर्भ में अथवा शिशु रहने का नहीं। इन अध्ययनों में इस दूसरे मुख्य प्रश्न को अनुत्तरित छोड़ दिया गया है कि दीर्घकालिक एक्सपोजर के क्या प्रभाव होते हैं। अन्य शोध ने इन प्रश्नों के समाधान का प्रयास किया है। जैसे, पोप एवं अन्य (2009) ने पाया कि 1970 के दशक के अंत और 1980 के दशक के आरंभ से लेकर 1990 के दशक के अंत ओर 2000 के दशक के आरंभ तक अमेरिका के 51 महानगरों में कणीय प्रदूषण में कमी जीवन प्रत्याशा में 0.6 वर्ष की अनुमानित वृद्धि के साथ संबंधित है। इस आलेख में और मशहूर सिक्स सिटी स्टडी (छः शहरों के अध्ययन) में[19] दीर्घकालिक एक्सपोजर के परिणामों के आकलन में महत्वपूर्ण प्रगति हुई। फिर भी, भ्रामक चरों (वैरिएबल्स) के कारण इन अध्ययनों के परिणामों के पूर्वाग्रहयुक्त होने की आशंका है। चूंकि अधिक प्रदूषित स्थानों पर रहने वाले लोगों के स्वास्थ्य के अन्य आयाम भी कम प्रदूषित स्थानों के लोगों की अपेक्षा खराब हो सकते हैं जिन्हें आंकड़ों में मापा नहीं गया है, और स्वास्थ्य के निर्धारकों में स्थान के कारण अन्य अंतर भी हो सकते हैं (जैसे इलाज की गुणवत्ता)। इसलिए ये सवाल बचे रह जाते हैं कि वायु प्रदूषण के प्रभावों के आकलन में अन्य कारकों के प्रभाव गड्डमड्ड तो नहीं हो गए हैं।[20]

प्रमाणों में एक और कमी यह है कि अधिकांश शोध उत्तर अमेरिका और यूरोप के स्थानों पर हुए हैं, जहां के आंकड़े तो तत्काल उपलब्ध हैं लेकिन प्रदूषण के स्तर अपेक्षाकृत निम्न हैं। फलतः, उनके परिणामों का सामान्यीकरण चीन और भारत जैसे अधिक प्रदूषित स्थानों के लिए नहीं किया जा सकता है। इस प्रकार, कणीय पदार्थों के उच्च संकेंद्रण के दीर्घकालिक एक्सपोजर के कारणमूलक प्रभावों को स्थापित करने की जरूरत बची रह जाती है।

चित्र 3 · 1952 के ग्रेट लंदन स्मॉग के आस-पास ग्रेटर लंदन की साप्ताहिक मृत्यु दर



स्रोत: Bell & Davis (2001)

17 Davis, 2002
18 Katsouyanni et al., 1997
19 Dockery et al., 1993
20 Chay & Dobkin, 2003; Dominici et al., 2014

तथ्य 5

नवीनतम प्रमाण दर्शाता है कि कणीय प्रदूषण के एक्सपोजर के कारण जिंदगी कम होती है।

चीन में हुए एक प्राकृतिक प्रयोग में चेन एवं अन्य (2013) तथा एबेंस्टीन एवं अन्य (2017) कणीय प्रदूषण के दीर्घकालिक एक्सपोजर और जीवन प्रत्याशा के बीच कारणमूलक संबंध का आकलन किया जो आज के उच्च प्रदूषण वाले स्थानों पर लागू होता है।

चीन में उत्तर के क्षेत्र पारंपरिक रूप से उच्चस्तरीय प्रदूषण का अनुभव करते रहे हैं। इसका आंशिक कारण योजना अवधि (अर्थात 1950 से 1980) में शुरू की गई सरकारी नीतियां थीं जिसके तहत हुआइ नदी के उत्तर के अपेक्षाकृत ढंडे क्षेत्र में रहने वाले लोगों को घर गर्म करने के लिहाज से बॉयलर चलाने के लिए से मुफ्त कोयला दिया जाता था। इस नीति का मकसद जाड़ा में सबसे अधिक जरूरत वालों को गर्मी उपलब्ध कराना था लेकिन इसके कारण हुआइ नदी के दक्षिण की अपेक्षा उत्तर के लोगों को कोयला पर अधिक भरोसा और उसके कारण काफी अधिक कणीय वायु प्रदूषण हो गया। साथ ही, एक पारिवारिक निंबधन प्रणाली ने मोबिलिटी को हतोत्साहित किया। इसलिए जन्मस्थान पर आधारित किसी व्यक्ति के कणीय प्रदूषण के जीवनपर्यंत एक्सपोजर को तय किया जा सका।

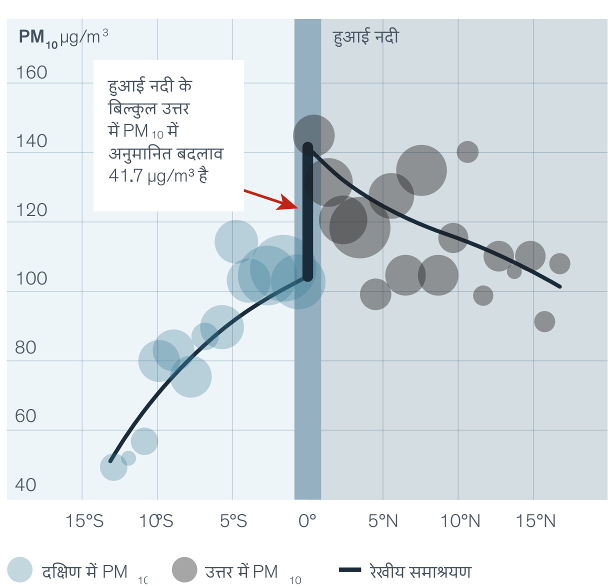
महत्वपूर्ण बात यह है कि हुआइ नदी के उत्तर और दक्षिण में रहने वाले परिवारों के बीच व्यक्तिगत आदतों, सामाजिक-आर्थिक स्थितियों, स्वास्थ्य देखरेख की उपलब्धता, या अन्य जीवन प्रत्याशा को प्रभावित करने वाले अन्य कारकों के लिहाज से कोई स्पष्ट प्रत्यक्ष अंतर नहीं है। और चूंकि यह नीति दशकों से लागू रही है और लोग आसानी से प्रदूषित क्षेत्र को छोड़ नहीं सके हैं, इसलिए स्वास्थ्य पर हुए अंतरों का कारण उचित ही कणीय प्रदूषण के दीर्घकालिक एक्सपोजर को माना जा सकता है। फलतः, शोधकर्ताओं ने भ्रामक चरों की चिंता किए बिना दोनो समूहों के स्वास्थ्य के बीच मौजूद अंतरों की व्याख्या कणीय प्रदूषण के कारणमूलक प्रभाव के बतौर की।

इस अर्ध-प्रयोग ने दर्शाया कि जाड़े में गर्म करने की नीति के कारण काफी मात्रा में कोयला जलाने से हुआइ नदी के उत्तर में 46 प्रतिशत अधिक कणीय वायु प्रदूषण था। प्रदूषण के इस आंकड़े को मृत्यु के आंकड़ों के साथ जोड़ने के बाद शोधकर्ताओं ने पाया कि नदी के उत्तर में रहने वाले लोग उससे दक्षिण के लोगों की अपेक्षा 3.1 वर्ष कम जीते थे। यही नहीं, मृत्यु की बढ़ी दर सभी उम्र के लोगों में दिखती थी। कम जीवनकाल लगभग पूरी तरह से हृदय और श्वास रोगों से मृत्यु के कारण था जिसका रोग-मनोवैज्ञानिक संबंध उचित ही कणीय प्रदूषण के एक्सपोजर से था। शोधकर्ताओं को अन्य बीमारियों के कारण अधिक मृत्यु दर नहीं दिखा। उनलोगों को हृदय और श्वास रोगों को बढ़ावा दे सकने वाले कारकों - नियमित धूम्रपान, अधिक मद्यपान, या अपर्याप्त व्यायाम जैसे स्वास्थ्य संबंधी व्यवहारों में भी कोई अंतर नहीं दिखा।

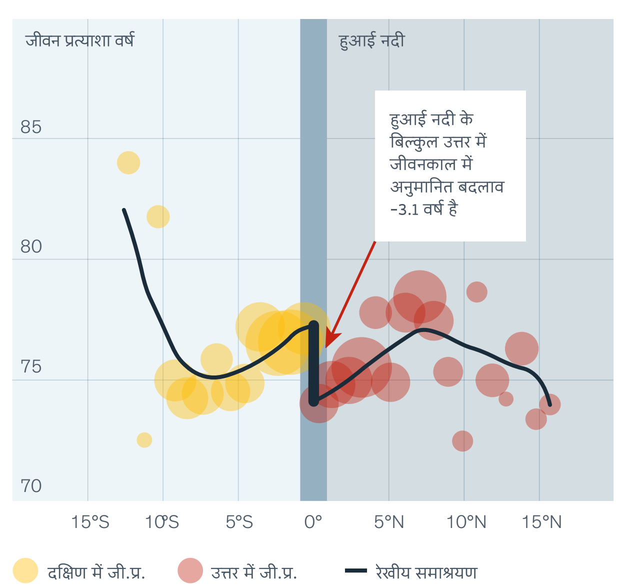
कुल मिलाकर, ये आंकड़े बताते हैं कि पीएम$_{2.5}$ का 10 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर अतिरिक्त दीर्घकालिक एक्सपोजर होने पर जीवन प्रत्याशा 0.98 वर्ष घट जाती है।[21] अध्ययन द्वारा विश्लेषित पीएम$_{2.5}$ के संकेंद्रणों का रेंज देखे गए वैश्विक वितरण के समान ही है, जो प्रदूषण और जीवन प्रत्याशा के बीच इस मापे गए संबंध के सामान्यीकरण का विश्वसनीय आधार उपलब्ध कराता है।

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के अशोधित आंकड़ों के स्रोतों के बारे में अधिक जानकारी के लिए परिशिष्ट देखें।

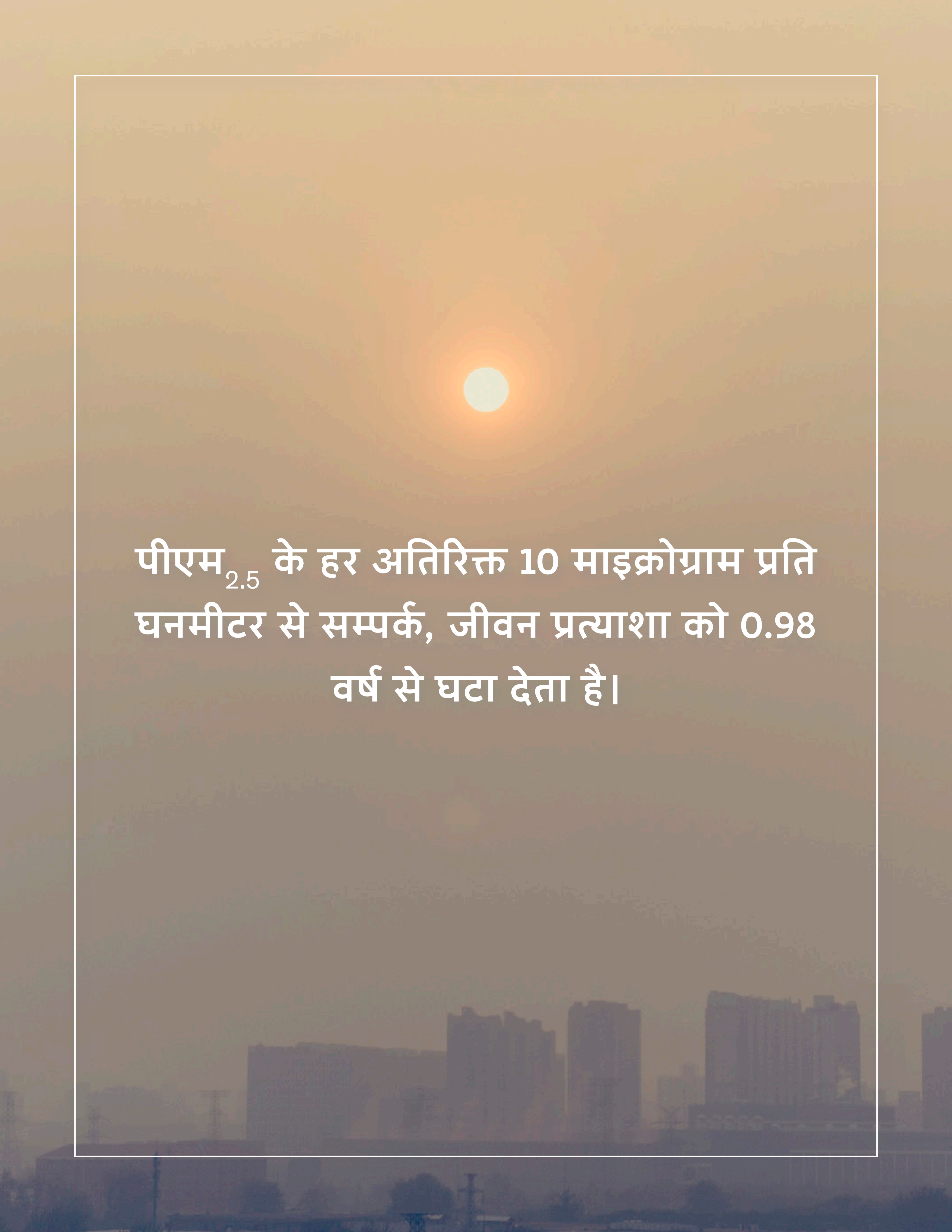
चित्र 4बी · हुआई नदी की सीमा के दक्षिण और उत्तर में कणिकीय पदार्थ के स्तर (PM_{10})



चित्र 4बी · हुआई नदी की सीमा के दक्षिण और उत्तर में कणिकीय पदार्थ के स्तर (PM_{10})



21 PM_{10} के पदों में जो Ebenstein et al. (2017) के शोध परिणाम हैं उन्हें $PM_{2.5}$ के पदों केसंबंध में बदलने के लिए, परिशिष्ट देखें।


पीएम$_{2.5}$ के हर अतिरिक्त 10 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर से सम्पर्क, जीवन प्रत्याशा को 0.98 वर्ष से घटा देता है।

खंड III

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स का परिचय

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स (एक्यूएलआइ) इस निष्कर्ष पर आधारित है कि 10 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर पीएम$_{2.5}$ का अतिरिक्त एक्सपोजर होने पर जीवन प्रत्याशा 0.98 वर्ष घट जाती है। इस निष्कर्ष को उपग्रह से प्राप्त पूरी दुनिया के पीएम$_{2.5}$ के अत्यंत स्थानीय मापों के साथ संयुक्त करके यह सूचकांक स्थानीय क्षेत्रों में कणीय पदार्थों के वैश्विक प्रभाव के बारे में अभूतपूर्व समझ उपलब्ध कराता है। सूचकांक यह भी स्पष्ट करता है कि अगर प्रदूषण के स्तरों को घटाकर विश्व स्वास्थ्य संगठन (डब्ल्यूएचओ) के गाइडलाइन के सुरक्षित स्तर तक, या उपयोगकर्ता द्वारा चुने गए प्रतिशत तक ले लाया जाय, तो वायु प्रदूषण संबंधी नीतियों के कारण जीवन प्रत्याशा कैसे बढ़ सकती है। यह जानकारी स्थानीय समुदायों और नीति निर्माताओं को वायु प्रदूषण संबंधी नीतियों के लाभों के बारे में जानकार बनाने में बहुत ठोस ढंग से मदद कर सकती है।

तथ्य 6

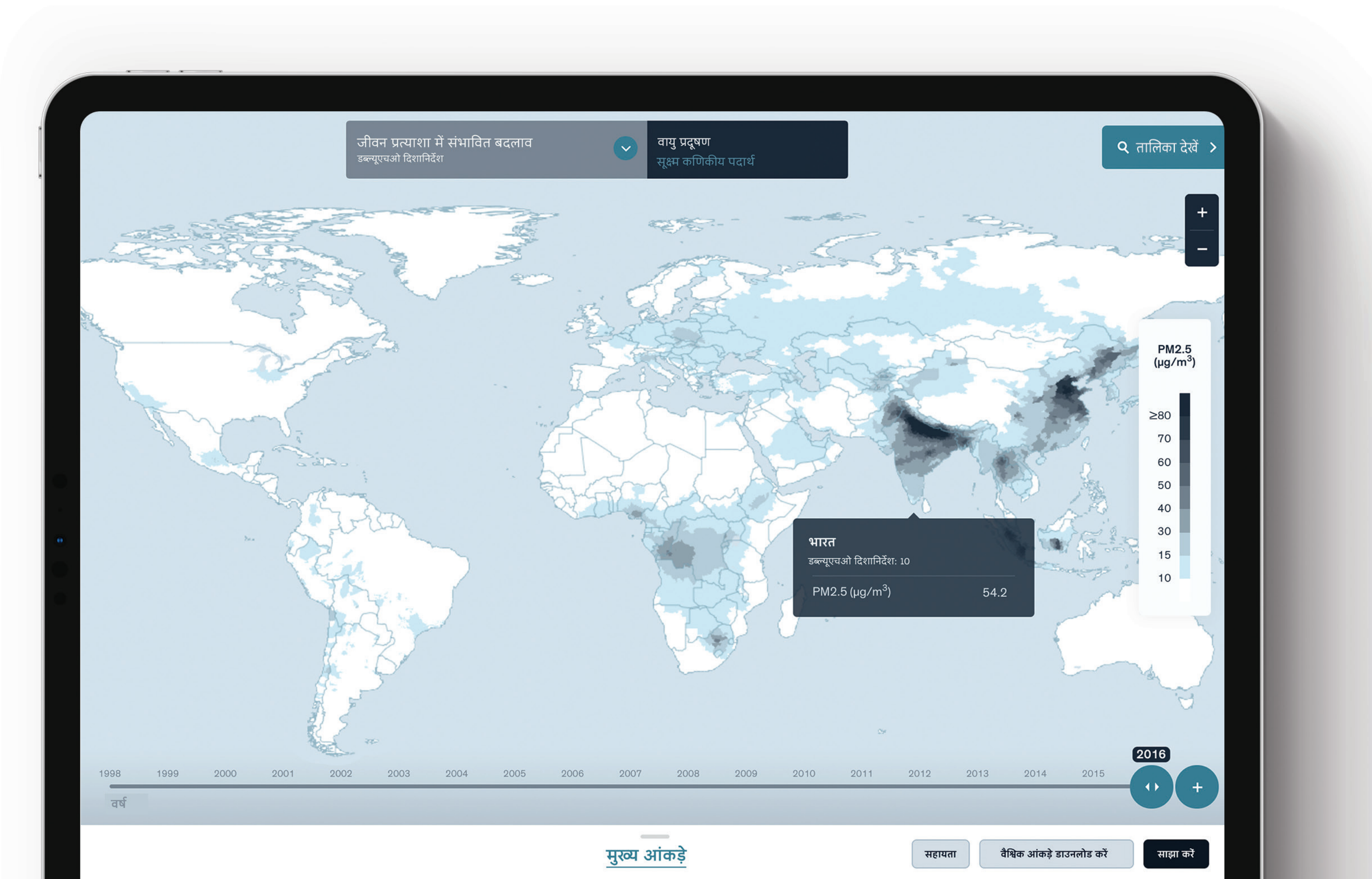
एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में पूरी दुनिया के लिए प्रदूषण की उपग्रह आधारित अत्यंत स्थानीय माप का उपयोग होता है।

प्रदूषण की विश्वसनीय और भौगोलिक रूप से व्यापक माप वायु प्रदूषण के परिमाण और स्वास्थ्य पर उसके प्रभाव को समझने के लिहाज से बहुत जरूरी होती है। दुर्भाग्यवश, अभी पूरी दुनिया के अनेक क्षेत्रों में व्यापक प्रदूषण मॉनीटरिंग सिस्टम नहीं मौजूद है। वहीं, मॉनीटरिंग वाले क्षेत्रों में भी अनेक केंद्र नए स्थापित हुए हैं या हाल तक उनके द्वारा पीएम$_{2.5}$ की मॉनीटरिंग शुरू नहीं की गई थी जिससे दीर्घकालिक प्रभावों को ट्रैक कर पाना असंभव हो जाता है। मॉनीटरिंग के उपलब्ध कराए गए आंकड़ों की गुणवत्ता और विश्वसनीयता में भी अंतर रहता है जिससे क्षेत्रों में प्रदूषण की तुलना में दिक्कत आती है।

कणीय प्रदूषण और उसके स्वास्थ्य पर पड़ने वाले प्रभावों का ऐसा एकल डेटासेट बनाने के लिए जो कवरेज के मामले में वैश्विक, रिजोल्यूशन में स्थानीय, प्रविधि में सुसंगत और समय के साथ प्रदूषण के स्तर की जानकारी के लिए अनेक वर्षों तक विस्तार वाला हो, एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में पीएम$_{2.5}$ के उपग्रह से प्राप्त मापों का उपयोग किया जाता है। उपग्रह की छवियों से वान डॉनकेलार एवं अन्य (2016) को हर स्थान पर वायुमंडल में मौजूद एरोसॉल की मात्रा का अनुमान करने में सफलता मिली। वायुमंडल की संरचना के सिमुलेशन से उन्हें उनको पीएम$_{2.5}$ के स्तरों में रूपांतरित करने में मदद मिली और मॉनीटर किए गए उपलब्ध जमीनी आंकड़ों का उपयोग करके उनका क्रॉस-वैलिडेशन और इंटरपोलेशन किया गया। उसके बाद वायुमंडल की संरचना के उन्हीं सिमुलेशंस का उपयोग करके शोधकर्ताओं ने हर स्थान पर खनिज धूल और समुद्री नमक के कारण पैदा हुए पीएम$_{2.5}$ के हिस्से को घटा दिया जिससे मानवीय गतिविधियों के कारण उत्पन्न पीएम$_{2.5}$ का अनुमानित स्तर शेष रह गया।

इस तरह प्राप्त डेटासेट 1998 से 2016 तक का है और उसमें पूरी दुनिया को 10 किमी गुणा 10 किमी के उच्च रिसोल्यूशन पर कवर किया गया है। दूसरे शब्दों में, न्यूयॉर्क सिटी के आकार के आठवें हिस्से, दिल्ली के पंद्रहवें हिस्से, या शहरी बीजिंग के चालीसवें हिस्से के बराबर हर क्षेत्र के लिए 19 वर्षों का पीएम$_{2.5}$ का हर साल का डेटा पाइंट मौजूद है। जनसंख्या के भार का उपयोग करके एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में इस आंकड़े को स्थानीय और राष्ट्रीय क्षेत्रों के स्तर पर ऍग्रीगेट किया जाता है। उदाहरण के लिए यह दर्शाता है कि अमेरिका के ओटावा काउंटी के ओहियो और बंगलादेश में ब्राह्मणबरिया जिले के चित्तगांव में 2016 में पीएम$_{2.5}$ के एक्सपोजर का वार्षिक औसत क्रमशः 13.0 और 60.1 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर था। हर काउंटी, जिले, या प्रीफेक्चर आधारित क्षेत्र में 1998 से ही पीएम$_{2.5}$ के स्तरों और प्रभावों की जानकारी देकर एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स ने पूरी दुनिया के स्थानीय नागरिकों और नीति निर्माताओं की जानकारी की कमी को दूर किया है।

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के अशोधित आंकड़ों के स्रोतों के बारे में अधिक जानकारी के लिए परिशिष्ट देखें।



तथ्य 7

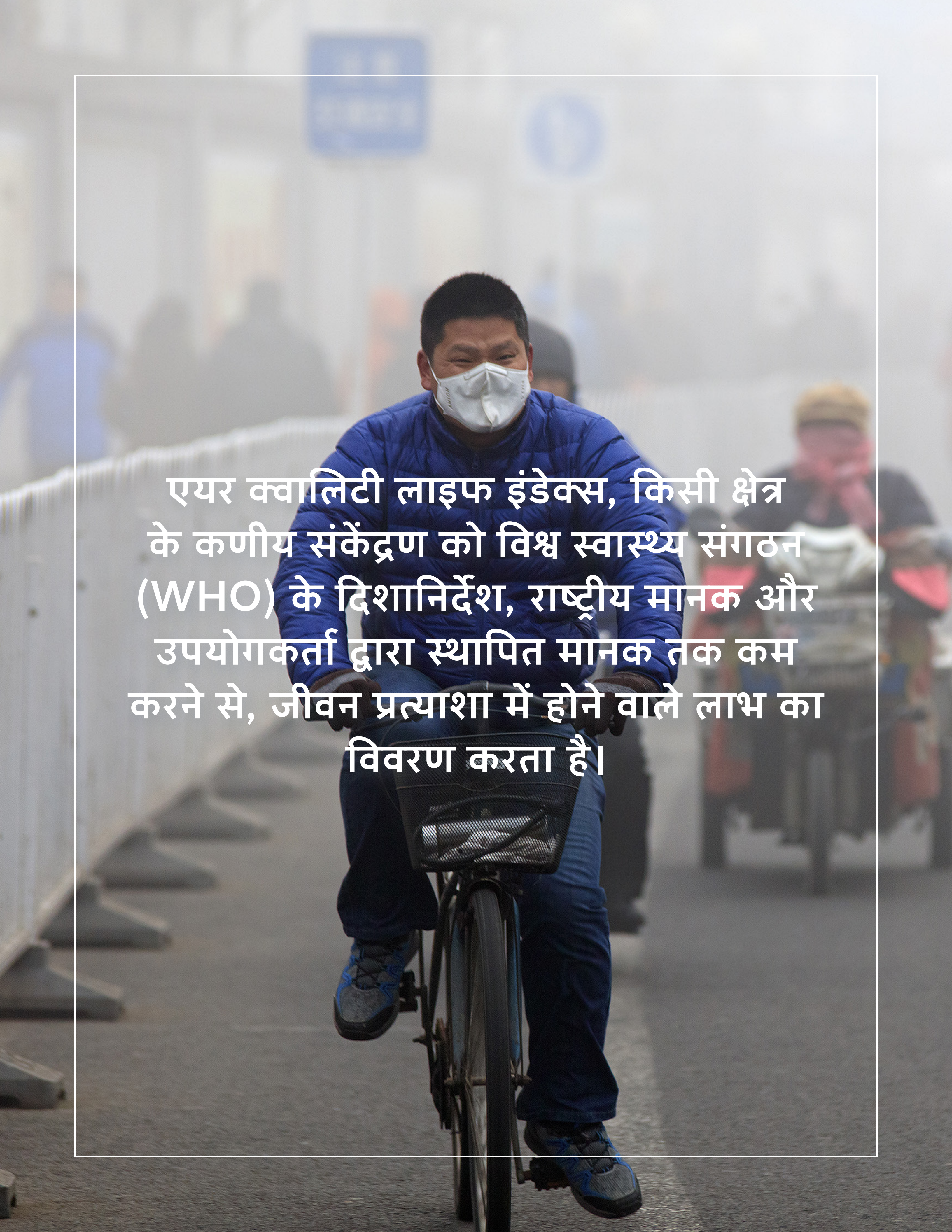
एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स कणीय प्रदूषण घटने से जीवन प्रत्याशा में होने वाली वृद्धि की जानकारी देता है।

अनेक सूचकांक, जैसे कि लोकप्रिय वायु गुणवत्ता सूचकांक, प्रदूषण के मौजूद संकेंद्रणों को रंगों (जैसे, हरा, लाल, या मैरून) या संख्या आधारित सूचकांकों में बदल दते हैं। वे स्थानीय वायु प्रदूषण के स्तरों के बारे में ''अच्छा'' या ''बुरा'' की भावना तो पैदा करते हैं लेकिन अधिकांश उपयोगकर्ता मानव स्वास्थ्य पर वास्तविक प्रभाव के लिहाज से उसका बहुत कम अर्थ समझ पाते हैं।

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स पीएम$_{2.5}$ के कारण हुए वायु प्रदूषण को जीवन प्रत्याशा पर उसके प्रभाव में बदल देता है - ऐसी अवधारणा में जो सभी लोगों के समझने लायक है। पीएम$_{2.5}$ के उपग्रह आधारित आंकड़ों का और हुआइ नदी के अध्ययनों[22] का उपयोग करके एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के द्वारा सूचना दी जाती है कि हर क्षेत्र के कणीय पदार्थों के संकेंद्रण को घटाकर विश्व स्वास्थ्य संघ के सुरक्षित गाइडलाइन या वायु गुणवत्ता के वर्तमान राष्ट्रीय मानकों तक, अथवा उपयोगकर्ता द्वारा चुने गए प्रतिशत कमी तक लाने पर जीवन प्रत्याशा कितनी बढ़ जाएगी। जैसे, शांघाई के बारे में विचार करें, जहां 2016 में पीएम$_{2.5}$ का संकेंद्रण 52 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर था जो विश्व स्वास्थ्य संगठन के सुरक्षित संकेंद्रण संबंधी गाइडलाइन (10 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर) से 42 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर अधिक था। हुआइ नदी संबंधी अध्ययन बताता है कि पीएम$_{2.5}$ का संकेंद्रण 10 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर बढ़ने पर जीवन प्रत्याशा 0.98 वर्ष घट जाती है। अतः एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स बताता है कि शांघाई में कणीय संकेंद्रण को स्थायी रूप से घटाकर विश्व स्वास्थ्य संगठन के गाइडलाइन तक ले जाने पर वहां के निवासी 4.1 वर्ष अधिक जीने की आशा कर सकते हैं। वहीं अमेरिका में, जहां कणीय प्रदूषण की गंभीरता अनेक अन्य देशों से कम है, लोस एंजेल्स के निवासी शहर में कणीय संकेंद्रण को स्थायी रूप से घटाकर विश्व स्वास्थ्य संगठन के गाइडलाइन तक ले जाने पर औसतन नौ महीने अधिक जीने की आशा कर सकते हैं।

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स की प्रविधि के बारे में अधिक जानकारी के लिए परिशिष्ट देखें।

22 Chen et al., 2013; Ebenstein et al., 20



एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स, किसी क्षेत्र के कणीय संकेंद्रण को विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO) के दिशानिर्देश, राष्ट्रीय मानक और उपयोगकर्ता द्वारा स्थापित मानक तक कम करने से, जीवन प्रत्याशा में होने वाले लाभ का विवरण करता है।

खंड IV

प्रभावी एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स इस बात को सामने लाता है कि कणीय पदार्थों का संक्रेद्रण विश्व स्वास्थ्य संघ की गाइडलाइन से अधिक होने के कारण धरती पर रहने वाले हर व्यक्ति की औसत जीवन प्रत्याशा 1.8 वर्ष घट जाती है। जीवन प्रत्याशा को होने वाला यह नुकसान टीबी और एचआइवी/ एड्स जैसे संचारी रोगों, सिगरेट पीने जैसे व्यवहार जनित मारकों और यहां तक कि युद्ध के कारण होने वाले नुकसान से भी अधिक विनाशकारी है। इसका दुनिया के कुछ क्षेत्रों पर दूसरे क्षेत्रों से अधिक प्रभाव पड़ता है। जैसे भारत, चीन और बंगलादेश में जीवन प्रत्याशा में सबसे अधिक कमी देखी गई है।

तथ्य 8:

कणीय प्रदूषण मानव स्वास्थ्य के लिए सबसे बड़ा बाहरी जोखिम है।

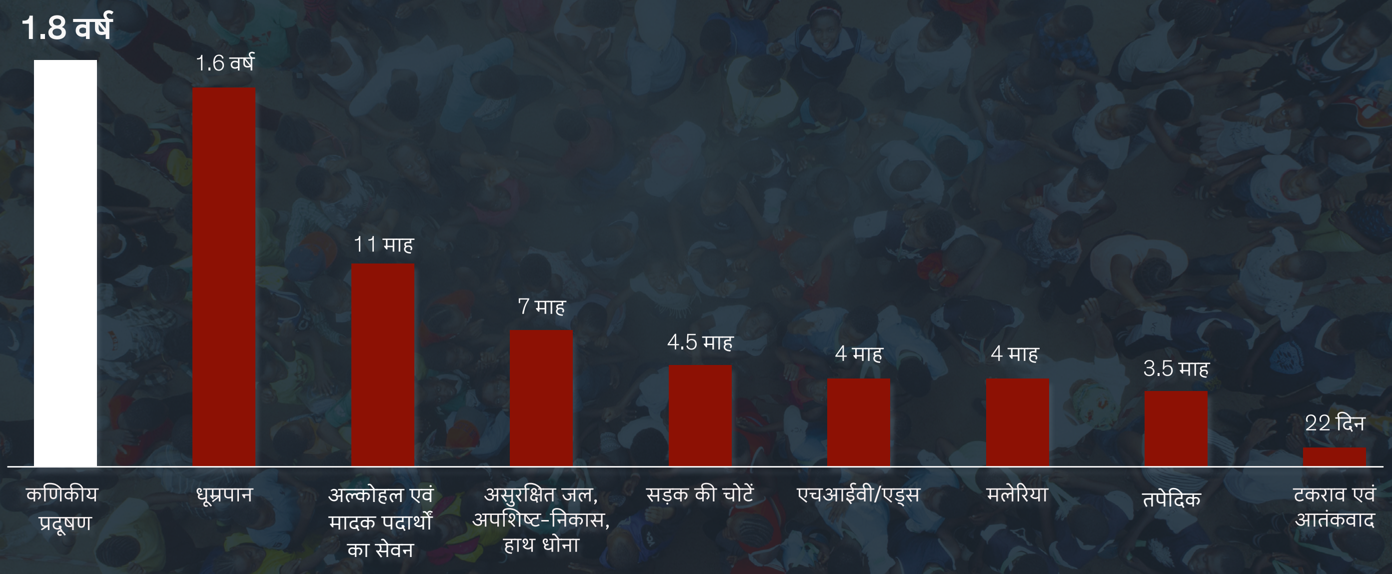
विश्व स्वास्थ्य संगठन ने दीर्घकालिक औसत कणीय प्रदूषण के सुरक्षित स्तर के लिए 10 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर की गाइडलाइन तय की है। दुनिया के सारे क्षेत्रों के द्वारा इस गाइडलाइन का पालन करने पर लोगों की कुल जितनी जिंदगी होती, उसकी तुलना में वर्तमान स्तर पर कणीय प्रदूषण बरकरार रहने पर दुनिया भर के लोगों की कुल 12.8 अरब वर्ष जिंदगी सीधे-सीधे इस कारण से घट जाएगी। वहीं, अगर पूरी दुनिया में विश्व स्वास्थ्य संघ की गाइडलाइन का स्थायी रूप से पालन किया जाय, तो हर औसत व्यक्ति की जीवन प्रत्याशा 1.8 वर्ष बढ़कर 74 वर्ष हो जाएगी।

इस परिप्रेक्ष्य में रखकर देखने पर सिगरेट पीने वालों द्वारा धूम्रपान के कारण दुनिया भर की औसत जीवन प्रत्याशा में लगभग 1.6 वर्ष की, अल्कोहल और नशीली दवाओं के उपयोग के कारण 11 महीने की, असुरक्षित पानी और स्वच्छता के कारण 7 महीने की, और एचआइवी/ एड्स के कारण 4 महीने की कमी आती है जबकि विवाद और आतंकवाद के कारण 22 दिनों की कमी आती है। इसलिए कणीय प्रदूषण का जीवन प्रत्याशा पर होने वाला प्रभाव धूम्रपान के प्रभाव के बराबर, अल्कोहल और नशीली दवाओं के प्रभाव का दूना, असुरक्षित जल के प्रभाव का तिगुना, एचआइवी/ एड्स के प्रभाव का पांचगुना और विवाद तथा आंतकवाद के प्रभाव का 29-गुना होता है। [23]

समग्रता में कणीय प्रदूषण का इतना अधिक भयंकर प्रभाव किस कारण से होता है? मुख्य अंतर यह है कि प्रदूषित क्षेत्र के निवासियों के पास कणीय प्रदूषण से बचने के लिहाज से करने के लिए बहुत कम उपाय होते हैं क्योंकि हर किसी को सांस तो हवा में ही लेनी होती है। इसके विपरीत, धूम्रपान छोड़ना या रोगों के मामले में एहतियात बरतना संभव होता है। इसलिए वायु प्रदूषण इन अन्य स्थितियों की तुलना में बहुत अधिक लोगों को प्रभावित करता है। पूरी दुनिया की 75 प्रतिशत आबादी अर्थात 5.5 अरब लोग ऐसे क्षेत्रों में रहते हैं जहां पीएम$_{2.5}$ विश्व स्वास्थ्य संगठन के गाइडलाइन से अधिक होता है। इसलिए एचआइवी/ एड्स, टीबी, या युद्ध का प्रभावित लोगों पर कहीं अधिक प्रभाव होता है लेकिन उनसे बहुत कम लोग प्रभावित होते हैं। जैसे, ग्लोबल बर्डेन ऑफ डीजिज का अनुमान है कि 2016 में एचआइवी/ एड्स से मरने वाले लोग औसतन 51.8 वर्ष पहले मर गए। लेकिन इस रोग से प्रभावित 3.6 करोड़ लोग प्रदूषित हवा में सांस लेने वाले 5.5 अरब लोगों की तुलना में बहुत कम हैं इसलिए वायु प्रदूषण का प्रभाव समग्र प्रभाव काफी अधिक है।

23 गणनाएं जीबीडी 2016 पर आधारित हैं। विवरण के लिए परिशिष्ट देखें।

चित्र 5 · प्रति व्यक्ति औसत जीवन प्रत्याशा की क्षति



तथ्य 9

कणीय प्रदूषण के कारण जीवन प्रत्याशा में कमी 1998 के 1.0 वर्ष से बढ़कर 2016 मे 1.8 वर्ष हो गई है।

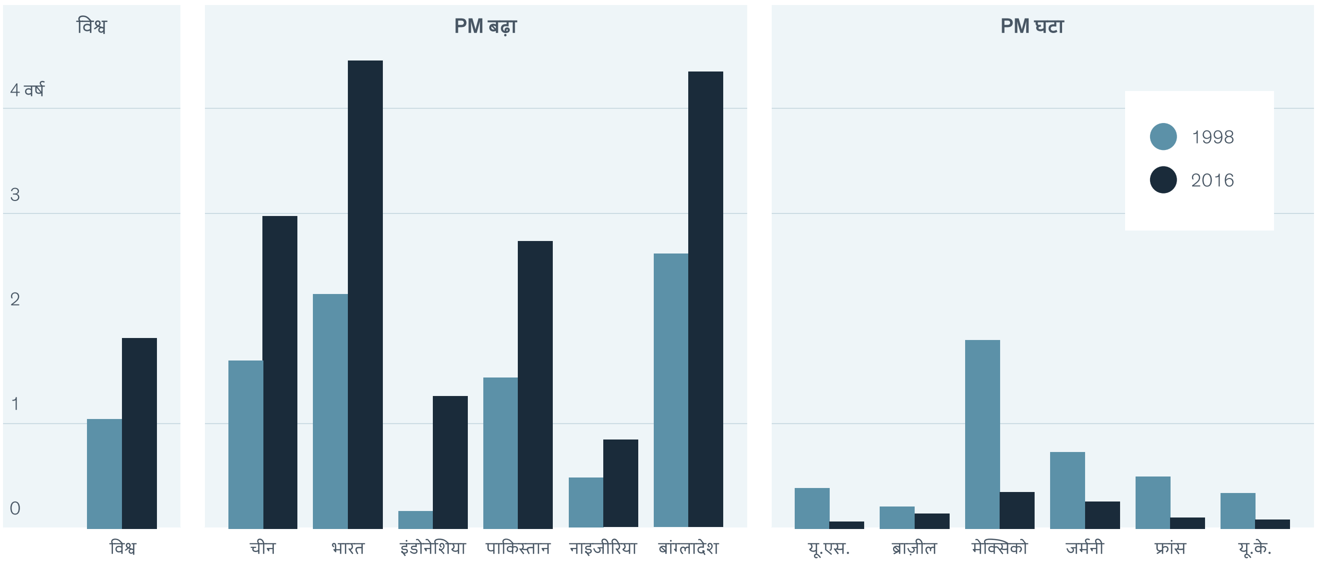
वर्ष 1998 से 2016 के बीच दुनिया भर में कणीय प्रदूषण बढ़ा है जिससे औसत व्यक्ति की उम्र औसत 9 महीने के आसपास घटी है। अगर हवा की गुणवत्ता के मामले में 1998 में विश्व स्वास्थ्य संगठन के गाइडलाइन का दुनिया भर में पालन किया जाता, तो औसत जीवन प्रत्याशा 1.0 वर्ष अधिक हो गई होती। चूंकि 2016 में कणीय प्रदूषण का औसत संकेंद्रण 7.8 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर बढ़ गया है इसलिए वैसी स्थिति रहने पर जीवन प्रत्याशा अभी से 1.8 वर्ष बढ़ गई होती।

विकासशील देशों में, जो अधिकांशतः एशिया और अफ्रीका में हैं, 1998 से 2016 के बीच कणीय प्रदूषण में सबसे अधिक वृद्धि दिखी। इन लगभग 20 वर्षों में औद्योगीकरण, आर्थिक विकास, और जनसंख्या वृद्धि के कारण इन देशों में ऊर्जा की मांग काफी बढ़ी है। जैसे, जबर्दस्त आर्थिक विकास वाले चीन में 1995 से 2015 के बीच कोयला आधारित बिजली का उत्पादन पांचगुना बढ़ गया जबकि भारत में भी यह तिगुना से अधिक बढ़ गया।[24]

ऊर्जा के इतने अधिक उपयोग से आर्थिक उत्पादन और सामग्रियों का उपभोग बढ़ा है और निस्संदेह लोगों की खुशहाली भी बढ़ी है, लेकिन उसके कारण हवा में कणीय पदार्थ भी बढ़े हैं। साथ ही, गैर-ओईसीडी क्षेत्रों में ऊर्जा की मांग लगातार बढ़ते रहने का ही अनुमान है।[25] 25 इसलिए समवेत नीतिगत कार्रवाइयों के अभाव में कणीय प्रदूषण की गंभीरता बढ़ने का रुझान जारी रहने का ही अनुमान है।

इसके विपरीत, पिछले कुछ दशकों में उत्तरी अमेरिका और यूरोप के अनेक देशों में कणीय प्रदूषण में कमी आती दिखी है। हालांकि एक समय उन्हें भी गंभीर कणीय प्रदूषण की समस्या झेलनी पड़ी थी जो संभवतः आज के सर्वाधिक प्रदूषित देशों जैसी ही थी। लेकिन प्रदूषक उद्योगों को देश से हटाने और अच्छी तरह क्रियान्वयन वाली प्रदूषण संबंधी नीतियों के गंभीरता से पालन ने इनमें से अनेक देशों में हवा को स्वच्छ करने में बड़ी भूमिका निभाई है। आज औसत अमेरिकी या ब्रितानी की जीवन प्रत्याशा कणीय प्रदूषण के कारण लगभग एक महीने ही घटती है।

चित्र 6 · कणिकीय प्रदूषण के कारण जीवन प्रत्याशा में औसत कमी वर्ष 1998 में 1.0 थी जो वर्ष 2016 में बढ़कर1.8 हो गई है



यह ग्राफ डब्ल्यूएचओ के दिशानिर्देश के सापेक्ष, वैश्विक स्तर पर और, प्रदूषण में वृद्धि एवं कमी का अनुभव करने वाले सर्वाधिक जनसंख्या वाले देशों के लिए, वर्ष1998 और 2016 के $PM_{2.5}$ स्तरों पर जीवन प्रत्याशा की हानि दर्शाता है।

24 आईईए, 2018
25 बीपी एनर्जी आउटलुक 2018 डेटा पैक

तथ्य 10

कणीय प्रदूषण के वर्तमान संकेंद्रणों के कारण 63.5 करोड़ लोगों का जीवनकाल न्यूनतम 5 वर्ष घट जाने का अनुमान है।

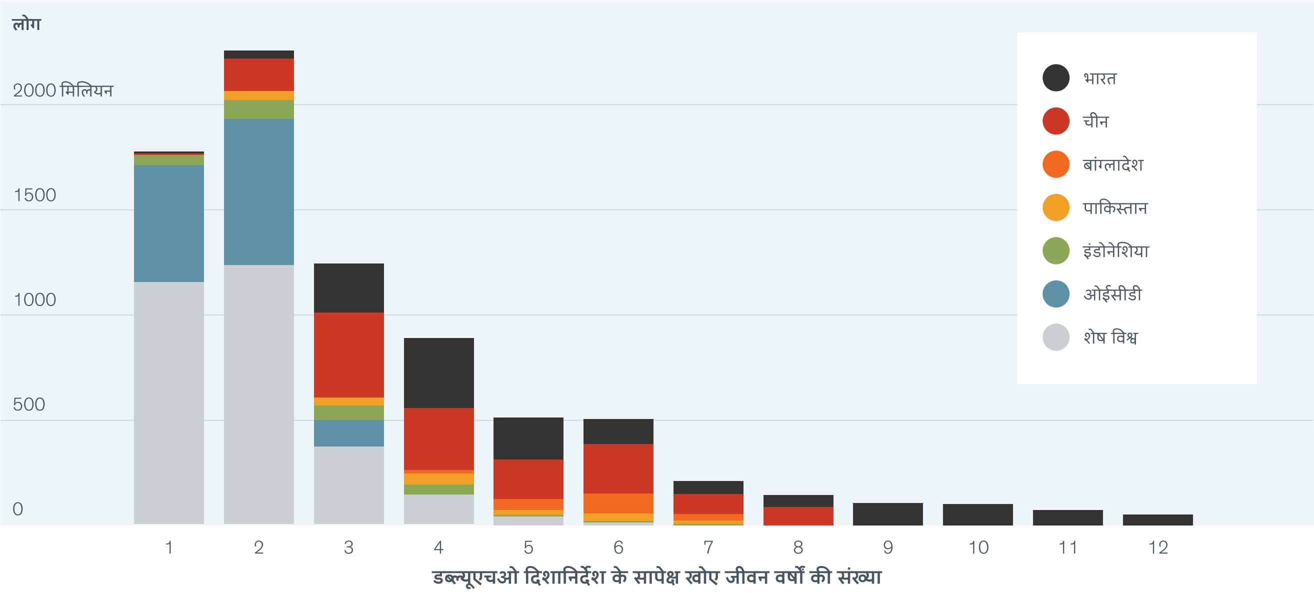
कणीय प्रदूषण से एशिया के विकासशील और औद्योगीकृत हो रहे देश सबसे अधिक प्रभावित हो रहे हैं। अगर 2016 में दुनिया भर में विश्व स्वास्थ्य संगठन के पीएम$_{2.5}$ संबंधी गाइडलाइन का पालन होता, तो :

- 28.8 करोड़ लोग, जो सब के सब उत्तरी भारत में रहने वाले हैं, औसत रूप में कम से कम 7 वर्ष अधिक जीते। भारत की वर्तमान जनसंख्या में इनलोगों का 23 प्रतिशत हिस्सा है।
- एशिया में 34.7 करोड़ लोग औसतन 5 से 7 वर्ष अधिक जीते। इसमें नेपाल की 35 प्रतिशत, बंगलादेश की 16 प्रतिशत, चीन की 13 प्रतिशत, पाकिस्तान की 10 प्रतिशत, भारत की 9 प्रतिशत, और इंडोनेशिया की 1 प्रतिशत आबादी शामिल है।
- एशिया और अफ्रीका के 93.7 करोड़ लोग औसतन 3 से 5 वर्ष अधिक जीते। इसमें 76 प्रतिशत बंगलादेशी, 46 प्रतिशत नेपाली, 29 प्रतिशत कांगो जनतंत्र-वासी, 29 प्रतिशत चीनी, 29 प्रतिशत पाकिस्तानी, 24 प्रतिशत भारतीय, और दक्षिण-पूर्व एशिया तथा अफ्रीका के अन्य देशों के निवासी शामिल हैं। प्रतिशत भारतीय, और दक्षिण-पूर्व एशिया व अफ्रीका के अन्य लोग शामिल हैं।
- पूरी दुनिया के अतिरिक्त 4.1 अरब लोग 3 वर्ष तक अधिक जीते जिनकी उम्र में औसतन 1.1 वर्ष की वृद्धि होती।

दुनिया की आबादी में भारत और चीन का वस्तुतः 36 प्रतिशत हिस्सा है लेकिन कणीय प्रदूषण के कारण दुनिया में जितने वर्षों के जीवन की कमी होती है उसमें उनका 73 प्रतिशत हिस्सा है। अगर भारत विश्व स्वास्थ्य संगठन के गाइडलाइन का पालन कर पाता तो वहां के लोग औसतन 4.3 वर्ष अधिक जीते। अभी भारत में जीवन प्रत्याशा 69 वर्ष है जिससे पूरे देश में कणीय प्रदूषण को घटाकर विश्व स्वास्थ्य संगठन के गाइडलाइन के स्तर पर ले लाने पर यहां औसत जीवन प्रत्याशा बढ़कर 73 वर्ष हो जाएगी। इसकी तुलना में भारत के कुख्यात मारक रोग टीबी का उन्मूलन करने पर जीवन प्रत्याशा बढ़कर 70 वर्ष ही पहुंचेगी। वहीं, विश्व स्वास्थ्य संगठन के गाइडलाइन का पालन करने पर चीन के लोगों का औसत जीवनकाल 2.9 वर्ष बढ़ जाएगा। इस प्रकार इस मानक का पालन करने पर चीन की औसत जीवन प्रत्याशा आज के 76 वर्ष से बढ़कर 79 वर्ष हो जाएगी। इस तरह धूम्रपान की उच्च दर वाले चीन में कणीय प्रदूषण सिगरेट पीने से भी अधिक मारक हो जाता है।।

इसके विपरीत, उच्च आय वाले ओईसीडी देशों में दुनिया की 18 प्रतिशत आबादी रहती है, लेकिन कणीय प्रदूषण के कारण पड़ने वाला स्वास्थ्य संबधी बोझ वहां 3 प्रतिशत से भी कम है। अमेरिका में लगभग एक-तिहाई आबादी ऐसे क्षेत्रों में रहती है जहां विश्व स्वास्थ्य संगठन के गाइडलाइन का पालन नहीं होता है। वहां देश के सर्वाधिक प्रदूषित राज्यों में रहने वाले लोग विश्व स्वास्थ्य संगठन के गाइडलाइन का पालन होने पर एक वर्ष तक अधिक जीने की आशा कर सकते हैं।

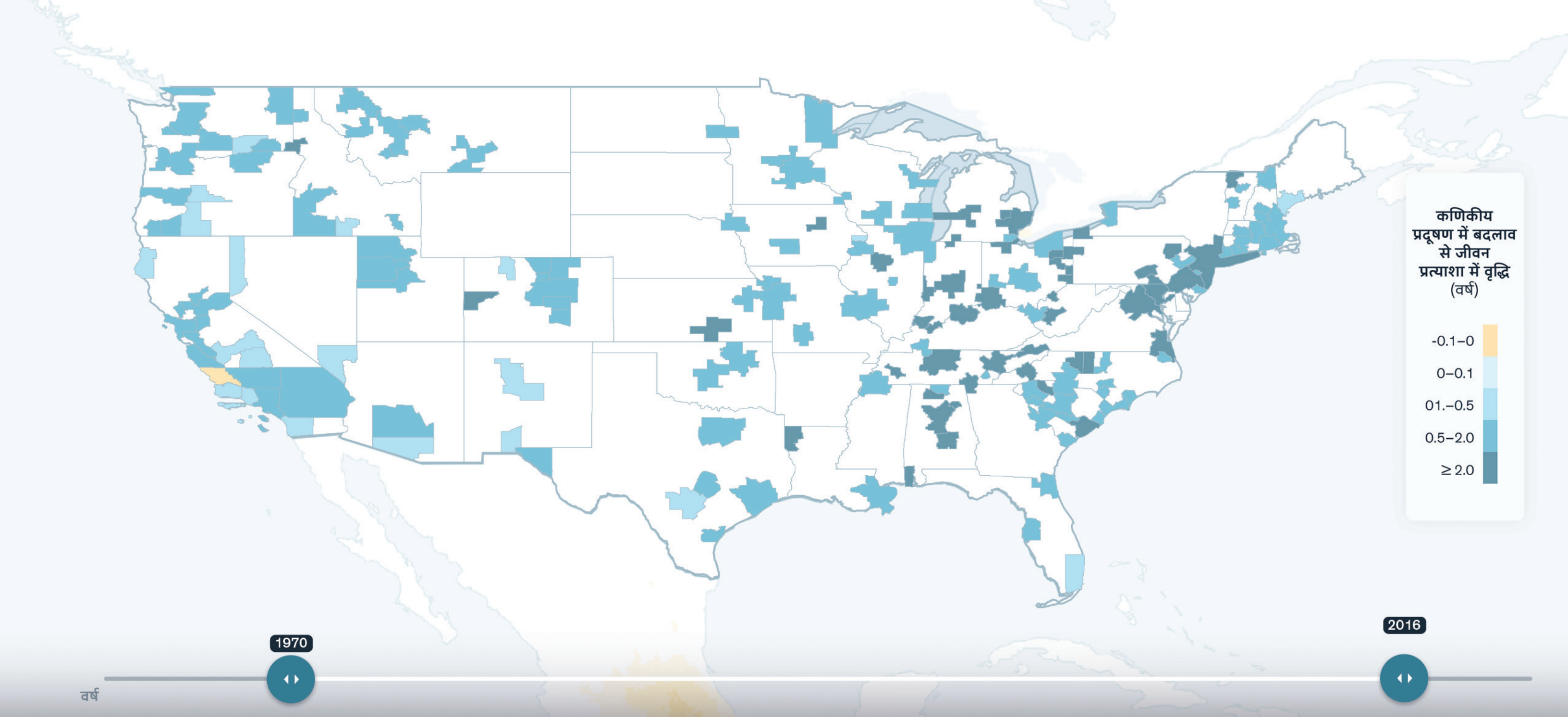
चित्र 7 · कणिकीय प्रदूषण के कारण होने वाली जीवन प्रत्याशा में क्षति का वैश्विक वितरण



खंड V

प्रदूषण संबंधी नीतियों का ट्रैक रिकॉर्ड

औद्योगीकरण के दौर में लंदन को ''विशाल धुआं'' के रूप में जाना जाता था। इसी तरह, जापान का ओसाका ''धुआं की राजधानी'' था। और द्वितीय विश्व युद्ध के बाद के तेज विकास के दौर में अमेरिका का लॉस एंजल्स ''विश्व के स्मॉग की राजधानी'' था। आज ये संपन्न, ओजपूर्ण, और काफी साफ-सुथरे शहर इस बात के प्रमाण हैं कि आज के प्रदूषण को कल की नियति बन जाने देने की जरूरत नहीं है। हालांकि इन देशों में हवा अचानक साफ नहीं हो गई थी। ऐसा सशक्त नीतियों के चलते हुआ था।



तथ्य 11

कणीय प्रदूषण में कमी के कारण संयुक्त राज्य अमेरिका के निवासी 1970 की अपेक्षा 1.5 वर्ष अधिक जी रहे हैं।[26]

आज कणीय वायु प्रदूषण अमेरिका के अधिकांश हिस्सों में कोई बड़ी समस्या नहीं है। लेकिन हमेशा ऐसी स्थिति नहीं थी। द्वितीय विश्वयुद्ध के बाद अमेरिकी उद्योग जब महामंदी से उबरे, तो ''बेबी बूम'' पीढ़ी के जन्म के बाद जनसंख्या बढ़ी, शुरुआती उच्चपथों का निर्माण हुआ और पूरे देश के घर आधुनिक साजो-सामान से भर गए।

ऊर्जा की घरेलू और औद्योगिक खपत बढ़ने, तथा सड़कों पर अधिक वाहनों के चलने से प्रदूषण बढ़ने लगा। वर्ष 1970 तक अल्बामा के मोबिल में कणीय प्रदूषण का संकेंद्रण वैसा ही था जैसा हाल के वर्षों में बीजिंग का था। लॉस एंजल्स को विश्व के स्मॉग की राजधानी के रूप में जाना जाने लगा था और अन्य बड़े महानगर भी वैसी ही चुनौतियों का सामना कर रहे थे। अनेक अमेरिकी लोगों के लिए प्रदूषण दैनिक जीवन का हिस्सा बन गया था जिसके चलते राजनीतिक दबाव बढ़ने लगा था।

वर्ष 1970 में स्वच्छ वायु अधिनियम ने अन्य प्रदूषकों के साथ-साथ कणीय पदार्थों की अधिकतम स्वीकृत सीमा तय करते हुए राष्ट्रीय व्यापक वायु गुणवत्ता मानकों (एनएएक्यू) की स्थापना की। इसने प्रदूषण के स्रोतों के लिए उत्सर्जन के भी मानक तय किए, जिसके कारण औद्योगिक केंद्रों को प्रदूषण नियंत्रण प्रौद्योगिकियां स्थापित करनी पड़ीं और वाहन निर्माताओं को अधिक स्वच्छ और इंधन की किफायती खपत वाले वाहन तैयार करने पड़े। साथ ही, इसने हर राज्य सरकार के लिए मानकों को हासिल करने और उन्हें बरकरार रखने के लिहाज से अपनी योजनाएं बनाना जरूरी बना दिया।

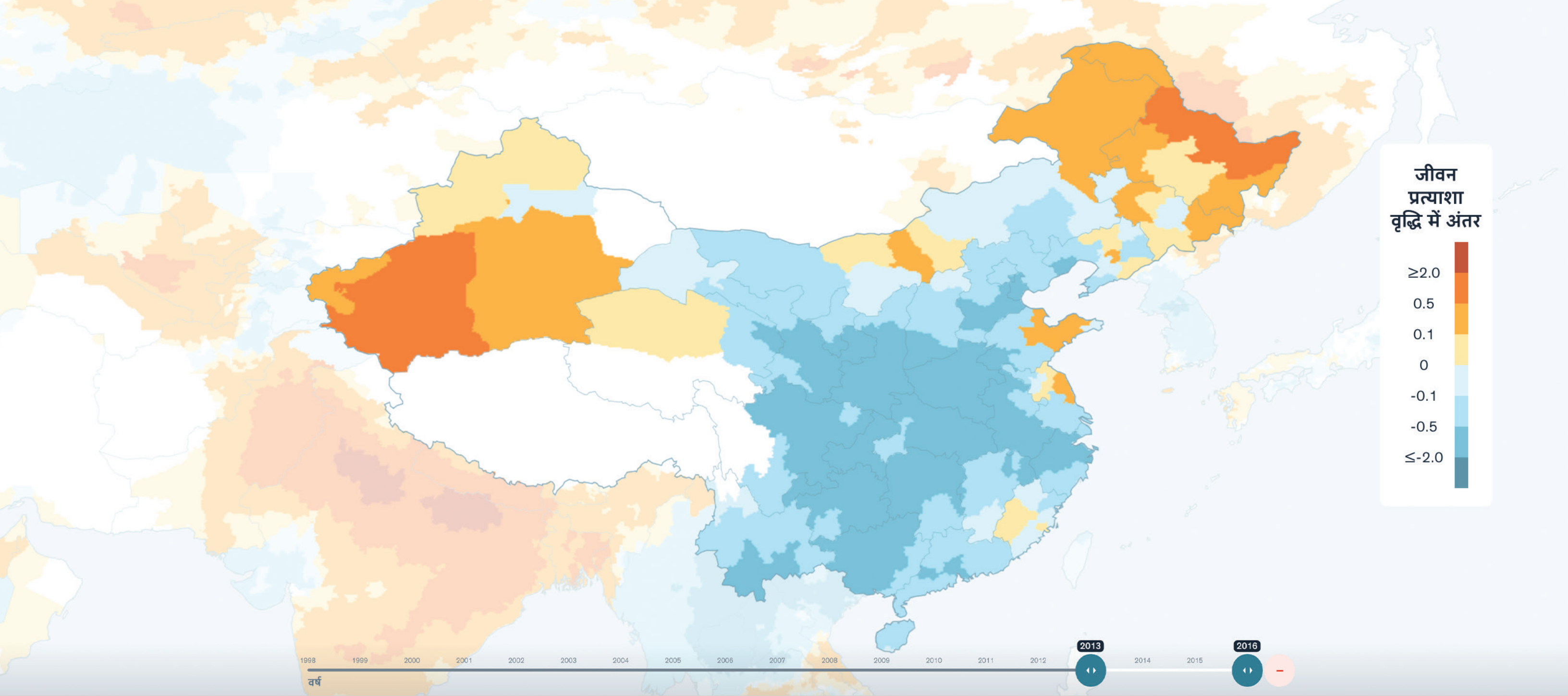
इस अधिनियम ने अमेरिकी लोगों द्वारा सांस ली जाने वाली हवा की गुणवत्ता पर तेजी से प्रभाव डाला। वर्ष 1980 तक औद्योगिक उत्सर्जनों पर नियंत्रण ने कणीय प्रदूषण में 50 प्रतिशत कमी ला दी थी। आज अमेरिकी लोग जिस हवा में सांस लेते हैं उसमें 1970 की अपेक्षा पीएम$_{2.5}$ का 60 प्रतिशत कम प्रदूषण है।

हवा में कम प्रदूषण रहने से नागरिक अधिक स्वस्थ और अधिक लंबा जीवन जी रहे हैं। जैसे, पहले स्मॉग कैपिटल कहे जाने वाले लॉस एंजेल्स में कणीय प्रदूषण 1970 से लगभग 40 प्रतिशत घट गया है जिससे वहां के निवासियों की जीवन प्रत्याशा औसतन एक वर्ष बढ़ गई है। न्यूयॉर्क और शिकागो के निवासियों का जीवनकाल औसतन दो वर्ष बढ़ गया है, और वाशिंगटन, डीसी के निवासियों का जीवनकाल तो लगभग 3 वर्ष बढ़ गया है। इन चारो महानगरों में अभी 4.9 करोड़ लोग रहते हैं जहां जीवन प्रत्याशा में तेजी से वृद्धि हुई है।

अपेक्षाकृत छोटे शहर और नगर, जो 1970 के दशकों पहले ऐसे उद्योगों के केंद्र थे, बहुत कम प्रदूषण नियंत्रण के साथ चलते थे। लेकिन उन शहरों में कुछ सबसे बेहतर सुधार दिखे। वर्ष 1970 में अल्बामा के मोबिल में कणीय प्रदूषण के सुरक्षित स्तर के लिए विश्व स्वास्थ्य संगठन के गाइडलाइन पर हवा के खरा नहीं उतरने के कारण वायु प्रदूषण से उस स्थिति की तुलना में निवासियों की जीवन प्रत्याशा में लगभग 4 वर्षों की कमी की आशंका हो सकती थी। आज मोबिल में प्रदूषण 84 प्रतिशत घट गया है जिसके चलते विश्व स्वास्थ्य संगठन की गाइडलाइन के लिहाज से जीवन प्रत्याशा में कमी का वहां कोई भय नहीं है।

इस समय अमेरिका में लगभग 21.3 करोड़ लोग ऐसी जगहों पर रहते हैं जहां 1970 में कणीय पदार्थों की मॉनीटरिंग की जाती थी और आज भी की जाती है। ये लोग सिर्फ स्वचछ हवा के कारण 1.5 वर्ष अतिरिक्त जीने की आशा कर सकते हैं, और उन सभी के जीवन में कुल 32.50 करोड़ जीवन वर्ष जुड़ गए हैं।

26 वर्ष 1970 तक के आंकड़ों के लिए, यह विश्लेषण यू.एस. ईपीए से प्राप्त निगरानी आंकड़ों पर आधारित है, बजाय उपग्रह आंकड़ों के जो मात्र 1998 से ही उपलब्ध हैं। हाँ ये ओवरलैप करते भी हैं वहाँ, ये आंकड़े एक्यूएलआई के PM$_{2.5}$ के उपग्रह आंकड़ों से मामूली से अलग हो सकते हैं। गणनाएं कैसे की गई थीं इस बारे में विवरण के लिए aqli.epic.uchicago.edu/policy-impacts/united-states-clean-air-act देखें।



तथ्य 12

चीन अपना "प्रदूषण विरोधी युद्ध" जीत रहा है।[27]

चीन में बढ़ते वायु प्रदूषण के बारे में लोगों की चिंता 1990 के दशक के उत्तरार्ध में बढ़ने लगी थी। वर्ष 2008 के आरंभ में बीजिंग स्थित अमेरिकी दूतावास ने ट्वीटर और स्टेट डिपार्टमेंट के वेबसाइट पर अपने खुद के वायु गुणवत्ता मॉनीटर के पठन पोस्ट करने शुरू किए और निवासियों ने शीघ्र ही पाया कि वे पठन नगर प्रशासन द्वारा जारी किए गए वायु गुणवत्ता की रिपोर्टों से भिन्न होते हैं। वर्ष 2013 में चिंता और भी बढ़ गई जब चीन में कणीय प्रदूषण के संकेंद्रण का लगभग सर्वोच्च स्तर दिखा। और उसी समय चेन एवं अन्य (2013) द्वारा हुआइ नदी अध्ययन की रिपोर्ट प्रकाशित हुई जिसका निष्कर्ष था कि उच्च वायु प्रदूषण ने उत्तरी चीन में रह रहे लोगों का जीवनकाल दक्षिणी चीन की अपेक्षा लगभग 5 वर्ष घटा दिया है।

अगले साल ही, चीन के प्रीमियर ली केक़ियांग ने ''प्रदूषण के विरुद्ध युद्ध'' की घोषणा की। राष्ट्रीय वायु गुणवत्ता कार्ययोजना में व्यापक वायु प्रदूषण में कमी के लिए 270 अरब डॉलर की रकम अलग रखी गई, और बीजिंग नगर प्रशासन ने भी 120 अरब डॉलर की अतिरिक्त रकम तय की। योजना का लक्ष्य 2017 तक सभी शहरी क्षेत्रों में पीएम$_{10}$ का स्तर 2012 के स्तर से कम से कम 10 प्रतिशत घटाना था। बीजिंग-तियानजिन-हेबेइ, पर्ल नदी डेल्टा, और यांग्त्सी नदी डेल्टा सहित देश के सबसे अधिक प्रदूषित क्षेत्रों को विशेष लक्ष्य दिए गए।

इन लक्ष्यों की प्राप्ति के लिए सरकार की रणनीतियों में शामिल थे - प्रदूषण में कमी को सरकारी अधिकारियों के प्रोत्साहन का हिस्सा बनाना ताकि प्रोन्नतियां अपने कार्यक्षेत्र के पर्यावरण अंकेक्षण और आर्थिक प्रदर्शन, दोनो पर निर्भर हों; कुछ क्षेत्रों में नए कोयला आधारित संयंत्रों पर रोक लगाना और मौजूद कोयला आधारित संयंत्रों के लिए उत्सर्जन में कमी लाना या उन्हें प्राकृतिक गैस आधारित संयंत्रों में बदलना जरूरी कर देना; नवीकरणीय ऊर्जा का उत्पादन बढ़ाना; उद्योग में लोहा एवं इस्पात उत्पादन की क्षमता घटाना; बड़े शहरों में सड़क पर आने वाली कारों की संख्या सीमित करना; और पारदर्शिता बढ़ाना तथा उत्सर्जन के मानकों को अच्छी तरह लागू करना।

इन कार्रवाइयों के कारण चीन के लोगों के लिए 2013 और 2016 के बीच कणीय प्रदूषण का एक्सपोजर औसतन 12 प्रतिशत घट गया। अगर इस कमी को बरकरार रखा जाता है, तो यह जीवन प्रत्याशा में 0.5 वर्षों की वृद्धि के बराबर होगी। वर्ष 2013 में चीन के सर्वाधिक प्रदूषित तीन शहरों में से एक तियानजिन में कणीय प्रदूषण में 14 प्रतिशत कमी दिखी जिसको कायम रखा जाय, तो उसके 1.3 करोड़ निवासियों के लिए यह जीवन प्रत्याशा में 1.2 वर्षों की वृद्धि में बदल जाती है। वहीं, प्रदूषण में सबसे अधिक कमी दर्शाने वाले हेनान प्रांत के निवासियों को 2013 की अपेक्षा 20 प्रतिशत कम कणीय प्रदूषण का सामना करना पड़ रहा है जो जीवन प्रत्याशा में 1.3 वर्ष की वृद्धि के बराबर है। चीन की सफलता को प्रदूषण नियंत्रण के संदर्भ में आंकने पर दिखता है कि अमेरिका में 1998 से 2016 के बीच प्रदूषण में जितनी कमी आई थी, चीन में 2013 से 2016 के बीच उससे अधिक कमी आई है।

अभी तक राष्ट्रीय वायु गुणवत्ता कार्ययोजना के कालखंड के अंतिम वर्ष, अर्थात 2017 के लिए उपग्रह से प्राप्त कणीय प्रदूषण के आंकड़े उपलब्ध नहीं हैं। लेकिन यह सुनिश्चित करने के लिए कि बीजिंग-तियानजिंग-हेबेइ, पर्ल नदी डेल्टा, और यांग्त्सी नदी डेल्टा के मुख्य क्षेत्रों में लक्ष्यों को पूरा कर लिया जाएगा, पर्यावरण संरक्षण मंत्रालय और स्थानीय अधिकारियों ने उस वर्ष आक्रामक कदम उठाए। हालांकि इन आक्रामक कार्रवाइयों के कुछ अनिच्छित परिणाम भी सामने आए हैं। जैसे, 2017-18 की शीत ऋतु में अनेक घरों और व्यवसायों से गर्म करने के लिए प्रयुक्त होने वाले कोयला से चलने वाले बॉयलरों को बिना दूसरी व्यवस्था स्थापित किए ही हटा देने के कारण कुछ घर या व्यवसाय गर्म किए बिना रहे। हालांकि इन चीजों ने की गई कमियों को स्थायी बनाने के लिए दीर्घकालीन समाधानों की जरूरत को रेखांकित किया, लेकिन इन कदमों के कारण कणीय प्रदूषण का स्तर 2016 के स्तर से भी नीचे आ गया होगा।

27 यह तथ्य पत्रक एक्यूएलआई के स्वयं के उपग्रह-से-प्राप्त प्रदूषण डेटासेट से मिले प्रदूषण के आंकड़ों और संबंधित जीवन प्रत्याशा परिणामों को सूचित करता है। अतः वे सामान्यतः "क्या चीन प्रदूषण से अपना युद्ध जीत रहा है?" रिपोर्ट, जो चीनी सरकार के ज़मीनी प्रदूषण मॉनिटर्स पर आधारित है, के प्रदूषण एवं जीवन प्रत्याशा परिणामों से कम हैं। चूंकि चीन का प्रदूषण से युद्ध एक हाल ही की नीतिगत पहल है, अतः रिपोर्ट में मॉनिटर आंकड़ों का उपयोग दो उद्देश्यों से किया गया है - (1) एक अतिरिक्त वर्ष, 2017 को शामिल करना, जब प्रदूषण घटाने की दिशा में अधिकांश प्रगति हुई थी, और (2) अल्पावधि में प्रदूषण के रुझान मापने में उपग्रह के आंकड़ों की संभावित त्रुटि से बचना। आंकड़ा स्रोतों के बीच की विसंगति का एक अतिरिक्त कारण यह है कि एक्यूएलआई के प्रदूषण आंकड़ों में धूल शामिल नहीं है, जो मॉनिटर्स द्वारा प्रेक्षित आंकड़ों का एक उल्लेखनीय भाग होती है - जैसे बीजिंग में लगभग 8%।

चीन में तीन वर्षों के अंदर ही कणीय प्रदूषण 12 प्रतिशत से कम हुआ है जिसके कारण जीवन प्रत्याशा में 0.5 वर्षों की वृद्धि हुई है।

परिशिष्ट

डेटा और प्रविधि

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के जरिए वायु प्रदूषण और जीवन प्रत्याशा के बीच संबंध के अनुमान प्रस्तुत किए जाते हैं। इससे इसके उपयोगकर्ता यह देख सकते हैं कि अगर उनका समुदाय विश्व स्वास्थ्य संगठन के गाइडलाइन या राष्ट्रीय मानकों अथवा किसी अन्य मानक का पालन करता तो उनकी जीवन प्रत्याशा कितनी बढ़ सकती थी। ऐसा चीन में किए गए दो अध्ययनों के परिणामों को प्राप्त करने के जरिए किया गया है। पूरी दुनिया में जीवन प्रत्याशा पर कणीय पदार्थों के प्रभाव के अनुमान के लिए अध्ययन के परिणामों को दुनिया की व्यापक जनसंख्या और पीएम$_{2.5}$ के आंकड़ों के साथ संयुक्त किया गया है।

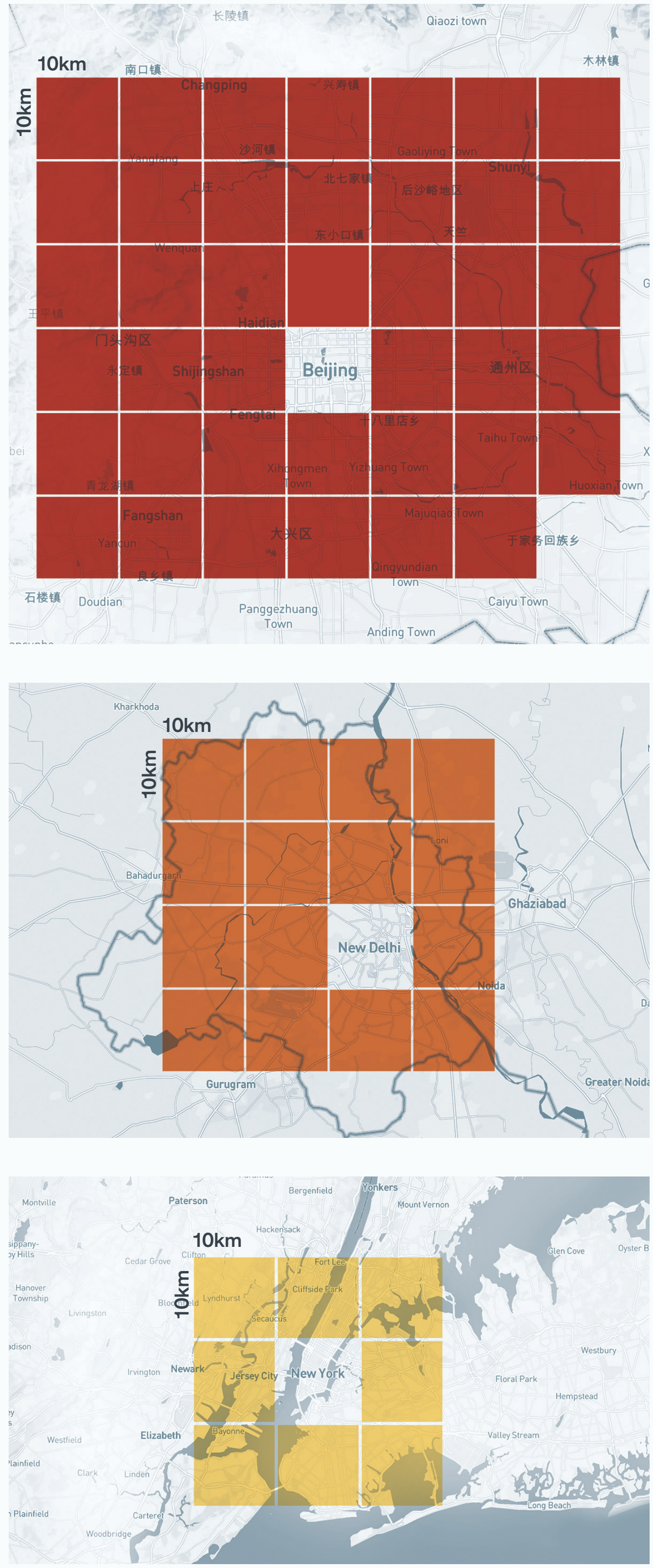
डेटा के स्रोत

ग्रिड-स्तरीय कणीय पदार्थ और जनसंख्या संबंधी अनुमान

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स तैयार करने के लिए डेटा के जिन स्रोतों का उपयोग किया गया उन्हें उनकी भौगोलिक पूर्णता और सभी देशों के डेटा केंद्रों के बीच उनकी प्रविधि संबंधी एकरूपता के कारण चुना गया था। एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में व्यापक कणीय प्रदूषण (पीएम$_{2.5}$) के संकेंद्रण के 20 वर्षों के वार्षिक अनुमानों को शामिल किया गया है। वान डॉनकेलार एवं अन्य (2016) द्वारा उपलब्ध कराए गए उपग्रह से लिए गए इस डेटा में पूरी दुनिया को 10 किमी गुणा 10 किमी के उच्च रिजोल्यूशन पर कवर किया गया है। दूसरे शब्दों में, न्यूयॉर्क सिटी के आकार के आठवें हिस्से, दिल्ली के पंद्रहवें हिस्से, या शहरी बीजिंग के चालीसवें हिस्से के बराबर हर क्षेत्र के लिए हर साल का डेटा पाइंट मौजूद है। पूरे एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में हम पीएम$_{2.5}$ के बारे में सूचना देते हैं जिसमें धूल और समुद्री नमक के आंकड़े शामिल नहीं होता है। इसे प्राकृतिक स्रोतों (जैसे धूल) के बजाय मुख्यतः मानवीय गतिविधियों (जैसे मोटरवाहनों, विद्युत संयंत्रों, या औद्योगिक गतिविधियों के उत्सर्जन) से उत्पन्न संकेंद्रण माना जा सकता है। इसके कारण हमें कणीय प्रदूषण के सबसेट पर ध्यान केंद्रित करने का मौका मिलता है जो कमोबेश एबेंस्टीन एवं अन्य (2017) द्वारा अध्ययन किए गए कणीय पदार्थों था। उस अध्ययन में उनलोगों ने मुख्यतः कोयला जलाने में अंतर होने के कारण आए अंतर पर भरोसा किया था, और जिसे सार्वजनिक नीतियों द्वारा सबसे आसानी से लक्षित किया जा सकता है।

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में 2015 के लैंडस्कैन ग्लोबल पॉपुलेशन डेटाबेस से प्राप्त जनसंख्या के आंकड़ों का उपयोग किया गया है, जिसमें हर देश में 30 आर्क-सेकेंड लंबाई वाले ग्रिड सेल में आने वाली जनगणना आधारित जनसंख्या को डिसएॅग्रीगेट करने के लिए स्थान आधारित विधियों का उपयोग किया जाता है। विषुवत रेखा के समीप ये ग्रिड सेल लगभग 1 वर्ग किमी आकार के होते हैं जबकि दूसरी जगह कुछ छोटे होते हैं। जनसंख्या के विस्तृत आंकड़ों को पीएम$_{2.5}$ के संकेंद्रण के उपग्रह आधारित आकलनों के साथ संयुक्त करने के बाद परिणाम के रूप में हमें व्यापक पीएम$_{2.5}$ के संकेंद्रण का संबंधित जनसंख्या के साथ जुड़ा वैश्विक ग्रिडेड डेटाबेस प्राप्त होता है। ग्रिड स्तर से लेकर स्थानीय, राज्य, राष्ट्रीय, और वैश्विक स्तर के पीएम$_{2.5}$ के संकेंद्रणों और जीवन प्रत्याशा के परिणामों के औसतों को ऍग्रीगेट करते समय वहां की जनसंख्या का उपयोग वेट के रूप में किया जाता है।

किसी खास वर्ष के लिए प्रदूषण और जीवन प्रत्याशा को ऍग्रीगेट करते समय, एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स द्वारा हमेशा ही जनसंख्या के 2015 के आंकड़ों का



चित्र 8 · एक्यूएलआई उच्च-विभेदन वाले उपग्रह से प्राप्त प्रदूषण एवं जनसंख्या आकलनों का उपयोग करता है, जिन्हें एक वैश्विक 10 कि.मी. गुणा 10 कि.मी. ग्रिड पर एकत्र किया गया है; जैसा कि यहां न्यू यॉर्क, बीजिंग और दिल्ली के लिए दिखाया गया है

उपयोग किया जाता है। ऐसा इसलिए कि समय के साथ प्रदूषण के स्तरों में और जीवन प्रत्याशा में होने वाली वृद्धि में परिवर्तन हवा में कणीय पदार्थों के संकेंद्रण में होने वाले वास्तविक परिवर्तन को व्यक्त करते हैं और समय के साथ जनसंख्या के वितरण में होने वाले परिवर्तनों के साथ गड्डमड्ड नहीं होते हैं। अतः उदाहरण के रूप में देखें, तो 1998 के लिए जीवन प्रत्याशा संबंधी जिन प्रभावों की जानकारी दी गई है उसकी व्याख्या इस रूप में की जानी चाहिए कि अगर वर्तमान संकेंद्रण की जगह कणीय पदार्थों का संकेंद्रण 1998 के स्तर पर होता, तो आज जीवित रहे लोग उस मामले में कैसा अनुभव करते। एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स को सबसे हाल में उपलब्ध पीएम$_{2.5}$ और जनसंख्या के आंकड़ों के आधार पर हर साल अपडेट किया जाता है।

पीएम$_{2.5}$ के लिए विश्व स्वास्थ्य संगठन की गाइडलाइन और राष्ट्रीय मानक

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के द्वारा कणीय पदार्थों के संकेंद्रण के लिए विश्व स्वास्थ्य संगठन की गाइडलाइन या राष्ट्रीय स्तर पर प्रबंधित वायु गुणवत्ता मानकों (राष्ट्रीय मानकों) तक लाने के लिए पीएम$_{2.5}$ के संकेंद्रण में कमी लाने से जीवन प्रत्याशा में होने वाली वृद्धि को मापा जाता है। विश्व स्वास्थ्य संगठन की गाइडलाइन 10 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर की है जो दीर्घकालिक स्तर पर एक्सपोजर का निम्नतम स्तर है। इससे अधिक होने को 95 प्रतिशत से भी अधिक भरोसे के साथ विश्व स्वास्थ्य संगठन ने पाया है कि वह मृत्यु को बढ़ाने वाला होता है।[28] किसी खास देश में राष्ट्रीय स्तर पर प्रबंधित वार्षिक मानकों को 86 देशों के लिए चिन्हित किया गया था जिनका रेंज 8 से 40 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर था।[29] शेष देशों के लिए, जिनके लिए राष्ट्रीय मानक की पहचान नहीं की जा सकी, हमने मैप टूल पर लिखा है कि वहां पीएम$_{2.5}$ संबंधी राष्ट्रीय मानक नहीं हैं और उनके लिए राष्ट्रीय मानक की तुलना में जीवन प्रत्याशा में वृद्धि की गणना हम नहीं करते हैं। साथ ही, एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स उपयोग करने वालों को गुंजाइश देता है कि वे जीवन प्रत्याशा में वृद्धि के रूप में परिणाम देखने के लिए प्रदूषण के संकेंद्रण में अपनी खुद की प्रतिशत कमी इंटर करें।

रिसर्च डिजाइन

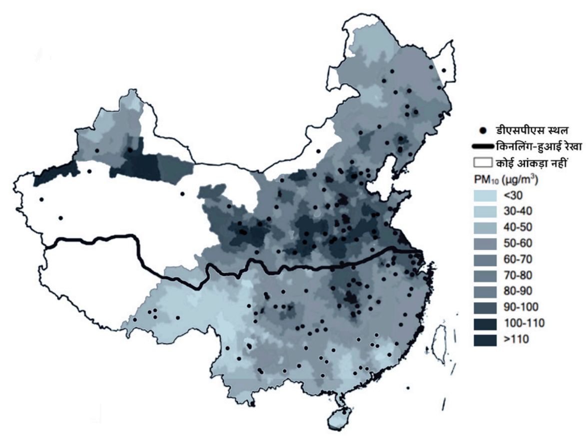
जीवन प्रत्याशा पर कणीय प्रदूषण का प्रभाव

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स माइकल ग्रीनस्टोन, अव्राहम इबेंसटीन, माओयोंग फान, गुओजुन हे, और माइगेंग झाउ (2017) द्वारा किए गए दो अध्ययनों पर आधारित है [30] जो अद्वितीय सामाजिक सेटिंग के कारण किसी व्यक्ति की जीवन प्रत्याशा पर प्रदूषण के उच्च स्तर के दीर्घकालिक एक्सपोजर के प्रभाव को मापने में सफल रहे थे।

चीन में उत्तर के क्षेत्र पारंपरिक रूप से उच्चस्तरीय प्रदूषण का अनुभव करते रहे हैं। इसका आंशिक कारण योजना अवधि (अर्थात 1950 से 1980) में शुरू की गई सरकारी नीतियां थीं जिसके तहत हुआइ नदी के उत्तर के अपेक्षाकृत ढंडे क्षेत्र में रहने वाले लोगों को घर गर्म करने के लिए बॉयलर चलाने के लिहाज से मुफ्त कोयला दिया जाता था। इस नीति का मकसद जाड़े में सबसे अधिक जरूरत वाले लोगों को गर्मी उपलब्ध कराना था लेकिन इसके कारण हुआइ नदी के दक्षिण की अपेक्षा उत्तर के लोगों को कोयला पर अधिक भरोसा हो गया। इस नीति की विरासत आज भी बरकरार है और घर को अंदर से गर्म करने की दर में हुआइ नदी के दक्षिण और उत्तर में काफी अंतर है क्योंकि उत्तर में अभी भी कोयला आधारित हीटिंग सिस्टम पर भरोसा बना हुआ है। साथ ही, एक पारिवारिक निंबधन प्रणाली ने लोगों को अपने जन्म के समय वाले समुदायों को छोड़ने के लिए हतोत्साहित किया। इसका प्रभावी अर्थ यह हुआ कि कणीय प्रदूषण के एक्सपोजर वाले लोगों का अपेक्षाकृत साफ हवा वाले क्षेत्रों में प्रवास नहीं हो सका। इन दोनो नीतियों के संयुक्त प्रभाव ने एक अद्वितीय सीमा रेखा खींच दी जहां शोधकर्ता उच्चस्तरीय प्रदूषण के दीर्घकालिक प्रभाव का अध्ययन कर सके और जीवन प्रत्याशा को प्रभावित करने वाले अन्य कारकों के प्रभाव से इसको अलग कर सके।

इन दोनो अध्ययनों में से बाद में हुए अध्ययन से पता चलता है कि पीएम$_{10}$ के 10 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर अतिरिक्त प्रदूषण के दीर्घकालिक एक्सपोजर से जीवन प्रत्याशा 0.64 वर्ष घट जाती है। हालांकि अध्ययन पूरी तरह से चीनी सेटिंग पर आधारित था, लेकिन अध्ययन में शामिल क्षेत्रों और वर्षों, दोनो में प्रदूषण के स्तरों का बड़ा रेंज दिखा। हुआइ नदी के 5 डिग्री अक्षांश के अंदर वाले क्षेत्रों में औसत के मानक विचलन (स्टैंडर्ड डेविएशन) के तहत पीएम$_{10}$ के स्तरों का रेंज

चित्र 9 • इबेन्सटाइन एवं अन्य (2017) में चीन की PM$_{10}$ सांद्रताएं और हुआई नदी की विभाजक रेखा



75 से 148 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर पीएम$_{10}$ है (जो 48 से 96 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर पीएम$_{2.5}$ के लगभग बराबर है)। नदी के 5 डिग्री अक्षांश के अंदर पूरा रेंज 27 से 307 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर पीएम$_{10}$ है (जो 18 से 200 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर पीएम$_{2.5}$ के बराबर है)। इस प्रकार, जीवन प्रत्याशा और कणीय प्रदूषण के बीच एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स द्वारा निर्धारित संबंध पूरी दुनिया में देखे गए पीएम$_{2.5}$ के वितरण से निकला है जिसने एबेंस्टीन एवं अन्य (2017) द्वारा प्रदूषण और जीवन प्रत्याशा के बीच मापे गए संबंध के सामान्यीकरण के लिए विश्वसनीय आधार उपलब्ध कराया है।

28 डब्ल्यूएचओ, 2006

29 Kutlar et al. (2017) से कई राष्ट्रीय मानकों की पहचान की गई थी

30 Ebenstein et al., 2017

राष्ट्रीय मानक या WHO दिशानिर्देश संतुष्ट करने से मिलने वाली जीवन प्रत्याशा वृद्धि का आकलन

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के निर्माण के लिए एबेंस्टीन एवं अन्य (2017) के परिणामों का उपयोग करने के लिए हमने सबसे पहले उसे पीएम$_{2.5}$ में बदला। आंकड़ों की उपलब्धता संबंधी बाधाओं के कारण एबेंस्टीन एवं अन्य (2017) द्वारा जीवन प्रत्याशा पर कणीय प्रदूषण के प्रभाव को पीएम$_{10}$ (अर्थात 10 माइक्रोमीटर से कम व्यास वाले कणों) के स्तरों के बतौर मापा गया था। चूंकि प्रदूषण के वैश्विक आंकड़ों में सिर्फ सबसे हानिकारण किस्म के कणीय प्रदूषण - पीएम$_{2.5}$ - की माप की जाती है इसलिए पीएम$_{2.5}$ -पीएम$_{10}$ अनुपात (0.65) का उपयोग करके अध्ययन के अनुमानों को हमने पीएम$_{2.5}$ की इकाइयों में बदला जो अध्ययन की अवधि में चीन की स्थितियों के लगभग पूरी तरह समकक्ष था।[31] अर्थात:

दूसरे शब्दों में, 10 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर पीएम$_{2.5}$ के दीर्घकालिक एक्सपोजर

$$\frac{0.64 years}{10\,\mu g/m^3 PM_{10}} \cdot \frac{1\,\mu g/m^3 PM_{10}}{0.65\,\mu g/m^3 PM_{2.5}} = \frac{0.98 years}{10\,\mu g/m^3 PM_{2.5}}$$

से जीवन प्रत्याशा 0.98 वर्ष घट जाती है।

महामारी-विज्ञान के साहित्य [32] के अनुरूप एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के मामले में माना गया कि पीएम$_{2.5}$ के देखे गए संपूर्ण वितरण की स्थिति में पीएम$_{2.5}$ के दीर्घकालिक एक्सपोजर और जीवन प्रत्याशा के बीच रैखिक संबंध है। हालांकि यह संभव है कि पीएम$_{2.5}$ के संकेंद्रण के कुछ खास रेंज के लिए प्रदूषण और जीवन प्रत्याशा के बीच अरैखिक संबंध हो और/ या कोई ऐसी सीमा हो जिसके नीचे पीएम$_{2.5}$ का कोई प्रभाव नहीं पड़ता हो। लेकिन हमें किसी विश्वसनीय प्रयोगसिद्ध प्रमाण की जानकारी नहीं है जो रैखिकता की हमारी मान्यता को खारिज कर दे। अतः हर ग्रिड सेल के अंदर जीवन प्रत्याशा में संभावित वृद्धि के अनुमान के लिए एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में रेफरेंस स्टैंडर्ड (विश्व स्वास्थ्य संगठन की गाइडलाइन या राष्ट्रीय मानक, अथवा उपयोगकर्ता द्वारा इंटर किया गया मानक) के ऊपर हर अतिरिक्त 10 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर के दीर्घकालिक एक्सपोजर के लिए जीवन प्रत्याशा में 0.98 वर्ष की कमी जोड़ दी गई है।

प्रदूषण के संकेंद्रण और जीवन प्रत्याशा में कमी, दोनो के लिए एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में राष्ट्रीय और उप-राष्ट्रीय प्रशासनिक सीमाओं के लिए ग्रिड-सेल स्तर के अनुमानों को ऍग्रीगेट किया गया है। ऍग्रीगेशन में जनसंख्या को वेट दिया गया है। जैसे 2016 में बीजिंग में पीएम$_{2.5}$ के वार्षिक औसत का स्तर 68.5 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर था, और ग्वांगझाउ में यह 34.3 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर था। तो चीन के 2016 के पीएम$_{2.5}$ के राष्ट्रीय वार्षिक औसत की गणना करते समय बीजिंग के पीएम$_{2.5}$ के स्तर को ग्वांगझाउ की तुलना में लगभग 50 प्रतिशत अधिक भार दिया गया क्योंकि बीजिंग की जनसंख्या ग्वांगझाउ की लगभग डेढ़गुनी है। इस प्रकार, चीन का पीएम$_{2.5}$ का राष्ट्रीय औसत 39.6 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर हाने का अर्थ है कि चीन में 2016 में औसतन हर व्यक्ति के लिए पीएम$_{2.5}$ के एक्सपोजर का स्तर 39.6 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर था। मैप टूल में राष्ट्रीय और उप-राष्ट्रीय स्तरों पर इन्हीं ऍग्रीगेटेड मानों को दर्शाया गया है।

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के प्रदूषण संबंधी आंकड़ों पर एक टिप्पणी

प्रदूषण की विश्वसनीय और भौगोलिक रूप से व्यापक माप वायु प्रदूषण के परिमाण और स्वास्थ्य पर उसके प्रभाव को समझने के लिहाज से बहुत जरूरी होती है। दुर्भाग्यवश, अभी पूरी दुनिया के अनेक क्षेत्रों में व्यापक प्रदूषण मॉनीटरिंग सिस्टम नहीं मौजूद है। वहीं, मॉनीटरिंग वाले क्षेत्रों में भी अनेक केंद्र नए स्थापित हुए हैं या हाल तक उनके द्वारा पीएम$_{2.5}$ की मॉनीटरिंग शुरू नहीं की गई थी जिससे दीर्घकालिक प्रभावों को ट्रैक कर पाना असंभव हो जाता है। मॉनीटरिंग के उपलब्ध कराए गए आंकड़ों की गुणवत्ता और विश्वसनीयता में भी अंतर रहता है जिससे क्षेत्रों में प्रदूषण की तुलना में दिक्कत आती है।

कणीय प्रदूषण और उसके स्वास्थ्य पर पड़ने वाले प्रभावों का ऐसा एकल डेटासेट बनाने के लिए जो कवरेज के मामले में वैश्विक, रिजोल्यूशन में स्थानीय, प्रविधि में सुसंगत और समय के साथ प्रदूषण के स्तर की जानकारी के लिए अनेक वर्षों तक विस्तार वाला हो, एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में पीएम$_{2.5}$ के उपग्रह से प्राप्त मापों का उपयोग किया जाता है। उपग्रह की छवियों से वान डॉनकेलार एवं अन्य (2016) ने हर स्थान पर वायुमंडल में मौजूद एरोसॉल की मात्रा का अनुमान किया। वायुमंडल की संरचना के सिमुलेशन से उन्हें उनको पीएम$_{2.5}$ के स्तरों में रूपांतरित करने में मदद मिली और मॉनीटर किए गए उपलब्ध जमीनी आंकड़ों का उपयोग करके उनका क्रॉस-वैलिडेशन और इंटरपोलेशन किया गया। उसके बाद वायुमंडल की संरचना के उन्हीं सिमुलेशंस का उपयोग करके शोधकर्ताओं ने हर स्थान पर खनिज धूल और समुद्री नमक के कारण पैदा हुए पीएम$_{2.5}$ के हिस्से को घटा दिया जिससे मानवीय गतिविधियों के कारण उत्पन्न पीएम$_{2.5}$ का अनुमानित स्तर शेष रह गया।

इस तरह प्राप्त डेटासेट 1998 से 2016 तक का है और उसमें पूरी दुनिया को 0.1 गुणा 0.1 डिग्री के उच्च रिसोल्यूशन (विषुवत रेखा पर 10 किमी गुणा 10 किमी और ध्रुवों की ओर अपेक्षाकृत कम) पर कवर किया गया है। जनसंख्या के वेट का उपयोग करके एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में जनसंख्या के इस अशोधित आंकड़े को स्थानीय और राष्ट्रीय क्षेत्रों के स्तर पर ऍग्रीगेट किया गया है।

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स का प्रदूषण संबंधी डेटा स्थानीय मॉनीटर्स द्वारा बताए गए डेटा भिन्न क्यों है??

उपयोगकर्ता पा सकते हैं कि एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के उपग्रह से प्राप्त प्रदूषण संबंधी आंकड़े उनकी सरकारों या स्थानीय वायु गुणवत्ता मॉनीटर्स द्वारा बताए गए आंकड़ों से भिन्न हैं। कुछ विरूपण तो जान-बूझकर होते हैं जो कणीय प्रदूषण के स्तर के संचालनात्मक परिभाषा में अंतर को व्यक्त करते हैं :

- धूल और समुद्री नमक। जहां मॉनीटर सभी प्रकार के कणीय पदार्थों को गणना में लेते हैं वहीं एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में जान-बूझकर पीएम5 के अशोधित आंकड़ों का उपयोग किया जाता है और मानव जनित प्रदूषण को लक्षित करने के लिए उसमें से खनिजों की धूल और समुद्री नमक को हटा दिया जाता है। जैसे, धूल और समुद्री नमक के आंकड़े हो हटा देने पर पीएम$_{2.5}$ के आंकड़े दिल्ली में लगभग 15 प्रतिशत और बीजिंग में लगभग 8 प्रतिशत घट जाते हैं। वहीं, उत्तरी अफ्रीका और मध्य-पूर्व, उप-सहारा अफ्रीका, और उत्तर-पश्चिम चीन में पीएम$_{2.5}$ के कुल संकेंद्रण में धूल और समुद्री नमक का अच्छा-खासा हिस्सा होता है जिसके कारण और भी अधिक अंतर आता है, जैसे क़तर के दोहा में 76 प्रतिशत।
- क्षेत्र का औसत बनाम किसी खास स्थान का अनुमान। एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में औसत वायु प्रदूषण की माप के लिए जिन आंकड़ों का उपयोग किया जाता है वे 0.1 गुणा 0.1 डिग्री ग्रिड रिजोल्यूशन (विषुवत रेखा पर 10 किमी गुणा 10 किमी और ध्रुवों की ओर अपेक्षाकृत कम) के हर खंड के लिए उपग्रह से प्राप्त पीएम$_{2.5}$ के अशोधित आंकड़े होते हैं। इसके विपरीत, वायु प्रदूषण के

31 0.65 का अनुपात उन अध्ययनों की सावधानीपूर्वक की गई समीक्षा पर आधारित है जो इबेन्सटाइन (2017) जैसी ही समय-सीमा के दौरान चीन के ऐतिहासिक $PM_{2.5}$ -से-PM_{10} अनुपात सूचित करते हैं। दो राष्ट्रीय स्तर पर प्रतिनिधित्व करने वाले अध्ययन विशेष रुचि के पात्र हैं। वैंग एवं अन्य (2015) ने 2006 से 2014 के बीच देशभर के 24 निगरानी स्टेशनों पर $PM_{2.5}$ -से-PM_{10} अनुपात मापा है और स्टेशन/शहर वार कुल औसत सूचित किए हैं। इन औसतों का उपयोग करके मोटे तौर पर की गई भारित-औसत की साधारण से 0.73 का $PM_{2.5}$ -से-PM_{10} अनुपात ज्ञात होता है। महत्वपूर्ण रूप से, इस अध्ययन के शहरों की सूची में कुछ प्रमुख महानगरीय क्षेत्र (जैसे बीजिंग) शामिल नहीं हैं, हालांकि आस-पास के कई क्षेत्र शामिल हैं। झोउ एवं अन्य (2015) ने ऐसे सभी प्रकाशित साहित्य (128 लेख) का एक व्यापक राष्ट्रव्यापी डेटाबेस तैयार किया है जिनमें 1988 से 2010 तक की $PM_{2.5}$ और PM_{10} द्रव्यमान सांद्रताओं का अध्ययन किया गया है और इसमें 57 शहरों और क्षेत्रों को कवर करने वाले 589 आंकड़ा युग्मों के आधार पर $PM_{2.5}$ -से-PM_{10} अनुपात 0.65 ज्ञात हुआ है। अंत में, हमने विश्व स्वास्थ्य संगठन द्वारा अपने परिवेशी प्रदूषण डेटाबेस में चीन के लिए प्रयुक्त हुए 0.66 के $PM_{2.5}/PM_{10}$ द्रव्यमान अनुपात को भी विचार में लिया है। झोउ एवं अन्य (2015) की जो व्यापकता है और उसके शोध परिणाम डब्ल्यूएचओ के मान के कितने पास हैं (0.65 बनाम 0.66) यह देखते हुए, हम एक्यूएलआई के लिए आधाररेखा $PM_{2.5}$ -से-PM_{10} अनुपात के लिए 0.65 का उपयोग करते हैं।

32 उदाहरण के लिए देखें, रोग का वैश्विक भार (2016)।

मॉनीटर किसी एक स्थान पर, जैसे कि ईंट भट्ठा के हवा के रुख की ओर 100 मीटर पर, या किसी पार्क में किसी पेड़ पर अवस्थित होते हैं। वे अपने खास स्थान पर वायु प्रदूषण का स्तर मापते हैं, और उनके द्वारा की गई माप का औसत पूरे क्षेत्र के औसत प्रदूषण स्तर से कम या अधिक हो सकता है।

- जनसंख्या का वेट। प्रदूषण के अशोधित आंकड़े 0.1 गुणा 0.1 डिग्री ग्रिड के उच्च रिजोल्यूशन पर होते हैं, और आम तौर पर किसी राजनीतिक क्षेत्र (जैसे प्रांत, जिला, प्रीफेक्चर) में ऐसे कई ग्रिड खंड होते हैं। किसी स्थानीय या राष्ट्रीय सीमा में कणीय प्रदूषण और हर व्यक्ति द्वारा महसूस किए जाने वाले जीवन प्रत्याशा संबंधी प्रभाव को औसत रूप में दर्शाने के लिए एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स में ग्रिड-स्तर के आंकड़ों को जनसंख्या के वेट का उपयोग करके ऍग्रीगेट किया जाता है। इसका अर्थ होता है कि जैसे किसी प्रांत में कोई बड़ा और कम प्रदूषण वाला शहर हो, और कोई छोटा लेकिन अधिक प्रदूषित औद्योगिक शहर हो, तो उस प्रांत की कुल आबादी के लिए प्रांत का एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स का आंकड़ा अपेक्षाकृत साफ हवा का अनुभव करने वाले उन शहरवासियों की स्थिति के अधिक करीब होगा जिनका प्रांत की जनसंख्या में बड़ा हिस्सा है। ऐसी स्थिति में एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स का यह आशय नहीं है कि वायु प्रदूषण का पूरे प्रांत में हर किसी के स्वास्थ्य पर कम असर होगा।

वान डॉनकेलार एवं अन्य (2016) द्वारा निर्मित प्रदूषण के उपग्रह से प्राप्त ग्रिड-स्तरीय डेटासेट की आम तौर पर जमीनी स्तर के मॉनीटर द्वारा ली गई मापों (मॉनीटर के मापों से धूल और समुद्री नमक के मापों को हटाने से पहले, R2 = 0.81 जिनका उपयोग उपग्रह से प्राप्त डेटासेट को कैलिब्रेट करने के लिए नहीं किया गया) के साथ काफी एकरूपता होती है। लेकिन इन्न विशेष भौगोलिक परिस्थितियों में उपग्रह के माप स्थानीय लोगों द्वारा झेले जा रहे प्रदूषण को सही-सही नहीं भी व्यक्त कर सकते हैं :

- रिजोल्यूशन। हालांकि 0.1 गुणा 0.1 डिग्री ग्रिड वैश्विक वायु प्रदूषण डेटासेट के लिए काफी अच्छा रिजोल्यूशन है, लेकिन अगर किसी क्षेत्र में प्रदूषण और जनसंख्या घनत्व, दोनो मामलों में 0.1 गुणा 0.1 डिग्री से कम स्तर पर काफी अंतर हो, तो इसका परिणाम स्थानीय लोगों द्वारा झेले जा रहे प्रदूषण स्तर का गलत चित्रण होगा। इसका एक चरम उदाहरण मंगोलिया का उलानबातार है। शहर अंडाकार विस्तार वाला है और तूल नदी घाटी में ऐसी अवस्थिति है कि शहर के ऍग्रीगेट प्रदूषण स्तर की गणना के लिए प्रयुक्त शहरी घाटी क्षेत्र के इर्दगिर्द मौजूद पहाड़ भी हर ग्रिड खंड का हिस्सा बन जाते हैं। शहरी क्षेत्र में प्रदूषण अधिक है, लेकिन पहाड़ों की हवा काफी स्वच्छ है। चूंकि हर ग्रिड खंड में पहाड़ों के कारण औसत प्रदूषण स्तर कम हो जाता है, इसलिए जनसंख्या को वेट देने से भी कम प्रदूषित पहाड़ी क्षेत्रों का वेट कम नहीं होता है। इसके चलते पूरे शहर के लिए कणीय प्रदूषण और जीवन प्रत्याशा पर होने वाले उसके प्रभाव के आंकड़े मॉनीटर किए गए आंकड़ों से काफी कम होते हैं। जैसे, वायु प्रदूषण के मॉनीटरों ने 2016 में पीएम$_{2.5}$ के वार्षिक औसत को 92 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर मापा जबकि एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स की गणना के अनुसार यह मात्र 17 माइक्रोग्राम प्रति घनमीटर था। इस मामले में मॉनीटर के आंकड़े उलानबातार के निवासियों के फेफड़ों में घुसने वाले कणीय पदार्थों की मात्रा के बेहतर सूचक हैं।

यह ऐसे स्थानीय क्षेत्रों के लिए सामान्यतः संभावित मुद्दा है जिनमें प्रदूषण और जनसंख्या में काफी अंतर होता है, जैसे कि बड़े पहाड़ों के पास स्थित महानगरों के मामले में। हालांकि होने वाली असंगति के परिमाण के लिहाज से देखें, तो उलानबातार एक चरम मामला है जिसका कारण उसके क्षेत्र का आकार और आकृति, क्षेत्र में जनसंख्या का तेज उतार-चढ़ाव और क्षेत्र के ऊपर- बनने वाले उपग्रह के ग्रिड का तरीका है।

तथ्य 8 के मृत्यु के अन्य कारणों और जोखिमों के साथ तुलना

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के परिणामों के आधार पर देखें, तो पूरी दुनिया में 2016 के स्तर पर व्यापक कणीय प्रदूषण बरकरार रहने पर अभी जीवित हर व्यक्ति की जीवन प्रत्याशा विश्व स्वास्थ्य संगठन की गाइडलाइन के स्तर पर कणीय पदार्थो का संकेंद्रण रहने पर होने वाली जीवन प्रत्याशा से औसतन 1.8 वर्ष घट जाएगी। तथ्य 8 में हमने इसके निष्कर्षों की तुलना अकाल मृत्यु के अन्य कारणों और जोखिमों के जीवन प्रत्याशा पर होने वाले प्रभावों के साथ की है। ऐसा हमने जीवन तालिकाओं (लाइफ टेबल्स) का उपयोग करके किया है और महामारी-विज्ञान आधारित वही दृष्टिकोण अपनाया है जो कणीय प्रदूषण और जीवन प्रत्याशा के बीच संबंध की गणना करने के लिए हुआइ नदी अध्ययन के दौरान अपनाया गया था।

इस दृष्टिकोण का सारांश इस प्रकार है। विश्व स्वास्थ्य संगठन[33] से हमने 2016 के मृत्यु संबंधी आंकड़े लिए - जैसे कि हर लिंग और उम्र के 0-1, 1-4, 5-9, …., 80-84 और 85 वर्ष से अधिक के अंतराल वाले मृत्यु की आंशका और जीवन प्रत्याशा के आंकड़े। हमने इन्हें "बेसलाइन" आंकड़े कहा। हमने ग्लोबल बर्डेन ऑफ डीजिज 2016 (जीबीडी) से मृत्यु के अनेक कारणों और जोखिमों (जैसे धूम्रपान, मलेरिया) के लिए 2016 में 0-1, 1-4, 5-9, …., 75-79, और 80 वर्ष से अधिक के अंतराल में हर लिंग और उम्र के लिए उस कारण से होने वाली मृत्यु की दरें मालूम कीं। इन दोनो डेटासेट के लिए हमने उम्र के सबसे ऊंचे अंतरालों को एकरूपता के लिहाज से 80 वर्ष से अधिक के एक अंतराल में ऍग्रीगेट किया।

उसके बाद, बेसलाइन जीवन तालिका का उपयोग करके और सबसे पहले ग्रीनवुड (1922) तथा चियांग (1984) द्वारा रेखांकित प्रक्रिया का पालन करके हमने 2016 में जन्मे हर लड़का और लड़की के लिए औसत जीवन प्रत्याशा की गणना यह मानते हुए की कि भविष्य में उम्र के हर अंतराल में मृत्यु संबंधी जोखिम स्थिर (कांस्टेंट) रहेगा। वर्ष 2016 के जन्मकालीन लिंग अनुपात[34] का उपयोग करके हमने लिंग के आधार पर जीवन प्रत्याशाओं को एक औसत बेसलाइन जीवन प्रत्याशा में ऍग्रीगेट करने के लिए वेटेड औसत लिया। इस संख्या में 2016 में मृत्यु के सारे कारणों और जोखिमों के वास्तविक बोझ पर आधारित जीवन प्रत्याशा संबंधी प्रभावों का लेखा-जोखा शामिल है।

यह गणना करने के लिए कि किसी खास स्थिति (जैसे धूम्रपान या मलेरिया) के नहीं रहने पर 2016 में क्या जन्मकालीन जीवन प्रत्याशा रही होती, हमने उस स्थिति की मृत्यु दरों को जीवन तालिका की बेसलाइन दरों में से घटा दिया, और प्रतितथ्यात्मक (काउंटरफैक्चुअल) औसत जन्मकालीन जीवन प्रत्याशा प्राप्त करने के लिए उक्त प्रक्रिया अपनाई। बेसलाइन जीवन प्रत्याशा और इस प्रतितथ्यात्मक जीवन प्रत्याशा के बीच अंतर ही उस स्थिति में जीवन प्रत्याशा संबंधी प्रभाव है जिसकी तुलना हमने एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स के कणीय प्रदूषण के लिए 1.8 वर्ष के परिणाम के साथ की है।

जिन आंकड़ों और कोड्स के आधार पर ये गणनाएं की गईं उन्हें aqli.epic.uchicago.edu/about/methodology में पाया जा सकता है।

33 डब्ल्यूएचओ, 2018

34 यू.एन.पॉपुलेशन डिविजन, 2017

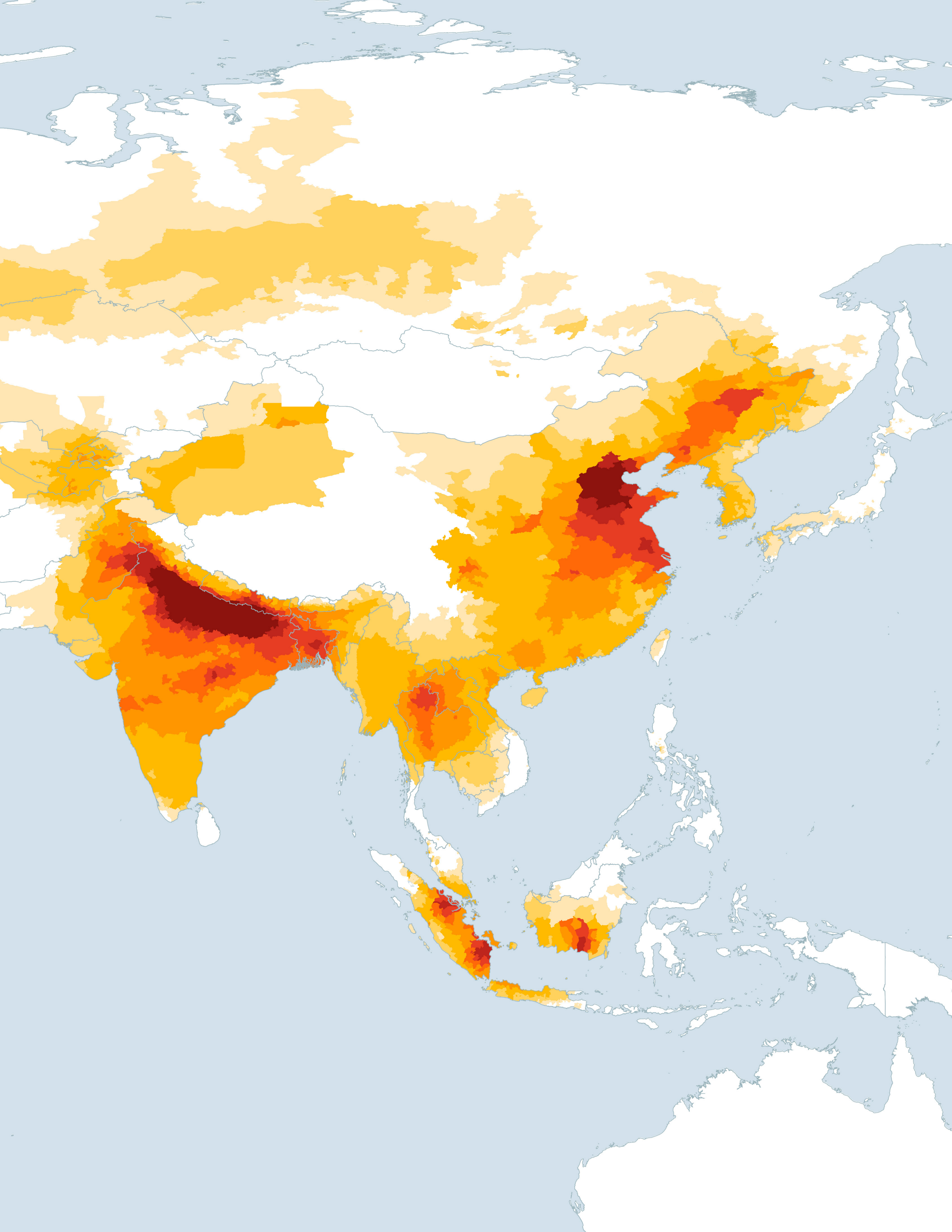
देश	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) सांद्रता	राष्ट्रीय मानक	जीवन वर्षों की बचत: राष्ट्रीय मानक	जीवन वर्षों की बचत: डब्ल्यूएचओ दिशानिर्देश
अफगानिस्तान	14	10	0.5	0.5
एक्रोतिरी और देकेलिया	9	लागू नहीं	0	0
एलैंड	6	लागू नहीं	0	0
अल्बानिया	10	15	0	0.1
अल्जीरिया	8	लागू नहीं	0	0
अमरीकी समोआ	0	लागू नहीं	0	0
अंडोरा	4	25	0	0
अंगोला	18	लागू नहीं	0.1	0.8
अंटिग्वा और बारबुडा	0	लागू नहीं	0	0
आर्जेंटीना	10	15	0.1	0.2
आर्मीनिया	18	लागू नहीं	0	0.8
ऑस्ट्रेलिया	3	8	0	0
ऑस्ट्रिया	13	25	0	0.4
आज़रबायजान	18	लागू नहीं	0	0.8
बहामाज़	1	लागू नहीं	0	0
बाहरैन	19	लागू नहीं	0	0.9
बांग्लादेश	53	15	3.8	4.2
बारबेडॉस	1	लागू नहीं	0	0
बेलारूस	16	15	0.1	0.5
बेल्जियम	14	25	0	0.4
बेलीज़	2	लागू नहीं	0	0
बेनिन	13	लागू नहीं	0	0.4
बरमुडा	1	30	0	0
भूटान	23	लागू नहीं	0.5	1.3
बोलिविया	10	10	0.2	0.2
बोनेयर, सिंट यूस्टाटियस और साबा	1	लागू नहीं	0	0
बोसनिया और हर्ज़ेगोविना	12	25	0	0.3
बोत्सवाना	16	लागू नहीं	0	0.6
ब्राज़ील	8	लागू नहीं	0	0.2
ब्रितानी वर्जिन द्वीपसमूह	1	लागू नहीं	0	0
ब्रुनेई	8	लागू नहीं	0	0
बल्गारिया	13	25	0	0.3
बुर्कीना फासो	5	लागू नहीं	0	0
बुरुंडी	21	लागू नहीं	0.1	1.1
कंबोडिया	17	लागू नहीं	0	0.7
कैमरून	15	10	0.7	0.7
कनाडा	6	10	0	0
केप वर्द	1	लागू नहीं	0	0
केमैन द्वीप	2	लागू नहीं	0	0
मध्य अफ्रीकी गणराज्य	17	लागू नहीं	0	0.7
चैड	6	लागू नहीं	0	0
चिली	18	20	0.3	0.9

देश	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) सांद्रता	राष्ट्रीय मानक	जीवन वर्षों की बचत: राष्ट्रीय मानक	जीवन वर्षों की बचत: डब्ल्यूएचओ दिशानिर्देश
चीन	39	35	1	2.9
कोलंबिया	8	25	0	0.1
कोमोरोस	2	लागू नहीं	0	0
कोस्टारीका	3	लागू नहीं	0	0
आइवरी कोस्ट	11	लागू नहीं	0	0.2
क्रोएशिया	14	25	0	0.4
क्यूबा	3	लागू नहीं	0	0
साइप्रस	8	25	0	0
चेक गणराज्य	17	25	0	0.7
कांगो लोकतांत्रिक गणतंत्र	28	लागू नहीं	0.8	1.8
डेनमार्क	10	25	0	0
जिबूती	8	लागू नहीं	0	0
डोमिनिका	1	लागू नहीं	0	0
डोमिनिकन गणराज्य	3	15	0	0
इक्वादोर	9	15	0	0
मिस्र	10	लागू नहीं	0	0.1
एल साल्वादोर	8	15	0	0
इक्वटोरियल गिनी	17	लागू नहीं	0	0.7
एरिट्रिया	7	लागू नहीं	0	0
एस्टोनिया	8	25	0	0
ईथियोपिया	16	लागू नहीं	0	0.7
फारोअ द्वीप	1	लागू नहीं	0	0
फिजी	0	लागू नहीं	0	0
फिनलैंड	7	25	0	0
फ्रांस	10	25	0	0.1
फ्रांसीसी गयाना	1	लागू नहीं	0	0
फ्रांसीसी पॉलिनेशिया	0	लागू नहीं	0	0
दक्षिणी फ्रांसीसी क्षेत्र	3	लागू नहीं	0	0
गाबों	21	लागू नहीं	0.1	1
गाम्बिया	3	लागू नहीं	0	0
जॉर्जिया	13	लागू नहीं	0	0.3
जर्मनी	13	25	0	0.3
गाना	15	लागू नहीं	0	0.5
यूनान	10	25	0	0.1
ग्रीनलैंड	1	लागू नहीं	0	0
ग्रेनाडा	1	लागू नहीं	0	0
ग्वादलूप	1	25	0	0
ग्वाम	0	12	0	0
ग्वातेमाला	8	10	0	0
ग्वेर्नसे	10	लागू नहीं	0	0
गिनी	6	लागू नहीं	0	0
गिनी बीसो	4	लागू नहीं	0	0

देश	$PM_{2.5}$ (μg/m³) सांद्रता	राष्ट्रीय मानक	जीवन वर्षों की बचत: राष्ट्रीय मानक	जीवन वर्षों की बचत: डब्ल्यूएचओ दिशानिर्देश
गयाना	1	लागू नहीं	0	0
हाईती	4	लागू नहीं	0	0
होंदुरास	5	लागू नहीं	0	0
हंगरी	19	25	0	0.9
आइसलैंड	2	लागू नहीं	0	0
भारत	54	40	1.8	4.3
इंडोनेशिया	22	लागू नहीं	0.5	1.2
ईरान	11	10	0.2	0.2
ईराक	9	लागू नहीं	0	0.1
आयरलैंड	4	25	0	0
आइल ऑफ मैन	7	लागू नहीं	0	0
इस्राइल	9	25	0	0
इटली	14	25	0	0.5
जमैका	2	15	0	0
जापान	12	15	0	0.2
जर्सी	9	लागू नहीं	0	0
जोर्डन	7	15	0	0
कज़ाकस्तान	13	लागू नहीं	0	0.4
कीनिया	10	35	0	0.2
कोसोवो	12	लागू नहीं	0	0.2
कुवैत	14	15	0	0.4
किर्गिज़स्तान	14	लागू नहीं	0	0.4
लाओस	30	लागू नहीं	1	2
लातीविया	11	25	0	0.1
लेबनान	8	लागू नहीं	0	0
लेसुटू	14	लागू नहीं	0	0.4
लाइबीरिया	8	लागू नहीं	0	0
लीबिया	5	लागू नहीं	0	0
लीक्टेनस्टाइन	7	लागू नहीं	0	0
लिथुआनिया	14	25	0	0.4
लग्ज़मबर्ग	10	25	0	0
मैसेडोनिया	12	लागू नहीं	0	0.2
मैडागास्कर	4	लागू नहीं	0	0
मलावी	11	8	0.3	0.1
मलेशिया	17	35	0	0.8
माली	3	लागू नहीं	0	0
मार्टीनीक	1	25	0	0
मोरीतानिया	2	लागू नहीं	0	0
मॉरिशस	0	लागू नहीं	0	0
मायोत	2	25	0	0
मेक्सिको	12	15	0.1	0.3
माइक्रोनेशिया	0	लागू नहीं	0	0
मोलडोवा	17	लागू नहीं	0	0.7
मंगोलिया	11	25	0	0.3
मोंटेनेग्रो	10	20	0	0.1
मोंतेसेरात	1	लागू नहीं	0	0
मोरक्को	9	लागू नहीं	0	0.1
मोज़ाम्बीक	8	लागू नहीं	0	0
म्यांमार	23	लागू नहीं	0.2	1.2
नामीबिया	10	लागू नहीं	0	0.2
नाउरू	0	लागू नहीं	0	0
नेपाल	55	लागू नहीं	3.3	4.4
नेदरलैंड	13	25	0	0.3
न्यू कैलडोनिया	0	25	0	0
न्यूज़ीलैंड	1	लागू नहीं	0	0
निकारागवा	3	लागू नहीं	0	0
नीजेर	5	लागू नहीं	0	0
नाईजीरिया	18	लागू नहीं	0.3	0.8
उत्तरी कोरिया	22	लागू नहीं	0.2	1.1
उत्तरी सायप्रस	9	लागू नहीं	0	0
उत्तरी मारिआना द्वीप	1	लागू नहीं	0	0
नॉर्वे	4	15	0	0
ओमान	10	लागू नहीं	0	0.1
पाकिस्तान	37	15	2.2	2.7
पालाउ	1	लागू नहीं	0	0
फिलिस्तीन	9	लागू नहीं	0	0
पनामा	2	लागू नहीं	0	0
पापुआ न्यू गिनी	2	लागू नहीं	0	0
परागवे	10	15	0	0.1
पेरू	17	15	0.7	0.9
फिलीपींस	7	25	0	0.1
पोलैंड	21	25	0	1
पुर्तगाल	5	25	0	0
प्वेर्तो रीको	1	15	0	0
कतर	19	लागू नहीं	0	0.9
कांगो गणतंत्र	34	लागू नहीं	1.2	2.3
रीयूनियन	0	लागू नहीं	0	0
रोमानिया	16	25	0	0.6
रूस	15	25	0	0.5
रवांडा	24	लागू नहीं	0.3	1.4
सेंट हेलेना	1	लागू नहीं	0	0
सेंट किट्स और नेविस	1	लागू नहीं	0	0
सेंट लुसिया	1	लागू नहीं	0	0
सेंट पियर और मिकलों	1	लागू नहीं	0	0

देश	$PM_{2.5}$ (μ g/m³) सांद्रता	राष्ट्रीय मानक	जीवन वर्षों की बचत: राष्ट्रीय मानक	जीवन वर्षों की बचत: डब्ल्यूएचओ दिशानिर्देश
सेंट विन्सेंट और ग्रेनडीन	1	लागू नहीं	0	0
सैमोआ	0	लागू नहीं	0	0
सान मारीनो	13	लागू नहीं	0	0.3
साओ तोमे और प्रीनसीप	11	लागू नहीं	0	0.1
सऊदी अरब	12	15	0.1	0.2
सेनेगाल	3	लागू नहीं	0	0
सर्बिया	15	25	0	0.5
सेशेल्स	1	लागू नहीं	0	0
सियेरा लियोन	7	लागू नहीं	0	0
सिंगापुर	25	12	1.3	1.5
स्लोवाकिया	20	25	0	1
स्लोवेनिया	13	लागू नहीं	0	0.3
सोलोमन द्वीप	1	लागू नहीं	0	0
सोमालिया	4	लागू नहीं	0	0
दक्षिण अफ्रीका	20	20	0.6	1.1
दक्षिण कोरिया	24	25	0.1	1.4
दक्षिण सुदान	11	लागू नहीं	0	0.2
स्पेन	7	25	0	0
श्री लंका	1	25	0	0
सूडान	6	लागू नहीं	0	0
सूरीनाम	1	लागू नहीं	0	0
स्वाज़ीलैंड	14	लागू नहीं	0	0.4
स्वीडन	7	25	0	0
स्विट्ज़रलैंड	10	लागू नहीं	0	0
सीरिया	11	लागू नहीं	0	0.2
ताइवान	14	15	0.2	0.5
ताजीकिस्तान	29	लागू नहीं	0.8	1.9
तंज़ानिया	11	लागू नहीं	0	0.2
थाईलैंड	31	25	0.8	2.1
तीमोर-लेस्त	4	लागू नहीं	0	0

देश	$PM_{2.5}$ (μ g/m³) सांद्रता	राष्ट्रीय मानक	जीवन वर्षों की बचत: राष्ट्रीय मानक	जीवन वर्षों की बचत: डब्ल्यूएचओ दिशानिर्देश
टोगो	14	लागू नहीं	0	0.5
टोकलाऊ	1	लागू नहीं	0	0
टोंगा	0	लागू नहीं	0	0
ट्रिनिडाड और टोबागो	1	15	0	0
ट्यूनीशिया	5	लागू नहीं	0	0
तुर्की	12	लागू नहीं	0	0.2
तुर्कमेनिस्तान	12	लागू नहीं	0	0.2
तुर्क और केकोस द्वीप	1	25	0	0
तुवालू	0	लागू नहीं	0	0
युगांडा	20	लागू नहीं	0.2	1
यूक्रेन	17	लागू नहीं	0	0.7
संयुक्त अरब अमीरात	18	लागू नहीं	0	0.8
ब्रिटेन	10	25	0	0.1
संयुक्त राज्य अमेरिका	9	12	0	0.1
संयुक्त राज्य अमेरिका के बाहरी छोटे द्वीप	0	लागू नहीं	0	0
उरुग्वाय	6	लागू नहीं	0	0
उज़्बेकिस्तान	24	लागू नहीं	0.4	1.3
वानुआतु	1	लागू नहीं	0	0
वेनेज़्वेला	3	लागू नहीं	0	0
वियतनाम	20	25	0.3	1
वर्जिन द्वीपसमूह, संयुक्त राज्य अमेरिका	1	12	0	0
वालिस और फुतुना	0	लागू नहीं	0	0
पश्चिमी सहारा	1	लागू नहीं	0	0
यमन	7	लागू नहीं	0	0
ज़ाम्बीया	16	लागू नहीं	0	0.6
ज़िम्बाब्वे	12	लागू नहीं	0	0.2



संदर्भ

Bell, M.L. and Davis, D.L. (2001). Reassessment of the lethal London Fog of 1952: Novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution. Environmental Health Perspectives, 109: 389-394.

Biondo, S.J. and Marten, J.C. (1977). A history of flue gas desulfurization systems since 1850. Journal of the Air Pollution Control Association, 27(10), 948-961.

BP Energy Outlook. (2018). Data pack [Data file]. Retrieved from https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook.html

BP Statistical Review of World Energy. (2012). Available from https://www.bp.com/statisticalreview

Bright, E.A., Rose, A.N., and Urban, M.L. (2016). LandScan 2015 [Data file]. Oak Ridge National Laboratory. Retrieved from https://landscan.ornl.gov/

Chay, K.Y. & Dobkin, C. (2003). The Clean Air Act of 1970 and adult mortality. Journal of Risk and Uncertainty, 27(3): 279-300

Chay, K. Y., & Greenstone, M. (2003). Air quality, infant mortality, and the Clean Air Act of 1970. National Bureau of Economic Research, Working Paper 10053.

Chay, K. Y., & Greenstone, M. (2003). The impact of air pollution on infant mortality: evidence from geographic variation in pollution shocks induced by a recession. The quarterly journal of economics, 118(3), 1121-1167.

Chen, Y., Ebenstein, A., Greenstone, M., & Li, H. (2013). Evidence on the impact of sustained exposure to air pollution on life expectancy from China's Huai River policy. Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(32), 12936-12941.

Chiang, C.L. (1984). The life table and its applications. Malabar, Florida: R.E. Krieger Publishing.

Davis, D. (2002). When Smoke Ran Like Water. New York: Basic Books.

Dockery, D. W., Pope, C. A., Xu, X., Spengler, J. D., Ware, J. H., Fay, M. E., ... & Speizer, F. E. (1993). An association between air pollution and mortality in six US cities. New England journal of medicine, 329(24), 1753-1759.

Dominici, F., Greenstone, M., & Sunstein, C. R. (2014). Particulate matter matters. Science, 344(6181), 257-259.

Ebenstein, A., Fan, M., Greenstone, M., He, G., & Zhou, M. (2017). New evidence on the impact of sustained exposure to air pollution on life expectancy from China's Huai River Policy. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(39), 10384-10389.

Energy Policy Institute at the University of Chicago. (2018). Levelized Cost of Electricity, India. Mimeo.

Gibbens, S. (2018). Air pollution robs us of our smarts and our lungs. National Geographic. Retrieved from https://www.nationalgeographic.com/environment/2018/09/news-air-quality-brain-cognitive-function/?user.testname=none

Global Burden of Disease. (2016). Retrieved from http://ghdx.healthdata.org/gbd-2016

Greenstone, M. (2015, Sept 23). Overview on methodology for clean air study. The New York Times. Retrieved from https://www.nytimes.com/2015/09/25/upshot/notes-on-methodology.html?module=inline

Greenwood, M. (1922). Discussion on the Value of Life-Tables in Statistical Research. Journal of the Royal Statistical Society, 85(4), 537-560.

Guttikunda, S.K and Jawahar, P. (2014). Atmospheric emissions and pollution from the coal-fired thermal power plants in India. Atmospheric Environment, 92, 449-460.

Iadecola, C. (2013). The pathobiology of vascular dementia. Neuron, 80(4), 844-66.

International Energy Agency. (2018). Electricity generation by fuel, India 1990-2016 [Data file]. Retrieved from https://www.iea.org/statistics

Karagulian, F., Belis, C.A., Dora, C.F., Prüss-Ustün, A.M., Bonjour, S., Adair-Rohani, H., Amann, M. (2015). Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. Atmospheric Environment, 120(2015), 475-483.

Katsouyanni, K., Touloumi, G., Spix, C., Schwartz, J., Balducci, F., Medina, S., ..., Anderson, H.R. (1997). Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. BMJ, 314(7095), 1658.

Kutlar, J.M, Eeftens, M., Gintowt, E., Kappeler, R., Kunzli, N. (2017). Time to Harmonize National Ambient Air Quality Standards. International Journal of Public Health 62(4), 453–462.

Ling, S. H., and van Eeden, S. F. (2009). Particulate matter air pollution exposure: role in the development and exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. International journal of chronic obstructive pulmonary disease, 4, 233-43.

National Research Council. (2010). Global Sources of Local Pollution: An Assessment of Long-Range Transport of Key Air Pollutants to and from the United States. Washington, DC: The National Academies Press.

Philip, S., Martin, R.V., van Donkelaar, A., Lo, J.W., Wang, Y., Chen, D., ..., Macdonald, D.J. (2014). Global chemical composition of ambient fine particulate matter for exposure assessment. Environmental Science & Technology, 48(22), 13060-13068.

Pope III, C. A., Ezzati, M., & Dockery, D. W. (2009). Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. New England Journal of Medicine, 360(4), 376-386.

U.N. Population Division. (2017). Sex Ratio at Birth (SRB) [Data file]. Retrieved from https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Fertility/

U.S. Department of Energy. Ultra-low sulfur diesel. Retrieved from https://www.fueleconomy.gov/feg/lowsulfurdiesel.shtml

U.S. Energy Information Administration. (2017a). Average Costs of Existing Flue Gas Desulfurization Units. Retrieved from https://www.eia.gov/electricity/annual/html/epa_09_04.html

U.S. Energy Information Administration. (2017b). Quantity and net summer capacity of operable environmental equipment, 2007-2017. Retrieved from https://www.eia.gov/electricity/annual/html/epa_09_02.html

U.S. Energy Information Administration. (2017c). Existing Capacity by Energy Source, 2017 (Megawatts). Retrieved from https://www.eia.gov/electricity/annual/html/epa_04_03.html

U.S. Energy Information Administration. (2018). Weekly retail gasoline and diesel prices [Data file]. Retrieved from https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_gnd_dcus_nus_w.htm

U.S. Environmental Protection Agency. Diesel fuel standards and rulemakings. Retrieved from https://www.epa.gov/diesel-fuel-standards/diesel-fuel-standards-and-rulemakings

Van Donkelaar, A., Martin, R. V., Brauer, M., Hsu, N. C., Kahn, R. A., Levy, R. C., ... & Winker, D. M. (2016). Global estimates of fine particulate matter using a combined geophysical-statistical method with information from satellites, models, and monitors. Environmental science & technology, 50(7), 3762-3772.

Wang Y.Q., Zhang, X.Y., Sun, J.Y., Zhang, X.C., Che, H.Z., and Li, Y. (2015) Spatial and temporal variations of the concentration of PM_{10}, $PM_{2.5}$ and PM1 in China. Atmospheric Chemistry and Physics, 15:13585-13598.

Wilson, W.E. and Suh, H. H. (1997). Fine particles and coarse particles: Concentration relationships relevant to epidemiological studies. Journal of the Air & Waste Management Association, 47(12), 1238-1249.

World Health Organization. (2006) WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Available at: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf

World Health Organization. (2016). WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (update 2016). Available online at: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/

World Health Organization. (2018). Life tables by WHO region: Global [Data file]. Available at http://apps.who.int/gho/data/view.main.LIFEREGIONGLOBAL?lang=en

Xing, Y. F., Xu, Y. H., Shi, M. H., & Lian, Y. X. (2016). The impact of $PM_{2.5}$ on the human respiratory system. Journal of thoracic disease, 8(1), E69-74.

Zhou, X., Cao, Z., Ma, Y., Wang, L., Wu, R., and Wang, W. (2015) Concentrations, correlations and chemical species of $PM_{2.5}/PM_{10}$ based on published data in China: Potential implications for the revised particulate standard. Chemosphere, 144(2016): 518-526.

लेखकों के बारे में

माइकल ग्रीनस्टोन

माइकल ग्रीनस्टोन द कॉलेज, और द हैरिस स्कूल में अर्थशास्त्र के मिल्टन फ्रीडमैन प्रोफेसर, और बेकर फ्रीडमैन इंस्टीट्यूट तथा शिकागो विश्वविद्यालय के बहुविषयक (इंटरडिसिप्लीनरी) एनर्जी पॉलिसी इंस्टीट्यूट के निदेशक हैं। अपने जिस शोध के जरिए उन्होंने नीति को वैश्विक स्तर पर प्रभावित किया है वह मुख्यतः पर्यावरण की गुणवत्ता और समाज के ऊर्जा संबंधी विकल्पों के लाभों और लागतों को सामने लाने पर केंद्रित है। राष्ट्रपति ओबामा के काउंसिल ऑफ इकोनॉमिक एडवाइजर्स के मुख्य अर्थशास्त्री के बतौर उन्होंने अमेरिकी सरकार के कार्बन के समाजिक व्यय के विकास का सह-नेतृत्व किया। साथ ही, वह दो दशकों से भी अधिक समय से मनुष्यों की खैरियत पर कणीय प्रदूषण के प्रभावों पर शोध करते रहे हैं। इसमें उनका वह शोध भी शामिल है जिसमें उन्होंने मनुष्य पर कणीय प्रदूषण के दीर्घकालिक एक्सपोजर और जीवन संभाव्यता के बीच कार्य-कारण संबंध को विश्वनीय ढंग से मापा है। उनका यह शोध ही वायु गुणवत्ता जनित जीवन सूचकांक का आधार है।

किंग (क्लेयर) फैन

क़िग (क्लेयर) फैन शिकागो विश्वविद्यालय स्थित एनर्जी पॉलिसी इंस्टीट्यूट (इपिक) की प्री-डॉक्टोरल फेलो हैं जहां वह अपने निदेशक माइकल ग्रीनस्टोन के लिए ऊर्जा एवं पर्यावरण अर्थशास्त्र की अनेक परियोजनाओं पर काम करती हैं। उन्होंने कैलिफोर्निया के पोमोना कॉलेज से 2018 में अर्थशास्त्र में माइनर के साथ गणित में स्नातककी डिग्री प्राप्त की। पोमोना में रहते हुए उन्होंने भारत के पंजाब में कृषक समुदायों में सुस्थिर (सस्टेनेबल) कृषि के बारे में मानसिकता पर एक फील्ड स्टडी की, और अप्लाइड मैथेमैटिक्स में तथा सामाजिक उद्यम के अर्थशास्त्र पर शोध कार्य किया। उनकी रुचि जलवायु परिवर्तन, और खाद्य तथा कृषि के सामाजिक प्रभावों को शामिल करके पर्यावरण और विकासमूलक अर्थशास्त्र के इंटरसेक्शन में है।

कन्स्ट्रक्टिव द्वारा डिजाइन की गई

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स

एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स एक प्रदूषण सूचकांक है जो कणीय वायु प्रदूषण को अस्तित्व में मौजूद संभवतः सबसे महत्वपूर्ण माप - जीवन प्रत्याशा पर प्रभाव - में बदल देता है। शिकागो विश्वविद्यालय के अर्थशास्त्र के मिल्टन फ्रीडमैन प्रोफसर माइकल ग्रीनस्टोन और शिकागो विश्वविद्यालय स्थित एनर्जी पॉलिसी इंस्टीट्यूट (इपिक) की उनकी टीम द्वारा विकसित एयर क्वालिटी लाइफ इंडेक्स का आरंभ हाल के एक शोध से हुआ है जिसमें मनुष्य पर वायु प्रदूषण के दीर्घकालिक एक्सपोजर और जीवन प्रत्याशा के बीच कार्य-कारण संबंध को मापा गया है। उसके बाद यह सूचकांक इस शोध को कणीय पदार्थों के अति-स्थानीयकृत वैश्विक मापों से जोड़ता है जिससे पूरी दुनिया के समुदायों पर कणीय प्रदूषण की वास्तविक कीमत के बारे में अप्रत्याशित समझ हासिल होती है। सूचकांक इसे भी दर्शाता है कि विश्व स्वास्थ्य संगठन द्वारा सुरक्षित स्तर का एक्सपोजर माने जाने वाले गाइडलाइन, वायु गुणवत्ता के राष्ट्रीय मानकों, या उपयोगकर्ता द्वारा तय वायु गुणवत्ता के स्तर का पालन करने पर वायु प्रदूषण संबंधी नीतियों के कारण जीवन प्रत्याशा कैसे बढ़ सकती है। इस जानकारी से स्थानीय समुदायों और नीति निर्माताओं को ठोस अर्थों में वायु प्रदूषण संबंधी नीतियों के महत्व के बारे में जानकारी पाने में मदद मिल सकती है।

aqli.epic.uchicago.edu @UChiEnergy #AQLI

शिकागो विश्वविद्यालय स्थित एनर्जी पॉलिसी इंस्टीट्यूट

ऊर्जा बाज़ार पर्यावरणीय एवं सामाजिक क्षतियों को सीमित रखते हुए विश्वसनीय और किफायती ऊर्जा तक पहुँच प्रदान करें यह सुनिश्चित करने की दिशा में कार्य करते हुए शिकागो विश्वविद्यालय का ऊर्जा नीति संस्थान (ईपीआईसी) ऊर्जा की वैश्विक चुनौती का डटकर सामना कर रहा है। हम यह कार्य एक अनूठी, अंतरविषयक पद्धति का उपयोग करके करते हैं जो रणनैतिक पहुँच-प्रसार और अगली पीढ़ी के वैश्विक ऊर्जा नेतृत्वकर्ताओं के प्रशिक्षण के माध्यम से, सशक्त, आंकड़ा-चालित शोध को वास्तविक-विश्व के प्रभावों में बदलती है।

epic.uchicago.edu @UChiEnergy /UChicagoEnergy

EPIC | ENERGY POLICY INSTITUTE AT THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO