

विशेष रिपोर्ट 21 जनवरी 2018



भारत में प्रमुख वायु प्रदूषण स्रोतों के कारण रोग का बोझ

GBD MAPS कार्य समूह

नीति निर्माताओं के लिए सारांश

स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान

स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान के बारे में

स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान सन 1980 में एक स्वतंत्र शोध संगठन के रूप में स्थापित हुआ जो एक गैर-लाभकारी निगम है। यह स्वास्थ्य पर वायु प्रदूषण के प्रभावों पर उच्च-गुणवत्ता, निष्पक्ष और प्रासंगिक विज्ञान प्रदान करता है। अपने मिशन को पूरा करने के लिए, संस्थान

- स्वास्थ्य प्रभाव शोध के लिए उच्चतम-प्राथमिकता वाले क्षेत्रों की पहचान करता है;
- प्रतिस्पर्धात्मक रूप से शोध परियोजनाओं का वित्तपोषण और पर्यवेक्षण करता है;
- स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान-समर्थित अध्ययनों और संबंधित शोध की गहन स्वतंत्र समीक्षा
 प्रदान करता है;
- स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान के शोध परिणामों को अन्य संस्थानों के परिणामों के साथ व्यापक मूल्यांकनों में एकीकृत करता है; तथा
- सार्वजनिक और निजी निर्णय निर्माताओं के लिए स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान के शोध और विश्लेषण परिणामों को संचारित करता है

स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान आमतौर पर अमेरिकी पर्यावरण संरक्षण एजेंसी और दुनिया भर में मोटर वाहन उद्योग से संतुलित वित्तपोषण प्राप्त करता है। अक्सर, संयुक्त राज्य अमेरिका और दुनिया भर के अन्य सार्वजनिक और निजी संगठन भी इसके प्रमुख परियोजनाओं या शोध कार्यक्रमों का समर्थन करते हैं; विलियम एंड फ्लोरा हैवलेट फाउंडेशन और ओक फाउंडेशन ने GBD MAPs को प्राथमिक समर्थन दिया। स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान ने उत्तरी अमेरिका, यूरोप, एशिया और लैटिन अमेरिका में 330 से अधिक शोध परियोजनाओं को वित्त पोषित किया है, जिसके परिणामस्वरूप कार्बन मोनोऑक्साइड, वायु में घुले विषेले पदार्थ, नाइट्रोजन ऑक्साइड, डीजल निकास, ओजोन, कणीय पदार्थ, और अन्य प्रदूषकों के बारे में निर्णय लिए गए हैं। ये परिणाम स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान द्वारा प्रकाशित 260 से अधिक व्यापक रिपोर्टों के और साथ ही सहकर्मी-समीक्षा किए गए साहित्य में 1,000 से अधिक लेखों में दिखाई दिए हैं।

स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान के स्वतंत्र निदेशक मंडल में विज्ञान और नीति के अग्रणी शामिल हैं जो संगठन के लिए अत्यावश्यक सार्वजनिक-निजी साझेदारी को बढ़ावा देने के लिए प्रतिबद्ध हैं। इस रिपोर्ट के लिए, GBD MAPS की एक अंतर्राष्ट्रीय संचालन समिति की नियुक्ति GBD MAPS कार्य समूह को उच्च स्तरीय सलाह और निरीक्षण प्रदान करने के लिए की गई थी। इसके अलावा, स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान द्वारा उनकी विशेषज्ञता के लिए चुने गए भारत और अन्य देशों के स्वतंत्र बाहरी सहकर्मी समीक्षकों द्वारा मसौदा अंतिम रिपोर्ट की समीक्षा की गई थी। GBD MAPS स्टीयरिंग कमेटी के विशेषज्ञों ने इस रिपोर्ट के अंतिम संस्करण के एक मसौदे की भी समीक्षा की।

सभी परियोजना परिणाम व्यापक रूप से स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान की वेबसाइट (www.healtheffects.org), मुद्रित रिपोर्टों, न्यूज़लेटरों और अन्य प्रकाशनों, वार्षिक सम्मेलनों, और विधायी निकायों और सार्वजनिक एजेंसियों के लिए प्रस्तुतियों के माध्यम से प्रसारित होते हैं।

नीति निर्माताओं के लिए सारांश

भारत में प्रमुख वायु प्रदूषण स्रोतों के कारण रोग का बोझ

वाय् प्रदूषण च्नौती

दुनिया में बाहरी वायु प्रदूषण के उच्चतम स्तरों में से कुछ भारत में हैं। सूक्ष्म किणक पदार्थ ($PM_{2.5}^*$) के उपग्रह और भारतीय भू-स्तरीय दोनों प्रकार के मापन से वायु प्रदूषण के सर्वाधिक व्यापक अनुमान के अनुसार 99.9% भारतीय आबादी के ऐसे क्षेत्रों में रहने का अनुमान है जहाँ 2015 में $PM_{2.5}$

के लिए विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO) वायु गुणवत्ता का $10~\mu g/m^3$ का दिशानिर्देश पार हो गया था। लगभग 90% लोग WHO के अंतरिम लक्ष्य-1 ($35~\mu g/m^3$) से अधिक वाले क्षेत्रों में रहते हैं। इसी प्रकार, अधिकांश भारतीय राज्यों (21) और लघु क्षेत्रों (6) की जनसंख्या 2015~ में $PM_{2.5}$ के लिए भारतीय वार्षिक मानक $40~\mu g/m^3$ से ऊँचे स्तरों के संपर्क में थी। हालांकि भारतीय आबादी द्वारा अन्भव किए गए प्रदूषण में उनके रहने

यह अध्ययन बताता है

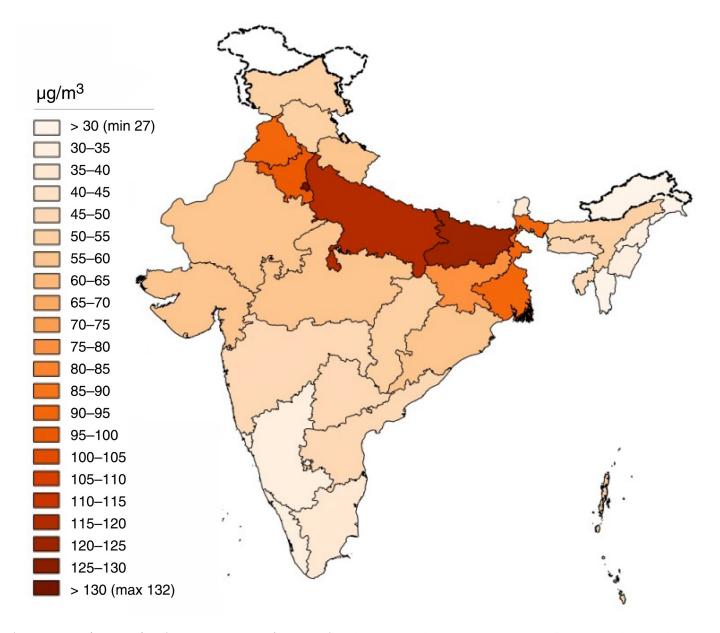
- यह रिपोर्ट भारत में वायु प्रदूषण के प्रमुख स्रोतों के कारण होने वाली बीमारी के वर्तमान और अनुमानित बोझ का पहला व्यापक मूल्यांकन प्रदान करती है।
- 2015 में, कई प्रमुख स्रोतों से होने वाला सूक्ष्म कणिक पदार्थ (PM) वायु प्रदूषण लगभग 11 लाख मौतों या भारत में होने वाली कुल मौतों में से 10.6% के लिए जिम्मेदार था। दहन स्रोत प्रमुख योगदानकर्ताओं में शामिल हैं:
 - आवासीय बायोमास का जलना, भारत में बीमारी के बोझ में सबसे बड़ा योगदान देता है। आवासीय बायोमास का जलना, 267,700 मौतों या PM2.5 के कारण होने वाली मौतों के लगभग 25% के लिए जिम्मेदार था, जिससे यह 2015 में मृत्यु दर से संबंधित सबसे महत्वपूर्ण मानवजनित स्रोत बन गया। इन बोझ के अनुमानों में बायोमास के जलने के आंतरिक जोखिम में पर्याप्त अतिरिक्त बोझ शामिल नहीं है।
 - कोयले के दहन और खुले में जलाने से बीमारी के बोझ में काफी योगदान मिलता है। औद्योगिक स्रोतों और ताप विद्युत संयंत्रों के बीच लगभग समान रूप से विभाजित कोयला दहन, 2015 में 169,300 मौतों (15.5%) के लिए जिम्मेदार था। कृषि अवशेषों को खुले में जलाना 66,200 (6.1%) PM2.5 मौतों के लिए जिम्मेदार था।
 - परिवहन, वितरित डीजल और ईंट उत्पादन का PM2.5-विशेष बीमारी के बोझ में महत्वपूर्ण योगदान होता है। 2015 में, परिवहन में 23,100 लोगों की मृत्यु हुई, वितरित डीजल से 20,400 मौतें हुई और ईंट के उत्पादन में 24,100 लोगों की मौत हुई।

- पिंद कोई कार्रवाई नहीं की जाती है, तो PM_{2.5} से आबादी का जोखिम 2050 तक 40% से अधिक बढ़ने की संभावना है। तीन अलग-अलग ऊर्जा दक्षता और वायु प्रदूषण नियंत्रण करने के तरीकों (परिदृश्य) का मूल्यांकन किया गया था। संदर्भ परिदृश्य (आरईएफ) में, जिसमें थोड़ा अतिरिक्त कार्यवाही की जाती है, तो जोख़िम 2015 में 74 μg/m³ से बढ़कर 2050 में 106 μg/m³ हो जाएगा। एक महत्वाकांक्षी S2 परिदृश्य के अंतर्गत जोख़िम का स्तर 2015 के स्तर के आस-पास रखा गया है। महत्वाकांक्षी S3 परिदृश्य में कल्पना की गई सबसे सिक्रय कटौती के अंतर्गत 2015 से 2050 तक केवल लगभग 35% तक कम होने का अनुमान लगाया गया है, जो लगभग 48 g/m³ तक पहुँच जाता है।
- यदि कोई कार्रवाई नहीं की जाती है, तो भविष्य मं सभी स्रोतों से बीमारी का बोझ 2050 तक काफी हद तक बढ़ जाएगा। S2 और S3 परिदृश्यों में अनुमानित जोखिम कम होने के बावजूद, भविष्य में बीमारी का बोझ बढ़ने की संभावना है, क्योंकि जनसंख्या की उम्र और संख्या में वृद्धि होती है और अधिक लोग वायु प्रदूषण के लिए अतिसंवेदनशील हो जाएँगे। 2015 में होने वाली लगभग 11 लाख मौतों की तुलना में, कोई कार्रवाई नहीं करने पर व्यापक PM_{2.5} के कारण होने वाली मौतों के 3.6 मिलियन तक बढ़ने का अनुमान है।
- आक्रामक कार्रवाई से लगभग 12 लाख मौतों से बचा जा सकता है; सभी प्रमुख क्षेत्रों में बीमारी के बोझ को कम करने के लिए वायु प्रदूषण में कमी लाने की आवश्यकता होगी। भारत सरकार ने वायु की गुणवत्ता में सुधार करने के लिए कार्रवाई शुरू कर दी है। यह विश्लेषण दर्शाता है कि S3 परिदृश्य के तहत आक्रामक कार्रवाई करने पर 2050 में REF परिदृश्य के मुकाबले लगभग 12 लाख लोग मौत से बच सकते हैं। यह विशेष रूप से जोखिम कम करने की गतिविधियों के लिए सही होगा, जिसमें आवासीय बायोमास दहन, कोयला जलने और मानवी गतिविधियों से संबंधित धूल से होने वाले जोखिम को कम किया जाता है।

नीति निर्माताओं के लिए यह सारांश, GBD MAPS कार्यकारी दल द्वारा HEI स्पेशल रिपोर्ट 21 से उद्धृत किया गया है। रिपोर्ट के लिए पूर्ण उद्धरण के साथ, योगदानकर्ताओं की एक सूची सारांश के अंत में दी गई है।

विलियम एंड फ्लोरा हेवलेट फाउंडेशन और ओक फाउंडेशन द्वारा प्रदान किए गए समर्थन के माध्यम से यह दस्तावेज़ संभव हुआ। इन या अन्य संस्थानों द्वारा इस दस्तावेज़ की सामग्रियों की समीक्षा नहीं की गई है, जिनमें स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान को समर्थन देने वाली संस्थाएँ शामिल हैं; इसलिए, यह इन पक्षों के विचारों या नीतियों को प्रतिबिंबित नहीं कर सकता है और उनके दवारा किसी समर्थन का निष्कर्ष नहीं निकालना चाहिए।

*संक्षिप्त नामों और अन्य शब्दों की एक सूची नीति निर्माताओं के लिए सारांश के अंत में दी गई है।



सारांश चित्र 1. 2015 में पूरे भारत में जनसंख्या-भारित राज्य स्तरीय औसत PM_{2.5} सांद्रता। ये राज्य स्तरीय औसत 11x11 किमी ग्रिड आबादी और GBD 2015 के लिए परिवेशी PM_{2.5} सांद्रता डेटा (विवरण के लिए पाठ देखें) से एकत्रित किए गए हैं।

के स्थान के आधार पर भिन्नतायें आ सकती है, सारांश चित्र 1 दिखाता है कि भारत में वहाँ WHO के दिशानिर्देशों और भारतीय मानकों की तुलना में ये स्तर असामान्य रूप से काफी अधिक है।

बाहरी वायु प्रदूषण के स्तर में रुझान भरोसेमंद नहीं है। वायु प्रदूषण के अनुमान दर्शाते हैं कि पिछले 25 वर्षों में, भारत के लिए औसत जोख़िम 1990 में लगभग 60 µg/m³ से बढ़कर 2015 में 74 µg/m³ तक पहुँच गया - WHO अंतरिम लक्ष्य-1 के स्तर से दोगुना से अधिक और WHO वायु गुणवत्ता दिशानिर्देश की तुलना में सात गुना से अधिक (ग्लोबल एयर की वेबसाइट, www.stateofglobalair.org/air में संबंधित मानचित्र देखें)। पिछले 10 वर्षों में सबसे तेज़ वृद्धि हुई है। भारत सरकार ने अन्य स्रोतों के साथ ही वाहनों, ताप विद्युत संयंत्रों और घरेलू ऊर्जा के उपयोग, (विवरण के लिए पूर्ण रिपोर्ट देखें) से उत्सर्जन को ध्यान में रखते हुए हवा की गुणवत्ता में सुधारने हेतु कार्रवाई करने के लिए कदम उठाया है, लेकिन महत्वपूर्ण चुनौतियाँ बरकरार हैं।

भारत में वाय् प्रदूषण और मानव स्वास्थ्य पर प्रमाण

वायु प्रदूषण के जोख़िम का मानव स्वास्थ्य पर गंभीर असर होता है। भारतीय स्वास्थ्य एवं परिवार कल्याण मंत्रालय के वायु प्रदूषण और स्वास्थ्य संबंधी मुद्दों पर संचालन समिति की एक हालिया आधिकारिक रिपोर्ट नेपरिवेशी और घरेलू वायु प्रदूषण के जोख़िम के स्वास्थ्य प्रभावों पर वर्तमान प्रमाणों की समीक्षा की और बताया कि "... भारत में अध्ययनों के लंबे इतिहास और मूल विस्तार क्षेत्र, जो परिवेशी और घरेलू वायु प्रदूषण के स्वास्थ्य प्रभावों की जांच कर रहे हैं, "संकेत दे रहे हैं कि... साक्ष्य के वैश्विक पूल के लिए उपलब्ध अध्ययन परिणामों की तुलनात्मकता ..." (MoHFW [स्वास्थ्य और परिवार कल्याण मंत्रालय] 2015)। रिपोर्ट में भारतीय अध्ययनों के बढ़ते निकाय पर इसके मूल्यांकन का आधार रखा गया है। वायु प्रदूषण के प्रतिकूल प्रभाव जिनके परिणाम एशिया में कहीं पर भी किए गए अध्ययनों के अनुरूप हैं और राष्ट्रीय सरकारों और अंतर्राष्ट्रीय एजेंसियों द्वारा विश्वव्यापी साहित्य की व्यवस्थित वैज्ञानिक समीक्षाओं के साथ हुए हैं।

यह रिपोर्ट वायु प्रदूषण के प्राथमिक संकेतक के रूप में $PM_{2.5}$ पर केंद्रित है। प्रमाण का एक महत्वपूर्ण निकाय $PM_{2.5}$ को कई प्रतिकूल स्वास्थ्य प्रभावों, जिसमें संकुचित फेफड़े के कार्य, तीव्र और पुराने श्वसन रोगों के लक्षण (जैसे कि अस्थमा और खांसी और सांस लेने में परेशानी के रूप में) शामिल हैं और मृत्यु दर का खतरा बढ़ाने वाले गैर-संचारी रोगों जैसे कि जीर्ण अवरोधक फुफ्फुसीय (फेफड़े) रोग, हृदय रोग, आघात और फेफड़ों के कैंसर और बच्चों और वयस्कों में निचले श्वसन संक्रमण से जोड़ता है।

वायु प्रदूषण के कारण स्वास्थ्य बोझ का आकलन: GBD प्रोजेक्ट

वायु प्रदूषण से जनसंख्या के जोख़िम से सार्वजनिक स्वास्थ्य और समाज पर भारी बोझ पड़ता है। सार्वजनिक स्वास्थ्य पर बोझ रोगों, चोटों और जोख़िम कारक परियोजना (GBD) के वैश्विक बोझ से मापा जाता है, जो विश्व स्तर पर महामारी विज्ञान के स्तरों और रुझानों (www.healthdata.org/gbd) को मापने के लिए सबसे बड़ा और सबसे व्यापक प्रयास है। GBD के 2015 के अपडेट में 120 से अधिक देशों और 3 क्षेत्रों से 1,800 सहयोगी (229 भारतीय विशेषज्ञों सहित) शामिल थे। GBD 2015, 25 साल की अवधि (1990-2015) में 195 देशों और क्षेत्रों में 79 जोखिम कारकों जैसे -व्यावहारिक, पर्यावरणीय (परिवेश और घरेलू वाय् प्रदूषण सहित), और स्वास्थ्य को प्रभावित करने वाले आहार-संबंधी चयापचय कारकों- के कारण होने वाले बीमारी के बोझ अनुमान लगाता है (GBD 2015 जोखिम कारक सहयोगी 2016)। ये अन्मान वार्षिक रूप से अद्यतन होते हैं, 2016 के परिणाम सितंबर 2017 में जारी ह्ए हैं और सभी रोगों और जोख़िम कारकों के लिए भारत-विशिष्ट 2016 के परिणाम नवंबर 2017 में प्रकाशित ह्ए (इंडोना व अन्य 2017,इंडियन काउंसिल ऑफ़ मेडिकल रिसर्च, पब्लिक हेल्थ फाउंडेशन ऑफ़ इंडिया और इंस्टीट्यूट फॉर हेल्थ मेट्रिक्स एंड इवैल्य्एशन 2017)।

GBD परियोजना, मौतों की संख्या और स्वस्थ जीवन के कम होने वाले वर्षों की संख्या (DALY या विकलांगता-समायोजित जीवन-वर्ष) के संदर्भ में सार्वजनिक स्वास्थ्य का बोझ मापती है। वायु प्रदूषण के कारण बीमारी के बोझ का अनुमान इनसे लगाया गया है, (1) एक बड़े सहकर्मी-समीक्षा वाले अंतर्राष्ट्रीय साहित्य से प्राप्त प्रमाण का उपयोग करके वायु प्रदूषण के जोखिम और विशिष्ट बीमारियों से मृत्यु दर के बढ़ते जोखिम के बीच एकीकृत जोखिम-प्रतिक्रिया संबंध, जिसे (2) प्रत्येक रोग या मृत्यु के कारण आधारभूत आबादी दर पर भारत-विशिष्ट आंकड़े और (3) वायु प्रदूषण से भारत-विशिष्ट जोखिम के साथ संयुक्त किया गया है।

भारत में, GBD 2015 के अध्ययन में बाहरी $PM_{2.5}$ का जोखिम, 79 व्यावहारिक, पर्यावरणीय और उपापचयी कारकों में मृत्यु के लिए योगदान करने वाला तीसरा प्रमुख जोखिम कारक है, जिसका विश्लेषण किया गया; यह 2015 में 10 लाख से अधिक मौतों के लिए ज़िम्मेदार था, जो दुनिया भर में बाहरी वायु प्रदूषण के कारण 42 लाख मौतों का लगभग एक चौथाई दर्शाता है। यह 2. 96 करोड़ वर्षों के स्वस्थ जीवन खोने (अर्थात, DALY) के लिए भी जिम्मेदार है। पिछले 25 वर्षों में भारत में वायु प्रदूषण के कारण होने वाली मौतों की संख्या लगातार बढ़ रही है (सारांश चित्र 2)। यह रुझान आंशिक रूप से परिवेशी $PM_{2.5}$ के स्तरों में वृद्धि के साथ ही वायु प्रदूषण के जोखिम से प्रभावित होने वाले हृदय रोग जैसी बीमारियों वाले लोगों की बढ़ती संख्या और वृद्ध आबादी के लिए भी जिम्मेदार है। जब जीवन की इस हानि को आर्थिक रूप में बदला जाता है, तो लागत ध्यान देने योग्य होती है - विश्व बैंक और इंस्टीट्यूट फॉर हेल्थ मेट्रिक्स एंड इवैल्युएशन (2016) द्वारा जारी एक विश्लेषण के अनुसार, 2013 में दुनिया भर में 225 अरब अमरीकी डॉलर की श्रम आय का

नुकसान और 5.11 खरब अमरीकी डॉलर के कल्याण का नुकसान हुआ है (अभी के आय के नुकसान के अलावा, आर्थिक नुकसान काफी अधिक व्यापक माप मानी जाती है)। अकेले भारत के लिए, श्रम उत्पादन के नुकसान का अनुमान 55 अरब अमरीकी डॉलर था और कल्याण नुकसान 505 अरब अमरीकी डॉलर था।

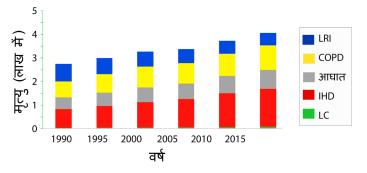
बोझ के इन अनुमानों में ऐसे अतिरिक्त प्रभाव शामिल नहीं हैं, जो जलवायु और पर्यावरण पर वायु प्रदूषण के प्रभावों के माध्यम से होते हैं।

प्रमुख वायु प्रदूषण स्रोतों के कारण होने वाले रोग के बोझ का आकलन: GBD MAPS

वायु प्रदूषण के प्रमुख स्रोतों और $PM_{2.5}$ जोख़िम में उनके संबंधित योगदान को समझना और उसके बाद रोग को समझना, व्यवस्थित और प्रभावी वायु गुणवत्ता प्रबंधन समाधान को लागू करने और जोख़िम एवं स्वास्थ्य प्रभावों को कम करने की दिशा में एक महत्वपूर्ण अगला कदम है। प्रमुख वायु प्रदूषण स्रोत (GBDMAPS) से रोग का वैश्विक बोझ परियोजना को इन समस्याओं के बारे में हमारी समझ में सुधार करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। विशेष रूप से इसके उद्देश्य थै:

- भारत में आवासीय बायोमास के जलने, उद्योग और बिजली उत्पादन के लिए कोयले के जलने, कृषि अवशेषों के खुले में जलाने, पिरवहन, ईंट भट्टों और औद्योगिक और मानवी गतिविधियों से संबंधित धूल सहित भारत के प्रमुख वायु प्रदूषण स्रोतों के लिए पिरवहनीय PM_{2.5} की सांद्रता और संबंधित बीमारी का बोझ (मृत्यु की संख्या के संदर्भ में पिरभाषित) का आकलन करने के लिए भारतीय उत्सर्जन के आंकड़ों को लागू करना।
- भावी (वर्ष 2030 और 2050) परिवेशी PM_{2.5} सांद्रता और तीन भावी परिदृश्यों के तहत प्रमुख स्रोतों या क्षेत्रों (एतद्द्वारा "स्रोतों" के रूप में संदर्भित) के कारण होने वाली बीमारी के बोझ का अनुमान लगाना। तीन परिदृश्यों को प्रमुख स्रोतों के उत्सर्जन पर ध्यान देने के लिए, जनसंख्या वृद्धि, विकास, ऊर्जा नीति, प्रौद्योगिकी परिवर्तन और विभिन्न रणनीतियों को प्रतिबिंबित करने के लिए डिज़ाइन किया गया था।

भारत (स्त्री प्रुष दोनों, सभी आय्)



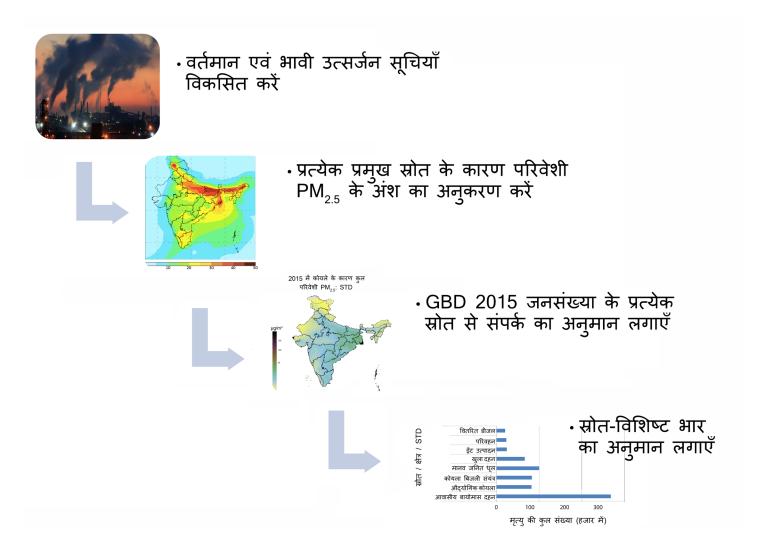
सारांश चित्र 2. भारत में बीमारियों से होने वाली कुल मृत्यु (1990-2015) जिसके जोखिम के लिए PM_{2.5} एक जोखिम कारक हैं। (LRI= निचला श्वसन संक्रमण, सीओपीडी = जीर्ण अवरोधक फुफ्फुसीय रोग, IHD = स्थानिक-अरक्तता संबंधी हृदय रोग और LC = फेफड़े का कैंसर)। इंस्टीट्यूट फॉर हेल्थ मेट्रिक्स एंड इवैल्युएशन की GBD कंपेयर वेबसाइट से डेटा (http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/) [2 फ़रवरी 2017 को एक्सेस किया गया]

GBD MAPS का स्वास्थ्य प्रभाव संस्थान(HEI), द इंस्टीट्यूट फॉर हेल्थ मेट्रिक्स एंड इवैल्युएशन, इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी (आईआईटी) -बॉम्बे, शिंग हय यूनिवर्सिटी, ब्रिटिश कोलंबिया यूनिवर्सिटी, श्री रामचंद्र मेडिकल कॉलेज एंड रिसर्च इंस्टीट्यूट और अन्य प्रमुख शैक्षणिक केंद्रों के बीच बहुस्तरीय सहयोग रहा है। (GBD MAPS कार्यकारी दल के सदस्यों की सूची इस दस्तावेज़ के अंत में देखी जा सकती है।) GBD MAPS अपनी मूल परियोजना, ग्लोबल बोर्ड ऑफ डिसीज़ (GBD) से बना है। मौजूदा GBD MAPS का अध्ययन GBD डेटा के 2015 के अद्यतन पर निर्भर है।

GBD MAPS विश्लेषण में चार मुख्य चरणवार घटकों को शामिल किया गया है, जिन्हें **सारांश चित्र 3** में चित्रित किया गया है।

पहले चरण में, आईआईटी-बॉम्बे में GBD MAPS सहयोगी ने अध्ययन के आधार वर्ष 2015 के लिए विस्तृत उत्सर्जन सूची तैयार की। इंवेंट्री में सल्फर डाइऑक्साइड, नाइट्रोजन आक्साइड, PM_{2.5}, ब्लैक कार्बन, कार्बनिक कार्बन, अमोनिया और गैर-मीथेन वाष्पशील कार्बनिक हाइड्रोकार्बन के प्राथमिक उत्सर्जन शामिल हैं। उत्सर्जनों को भारत के लिए एक बहुप्रदूषक डेटाबेस से तैयार किया गया था, जिसमें 1996-2015 की अविध को शामिल किया गया था, जिसमें औद्योगिक, परिवहन, बिजली

उत्पादन, आवासीय और कृषि क्षेत्रों से उत्सर्जन के साथ ही "अनौपचारिक उद्योग" क्षेत्रों से उत्सर्जन शामिल था, जिसमें ईंधन खपत, प्रक्रिया और अल्पकालिक उत्सर्जन (अनपेक्षित या अनियमित उत्सर्जन जो पाइपों या ढेर के अलावा अन्य प्रक्रियाओं से निकल जाते हैं) और विलायक का उपयोग शामिल किया गया था। प्रत्येक क्षेत्र के उत्सर्जन का आकलन, आधिकारिक भारतीय आंकड़ों और विशेष रिपोर्टों का उपयोग करते हुए उपनगर (जिला) स्तर पर किया गया था। इसके बाद आईआईटी-बॉम्बे ने उत्सर्जन को 2030 और 2050 के तहत तीन अलग-अलग ऊर्जा और नीति परिदृश्यों के तहत पेश किया था, जो कि जनसंख्या वृद्धि, ऊर्जा आपूर्ति और उपयोग में बदलाव, प्रौद्योगिकी और प्रत्येक प्रमुख क्षेत्रों में समय के साथ उत्सर्जन नियंत्रण के बारे में भारत सरकार और अन्य के आंकड़ों के आधार पर अन्मानों की एक श्रेणी दर्शाता है (सारांश तालिका 1 देखें)। इन अन्मानों का उपयोग PM₂₅, उसके घटकों (ब्लैक कार्बन और कार्बनिक कार्बन) के उत्सर्जन में परिवर्तन और उसके गैसीय पूर्ववर्ती (सल्फर डाइऑक्साइड, नाइट्रोजन ऑक्साइड, अमोनिया और गैर-मीथेन वाष्पशील कार्बनिक यौगिक) के अनुमानों के लिए किया जाता है।



सारांश चित्र 3. 2015 में भारत में वायु प्रदूषण के प्रमुख स्रोतों और 2030 और 2050 में भविष्य के परिदृश्यों के लिए रोग के बोझ के कारण का आकलन करने के लिए GBD MAPS पदित का योजनाबद्ध निरूपण।

सारांश तालिका 1. ऊर्जा और उत्सर्जन नियंत्रण नीतियों के भावी परिदृश्य

REF या संदर्भ परिदृश्य

जहाँ पर क्षेत्रीय ऊर्जा मांग की पूर्ति 2005-2015 के दौरान देखे गए परिवर्तनों से संबंधित दरों पर क्षेत्रीयतकनीक-मिश्रण विकास के माध्यम से की जाती है।

S2 या महत्वाकांक्षी परिदृश्य

माना जाता है कि प्रौद्योगिकी मिश्रण (1) ताप विद्युत और उद्योग के लिए ऊर्जा दक्षता लक्ष्यों को दर्शाएगा, जैसा कि भारत के आईएनडीसी में अपेक्षित है; (2) ऑटो-ईंधन नीति में प्रस्तावित परिवहन के उत्सर्जन मानक और (3) आवासीय, ईंट उत्पादन और अनौपचारिक उद्योग क्षेत्रों में स्वच्छ प्रौदयोगिकियों के अंतः प्रवाह से अपेक्षित उत्सर्जन नियंत्रण।

S3 या आकांक्षात्मक परिदृश्य

अधिक गहन ऊर्जा दक्षता लक्ष्यों पर आधारित, प्रकाशित उच्च दक्षता-कम-कार्बन-विकास द्वारा दर्शाया गया औदयोगिक, विद्युत-उत्पादन और परिवहन क्षेत्रों में मार्ग; पारंपरिक बायोमास प्रौद्योगिकियों (आवासीय और अनौपचारिक उद्योग) से दूर जाने की उच्च दर और कृषि क्षेत्र में जलाने की घटनाओं की पूर्ण समाप्ति शामिल है।

ध्यान दें: आईएनडीसी ने 2015 में पेरिस में जलवायु परिवर्तन पर संयुक्त राष्ट्र फ्रेमवर्क कन्वेंशन में ग्रीनहाउस गैसों के लिए भारत के अभिप्रेत राष्ट्रीय स्तर पर निर्धारित योगदान में हस्ताक्षर करने का उल्लेख किया।

इनपुट के रूप में चरण एक से उत्सर्जन के साथ, दूसरे चरण में दक्षिण एशिया ने सभी स्रोतों या क्षेत्रों से परिवेशी $PM_{2.5}$ सांद्रता का अनुमान लगाने और उसके बाद जवाबदेह कई प्रमुख स्रोतों के कुल योग का अनपात निकालने के लिए वैश्विक रासायनिक परिवहन मॉडल GEOS -chem के संस्करण का उपयोग किया (सारांश तालिका 2 देखें)। इन स्रोतों को भारत के भीतर संभावित महत्वपूर्ण स्रोतों में समान राष्ट्रीय और वैश्विक स्तर के विश्लेषण और विशेष रुचि में शामिल करने के लिए चुना गया था। सारांश तालिका 1 में वर्णित तीन परिदृश्यों के अंतर्गत वर्ष 2015, 2030 (कुल $PM_{2.5}$ केवल) और 2050 के लिए अनुकरण आयोजित किए गए।

तीसरा चरण, सारांश चित्र 3 में चित्रित किया गया है, जिसमें गणना करने के लिए GBD 2015 के लिए विकसित परिवेशी $PM_{2.5}$ सांद्रता के उच्च-रिज़ॉल्यूशन अनुमानों (लगभग 11 किलोमीटर की दूरी पर 11 किलोमीटर ग्रिंड द्वारा परिभाषित) के साथ प्रत्येक ग्रिंड सेल में आबादी के जोख़िम में स्रोत के योगदान (जिसे " $PM_{2.5}$ की जनसंख्या-भारित सांद्रता" कहा जाता है) में प्रत्येक स्रोत (चरण दो) का आंशिक योगदान शामिल है। GBD 2015 के अनुमान में (1) सैटेलाइट-आधारित $PM_{2.5}$ अनुमान और GEOS-Chem डेटा और (2) वार्षिक औसत PM मापें (2008-2014) शामिल हैं। इस दृष्टिकोण में स्पष्ट रूप से 400 से अधिक भारतीय सतही-स्तर की माप ($PM_{2.5}$ और PM_{10} के लिए 411) [बड़े कण आकार के अंश को $PM_{2.5}$, PM_{10} में एक आकार अंश का अनुमान लगाने के लिए उपयोग किया जा सकता है]) - उस समय उपलब्ध सभी माप शामिल किया गया था।

विश्लेषण में अंतिम चरण (सारांश चित्र 3 देखें) भारत में रोग के स्रोत-विशिष्ट बोझ का अनुमान लगाता है। इस चरण में विशिष्ट बीमारियों (स्थानिक-अरक्तता संबंधी हृदय रोग, आघात, जीर्ण प्रतिरोधी फुफ्फ्सीय रोग,

सारांश तालिका 2. मूल्यांकित किए गए प्रमुख स्रोत या क्षेत्र

स्रोत या सेक्टर का नाम। स्रोतों या गतिविधियों की उपश्रेणियाँ शामिल हैं

• आवासीय बायोमास

घरों में खाना पकाना, प्रकाश व्यवस्था, गर्म करना और पानी गर्म करना

• खुले में जलाना

कृषि अवशेषों को जलाना

• कुल कोयला

ै भारी और हल्के उद्योग, बिजली उत्पादन

• औदयोगिक कोयला

भारी और हल्के उदयोग

• विद्युत संयंत्र कोयला

विद्युत उत्पादन

• परिवहन

निजी यात्री वाहन; सार्वजनिक यात्री वाहन; हल्के और भारी डीज़ल सहित माल ढुलाई वालेवाहन; डीज़ल रेल इंजन। शिपिंग शामिल नहीं है

• ईंट उत्पादन

पारंपरिक ईंट भट्टे (मुख्य रूप से)

• वितरित डीजल

कृषि पंप, कृषि ट्रैक्टर और विद्युत जनरेटर सेट

• मानवजनित धूल

मानवी गतिविधियों से संबंधित धूल - अल्पकालिक, दहन और औद्योगिक उत्पादन

• कुल धूल

हवा से उड़ने वाली खनिज धूल और मानवजनित धूल

फेफड़े का कैंसर और निचला श्वसन संक्रमण) के साथ GBD के एकीकृत जोखिम-प्रतिक्रिया वाले संबंधों के साथ $PM_{2.5}$ को म्रोत-विशिष्ट जोखिम को और भारत-विशिष्ट रोग और मृत्यु दर के साथ जोड़ा जाता है। यह सारांश, वायु प्रदूषण के कारण होने वाली मौतों की संख्या के संदर्भ में व्यक्त की जाने वाली मृत्यु दर के बोझ पर केंद्रित है। DALY सहित पूरा परिणाम, पूर्ण रिपोर्ट में पाया जा सकता है। भविष्य की आबादी, जनसांख्यिकी (उदाहरण के लिए, आयु संरचना और बीमारी की दर) और आर्थिक गतिविधि को ध्यान में रखते हुए अनुमानों को लेकर तीन भावी परिदृश्यों में से प्रत्येक का 2015 और 2050 के लिए विश्लेषण किया गया था। 2030 के लिए, कुल परिवेशी $PM_{2.5}$ के कारण रोग का बोझ भी अंतरिम विश्लेषण के रूप में अनुमानित था। जोखिम अनुमानों के अनुसार, शहरी और ग्रामीण क्षेत्रों के लिए भारत के लिए संपूर्ण और अलग से बीमारी के बोझ का स्त्रोत-क्षेत्र-विशिष्ट योगदान का अनुमान था।

GBD MAPS रिपोर्ट की तैयारी और सहकर्मी समीक्षा

GBD MAPS कार्यकारी दल द्वारा तैयार मसौदा अंतिम रिपोर्ट को भारत और अन्य देशों के स्वतंत्र बाहरी सहकर्मी समीक्षकों द्वारा पद्धितमूलक दृष्टिकोण, अनुमानों की वैधता, और व्याख्या के औचित्य के संबंध में समीक्षा की गई, जिन्हें विभिन्न प्रौद्योगिकी क्षेत्रों में और उनके उत्सर्जन, वायु गुणवत्ता माप में, वायुमंडलीय रसायन विज्ञान और मॉडलिंग में, और स्वास्थ्य प्रभाव मूल्यांकन में उनकी विशेषज्ञता के लिए HEI द्वारा चयनित किया गया था। समीक्षकों की सूची, इस दस्तावेज़ के अंत में

योगदानकर्ताओं की सूची में पाई जा सकती है। GBD MAPS स्टीयरिंग कमेटी के विशेषजों ने इस रिपोर्ट के एक मसौदा अंतिम संस्करण की भी समीक्षा की। GBD MAPS कार्यकारी दल ने प्राप्त टिप्पणियों के जवाब में अंतिम रिपोर्ट तैयार की।

म्ख्य निष्कर्ष

2015 में स्थिति

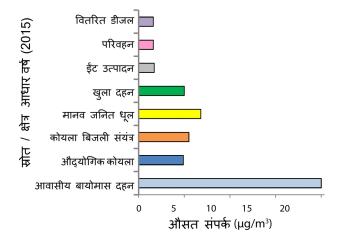
मानवी गतिविधियों से संबंधित स्रोत भारत में $PM_{2.5}$ के जनसंख्या जोख़िम के सबसे बड़े अनुपात के लिए जिम्मेदार थे।

2015 में, परिवेशी $PM_{2.5}$ जोख़िम ("वार्षिक औसत जनसंख्या-भारित $PM_{2.5}$ सांद्रता" के रूप में परिभाषित) के प्रमुख योगदान थे, जो बायोमास और कोयले के दहन और धूल (सारांश चित्र 4) उत्पन्न करने वाली अन्य मानवी गतिविधियों से संबंधित स्रोतों से थे। संपूर्ण भारत में औसत $PM_{2.5}$ का जोख़िम 2015 में 74.3 μ g/m³ था। आवासीय बायोमास जलने से कुल लगभग 24% योगदान हुआ (मुख्य रिपोर्ट में तालिका 2 देखें); कोयला दहन का अगला बड़ा योगदान था (उद्योग से 7.7% और विद्युत उत्पादन से 7.6%) और मानवजनित धूल (मानवी गतिविधियों से संबंधित धूल, सड़कों और कोयला जलने पर निकलने वाली राख की अल्पकालिक धूल और कूड़ा जलाने सिहत) का लगभग 9% योगदान रहा। इसके अलावा, कृषि अवशेषों के जलने का 5% से अधिक का योगदान रहा। इसके अलावा, ईट उत्पादन और वितरित डीजल में से प्रत्येक का लगभग 2% योगदान रहा। हवा में उड़ने वाली खनिज धूल, जो ज्यादातर भारत के बाहरी स्रोतों से उत्पन्न होती है, 2015 में कुल $PM_{2.5}$ के लगभग 30% के लिए जिम्मेदार है (दिखाया नहीं गया है)।‡

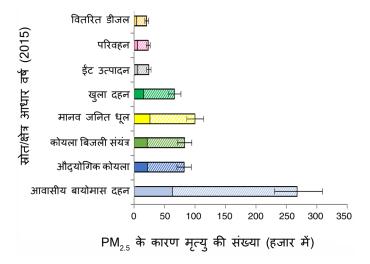
मानवी गतिविधि से जुड़े वायु प्रदूषण के स्रोतों का भारत में 2015 के रोग के बोझ में सबसे बड़ा योगदान रहा है और ग्रामीण जनसंख्या उच्चतम बोझ का सामना करती है।

जोख़िम में उनके योगदान के अनुरूप, मानवी गितविधि से जुड़े स्रोतों का 2015 में सभी $PM_{2.5}$ से होने वाली मौतों में लगभग 70% का योगदान रहा। सारांश चित्र 5 दिखाता है कि 2015 में पूरे भारत में $PM_{2.5}$ से होने वाली मृत्यु दर के आकलन में ग्रामीण आबादी की मृत्यु दर का अनुमान अधिक रहा (जैसा कि 2011 की भारतीय जनगणना द्वारा पिरभाषित किया गया है और बार की जाल रचना द्वारा दर्शाया गया है)। अर्थात, भारत में लगभग 75% मौतें ग्रामीण आबादी में होती हैं। यह पिरणाम इस तथ्य को दर्शाता है कि भारतीय जनसंख्या का एक बड़ा हिस्सा ग्रामीण क्षेत्रों में रहता है (2015 में लगभग दो-तिहाई)। इससे यह भी पता चलता है कि कई अन्य देशों की स्थिति के विपरीत, जहाँ पर शहरी जोख़िम अधिक होता है इस जनसंख्या में मृत्यु दर और आयु संरचनाओं में अंतर है। इस अध्ययन में पाया गया कि भारत में ग्रामीण और शहरी क्षेत्रों में $PM_{2.5}$ जोख़िम के स्तर समान थे (अर्थात, 70 μ g/ m^3 से अधिक)।

आवासीय बायोमास का जलना, भारत में बीमारी के बोझ में सबसे बड़ा योगदान देता है। मानवी गतिविधियों से संबंधित सभी स्रोतों में, आवासीय बायोमास का जलना, 267700 मौतों या PM_{2.5} के कारण होने वाली मौतों के लगभग 25% के लिए जिम्मेदार था, जिससे यह 2015 में मृत्यू दर



सारांश चित्र 4. 2015 के लिए भारत में $PM_{2.5}$ औसत जनसंख्या जोख़िम के लिए चयनित स्रोतों का योगदान (मुख्य रिपोर्ट में तालिका 3 देखें)



सारांश चित्र 5. आधारभूत वर्ष 2015 में भारत में मृत्यु दर के बोझ में चयनित स्रोतों का योगदान (95% अनिश्चितता अंतराल सहित) जाल रचना वाले बार द्वारा ग्रामीण आबादी और ठोस बार से शहरी आबादी को दर्शाया गया है।

से संबंधित सबसे महत्वपूर्ण मानवजनित स्रोत बन गया। इन बोझ के अनुमानों में बायोमास के जलने के आंतरिक जोख़िम में पर्याप्त अतिरिक्त बोझ शामिल नहीं है।

कोयले के दहन और खुले में जलाने से बीमारी के बोझ में काफी योगदान मिलता है। औद्योगिक स्रोतों और ताप विद्युत संयंत्रों के बीच लगभग समान रूप से विभाजित कोयला दहन, 2015 में 169300 मौतों (15.5%) के लिए जिम्मेदार था। कृषि अवशेषों को खुले में जलाना 66200 PM_{2.5} मौतों के लिए जिम्मेदार था (6.1%)।

परिवहन, वितरित डीजल और ईंट उत्पादन का बीमारी के बोझ में महत्वपूर्ण योगदान होता है। इस देशव्यापी विश्लेषण में शामिल अन्य स्रोतों की तुलना करने पर, परिवहन, ईंट भट्टों और वितरित डीज़ल का 2015 में स्वास्थ्य बोझ पर अपेक्षाकृत प्रभाव का प्रतिशत कम रहा। बहरहाल, 2015 में इस अध्ययन में इन स्रोतों के कारण होने वाली मौतों की संख्या पर्याप्त रही: परिवहन के लिए 23100; वितरित डीजल के लिए 20400; और ईंट उत्पादन के लिए 24100।

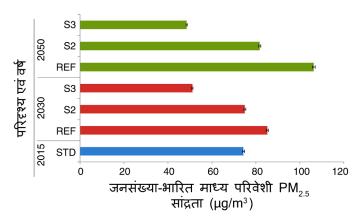
^{*}ध्यान रखें कि हालांकि यह मानवी गतिविधियों से संबंधित स्रोतों के समूह में शामिल नहीं था, हवा में उड़ने वाली धूल भी वास्तव में मानवी गतिविधियों के हिस्से में शामिल है, जिसका बंजर बनाने में योगदान है, उदाहरण के लिए, या तो सीधे कृषि या वानिकी पद्धतियों के माध्यम से या अप्रत्यक्ष रूप से जलवायु के प्रभावों के माध्यम से।

राष्ट्रीय आधार पर, ग्रामीण और शहरी दोनों क्षेत्रों में मृत्यु दर में परिवहन का योगदान लगभग 2% था। परिवहन के कारण जोखिम और बोझ के लिए ये राष्ट्र-स्तरीय योगदान आंशिक रूप से कुछ शहर-विशिष्ट विश्लेषणों के लिए उत्पादन की तुलना में अपेक्षाकृत कम है, क्योंकि विश्लेषण के लिए उपयोग किए गए ग्रिड के भौगोलिक पैमाना अपेक्षाकृत बड़ा है और शहरी क्षेत्रों और निकटतम सड़कों के भीतर यातायात से संबंधित जोखिम में विस्तृत अंतर प्राप्त होने की संभावना कम रहती है। परिवहन और वितरित डीजल स्रोत आम तौर पर जनसंख्या के अधिक नजदीकी में काम करते हैं, जैसे कि विद्युत संयंत्रों के बड़े स्थिर स्रोत और औद्योगिक सुविधाएँ; इस कारण से इस विश्लेषण में किए गए दृष्टिकोण से इन स्रोतों के कारण होने वाले वास्तविक जोखिम और संबंधित बीमारी का बोझ कम हो सकता है। वास्तव में, भारतीय विश्लेषण का बेहतर पैमाने पर किया जाता है - यद्यपि उनकी अपनी अनिश्चितताएं हैं - भारत के शहरों में जोखिम में परिवहन का अधिक महत्वपूर्ण योगदान देखा गया है।

भविष्य के लिए विचार

यदि कोई कार्रवाई नहीं की जाती है, तो $PM_{2.5}$ से आबादी का जोखिम 2050 तक 40% से अधिक बढ़ने की संभावना है।

जैसा कि परिचय में बताया गया है, भारत में PM_{2.5} के जोखिम का वार्षिक औसत स्तर पहले से ही WHO और भारतीय राष्ट्रीय वाय् ग्णवत्ता मानकों द्वारा निर्धारित वाय् ग्णवत्ता के दिशा निर्देशों के सापेक्ष में उच्च हैं। वैकल्पिक भविष्य की ऊर्जा और नियंत्रण परिदृश्यों का विश्लेषण दर्शाता है कि उत्सर्जन को कम करने के लिए की जाने वाली कार्वाइयों पर चुने गए विकल्पों के लिए जोखिम और परिवेशी PM_{2.5} से होने वाले रोग के बोझ को कम करने, दोनों के लिए महत्वपूर्ण निहितार्थ हैं (सारांश चित्र 6 देखें)। इसमें कोई आश्चर्य की बात नहीं कि कम से कम आक्रामक उपायों (REF) का परिदृश्य, PM_{2.5} के औसत जनसंख्या-भारित जोख़िमों की अनुमानित बढ़ोतरी की ओर आगे बढ़ाता है, जो कि वर्तमान स्तरों के मुकाबले 2030 और 2050 दोनों में सबसे अधिक है। यहाँ तक कि S2 परिदृश्य में भी, एक महत्वाकांक्षी परिदृश्य, जिसमें निरंतर आर्थिक विकास के मुकाबले में उत्सर्जन में कटौती के लिए प्रमुख प्रतिबद्धताओं की आवश्यकता होगी, में $PM_{2.5}$ के वर्तमान स्तर को 2030 तक बनाए रखना है और 2050 तक अधिक मामूली वृद्धि (10%) तक रखने का अनुमान है। महत्वाकांक्षी S3 परिदृश्य में कल्पना की गई सबसे सक्रिय कटौती के अंतर्गत वर्तमान स्तरों की त्लना में 2030 से 2050 तक काफी कम



सारांश चित्र 6.2015 और 2030 और 2050 के वर्षों में तीन परिदृश्यों के लिए भारत के सभी अध्ययन स्रोतों से PM_{25} का अनुमानित औसत जोख़िम।

होने का अनुमान लगाया गया है। S3 परिदृश्य के लिए 2050 का औसत जनसंख्या-भारित जोख़िम, यहां तक कि हवा में उड़ने वाले खनिज की धूल से किसी भी प्रभाव को छोड़कर, WHO के वायु गुणवत्ता दिशानिर्देश से लगभग तीन गुना अधिक होने का अनुमान है।

सारांश चित्र 7 में तीन भविष्य स्थितियों के तहत $PM_{2.5}$ को विभिन्न स्रोतों के योगदान को दिखाया गया है। यह दर्शाता है कि 2050 में, विभिन्न परिस्थितियों के परिमाण और संबंधित महत्व दोनों परिदृश्यों से अलग हो सकते हैं, जो तीन परिदृश्यों के तहत ग्रहण किए गए विभिन्न ऊर्जा, नीति और अन्य कार्यों के प्रभावों को दर्शाता है। यद्यपि यहाँ पर दिखाया नहीं गया है, भारत भर में $PM_{2.5}$ में विभिन्न स्रोतों के योगदान में भी काफी भिन्नता है और उन स्रोतों के स्थान पर दिए गए अंतरों और क्षेत्रीय रूप से उनकी प्रमुखता से भिन्न हो सकते हैं। विवरण पूरी रिपोर्ट में पाया जा सकता है।

यदि कोई कार्रवाई नहीं की जाती है, तो भविष्य में सभी स्रोतों से बीमारी का बोझ 2050 तक काफी हद तक बढ़ जाएगा; आक्रामक कार्रवाई करके लगभग 12 लाख मौतों से बचाया जा सकता है।

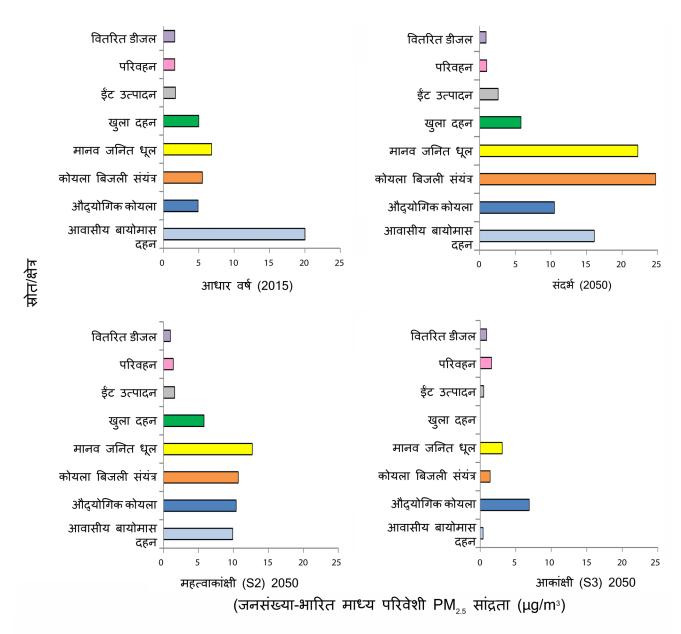
कुल PM_{2.5} के कारण होने वाली मौतों की संख्या के संदर्भ में बीमारी का बोझ काफी है और भविष्य में बढ़ने की संभावना है, क्योंकि S2 और S3 परिदृश्यों में अनुमानित जोखिम कम होने के बावजूद, जनसंख्या की उम और संख्या में वृद्धि होगी और अधिक लोग वायु प्रदूषण के लिए अतिसंवेदनशील हो जाएँगे (**सारांश चित्र 8**)। 2015 में 10.9 लाख मौतों के मुकाबले, 2030 में परिवेशी PM_{2.5} आरईएफ, S2 और S3 के लिए क्रमशः 17 लाख, 16 लाख और 13 लाख लोगों की मृत्यु का अनुमान लगाया गया था, जो कि 2050 में बढ़कर 36 लाख, 32 लाख और 25 लाख हो गया। समय के साथ, 2015 से मृत्यु दर में कुछ बढ़ोतरी को वायु प्रदूषण के जोख़िम में आने वाले लोगों की संख्या और संवेदनशीलता में वृद्धि से समझाया जा सकता है। हालांकि, परिदृश्यों की त्लना करने पर पता चलता है कि PM_{2.5} के कारण होने वाली मौतों की संख्या REF परिदृश्य की त्लना में अधिक आक्रामक S2 और S3 परिदृश्यों में लगातार कम हुई। यदि S2 और S3 परिदृश्यों में वर्णित अधिक आक्रामक उपाय लागू होते हैं, 2030 में लगभग 100,000 से 400,000 तक लोगों को मौत से बचाया जा सकता है और 2050 में लगभग 3.4 लाख से 12 लाख तक लोगों को मौत से बचाया जा सकता है।

सभी प्रमुख क्षेत्रों में आक्रामक कार्रवाई की आवश्यकता होगी।

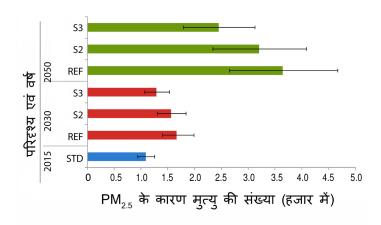
सारांश चित्र 9 में शहरी और ग्रामीण क्षेत्रों के लिए स्रोत द्वारा बीमारी का बोझ और 2015 में तीनों परिदृश्यों में कुल योगदान को अलग-अलग दिखाया गया है।

आवासीय बायोमास का जलना ध्यान न दिए जाने पर, क्योंकि यह REF परिदृश्य के अंतर्गत है, आवासीय बायोमास को बाहरी वायु प्रदूषण में जलाने से 2050 में वार्षिक मृत्यु से बीमारी का बोझ 500,000 से अधिक तक बढ़ सकता है हालांकि, इन जोखिमों और प्रभावों को कम करने का विशेष अवसर है, विशेष रूप से एक प्रमुख बदलाव के माध्यम से स्वच्छ ईधन (जैसे, तरलीकृत पेट्रोलियम गैस) का उपयोग करना।

उद्योगों और विद्युत संयंत्रों द्वारा कोयले का दहन भविष्य के सभी परिदृश्यों में, आवासीय बायोमास जलाने की जगह कोयले के दहन को भारत में बोझ के प्रमुख योगदानकर्ता के रूप में अनुमान लगाया गया है। REF परिदृश्य के अंतर्गत, 2050 में लगभग 13 लाख वार्षिक मौतों तक बीमारी के बोझ में इसके योगदान में काफी वृद्धि होने का अनुमान है। REF परिदृश्य में, यह वृद्धि प्राथमिक रूप से कोयला चालित विद्युत संयंत्र



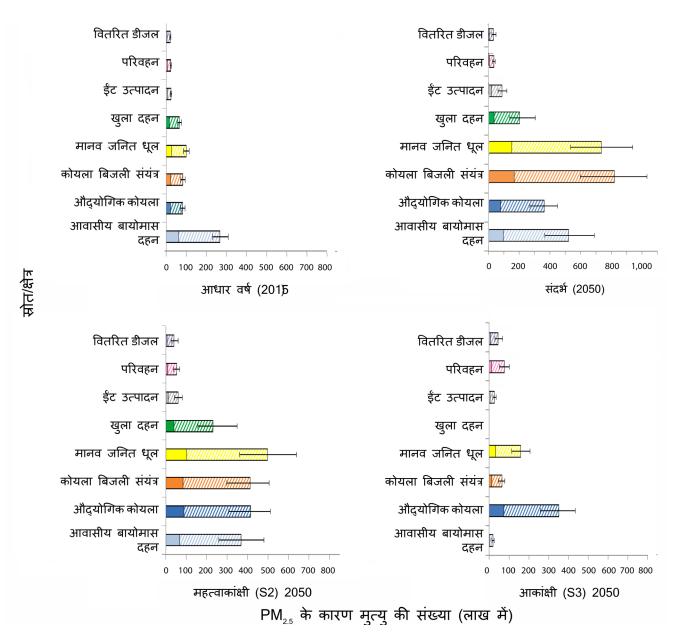
सारांश चित्र 7. 2015 और 2050 में तीन परिदृश्यों में प्रत्येक के लिए भारत में PM_{2.5} जोख़िमों में स्रोत के योगदान।



सारांश चित्र 8. 2015 और 2030 और 2050 में तीन परिस्थितियों में से प्रत्येक के लिए सभी स्रोतों से PM2.5 से होने वाली कुल मृत्यु की संख्या (95% अनिश्चितता अंतराल सहित)।

के कारण है; हालांकि, तीनों परिदृश्यों में कोयले को जलाने के औद्योगिक बोझ से योगदान में वृद्धि का अनुमान है। सबसे महत्वाकांक्षी परिदृश्य S3 में, उद्योंगों में कोयले को जलाने का योगदान विद्युत संयंत्रों से अधिक हो जाएगा। आक्रामक उत्सर्जन नियंत्रण उपायों, जैसे कि S2 और S3 के परिदृश्य में शामिल कोयला चालित ताप विद्युत संयंत्रों और उद्योगों से 2050 में 400,000 और 850,000 कोयले से होने वाली मौतों से बचने में मदद मिल सकती है।

परिवहन, वितरित डीजल और ईंट के भड़े। हालांकि अन्य स्रोतों की तुलना में इस विश्लेषण में इनका योगदान बहुत कम है। परिवहन के प्रभाव और वितरित डीजल स्रोतों में भविष्य के सभी परिदृश्यों के अंतर्गत काफी वृद्धि होने का अनुमान है। इन बढ़ोत्तरियों के कारण अन्य क्षेत्रों के लिए चर्चा किए गए अनुसार, उत्सर्जन को प्रभावित करने और जनसंख्या के विकास और बुढ़ापे को बढ़ाने वाले दोनों कारकों में वृद्धि हो रही है। S3 परिदृश्य में बीमारी के बोझ में परिवहन का सापेक्ष योगदान 2015 की तुलना में 2050 में बढ़ने का अनुमान था (क्रमशः 3% बनाम 2.1%), हालांकि मृत्यु



सारांश चित्र 9. 2015 और 2050 में तीन परिस्थितियों में से प्रत्येक के लिए भारत के शहरी (ठोस) और ग्रामीण (जाल रचना) क्षेत्रों में रोगों के बोझ (मृत्यु) में स्रोत के योगदान। संयुक्त शहरी और ग्रामीण मौतों पर 95% अनिश्चितता अंतराल भी दर्शाया गया है। (ध्यान दें कि एक्स-अक्ष के पैमाने भिन्न होते हैं।)

की संख्या एक समान बरकरार रही। परिवहन के लिए, भविष्य के परिदृश्यों में एक जटिल परस्पर क्रिया को दर्शाया गया है। इस विश्लेषण का अनुमान है कि भारत स्टेज VI/6 उत्सर्जन मानकों के कार्यान्वयन के परिणामस्वरूप प्रति वाहन उत्सर्जन कम हो गया है। प्रति वाहन से उत्सर्जन में सुधार, हालांकि, वाहनों की संख्या और वाहन उपयोग में बढ़ोतरी के कारण काफी हद तक प्रभावहीन हो जाएगा। विश्लेषण में परिवहन प्रणाली में परिवर्तन माना गया है, विशेष रूप से S2 और S3 में, जिसमें शामिल है, उदाहरण के लिए, शहरी क्षेत्रों में प्राकृतिक गैस और बिजली द्वारा संचालित बसों में परिवर्तन। विश्लेषण में ग्रामीण इलाकों में डीजल पर निरंतर निर्भरता मानी गई है।

REF और S2 परिदृश्यों के अंतर्गत ईंट उत्पादन से बीमारी के बोझ पर प्रभाव बढ़ने का अनुमान है। आकांक्षात्मक परिदृश्य के अंतर्गत, S3, मृत्यु दर पर प्रभाव 2015 के अनुमानित स्तर के समान बने रहे, जो उत्सर्जन में कटौती के प्रभावों और मृत्यु दर पर जनसांख्यिकीय प्रवृत्तियों के प्रभाव के बीच संतुलन को दर्शाता है।

मानवजित धूल। मानवजित धूल के संभावित भावी प्रभाव अधिक हैं। मानवजित धूल में अल्पकालिक धूल और दहन एवं औद्योगिक उत्पादन से निकलने वाली धूल शामिल है। भारत में 2015 में PM_{2.5} से होने वाली कुल 10.9 लाख मौतों में से, लगभग 99,900 मौतें मानवजित गितिविधियों से निकलने वाली धूल के कारण हुई हैं। भविष्य के प्रत्येक परिदृश्य में, जनसंख्या-भारित धूल की सांद्रता में वृद्धि और स्वास्थ्य पर संबंधित बोझ, मानवजित घटक में होने वाले बदलावों के लिए पूरी तरह से जिम्मेदार हैं। उदाहरण के लिए, REF परिदृश्य के तहत, तीन गुना से अधिक धूल का मानवजित घटक 2015 में 6.8 μg/m³ से बढ़कर 2050 में 22.2 μg/m³ हो जाता है। विशेष रूप से, सड़क की धूल के उत्सर्जन को 2015 और 2030 के बीच लगभग दोगुना होने और 2030 से 2050 के बीच स्थिर (लेकिन कमी नहीं) होने का अनुमान लगाया गया है, क्योंकि सड़क की गुणवत्ता में सुधार से होने वाली उत्सर्जन में कटौती की भरपाई वाहन के उपयोग में बढ़ोतरी से हो जाएगी। अनियंत्रित छोड़ दिया गया, जैसा कि REF परिदृश्य में है, गैर-मानवजित गतिविधियों से धूल उत्सर्जन में

743,000 मृत्यु होने का अनुमान है। हमारे विश्लेषण से ये अनुमान बताते हैं कि विशेष रूप से मानवजनित धूल उत्सर्जन में कटौती की ओर अधिक ध्यान दिया जाना चाहिए।

सीमाएँ

हालांकि इस अध्ययन में भारत में स्रोत-क्षेत्र से संबंधित जोखिम और बीमारी के बोझ का पहले विस्तृत राष्ट्रीय स्तर के विश्लेषण के रूप में कई प्रबलताएँ हैं, लेकिन इसमें –िकसी भी विश्लेषण की तरह ही - कुछ सीमाएं हैं। विश्लेषण के लिए आवश्यक रूप से कई निर्णयों और मान्यताओं की आवश्यकता होती है, जो उस समय कार्यकारी दल के लिए उपलब्ध सर्वोत्तम डेटा पर आधारित था। कुछ निर्णय वायु प्रदूषण के कारण होने वाले वास्तविक बोझ को कम कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, यह रिपोर्ट केवल PM25 जोख़िमों पर केंद्रित थी; हालांकि, GBD प्रोजेक्ट वायु प्रदूषण से रोगों के बोझ के लिए ओजोन के योगदान का भी मूल्यांकन करता है। यद्यपि ओजोन का योगदान PM25 के मुकाबले बह्त कम है, हाल के शोध से पता चलता है कि भारत में भविष्य में ओजोन के जोखिम के बढ़ने की संभावना है। अन्य निर्णय अनिश्चितताएं पैदा कर सकते हैं, जिनके संभावित परिमाण और पूर्वाग्रह अभी तक ज्ञात नहीं हैं; इनमें बीमारी के विशिष्ट बोझ की भविष्यवाणी करने के लिए एकीकृत जोखिम-प्रतिक्रिया कम होती है और यह धारणा है कि दूसरों के बीच, व्यास में 2.5 माइक्रोन से छोटे सभी वायुजनित कण समान रूप से विषाक्त हैं। इसी तरह, 2030 और 2050 में भविष्य के परिदृश्यों के तहत प्रदूषण के हमारे अनुमानों की योजनाबद्ध पहल, अपेक्षित वृद्धि और विकास और व्यवहार्य नीतियों और प्रौद्योगिकी परिवर्तनों के बारे में कई मान्यताओं पर आधारित है। जिस हद तक इन्हें प्राप्त या अभी तक अज्ञात विघटनकारी तकनीकों और प्रवृत्तियों द्वारा शायद प्रतिस्थापित किया जा सकता है, अज्ञात हैं। जैसे, संदर्भ परिदृश्य और अधिक महत्वाकांक्षी S3 परिदृश्य भारत में उत्सर्जन में होने वाले परिवर्तनों के संभावित मार्ग तक ही सीमित हैं। अंत में, वायु में उड़ने वाली खनिज धूल के अपवाद के साथ, यह रिपोर्ट भारत के बाहर जोख़िम और बीमारी के बोझ पर भारत के बाहर विशिष्ट उत्सर्जन स्रोतों के प्रभाव को संज्ञान में नहीं लेती है, न ही यह ऐसे उत्सर्जन के प्रभाव का अनुमान लगाती है, जो देश के बाहर की आबादी के स्वास्थ्य पर भारत के भीतर उत्सर्जन होते हैं, जैसा कि हाल के क्छ विश्लेषण में सामने आया है।

निष्कर्ष

इस अध्ययन में किए गए विश्लेषणों से पता चला है कि कई वायु प्रदूषण स्रोत भारत में आज परिवेशी $PM_{2.5}$ वायु प्रदूषण के कारण से आने वाले महत्वपूर्ण स्वास्थ्य बोझ में योगदान देते हैं। वे भविष्य में वायु की गुणवत्ता प्रबंधन के लिए और वायु-प्रदूषण से संबंधित स्वास्थ्य बोझ में कमी लाने के लिए प्रमुख चुनौतियाँ पेश करते हैं। जैसा कि सभी देशों इस तरीके से वृद्धि कर रहे हैं, वायु प्रदूषण के प्रभावों के प्रति अधिक संवेदनशील हो जाते हैं, भारत में वायु प्रदूषण के कारण होने वाली भविष्य की मृत्यु में वायु प्रदूषण के स्तर में कमी के साथ भी बढ़ने की संभावना है। भारत में, आर्थिक गतिविधियों और आबादी में अपेक्षित वृद्धि के साथ, हमारे आकलनों का अनुमान है कि REF परिदृश्य और महत्वाकांक्षी S2 परिदृश्य के अंतर्गत परिवेशी $PM_{2.5}$ का भविष्य में जोख़िम 2050 तक बढ़ेगा। जोखिम में कटौती का अनुमान 2030 और 2050 में केवल S3 के अंतर्गत किया गया है, जो सबसे आकांक्षी वायु प्रदूषण नियंत्रण परिदृश्य है। जनसंख्या जनसांख्यिकी में परिवर्तन के साथ जोड़ने पर, इन जोख़िमों से

भविष्य में भारत में वायु प्रदूषण के कारण होने वाली मौतों की संख्या में वृद्धि की भविष्यवाणी की जाती है। हालांकि, हमारे अनुमान यह भी दर्शाते हैं कि तो शहरी और ग्रामीण भारत दोनों में महत्वपूर्ण अवसर हैं, यदि S2 और S3 परिदृश्यों में वर्णित उत्सर्जन नियंत्रण उपायों को कार्यान्वित किया जाता है, तो 2050 तक लाखों लोगों की मृत्यु होने से बचाया जा सकता है। भारत सरकार ने वायु की गुणवत्ता में सुधार करने के लिए कार्रवाई करना शुरू कर दिया है; अंततः, हमारी महत्वाकांक्षी S3 परिदृश्य के लिए अनुकृत जैसे वायु गुणवत्ता प्रबंधन के आक्रामक कार्यान्वयन को भविष्य में वायु प्रदूषण से बीमारी का बोझ कम करने और सार्वजनिक स्वास्थ्य की स्रक्षा के लिए भारत का नेतृत्व करने की आवश्यकता होगी।

स्वीकृतियाँ

HEI और GBD MAPS कार्यकारी दल, विशेष रूप से कैथरीन वाकर और इस रिपोर्ट को पूरा करने के लिए आईआईटी मुंबई के कुशल तिब्रेवाल को रिपोर्ट में उत्सर्जन अनुमान के साथ अपनी तकनीकी सहायता प्रदान करने के लिए, कैथरीन लिज़ोवस्की को सहायता के लिए, रिपोर्ट तैयार करने के लिए मैरी ब्रेनन के लिए, उत्पादन प्रबंधन के लिए हिलेरी सेल्बी पोल्क के लिए, प्रूफरीडिंग के लिए फ्रेड होवे के लिए, रूथ शॉ के लिए और मैसाचुसेट्स यूनिवर्सिटा की पल्लवी पंत को नीति निर्माताओं के लिए सारांश के हिंदी अनुवाद की समीक्षा के लिए रिपोर्ट तैयार करने के लिए आभार व्यक्त करता है।

संदर्भ

डंडोना एल, डंडोना आर, कुमार जी ए, शुक्ला डी के, पॉल वी के, बालाकृष्णन के, व अन्य. कई राष्ट्र, एक राष्ट्र के भीतर: भारत के सभी राज्यों में महामारी संक्रमण में बदलाव, 1990-2016 रोग का वैश्विक बोझ अध्ययन में। लैनसेट http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32804-0 [15 नवंबर 2017 को एक्सेस किया गया]

GBD 2015 जोखिम कारक सहयोगी। 2016. वैश्विक, क्षेत्रीय और 79 व्यावहारिक, पर्यावरणीय और व्यावसायिक एवं उपापचयी जोखिम या जोखिमों के क्लस्टर का राष्ट्रीय तुलनात्मक जोखिम मूल्यांकन, 1990-2015: रोग के वैश्विक बोझ के अध्ययन के लिए एक व्यवस्थित विश्लेषण 2015। लांसेट 388:1659-1724।

इंडियन काउंसिल ऑफ मेडिकल रिसर्च, पब्लिक हेल्थ फाउंडेशन ऑफ इंडिया और इंस्टीट्यूट फॉर हेल्थ मेट्रिक्स एंड इवैल्युएशन। 2017. *भारत:* राष्ट्र के राज्यों के स्वास्थ्य - भारत राज्य स्तरीय बोझ पहल। नई दिल्ली: आईसीएमआर, पीएचएफआई और आईएचएमई।

MoHFW (स्वास्थ्य और परिवार कल्याण मंत्रालय)। 2015. वायु प्रदूषण और स्वास्थ्य संबंधी मुद्दों पर संचालन समिति की रिपोर्ट नई दिल्ली, भारत: स्वास्थ्य और परिवार कल्याण मंत्रालय, भारत सरकार। यहाँ पर उपलब्ध है: http://ehsdiv.sph.berkeley.edu/krsmith/publications/2015/MoHFW%20AP%20Steering%20Com.pdf [11 अगस्त 2017 को एक्सेस किया गया]।

विश्व बैंक और इंस्टीट्यूट फॉर हेल्थ मेट्रिक्स एंड इवैल्युएशन। 2016. वायु प्रदूषण की लागत: कार्रवाई के लिए आर्थिक मामले को मजबूत बनाना। वाशिंगटन, डीसी: विश्व बैंक।

योगदानकर्ता

GBD MAPS कार्यकारी दल

माइकल ब्रार (सह अध्यक्ष) ब्रिटिश कोलंबिया विश्वविद्यालय, वैंक्वर, ब्रिटिश कोलंबिया, कनाडा

आरोन कोहेन (सह अध्यक्ष) हेल्थ इफेक्ट्स इंस्टीट्यूट, बोस्टन, मैसाचुसेट्स, यू.एस.ए.

वांग श्र्ज़ियाओं शिंग हय विश्वविद्यालय, बीजिंग, चीन झांग किआंग शिंग हय विश्वविद्यालय, बीजिंग, चीन मा खाय शिंग हय विश्वविद्यालय, बीजिंग, चीन

झोउ मेगेंग चीनी रोग नियंत्रण एवं रोकथाम केंद्र, बीजिंग, चीन **यिन पेंग** चीनी रोग नियंत्रण एवं रोकथाम केंद्र, बीजिंग, चीन

कल्पना बालाकृष्णन श्री रामचंद्र मेडिकल कॉलेज एवं शोध संस्थान, चेन्नई, भारत

चंद्रा वंकटरमन इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, बॉम्बे, भारत पंकज सदावर्ते इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, बॉम्बे, भारत सरथ गुहिकुंडा इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, बॉम्बे, भारत/ शहरी उत्सर्जन आलोक झिल्डियाल इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, बॉम्बे, भारत

वांग युजुआन टेक्सास विश्वविद्यालय-ह्यूस्टन, यू.एस.ए./शिंग हय विश्वविदयालय, चीन

कान हयदुओ फूडान यूनिवर्सिटी, शंघाई, चीन

रान्डेल मार्टिन डलहौज़ी विश्वविद्यालय, हैलिफ़ैक्स, नोवा स्कोटिया, कनाडा

आरोन वैन डोनकेलार डलहौज़ी विश्वविद्यालय, हैलिफ़ैक्स, नोवा स्कोटिया, कनाडा

रिचर्ड बर्नेट हेल्थ कनाडा, ओटावा, ओन्टेरियो, कनाडा

मोहम्मद फोरुजान्फर इंस्टीट्यूट फॉर हेल्थ मेट्रिक्स एंड इवैल्युएशन, वाशिंगटन-सिएटल विश्वविद्यालय, यू.एस.ए.

यूसुफ फ्रोस्टैड इंस्टीट्यूट फॉर हेल्थ मेट्रिक्स एंड इवैल्युएशन, वाशिंगटन-सिएटल विश्वविद्यालय, यू.एस.ए.

GBD MAPS अंतर्राष्ट्रीय संचालन समिति

डान ग्रीनबाम हेल्थ इफेक्ट्स इंस्टीट्यूट, बोस्टन, मैसाचुसेट्स, य्.एस.ए.

बॉब ओ'कीफी हेल्थ इफेक्ट्स इंस्टीट्यूट, बोस्टन, मैसाचुसेट्स, यू.एस.ए.

टेरी कीटिंग अमेरिकी पर्यावरण संरक्षण एजेंसी हाओ जिमिंग शिंग हय विश्वविद्यालय, बीजिंग, चीन यांग कुआन पेकिंग यूनियन मेडिकल कॉलेज, बीजिंग, चीन क्रिस्टोफर मुरे इंस्टीट्यूट फॉर हेल्थ मेट्रिक्स एंड इवैल्युएशन, वाशिंगटन-सिएटल विश्वविद्यालय, यू.एस.ए.

माजिद इज़्ज़ती इंपीरियल कॉलेज, लंदन, यूनाइटेड किंगडम के. श्रीनाथ रेड्डी पब्लिक हेल्थ फाउंडेशन ऑफ़ इंडिया, दिल्ली, भारत

मिखाइल क्रियानोव्स्की किंग्स कॉलेज, लंदन, यूनाइटेड किंगडम ग्रेग कार्माइकल वर्ल्ड मीटिरियोलॉजिकल ऑर्गनाइज़ेशन/ यूनिवर्सिटी ऑफ़ आयोवा-आयोवा सिटी, यू.एस.ए.

सहयोगी समीक्षक

नोएल सेलिन मैसाचुसेट्स प्रौद्योगिकी संस्थान, कैम्ब्रिज, मैसाच्सेट्स, यू.एस.ए.

पल्लवी पंत मैसाचुसेट्स विश्वविद्यालय-एमहर्स्ट, यू.एस.ए. अनूप बांदिवादेकर अंतर्राष्ट्रीय स्वच्छ परिवहन परिषद सैन फ्रांसिस्को, कैलिफ़ोर्निया, यू.एस.ए. **भार्गव कृष्णा** पब्लिक हेल्थ फाउंडेशन ऑफ़ इंडिया, हरियाणा, भारत

कुणाल शर्मा शक्ति फाउंडेशन, नई दिल्ली, भारत

HEI परियोजना कर्मचारी

कैथरीन वॉकर प्रधान वैज्ञानिक कैथरीन लिसिएव्स्की अनुसंधान सहायक देवश्री साल्वी अनुसंधान प्रशिक्षु हिलेरी सेल्बी पोल्क प्रबंध संपादक मेरी ब्रेनन परामशीं संपादक फ्रेड हाओ परामशीं प्रूफरीडर रूथ शॉं परामशीं कंपोज़िटर

संक्षिप्त नाम और अन्य शब्द

DALY विकलांगता-समायोजित जीवन-वर्ष

GBD ग्लोबल बोर्डेन ऑफ़ डिसीज (प्रोजेक्ट)

GBD MAPS ग्लोबल बोर्डेन ऑफ़ डिसीज फ्रॉम मेजर एयर पॉल्यूशन सोर्सेस (पहल)

GEOS-Chem गोदार्ड अर्थ ऑब्ज़र्विंग सिस्टम ग्लोबल केमिकल ट्रांसपोर्ट मॉडल

HEI हेल्थ इफेक्ट्स इंस्टीट्यूट

MoHFW स्वास्थ्य एवं परिवार कल्याण मंत्रालय (भारत सरकार)

PM₁₀ सूक्ष्म कणिक पदार्थ - वायुगतिकीय व्यास में 10 माइक्रोमीटर

PM_{2.5} सूक्ष्म कणिक पदार्थ - वाय्गतिकीय व्यास में 2.5 माइक्रोमीटर

REF संदर्भ परिदृश्य

WHO विश्व स्वास्थ्य संगठन

प्रकाशन का इतिहास: यह दस्तावेज़ जनवरी 2018 में www.healtheffects.org पर पोस्ट किया गया था। नीति निर्माताओं के लिए इस सारांश के लिए उद्धरण:

GBD MAPS कार्यकारी दल। 2018. नीति निर्माताओं के लिए सारांश। बीमारी का बोझ भारत में प्रमुख वायु प्रदूषण के स्रोतों का कारण विशेष रिपोर्ट 21. बोस्टन, एमए: हेल्थ इफेक्ट्स इंस्टीट्यूट।

संपूर्ण दस्तावेज़ के लिए उद्धरण:

GBD MAPS कार्यकारी दल। 2018. भारत में प्रमुख वायु प्रदूषण स्रोतों के कारण रोग का बोझ। विशेष रिपोर्ट 21. बोस्टन, एमए: हेल्थ इफेक्ट्स इंस्टीट्यूट।

© 2018 हेल्थ इफेक्ट्स इंस्टीट्यूट, बोस्टन, मास लाइब्रेरी ऑफ़ कांग्रेस कैटलॉग नंबर फ़ॉर HEI रिपोर्ट शृंखला: WA 754 R432.

संपूर्ण रिपोर्ट www.healtheffects.org/publication या HEI पर उपलब्ध है।

हेल्थ इफेक्ट्स इंस्टीट्यूट 75 फेडरल स्ट्रीट, स्वीट 1400 बोस्टन, एमए 02110, यूएसए +1-617-488-2300 www.healtheffects.org