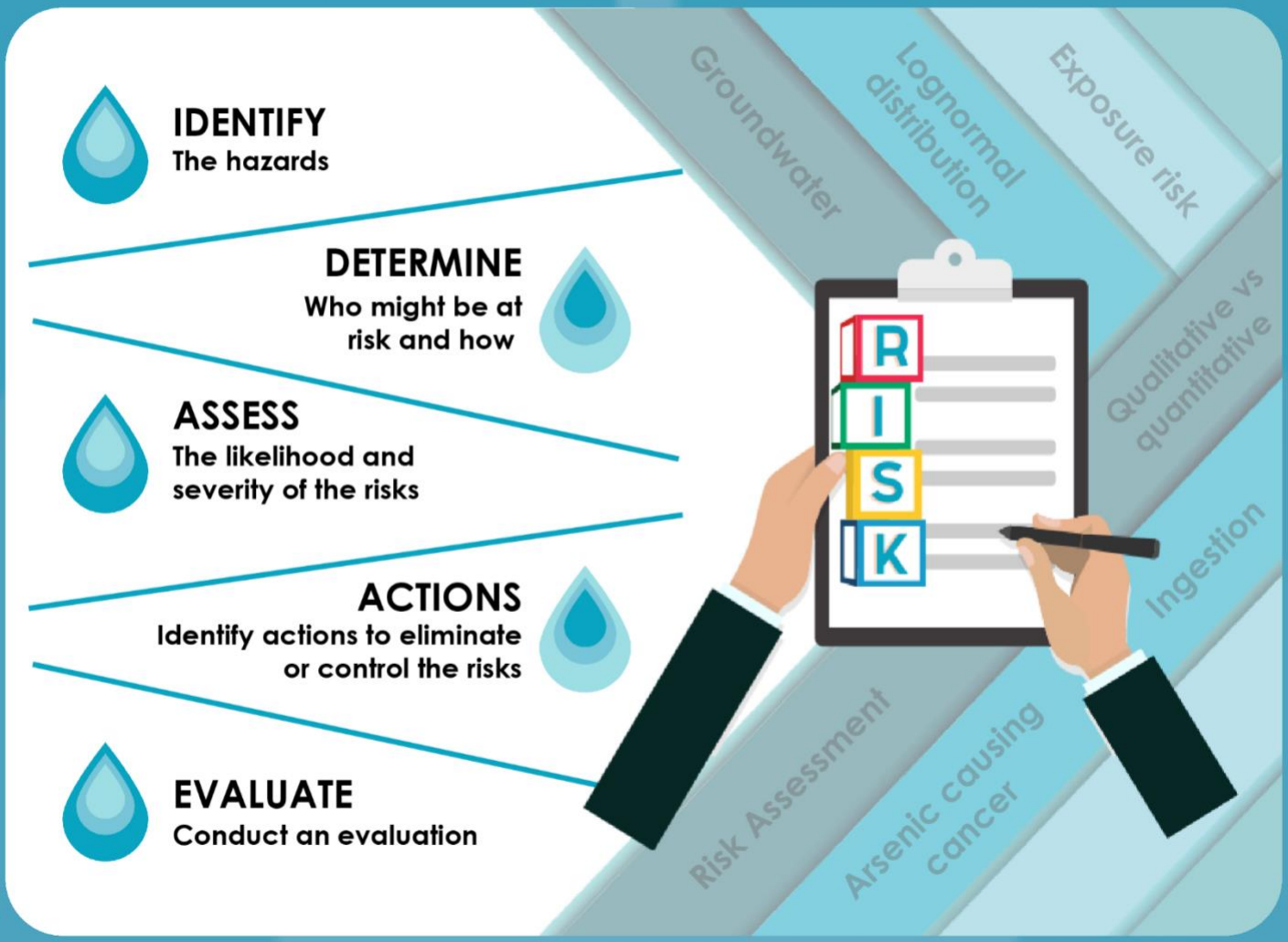


भूजल गुणवत्ता और जोखिम व्याख्या प्रक्रियाओं के उदाहरण

Edward Mcbean

अन्चवादक: डॉ. पंकज कुमार गुप्ता

THE GROUNDWATER PROJECT

भूजल गुणवत्ता और जोखिम व्याख्या प्रक्रियाओं के उदाहरण

The Groundwater Project

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

एडवर्ड मैकबीन

प्रोफेसर
इंजीनियरिंग विद्यालय
गुएल्फ विश्वविद्यालय
गुएल्फ, ओंटारियो, कनाडा

डॉ. पंकज कुमार गुप्ता

भूजल गुणवत्ता और जोखिम व्याख्या प्रक्रियाओं के उदाहरण

The Groundwater Project
गुएल्फ, ओंटारियो, कनाडा

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

यह प्रकाशन कॉपीराइट द्वारा संरक्षित है। इस पुस्तक के किसी भी भाग को लेखकों से लिखित अनुमति प्राप्त किए बिना किसी भी रूप में या किसी भी साधन से पुनः उत्पन्न नहीं किया जा सकता। वाणिज्यिक वितरण और पुनरुत्पादन कड़ाई से प्रतिबंधित हैं। अनुमति प्राप्त करने के लिए संपर्क करें: permissions@gw-project.org↗।

GW-Project के कार्य gw-project.org↗ से मुफ्त डाउनलोड किए जा सकते हैं। कोई भी व्यक्ति gw-project.org↗ लिंक का उपयोग करके GW-Project के कार्य डाउनलोड कर सकता है। यह अनुमति नहीं है कि GW-Project के दस्तावेज़ अन्य वेबसाइटों पर उपलब्ध कराए जाएं या दस्तावेज़ों की प्रतियां सीधे दूसरों को भेजी जाएं। कृपया इस मुफ्त ज्ञान के स्रोत का सम्मान करें, जो आपको और उन सभी को लाभ पहुंचा रहा है जो भूजल के बारे में जानना चाहते हैं।

कॉपीराइट © 2023 एडवर्ड मैकबीन (लेखक)

प्रकाशित: द ग्राउंडवाटर प्रोजेक्ट, गुएल्फ, ओंटारियो, कनाडा, 2023।

मैकबीन, एडवर्ड।
ग्राउंडवाटर क्वालिटी और रिस्क इंटरप्रिटेशन प्रक्रियाओं के उदाहरण / लेखक (एडवर्ड मैकबीन) - गुएल्फ, ओंटारियो, कनाडा, 2023।
44 पृष्ठ
आईएसबीएन: 978-1-77470-148-5
डीओआई: https://doi.org/10.21083/978-1-77470-032-7↗.

कृपया GW-Project मेलिंग लिस्ट में साइन अप करने पर विचार करें ताकि आप नई पुस्तकों के विमोचन, घटनाओं और GW-Project में भाग लेने के तरीकों के बारे में सूचित रह सकें। जब आप हमारी ईमेल लिस्ट में साइन अप करते हैं, तो यह हमें एक वैश्विक भूजल समुदाय बनाने में मदद करता है। साइन अप करें↗।

सही APA 7वीं संस्करण उद्धरण हिंदी में इस प्रकार होगा: McBean, E. (2023). *Groundwater Quality and Examples of Risk Interpretation Procedures*↗. The Groundwater Project

डोमेन संपादक: आयलिन पोएटर और जॉन चेरी
बोर्ड: जॉन चेरी, पॉल शीय, आइनेके कालविज, एवर्टन डी ओलीवेइरा, और आयलिन पोएटर
स्टीयरिंग समिति: जॉन चेरी, यिंग फैन, एलन फ्रीज, पॉल शीय, आइनेके कालविज, डगलस मैकके, स्टीफन मोरन, एवर्टन डी ओलीवेइरा, बेथ पार्कर, आयलिन पोएटर, वार्रेन वुड, और यान झेंग।
कवर इमेज: द ग्राउंडवाटर प्रोजेक्ट
अन्चवादक: डॉ. पंकज कुमार गुप्ता

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

समर्पण

मैथ्यू, डेरेक और मेलिसा को समर्पित, क्योंकि वे भविष्य हैं।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

विषय सूची

समर्पण ..... **IV**
विषय सूची ..... **V**
द ग्राउंडवाटर प्रोजेक्ट का प्रस्तावना ..... **VI**
प्रस्तावना ..... **VII**
आभार ..... **VIII**
1 परिचय **1**
2 जोखिम मूल्यांकन से जोखिम प्रबंधन की दिशा में **4**
2.1 जोखिम को समझना 4
2.2 जोखिम मूल्यांकन 6
2.3 जोखिम की माप की आवश्यकता 8
2.4 भूजल गुणवत्ता डेटा में बदलाव के कारण 9
2.5 लगातार डेटा मानों की स्वतंत्रता 10
3 भूजल गुणवत्ता के लिए जोखिम व्याख्या प्रक्रियाएँ **11**
3.1 भूजल गुणवत्ता जोखिम मूल्यांकन की पृष्ठभूमि 11
3.2 जोखिम पैदा करने वाली सांद्रताओं के परिदृश्य 11
3.2.1 उदाहरण 1: बिना इलाज किए गए अनुपचारित भूजल का उपयोग करने वाले लोगों के लिए आर्सेनिक सांद्रता का जोखिम *12*
3.2.2 उदाहरण 2: आर्सेनिक के सेवन (डोज़) का अनुमान और आर्सेनिक से प्रभावित भूजल के कारण गाँववालों में कैंसर विकसित होने की संभावना *14*
3.2.3 उदाहरण 3: संभाव्य पर्यावरणीय जोखिम मूल्यांकन का परिदृश्य *16*
4 समापन **21**
5 अभ्यास **22**
अभ्यास 1 22
अभ्यास 2 22
अभ्यास 3 23
अभ्यास 4 24
6 संदर्भ **25**
7 बॉक्स **27**
बॉक्स 1: सामान्य वितरण वक्र के तहत क्षेत्रों की तालिका 27
बॉक्स 2: स्टूडेंट के t-वितरण के प्रतिशत 29
8 अभ्यास समाधान **30**
समाधान अभ्यास 1 30
समाधान अभ्यास 2 31
समाधान अभ्यास 3 32
समाधान अभ्यास 4 33
9 लेखक के बारे में **36**
10 ट्रांसलेटर के बारे में:R **37**

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

द ग्राउंडवाटर प्रोजेक्ट का प्रस्तावना

दिसंबर 2022 में संयुक्त राष्ट्र (UN) जल सम्मेलन में, प्रतिनिधियों ने यह निर्णय लिया कि 2023 में सभी प्रमुख भूजल संबंधित घटनाओं के संदेशों को एक साथ मिलाकर एक व्यापक भूजल संदेश तैयार किया जाएगा। यह संदेश संयुक्त राष्ट्र 2023 जल सम्मेलन में जारी किया गया, जो एक महत्वपूर्ण घटना थी। इस सम्मेलन ने अंतरराष्ट्रीय स्तर पर भूजल के महत्व को उजागर किया, जो मानवता और पारिस्थितिकी प्रणालियों के भविष्य के लिए जरूरी है। इस संदेश ने भूजल की समस्याओं को स्पष्ट किया और दुनिया भर में लोगों को यह समझने में मदद की कि हम किस तरह की चुनौतियों का सामना कर रहे हैं और इन्हें हल करने के लिए क्या कदम उठाने होंगे। भूजल शिक्षा इस दिशा में बहुत महत्वपूर्ण है।

2023 का विश्व जल दिवस विषय "बदलाव को तेज़ी से बढ़ाना" (Accelerating Change) ग्राउंडवाटर प्रोजेक्ट (GW-Project) के लक्ष्य के साथ मेल खाता है। GW-Project एक पंजीकृत कनाडाई चैरिटी है, जिसे 2018 में स्थापित किया गया था, और यह हमारे महत्वपूर्ण भूजल संसाधनों से संबंधित कार्यों को तेज़ी से बढ़ाने के लिए भूजल शिक्षा को बढ़ावा देने के लिए समर्पित है। इस उद्देश्य के लिए, हम एक अनोखी विधि के माध्यम से ज्ञान का निर्माण और प्रसार करते हैं: भूजल ज्ञान का लोकतंत्रीकरण। हम इस सिद्धांत पर काम करते हैं, जो हमारे वेबसाइट gw-project.org/↗ पर आधारित है, एक वैश्विक मंच, और यह सिद्धांत मानता है कि

"ज्ञान मुफ्त होना चाहिए, और सर्वोत्तम ज्ञान मुफ्त ज्ञान होना चाहिए।" – अज्ञात

GW-Project का मिशन पूरे दुनिया में भूजल शिक्षा को बढ़ावा देना है। यह लक्ष्य उन सभी को भूजल के बारे में सीखने के लिए मुफ्त, सुलभ, आकर्षक और उच्च-गुणवत्ता वाली शैक्षणिक सामग्री प्रदान करके पूरा किया जा सकता है, जो इसे जानना चाहते हैं। संक्षेप में, GW-Project भविष्य में मानवता और पारिस्थितिकी प्रणालियों के लिए भूजल के सतत विकास के लिए आवश्यक ज्ञान और उपकरण प्रदान करता है। यह एक नई प्रकार की वैश्विक शैक्षिक पहल है, जो एक समर्पित अंतर्राष्ट्रीय समूह के स्वयंसेवी पेशेवरों द्वारा संभव बनाई गई है, जो विभिन्न क्षेत्रों से हैं। शिक्षाविद, सलाहकार, और अवकाश प्राप्त लोग किताबें लिखने और/या समीक्षा करने में योगदान करते हैं, जो विभिन्न स्तरों के पाठकों के लिए हैं, जैसे बच्चे, हाई स्कूल, अंडरग्रेजुएट, और ग्रेजुएट छात्र, या भूजल क्षेत्र के पेशेवर। 127 देशों और छह महाद्वीपों से 1,000 से अधिक समर्पित स्वयंसेवक इस परियोजना में शामिल हैं—और भागीदारी बढ़ रही है।

आने वाले वर्षों में सैकड़ों किताबें ऑनलाइन प्रकाशित की जाएंगी, पहले अंग्रेजी में और फिर अन्य भाषाओं में। GW-Project की किताबों का एक महत्वपूर्ण सिद्धांत है स्पष्ट चित्रों के साथ दृश्यों पर जोर देना, ताकि स्थानीय और आलोचनात्मक सोच को प्रोत्साहित किया जा सके। भविष्य में, इन प्रकाशनों में वीडियो और अन्य गतिशील अध्ययन उपकरण भी शामिल किए जाएंगे। किताबों के संशोधित संस्करण समय-समय पर प्रकाशित किए जाएंगे। उपयोगकर्ताओं को संशोधन प्रस्तावित करने के लिए आमंत्रित किया जाता है।

हम आपका धन्यवाद करते हैं कि आप GW-Project समुदाय का हिस्सा हैं। हम आशा करते हैं कि आप हमें परियोजना सामग्रियों के साथ अपने अनुभव के बारे में बताएंगे, और हम आपके विचारों और स्वयंसेवकों का स्वागत करते हैं!

GW-Project बोर्ड ऑफ डायरेक्टर्स

जनवरी 2023

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

प्रस्तावना

जोखिम उन घटनाओं या परिस्थितियों से संबंधित होते हैं जो समस्याएं उत्पन्न करती हैं। इसलिए, जोखिम की पहचान स्रोत पर ध्यान देने से शुरू होती है, इसके बाद यह समझना कि मानवों या पर्यावरण को जोखिम के संपर्क में लाने वाले स्रोत **क्या** हैं, और क्या इन जोखिमों को ध्यान में रखना आवश्यक है। यदि हां, तो जोखिम को कैसे प्रबंधित किया जाए। जोखिम के संपर्क और प्रबंधन का मुद्दा चुनौतीपूर्ण है क्योंकि जोखिम के कई स्रोत हो सकते हैं, प्रत्येक के लिए संपर्क के विभिन्न मार्ग और प्रबंधन के विकल्प होते हैं, और अक्सर इसके लिए सीमित डेटा उपलब्ध होता है। जबकि हम सामान्यतः जोखिम से बचने की कोशिश करते हैं, लेकिन हर व्यक्ति के द्वारा किए गए कार्यों से जुड़े जोखिम होते हैं, जिसके कारण यह आवश्यक हो जाता है कि हम जोखिमों को सम्भव सीमा तक प्रबंधित करें। जोखिम प्रबंधन का एक उदाहरण यह हो सकता है कि यह निर्धारित किया जाए कि क्या यह जोखिम इतना छोटा है कि इसे हम नियमित रूप से सहन किए जाने वाले अन्य स्रोतों के जोखिम से तुलना कर सकते हैं; और यदि हां, तो इस नए जोखिम को स्वीकार करने का निर्णय लिया जाए क्योंकि जोखिम को पूरी तरह से समाप्त नहीं किया जा सकता।

डॉ. मैकबीन ने पचास वर्षों से अधिक समय तक जोखिम मूल्यांकन और प्रबंधन निर्णयों में भाग लिया है। वह प्रदूषित भूजल के प्रवासन और उन संबंधित घटनाओं के गणितीय मॉडलिंग में विशेषज्ञ हैं, जो प्रदूषक स्तरों को प्रभावित करती हैं, और इसके साथ ही उन आंकड़ों की सांख्यिकीय व्याख्या में भी उनका व्यापक ज्ञान है, जो इस पुस्तक में चर्चा की गई सामग्रियों का आधार हैं। चुनौती यह है कि ये मुद्दे एक ही पुस्तक में पूरी तरह से नहीं प्रस्तुत किए जा सकते। भूजल से संबंधित जोखिमों का मूल्यांकन करने से संबंधित सूचनाओं और दृष्टिकोणों का विकास हाल के वर्षों में बहुत परिवर्तनशील रहा है। यह पुस्तक इस रोमांचक शोध और इंजीनियरिंग प्रैक्टिस क्षेत्र में प्रारंभिक दृष्टिकोण प्रदान करती है, जिसका उद्देश्य उन लोगों को मार्गदर्शन देना है जो इस विषय पर आगे ज्ञान प्राप्त करना चाहते हैं।

जॉन चेरी, द ग्राउंडवाटर प्रोजेक्ट के नेता

गुएल्फ, ओंटारियो, कनाडा, जून 2023।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

आभार

मैं इस पुस्तक के लिए किए गए गहरे और उपयोगी समीक्षा और योगदानों के लिए आभारी हूं।

- डॉ. आयलिन पोएटर, प्रोफेसर एमेेरिटस, कोलोराडो स्कूल ऑफ माइनस, संयुक्त राज्य अमेरिका;
- डॉ. जॉन चेरी, सहायक प्रोफेसर, यूनिवर्सिटी ऑफ गुएल्फ़; प्रोफेसर एमेेरिटस, यूनिवर्सिटी ऑफ वाटरलू, कनाडा;
- कॉनी ब्रायसन, संपादक, द ग्राउंडवाटर प्रोजेक्ट, कनाडा;
- बिल रिक्से, सहायक प्रोफेसर, क्यूलन कॉलेज ऑफ इंजीनियरिंग, सिविल और पर्यावरण इंजीनियरिंग विभाग, यूनिवर्सिटी ऑफ ह्यूस्टन, टेक्सास, यूएसए;
- अलेक्जेंडर सन, वरिष्ठ शोध वैज्ञानिक, ब्यूरो ऑफ इकोनॉमिक जियोलॉजी, द यूनिवर्सिटी ऑफ टेक्सास एट ऑस्टिन, टेक्सास, यूएसए; और
- मैथीस डिपेनेयर, सहायक प्रोफेसर, इंजीनियरिंग जियोलॉजी और हाइड्रोजियोलॉजी, यूनिवर्सिटी ऑफ प्रिटोरिया।
- एवर्टन डी ओलीवेइरा, हाइड्रोप्लान के अध्यक्ष, ब्राजील, Instituto Água Sustentável (सस्टेनेबल वॉटर इंस्टीट्यूट) के अध्यक्ष-निर्देशक, ब्राजील।

मैं अमेंडा सिल्स और द ग्राउंडवाटर प्रोजेक्ट की टीम के फॉर्मेटिंग टीम के योगदानों की सराहना करता हूं, जिन्होंने इस पुस्तक के सुपरविजन और फॉर्मेटिंग में मदद की। मैं आयलिन पोएटर (कोलोराडो स्कूल ऑफ माइनस, गोल्डन, कोलोराडो, यूएसए) का धन्यवाद करता हूं, जिन्होंने इस पुस्तक की समीक्षा, संपादन और निर्माण किया।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

1 परिचय

जोखिम मूल्यांकन (Risk Assessment) **एक व्यापक अवधारणा है**, जिसे कई तरह की समस्याओं में इस्तेमाल किया जा सकता है। इसी तरह, भूजल भी उन कई क्षेत्रों में से एक है जहां जोखिम का आकलन किया जाता है।साधारण भाषा में, **जोखिम मूल्यांकन की प्रक्रिया विभिन्न स्तरों के मात्रात्मक** (Quantitative) **एवं गुणात्मक** (Qualitative) **विश्लेषणों से प्रारंभ होती है, जिसके पश्चात् यह जोखिमों से संबंधित समस्याओं के समाधान हेतु उपयुक्त प्रबंधन रणनीतियों** (Management Strategies) **का विकास करती है।** जोखिम आकलन का उद्देश्य किसी समस्या को ठीक से समझने में मदद करना है। यह समस्या को व्यवस्थित तरीके से परखने और पूरी जानकारी जुटाने में मदद करता है। आमतौर पर, यह अनुभव से सीखने के तरीके पर आधारित होता है, जिससे यह पता लगाया जा सके कि कौन से जोखिम ज्यादा जरूरी हैं।

जोखिम आकलन एक ऐसा प्रक्रिया है जिसमें खतरों की पहचान की जाती है और उनसे जुड़े जोखिमों का मूल्यांकन किया जाता है। इसके बाद, उन जोखिमों को खत्म करने या कम करने के लिए उचित उपाय किए जाते हैं।

जोखिम आकलन को सही तरीके से समझने के लिए यह समझना जरूरी है कि यह अकेले नहीं, बल्कि एक व्यापक संदर्भ में इस्तेमाल होता है, जिसे जोखिम विश्लेषण कहा जाता है। जोखिम विश्लेषण में तीन मुख्य भाग होते हैं: जोखिम आकलन (जोखिम को समझना), जोखिम प्रबंधन (जोखिम से निपटना), और जोखिम संचार (जोखिम की जानकारी देना)। ये तीनों मिलकर पूरी प्रक्रिया का हिस्सा होते हैं।

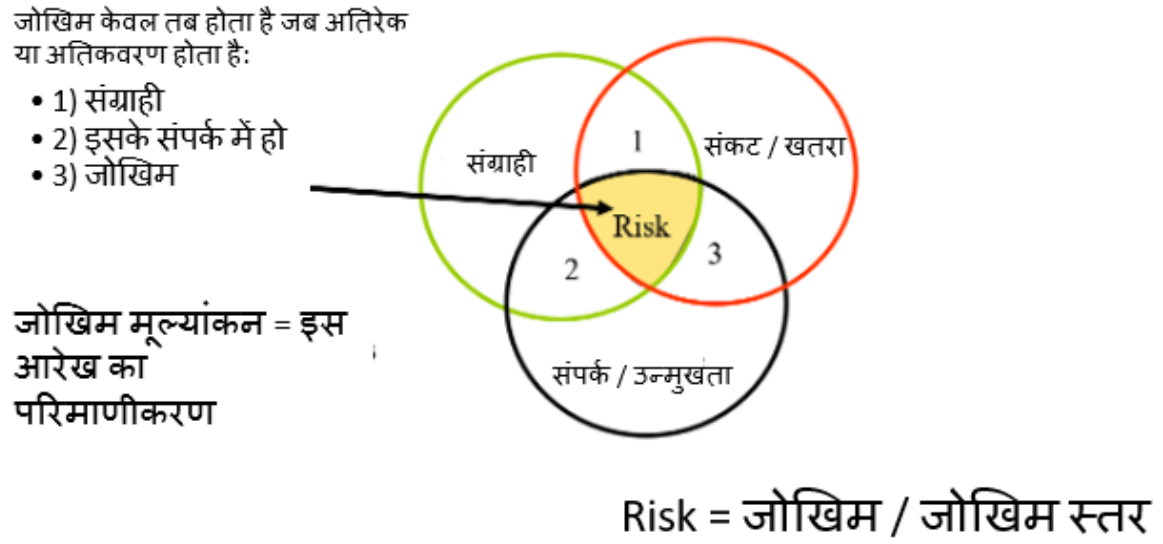
1 जोखिम आकलन गुणात्मक (जोखिम के बारे में सामान्य जानकारी) या मात्रात्मक (सटीक आंकड़ों के आधार पर) हो सकता है, लेकिन इस किताब में हम केवल मात्रात्मक जोखिम आकलन पर चर्चा करेंगे। इस प्रक्रिया में यह देखा जाता है कि किसी खतरे से क्या नुकसान हो सकता है और उसका अनुमान कैसे लगाया जाए। उदाहरण के तौर पर, भूजल में मौजूद रासायनिक या सूक्ष्मजीवों का मूल्यांकन करना। जोखिम आकलन की शुरुआत खतरे की पहचान से होती है, फिर यह पता लगाया जाता है कि कौन इस खतरे से प्रभावित हो सकता है और खतरे का संपर्क कितने समय तक और किस मात्रा में हो सकता है। आखिरकार, यह देखा जाता है कि यह जोखिम कितना खतरनाक हो सकता है। इस पूरे **प्रकिया** का उद्देश्य खतरे का मूल्यांकन करना है और उसे हटाने या कम करने के लिए उपायों की योजना बनाना, जैसे पानी को साफ करने की प्रणाली लगाना।

2 जोखिम प्रबंधन इस प्रक्रिया का दूसरा हिस्सा है। इसमें जोखिम आकलन के परिणामों के आधार पर विभिन्न प्रबंधन विकल्पों का मूल्यांकन किया जाता है और उचित कदम उठाए जाते हैं। इसके लिए समाजिक मूल्यों, इंजीनियरिंग, अर्थव्यवस्था, कानूनी और राजनीतिक मुद्दों को ध्यान में रखते हुए कई प्रबंधन विकल्पों की जांच की जा सकती है। जोखिम को नियंत्रित करने का मतलब है यह तय करना कि उस जोखिम को कैसे संभालना है और इसके लिए क्या कदम उठाए जाएं।

3 जोखिम संचार - इसका मतलब है जोखिमों के बारे में जानकारी देना, जो कई तरीकों से किया जा सकता है, जैसे कि प्रबंधकों, सरकारी अधिकारियों और जनता को जानकारी देना। इस प्रक्रिया में कुछ मुश्किलें आ सकती हैं, जैसे कि जनता की समझ और वैज्ञानिक तथ्यों के बीच अंतर, और वैज्ञानिक जानकारी को समझाना भी मुश्किल हो सकता है।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

समीक्षा करने के लिए, जोखिम मूल्यांकन में तीन मुख्य घटक होते हैं: जोखिम का स्रोत, स्रोत से रिसेप्टर (जैसे इंसान या जानवर) तक उसका फैलाव, और रिसेप्टर पर उसका प्रभाव। अगर इन तीन में से कोई एक भी घटक नहीं है (जैसे स्रोत, फैलाव, या रिसेप्टर), तो इसका मतलब है कि कोई जोखिम नहीं है, क्योंकि रिसेप्टर को प्रभावित होने का कोई तरीका नहीं है। जोखिम फैलने के कई तरीके हो सकते हैं (जैसे पानी के जरिए, या मिट्टी से हवा में फैलने से)। लेकिन अगर रिसेप्टर तक पहुंचने का कोई पूरा रास्ता नहीं है, तो इसका मतलब है कि रिसेप्टर को कोई नुकसान नहीं होगा।



चित्र 1 - जोखिम के तीन घटक

पर्यावरणीय जोखिम पर्यावरण से जुड़ी जानकारी पर आधारित होता है। इसमें कुछ समस्याएँ हो सकती हैं, जैसे स्रोत की सही पहचान करना, जोखिम के फैलने के रास्तों का पता लगाना, और रिसेप्टर (जैसे इंसान या जानवर) के संपर्क में आने का समय (जो रिसेप्टर की गतिविधियों पर निर्भर करता है)। इसलिए, जल से जुड़े जोखिमों का मूल्यांकन करते समय डेटा की सही तरीके से समझ और व्याख्या करना जरूरी होता है। पर्यावरणीय जोखिम को समझने के लिए यह ज़रूरी है कि हम यह जानें कि खतरा कितना गंभीर हो सकता है और उसकी होने की संभावना क्या है। यह सब कुछ सही तरीके से डेटा और उसकी व्याख्या पर आधारित होना चाहिए।

जोखिम उस खतरे को मापने का तरीका है, जो किसी घटना के होने से हो सकता है, जिसमें यह देखा जाता है कि घटना की संभावना कितनी है और उसके होने पर कितना बड़ा नुकसान हो सकता है। उदाहरण के लिए, पानी कितने समय तक पिया गया है, इसका आकलन किया जा सकता है। जोखिम का मतलब है, उस नुकसान का अनुमान, जो किसी नकरात्मक घटना के होने पर हो सकता है, और इसे आमतौर पर गणना के जरिए समझा जाता है।

इसका मतलब है कि जोखिम को इस तरह से समझा जा सकता है: जोखिम = घटना के होने की संभावना × उसके होने पर होने वाला नुकसान। इसे इस तरीके से दिखाया जा सकता है, जैसा कि समीकरण (1) में बताया गया है।

$$\text{जोखिम} = p \times S \quad (1)$$

जहां:

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

p = घटना के होने की संभावना

S = घटना के होने पर उसका परिणाम या गंभीरता

असल में, जोखिम का स्तर खतरे की गंभीरता और उसके नुकसान से बचने के लिए किए गए सुरक्षा उपायों पर निर्भर करता है। इसलिए, जोखिम को इस तरीके से भी समझा जा सकता है:

जोखिम = खतरा / सुरक्षा उपाय

या

जोखिम = f(खतरा, संपर्क, सुरक्षा उपाय)

यहां, जोखिम का स्तर खतरे की गंभीरता, संपर्क की स्थिति और सुरक्षा उपायों पर निर्भर करता है।

जहां सुरक्षा उपायों को संपर्क (exposure) के आधार पर माना जाता है, यानी जैसे-जैसे संपर्क बढ़ेगा, वैसे-वैसे सुरक्षा उपायों की जरूरत भी बढ़ेगी। इसे इस तरह भी समझा जा सकता है कि ज्यादा जोखिम के संपर्क में आने पर ज्यादा सुरक्षा की जरूरत होती है।

भूजल की गुणवत्ता से जुड़े जोखिम का मूल्यांकन और प्रबंधन उस जानकारी का इस्तेमाल करके किया जाता है, जिससे यह समझा जा सके कि इंसान और पर्यावरण पर क्या प्रभाव पड़ सकते हैं। उदाहरण के लिए, इसमें यह देखना शामिल होता है कि कोई रसायन किसी जगह से फैलकर भूजल में कैसे घुलता है और फिर पीने के पानी के कुएं तक कैसे पहुंचता है। भूजल के जोखिम प्रबंधन में नीतियों और सुधार के उपायों का विचार करना, जोखिम मूल्यांकन के नतीजों को इंजीनियरिंग डेटा के साथ जोड़ना, और सामाजिक, आर्थिक और राजनीतिक पहलुओं को ध्यान में रखते हुए सही निर्णय लेना शामिल होता है।

जोखिम मूल्यांकन का मुख्य उद्देश्य ऐसे फैसले लेना है जो जोखिम को सही तरीके से और पूरी जानकारी के साथ समझें, ताकि वे जिम्मेदार और जागरूक हों। यह लंबे समय से जाना गया है कि कुछ भी पूरी तरह से सुरक्षित या खतरनाक नहीं होता, बल्कि इसका उपयोग कैसे किया जा रहा है और किस मकसद से किया जा रहा है, वही यह तय करता है कि वह कितना खतरनाक या सुरक्षित है।

यह किताब जोखिम का अनुमान लगाने और उसे संभालने के तरीकों पर चर्चा करती है। इसमें जोखिम संचार से जुड़े मुद्दों पर बात नहीं की गई है। यह किताब मुख्य रूप से भूजल से जुड़े जोखिमों पर ध्यान देती है, लेकिन इसके सिद्धांत सामान्य हैं और इन्हें कई अलग-अलग हालात में इस्तेमाल किया जा सकता है।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

2 जोखिम मूल्यांकन से जोखिम प्रबंधन की दिशा में

2.1 जोखिम को समझना

जोखिम का मतलब बहुत व्यापक होता है, क्योंकि यह कई अलग-अलग मामलों पर लागू होता है। जब इसे भूजल से जोड़ा जाता है, तो इसका मतलब है कि पानी की गुणवत्ता में कोई ऐसी समस्या हो सकती है, जिससे पानी पीने के लिए खतरनाक या उपयोगी न रहे। उदाहरण के लिए, जोखिम मूल्यांकन में यह देखा जा सकता है कि भूजल की गुणवत्ता खराब होने की संभावना कितनी है, जैसे कि पानी में कोई खतरनाक तत्व आ जाए या मौसम के बदलाव के कारण पानी की गुणवत्ता में बदलाव हो।

चूंकि जोखिम उन घटनाओं से जुड़ा होता है जो समस्याएँ पैदा कर सकती हैं (जैसे बीमारी या मौत), इसलिए सामान्य तौर पर जोखिम का मूल्यांकन करने से पहले उसके स्रोत पर ध्यान दिया जाता है। इसमें वैज्ञानिक जानकारी का मूल्यांकन करना शामिल हो सकता है, जैसे यह देखना कि किसी रसायन का इंसान पर कितना असर हो सकता है और इंसान उस रसायन से कितनी मात्रा में संपर्क में आ रहे हैं। अगर कोई संकेत (जैसे पानी में रासायनिक तत्वों की मात्रा) यह बताता है कि पानी पीने के लिए खतरनाक हो सकता है, तो इस पर विचार किया जाता है।

हालांकि, जोखिम और खतरे में फर्क करना जरूरी है, जैसा कि सेक्शन 1 में बताया गया है। जोखिम को इस तरह से समझा जा सकता है कि इसके प्रभाव (जैसे नुकसान या स्वास्थ्य पर असर) को उसकी संभावना से गुणा किया जाता है, जैसा कि समीकरण (1) में दिखाया गया है। वहीं, खतरा वह स्थिति है जिसमें किसी चीज़ से नुकसान होने का खतरा हो (जैसे, एक रसायन जो बीमारी का कारण बन सकता है अगर किसी व्यक्ति को उससे संपर्क हो)। यह फर्क समझना जरूरी है ताकि यह तय किया जा सके कि हमें केवल खतरे को देखना है या वाकई में जोखिम की भी बात करनी है।

खतरा वह चीज़ है जो बिना चाहें नुकसान पहुंचा सकती है (जैसे, आर्सेनिक जैसा कैंसर पैदा करने वाला रसायन); और संपर्क वह स्थिति है जब किसी खतरे का सामना करना पड़ता है (जैसे, उस पानी का पीना जिसमें आर्सेनिक हो)। अगर आर्सेनिक की मात्रा बहुत अधिक है, तो कुछ ही समय में मौत हो सकती है। लेकिन अगर आर्सेनिक की मात्रा कम है, लेकिन दूषित पानी लंबे समय तक पीने से कैंसर हो सकता है और इससे बीमारी या मौत हो सकती है। इस तरह, जोखिम यह है कि किसी खतरनाक स्थिति के कारण कोई नकरात्मक असर होने की कितनी संभावना है। उदाहरण के लिए, पीने के पानी में रसायनों से होने वाले खतरे का मूल्यांकन करते समय, यह देखना जरूरी है कि रसायन के बारे में क्या जानकारी है, किसे खतरा हो सकता है और कितना समय तक वह उस खतरे का सामना करेगा।

जोखिम और अनिश्चितता के बीच का फर्क भी समझना जरूरी है। जैसा कि ऊपर बताया गया है, जोखिम को इसके परिणामों या प्रभावों को संभावना से गुणा करके व्यक्त किया जा सकता है। दूसरी ओर, अनिश्चितता एक ऐसा शब्द है जो ज्ञान की कमी को दर्शाता है। अनिश्चितता के कई प्रकार होते हैं, जिनमें मुख्य रूप से दो प्रकार होते हैं: एपिस्टेमिक और एलेटोरी अनिश्चितता।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

एपिस्टेमिक अनिश्चितता तब होती है जब हमें किसी खास घटना या स्थिति के बारे में पूरी जानकारी नहीं होती, यानी हम नहीं जानते कि क्या होगा या क्या सही है।

एलेटोरी अनिश्चितता तब होती है जब हम जानते हैं कि किसी घटना के कई अलग-अलग परिणाम हो सकते हैं, जैसे किसी प्रयोग को कई बार करने पर हर बार अलग नतीजे मिल सकते हैं।

कुछ जोखिमों के असर को हम पूरी तरह से नहीं समझ सकते। उदाहरण के लिए, अगर भविष्य में होने वाले संपर्क के बारे में पूरी जानकारी नहीं है, तो अनिश्चितता हो सकती है, जैसे कि भूजल की गुणवत्ता के बारे में जानकारी का अभाव। एक उदाहरण के रूप में, PFAS (per- and polyfluoroalkyl substances) नामक प्रदूषक हैं, जिनके बारे में हमें अभी बहुत कम जानकारी है। हम नहीं जानते कि ये पदार्थ स्वास्थ्य के लिए कितना खतरनाक हो सकते हैं, और न ही यह हमेशा समझ में आता है कि इनसे संपर्क कैसे होता है (Dourson & Gadagbui, 2021)

जोखिम और अनिश्चितता दोनों ही जोखिम मूल्यांकन से जुड़े हैं, और इन्हें जोखिम मूल्यांकन में शामिल करना जरूरी है। उदाहरण के लिए, अगर भूजल में किसी रसायन की मात्रा पता हो और उसका खतरा समझा गया हो, तो उस रसायन के कारण पानी पीने से होने वाली बीमारी का जोखिम समझा जा सकता है। हालांकि, रसायन की मात्रा और उसके खतरों में अनिश्चितता भी हो सकती है, जो यह प्रभावित कर सकती है कि यह रसायन मानव स्वास्थ्य पर कितना असर डालेगा। जोखिम और अनिश्चितता को समझना इसलिए जरूरी है क्योंकि हर साल लगभग 5,000 नए रसायन बाजार में आते हैं, जिनका असर बाद में ही समझ में आता है और वे एक नए प्रदूषक के रूप में उभर सकते हैं (McBean, 2019)।

यह दिखाने के लिए कि भूजल में किसी पदार्थ की उपस्थिति और स्वास्थ्य से जुड़ी समस्याएं अलग-अलग लेकिन जटिल होती हैं, McBean (2019a) ने तीन अध्यायों में जोखिम मूल्यांकन की चर्चा की है और आठ अध्यायों में अनिश्चितता की पहचान पर ध्यान केंद्रित किया है (जैसे, डेटा के कितने मान उपलब्ध हैं और इसलिए सांद्रता जैसे पैरामीटर को निर्धारित करने में कितनी अनिश्चितता हो सकती है)।

जोखिम मूल्यांकन का एक और महत्वपूर्ण पहलू यह है कि अब समाज कई फैसलों में अधिक शामिल हो रहा है। उदाहरण के लिए, अगर यह प्रस्ताव किया जाए कि एक सीवर पाइप लगाया जाए, जो कचरे के ढेर से निकलने वाले गंदे पानी को एक जल उपचार संयंत्र तक पहुंचाए, तो आसपास के लोग यह विचार कर सकते हैं कि क्या वहां रहने वाले किसी व्यक्ति को जोखिम हो सकता है, जो पास के कुएं का पानी नियमित रूप से पीता हो, अगर पाइप से पानी लीक हो जाए।

आमतौर पर, सार्वजनिक राय (जो लोग उस इलाके के पास रहते हैं जहाँ सीवर पाइप डाला जाएगा और जो अपने पानी की आपूर्ति के लिए भूजल कुओं पर निर्भर हैं) अक्सर इस पर केंद्रित होती है कि उन्हें कोई संभावित जोखिम न झेलना पड़े। लोग उस जोखिम को नहीं लेना चाहते और इसलिए वे किसी भी ऐसे प्रस्ताव को नकार देंगे जो उनके जोखिम को बढ़ा सके। इस तरह की सोच को व्यक्त करने के लिए लोकप्रिय शब्द हैं NIMBY (जो "Not In My Back Yard" का संक्षिप्त रूप है) या NOPE (जो "Not On Planet Earth" का संक्षिप्त रूप है)।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

इसलिए, जनता के नजरिए को समझना जरूरी है जब बात जोखिम की हो। इसका मतलब है कि हमें जोखिम को उसके होने की संभावना से जोड़ना पड़ेगा। इसके लिए, जोखिम के घटित होने की संभावना को मापना जरूरी है। यह सुनिश्चित करना जरूरी है कि जोखिम मूल्यांकन की प्रक्रिया साफ और समझने योग्य हो, ताकि जनता से यह बात की जा सके कि जोखिम कैसे और क्यों निकाला गया है। असल में, यह आमतौर पर जरूरी होता है कि घर मालिकों के लिए रसायनों से संपर्क का जोखिम कम और सही हो। इसे इस तरह समझा जा सकता है कि एक ऐसी घटना, जो जनता के लिए नई हो (जैसे, सीवर पाइप से रिसाव), का जोखिम एक ऐसी घटना से तुलना किया जाए जिसे लोग पहले से जानते हों (जैसे, धूम्रपान से कैंसर होना या कार दुर्घटना होना)।

2.2 जोखिम मूल्यांकन

संक्षेप में, जोखिम की गणना करने के लिए एक कई चरणों की प्रक्रिया होती है। सबसे पहले, जोखिमों की पहचान की जाती है, और फिर यह देखा जाता है कि उनका प्रबंधन करना जरूरी और संभव है या नहीं (यानी, क्या यह जोखिम इतना गंभीर है कि इसे नियंत्रित या प्रबंधित करने की कोशिश करनी चाहिए?)। इस प्रक्रिया में यह भी ध्यान में रखा जाता है कि घटना होने की संभावना कितनी है। व्यक्तिगत जोखिमों को इस आधार पर समझा जाता है कि किसी व्यक्ति को विशेष खतरों के कारण कितनी बार और किस हद तक नुकसान हो सकता है।

जोखिम मूल्यांकन का विकास और यह तय करना कि जोखिम का प्रबंधन जरूरी है या नहीं, अक्सर एक चलती हुई प्रक्रिया होती है, क्योंकि विशेषज्ञ मूल्यांकन की प्रक्रियाओं को सुधारने के लिए लगातार काम करते रहते हैं। लेकिन जैसे-जैसे प्रक्रियाएं बेहतर होती हैं, वैसे-वैसे नई समस्याएं और अनिश्चितताएं भी सामने आती हैं। फिर भी, यह समझना जरूरी है कि इसके मूल सिद्धांत क्या हैं और जैसे-जैसे समय के साथ नई जानकारी मिलती है और हमारा ज्ञान बढ़ता है, हमें अपनी समझ को भी अपडेट करना चाहिए।

यह किताब जोखिम को उसके सबसे बुनियादी रूप में समझाती है। इसका तरीका इस प्रकार है:

1. एक खतरे की पहचान करें,
2. उस खतरे से जुड़े जोखिमों का विश्लेषण करें,
3. जोखिम का निर्धारण करें, और
4. यह तय करें कि जोखिम को खत्म करने या नियंत्रित करने की आवश्यकता है या नहीं (उदाहरण के लिए, यह मूल्यांकन करना कि क्या पानी को पीने से पहले उसे शुद्ध करना चाहिए)।

इसके परिणामस्वरूप, भूजल से जुड़ा जोखिम कई पहलुओं में होता है। उदाहरण के लिए, क्या पास के लैंडफिल (Landfill) से गंदा पानी भूजल में रिसता है, क्या वह प्रदूषित भूजल उस स्थान तक पहुंचता है जहाँ कोई व्यक्ति पानी पी सकता है, और क्या यह निर्धारित करने का कोई उचित आधार है कि क्या यह जोखिम उस व्यक्ति के स्वास्थ्य पर असर डालेगा?

जोखिम सार्वजनिक जीवन में कई अलग-अलग पहलुओं से जुड़ा होता है। उन जोखिमों के उदाहरण, जिनका सामना एक व्यक्ति रोज़ाना कर सकता है, तालिका 1 में दिए गए हैं। हर दिन, लोग विभिन्न प्रकार की गतिविधियों के जोखिमों का मूल्यांकन करते हैं (हालांकि वे हमेशा इस बारे में नहीं जानते कि क्या कोई जोखिम बढ़ा हुआ है) और फिर यह तय करते हैं कि उन्हें उस गतिविधि में भाग लेना चाहिए या नहीं। साहसिकता का जोश भी उनके निर्णय को प्रभावित कर सकता है कि वे उस गतिविधि में भाग लें या नहीं।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

तालिका 1 - सार्वजनिक जीवन में रोज़ाना सामने आने वाले जोखिमों के उदाहरण

जोखिम के उदाहरण	**जोखिम का आधार**
जलाना	विद्युत् शॉक का खतरा
सीढ़ियों पर गिरना	गिरने से चोट लगने का खतरा
कॉफी/चाय में कैफीन	रक्तचाप का बढ़ना
कॉफी/चाय में स्वीटनर	शर्करा संबंधित बीमारियों का बढ़ना
मूंगफली का मक्खन	अफ्लाटॉक्सिन (एक फफूंदी) का जोखिम और यकृत कैंसर का खतरा, विशेष रूप से विकासशील देशों में मूंगफली का भंडारण एक बड़ा मुद्दा है
काम पर या व्यायाम के लिए साइकिल चलाना	दुर्घटना का बढ़ा हुआ खतरा
पानी पीना	पानी के क्लोरीनेशन से उत्पन्न होने वाले डिसइंफेक्शन बाय-प्रोडक्ट्स के कारण कैंसर का खतरा
ईंट और सिंडर ब्लॉक	रेडॉन के संपर्क में आना और इसके कारण कैंसर का विकास होने का खतरा
बीमारी की पहचान के लिए एक्स-रे	बीमारी की पहचान खुद में कैंसर का कारण बन सकती है
हवाई यात्रा	पराबैंगनी विकिरण का संपर्क; विमान दुर्घटना या आतंकवादी गतिविधि का खतरा

जो रोज़ाना सामने आने वाली समस्याओं के परिणाम हैं, वे यह दर्शाते हैं कि अधिकांश मामलों में, लोग कई प्रकार के जोखिमों का सामना करते हैं। यह भी स्पष्ट होना चाहिए कि व्यक्ति सभी जोखिमों को शून्य तक नहीं घटा सकते, लेकिन हम कुछ जोखिमों से बच सकते हैं, और अक्सर बचते हैं भी। विभिन्न परिस्थितियों के हिसाब से विभिन्न दृष्टिकोण जरूरी और उपयुक्त होते हैं, और डेटा की अलग-अलग मात्रा उपलब्ध हो सकती है। उदाहरण के तौर पर, भूजल गुणवत्ता से संबंधित रणनीतियाँ और चिंताएँ दोनों, इंसानों और पर्यावरण के संदर्भ में जोखिमों को ध्यान में रखकर बनाई जानी चाहिए (जैसे कि यह सोचना कि मिट्टी की लवणता से वनस्पतियों पर होने वाले प्रभाव, इंसानों पर होने वाले प्रभावों से कहीं अधिक चुनौतीपूर्ण होते हैं; इस प्रकार, भूजल से जुड़ी समस्याओं की व्यापकता और गंभीरता बहुत बड़ी है)।

आखिरकार, जोखिम मूल्यांकन में इंसान की सेहत और पर्यावरण दोनों को ध्यान में रखना ज़रूरी है। हालांकि, यह प्रक्रिया कई कारणों से जटिल हो जाती है, जैसे कि किसी रासायनिक तत्व का शरीर में जमा होना

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

या उसके प्रभाव का बढ़ना, पारिस्थितिकी के मॉडल का इस्तेमाल, और अलग-अलग प्रजातियों पर असर का पता लगाने के तरीके। इस तरह, जोखिम मूल्यांकन और प्रबंधन का काम बहुत सारा डेटा इकट्ठा करने पर निर्भर होता है, खासकर जब बात भूजल की गुणवत्ता की हो, और इसमें समय और जगह के हिसाब से डेटा की उपलब्धता और बदलावों को समझना ज़रूरी होता है।

जोखिम प्रबंधन की प्रक्रिया सिर्फ जोखिम का आंकलन करने से कहीं ज्यादा होती है। इसमें समस्या के कई पहलुओं को समझना होता है और यह भी देखना होता है कि हालात कितने गंभीर हैं, अतिरिक्त जानकारी इकट्ठा करने की लागत कितनी है, और समस्या को ठीक करने के लिए कदम उठाना कितना संभव है।

2.3 जोखिम की माप की आवश्यकता

जोखिम को दो प्रकार से देखा जा सकता है: ऐसे जोखिम जिन्हें सांख्यिकीय रूप से मापा जा सके और ऐसे जोखिम जिन्हें मापना मुश्किल हो।

- सांख्यिकीय रूप से मापे जा सकने वाले जोखिम वे होते हैं जो कुछ गतिविधियों से जुड़े होते हैं, जिन्हें बहुत सारे आंकड़ों के आधार पर समझा जाता है, जैसे कि आर्सेनिक के कारण जल या भोजन में होने वाले जोखिम। उदाहरण के लिए, अगर कोई व्यक्ति आर्सेनिक-प्रदूषित पानी पीता है, तो उसके कैंसर होने का खतरा होता है। इन जोखिमों की तुलना करना आसान होता है, क्योंकि इनके बारे में बहुत सारे आंकड़े उपलब्ध होते हैं।
- सांख्यिकीय रूप से सत्यापित न किए जा सकने वाले जोखिम वे होते हैं जो अनैच्छिक गतिविधियों से उत्पन्न होते हैं और जिनके लिए बहुत कम डेटा या गणितीय समीकरणों पर आधारित जानकारी होती है (Sharma et al., 2007)। एक उदाहरण है कि दो रसायनों के बारे में जानकारी से हम तीसरे रसायन के स्वास्थ्य पर प्रभाव की संभावना का अनुमान लगाते हैं। एक और उदाहरण यह हो सकता है कि हम जानते हैं कि परमाणु ऊर्जा उत्पादन से किसी व्यक्ति की मृत्यु होने का खतरा कम है, लेकिन क्योंकि इस तरह के घटनाएं बहुत कम होती हैं, इसलिए इसके लिए संभावनाओं का निर्धारण करना मुश्किल हो सकता है। इस प्रकार के जोखिम मूल्यांकन में अक्सर मात्रात्मक (quantitative) के बजाय गुणात्मक (qualitative) जोखिम मूल्यांकन की आवश्यकता होती है, जैसा कि McBean (2019a) के अध्याय 3 में बताया गया है।

इसलिए, जबकि सांख्यिकीय रूप से सत्यापित और सत्यापित न किए जा सकने वाले जोखिम कुछ मामलों में समान हो सकते हैं, वे कई मामलों में अलग भी होते हैं। इसका मतलब यह है कि हमें दोनों पहलुओं पर विचार करना जरूरी है, हालांकि उनकी तुलना करना हमेशा संभव नहीं होता।

जोखिम मूल्यांकन से जुड़ा एक बड़ा चुनौतीपूर्ण पहलू यह है कि अधिकांश लोग अपने रोज़मर्रा के जीवन में जो जोखिम उनका सामना कर रहे होते हैं, उन्हें समझते नहीं हैं और न ही उन्हें माप पाते हैं। ज़्यादातर लोग ऐसा महसूस करते हैं जैसे जीवन में अधिकांशत: कोई जोखिम नहीं होता (या, कम से कम, जोखिम से भरी गतिविधियों में भाग लेने का रोमांच उन्हें उस जोखिम को स्वीकार करने के लिए प्रेरित करता है)।

जोखिम आमतौर पर किसी गतिविधि के परिणामस्वरूप होने वाली घटनाओं की संभावना के रूप में बताये जाते हैं (जैसे, कम आर्सेनिक वाले पानी का पीना)। इसके अलावा, एक और सवाल यह हो सकता है कि क्या वास्तव में भूजल की गुणवत्ता खराब हो रही है, या फिर ऐसा सिर्फ इस वजह से लग रहा है क्योंकि भूजल की गुणवत्ता का सही तरीके से मूल्यांकन नहीं किया गया है, जो कि अक्सर कुछ ही मापों की उपलब्धता के कारण होता है (McBean & Rovers, 1985, 1992)।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

कई लोग यह कहते हैं कि दुनिया एक खतरनाक जगह लगती है, लेकिन हो सकता है कि अब हम पहले से ज्यादा जोखिमों के बारे में जागरूक हैं, क्योंकि समाज में इन पर ज्यादा ध्यान दिया जा रहा है। उदाहरण के लिए, अगर हम एक सदी पहले की दुनिया को देखें, तो विल्सन (1979) ने बताया कि जीवन की उम्मीद बढ़ी है, पहले 50 साल थे अब 70 साल से ज्यादा हो गए हैं। इसलिए, कुल मिलाकर जोखिम कम होने चाहिए जितना पहले थे।

कुछ स्थितियों में जोखिम को समझने और प्रबंधित करने की प्रक्रिया स्पष्ट होती है। उदाहरण के लिए, अगर पीने के पानी में कोई रासायनिक तत्व स्वास्थ्य के लिए खतरा बनता है, तो या तो पानी को साफ किया जाना चाहिए, या फिर किसी दूसरे पानी के स्रोत का इस्तेमाल किया जाना चाहिए। इस प्रकार, जोखिम प्रबंधन के तरीके जोखिम मूल्यांकन का स्वाभाविक हिस्सा होते हैं। इसके मूल सिद्धांतों को समझना जरूरी है, क्योंकि ये बदलते नहीं हैं और जोखिम मूल्यांकन में इनका व्यापक उपयोग होता है। कुछ सिद्धांतों का संख्यात्मक विश्लेषण किया जा सकता है, जबकि कुछ को शब्दों में ही समझाना पड़ता है।

पर्यावरण की गुणवत्ता से जुड़ी जानकारी को सांख्यिकी के जरिए समझना बहुत महत्वपूर्ण होता है। यह हमें प्रभावों को पहचानने, उनके परिणामों का आकलन करने, जोखिमों को मापने और उपलब्ध सबूतों को सही तरीके से समझने में मदद करता है।

2.4 भूजल गुणवत्ता डेटा में बदलाव) के कारण)

भूजल गुणवत्ता डेटा में बदलाव यह तय करता है कि कौन सी सांख्यिकीय विश्लेषण प्रभावी होंगे। इन विश्लेषणों की विशेषताएँ इस बात पर निर्भर करती हैं कि हम जिस समस्या को देख रहे हैं, उसे कैसे परिभाषित और मापते हैं। सामान्य तौर पर, भूजल गुणवत्ता डेटा यह निर्धारित करने में मदद करता है कि हमारे द्वारा लिए गए नमूने किस हद तक सही हैं। यह कुछ महत्वपूर्ण बातों पर निर्भर करता है:

- कितने नमूने उपलब्ध हैं,
- नमूने कैसे और कितनी यादृच्छिक तरीके से लिए गए हैं,
- नमूनों में अलग-अलग अवलोकनों के बीच कितनी स्वतंत्रता है,
- और जोखिम मूल्यांकन में कौन सी रणनीति अपनाई जाएगी।

अगर बहुत सारी निगरानी की जरूरत होती है, तो डेटा इकट्ठा करना महंगा हो सकता है। फिर भी, कई बार पर्यावरणीय घटनाओं का मूल्यांकन करते वक्त, भूजल गुणवत्ता का अनुमान कम डेटा से करना पड़ता है (जो समय और जगह दोनों में सीमित होते हैं)। इसका मतलब यह है कि अक्सर सिर्फ थोड़ा सा डेटा ही खास कामों के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है।

भूजल डेटा की ये विशेषताएँ कुछ स्थितियों में इसके सांख्यिकीय विश्लेषण को मुश्किल बना देती हैं। जोखिम मूल्यांकन में जो तरीका अपनाया जाता है, उसे छोटे बदलावों के प्रति संवेदनशील होना चाहिए (जैसे, प्रदूषित पानी की पहचान करना जो यह दिखाता है कि प्रदूषण का पानी किसी समुदाय के जल स्रोत के पास आ रहा है)। हालांकि, एक समय ऐसा भी आता है जब ज्यादा डेटा जुटाने की लागत सही नहीं होती, क्योंकि उससे जो नई जानकारी मिलती है, वह बहुत कम होती है।

इसलिए, कई मौकों पर यह जरूरी होता है कि जोखिम मूल्यांकन के लिए सांख्यिकीय विश्लेषण कैसे किया जाए, इस पर ध्यान से विचार किया जाए। कई सांख्यिकीय विश्लेषण तकनीकें, जो लंबे समय तक के रिकार्ड वाले रसायनों के लिए उपयोगी और सही होती हैं, वे उन स्थितियों में कम उपयोगी होती हैं जहाँ केवल संक्षिप्त रिकार्ड उपलब्ध होता है। एक और समस्या यह है कि कई डेटा सेट्स बहुत अधिक परिवर्तनशील या शोर वाले होते हैं, जैसे मौसमी घटनाओं की वजह से।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

एक और बढ़ती चुनौती यह है कि उपकरणों में सुधार से कम सांद्रता को मापने की क्षमता बढ़ गई है। इन स्थितियों में, पहले उपलब्ध डेटा, जो उच्चतम न्यूनतम डिटेक्शन लिमिट वाले उपकरण से मापा गया था, केवल सेंसर डेटा के रूप में व्यक्त किया जा सकता है (जैसे, किसी विशिष्ट मान के बजाय, इसे केवल उस समय के न्यूनतम डिटेक्शन लिमिट से कम के रूप में नोट किया जा सकता है—जैसे <10 mg/L)। इसके परिणामस्वरूप, सेंसर डेटा सेट्स के सांख्यिकीय विश्लेषण से जुड़ी समस्याएँ और भी जटिल हो रही हैं। इसके अलावा, कई रसायनों के लिए अधिकतम सांद्रता स्तर (MCLs) निर्धारित होते हैं, जिन्हें मनुष्यों और पर्यावरण के लिए सुरक्षित माना जाता है, और ये स्तर मौजूदा उपकरणों से मापी जा सकने वाली न्यूनतम सांद्रता के बहुत करीब होते हैं।

इस अनुभाग में बताए गए विभिन्न कारणों के कारण, जोखिम मूल्यांकन में सांख्यिकीय विश्लेषण के लिए कोई एकल तरीका नहीं होता। इसके बजाय, अक्सर कई तरीके अपनाने की आवश्यकता होती है, जिनमें से हर तरीका एक विशिष्ट प्रश्न को हल करने के लिए उपयोगी जानकारी प्रदान करता है। पर्यावरणीय गुणवत्ता डेटा की सांख्यिकीय व्याख्या का महत्वपूर्ण योगदान होता है जैसे प्रभावों की पहचान करना, परिणामों का मूल्यांकन करना, जोखिमों को मापना, और विभिन्न कार्यों के प्रभावों को समझना (Unwin et al., 1983; McBean & Rovers, 1992)।

2.5 लगातार डेटा मानों की स्वतंत्रता

समय के साथ बदलावों और चक्रों (जैसे, मौसम के बदलाव) का अनुमान लगाने के लिए समय श्रंखला विश्लेषण किया जाता है। एक साइट पर किए गए मापों के बीच स्वतंत्रता का स्तर अलग-अलग हो सकता है, और इसे डेटा का विश्लेषण करते समय समझना जरूरी है। उदाहरण के लिए, अगर एक भूजल निगरानी कुएं में आज और कल समान रूप से उच्च क्लोराइड सांद्रता मिलती है, और आसपास के कुएं भी उच्च क्लोराइड सांद्रता दिखाते हैं, तो इन मापों को एक-दूसरे से स्वतंत्र नहीं माना जा सकता। इसी तरह, जब एक नमूने को कई हिस्सों में बाँटा जाता है, तो वह भी स्वतंत्र माप नहीं होते। इन बातों को डेटा विश्लेषण करते समय ध्यान में रखना चाहिए।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

3 भूजल गुणवत्ता के लिए जोखिम व्याख्या प्रक्रियाएँ

3.1 भूजल गुणवत्ता जोखिम मूल्यांकन की पृष्ठभूमि

जोखिम मूल्यांकन का मुद्दा जटिल होता है क्योंकि डेटा संग्रह की लागत के कारण आमतौर पर डेटा सेट सीमित होते हैं, और जब तक प्रदूषक का पता चलता है, तब तक उसे मापने में समस्या होती है क्योंकि प्रदूषक धीरे-धीरे पर्यावरण में फैलता है। डेटा सेट्स के समय के साथ विकास में समस्याएँ होती हैं क्योंकि जोखिम (जैसे, रसायन) को उसके स्रोत से रिसीवर तक पहुंचने में समय लग सकता है। उदाहरण के लिए, एक रसायन को मिट्टी से गुजरते हुए जलमंडल तक पहुंचना होता है, फिर उसे उस स्थान तक पहुँचने में समय लगता है जहाँ रिसीवर अपने कुएं के पानी में रसायन से प्रभावित हो सकता है। इसके अलावा, भूजल नमूने एकत्रित करने, उनका प्रयोगशाला में विश्लेषण करने और जानकारी की व्याख्या करना महंगा हो सकता है। इसलिए, परिणामस्वरूप डेटा का मूल्यांकन करते समय सावधानी बरतनी चाहिए, ताकि व्याख्याएँ पूरी और सटीक हों।

जोखिम के संपर्क को समझने में मदद मिलती है नए सांख्यिकीय तरीकों से, जो अब पर्यावरण की गुणवत्ता के डेटा को समझने के लिए इस्तेमाल होते हैं। सांख्यिकीय विश्लेषण केवल तथ्यों की व्याख्या नहीं होते। बल्कि, जब इन्हें सही तरीके से इस्तेमाल किया जाता है, तो ये तथ्यों को समझना आसान बनाते हैं, ताकि जोखिम मूल्यांकन और प्रबंधन के फैसलों में दूसरे पहलुओं को भी शामिल किया जा सके।

भूजल गुणवत्ता से जुड़े जोखिम मूल्यांकन और प्रबंधन के मुद्दे बहुत बड़े होते हैं। कई तरह के जोखिम के रास्ते हो सकते हैं, और कई प्रदूषकों को ध्यान में रखना पड़ सकता है। इसलिए, पानी की गुणवत्ता के जोखिम का मूल्यांकन कुछ उदाहरणों में नहीं समझाया जा सकता। इसके बजाय, अगला हिस्सा आपको सामान्य दिशा-निर्देश और तकनीकी जानकारी देगा, जो इन मुद्दों के बारे में और विस्तार से बताएगा।

3.2 जोखिम पैदा करने वाली सांद्रताओं के परिदृश्य(Scenarios of Exposure Concentrations Causing a Risk)

जब पर्यावरणीय डेटा इकट्ठा किया जाता है, तो इसे समझने के लिए इसके संभाव्य वितरण का विश्लेषण करना फायदेमंद होता है। इस वितरण का उपयोग यह जानने के लिए किया जा सकता है कि किसी खास मान के अधिक होने की संभावना कितनी है, जिससे यह पता चल सके कि पानी पीने से स्वास्थ्य पर गंभीर प्रभाव पड़ सकता है या नहीं। उदाहरण के लिए, अगर भूजल गुणवत्ता डेटा को सामान्य वितरण (Gaussian distribution) से समझा जा सकता है, तो औसत (mean) और मानक विचलन (standard deviation) का इस्तेमाल यह जानने में किया जा सकता है कि क्या किसी व्यक्ति को भूजल पीने से बीमारी होने का खतरा है।

भूजल जोखिम मूल्यांकन में सामान्यतः उपयोग किए जाने वाले संभाव्यता वितरणों में सामान्य वितरण (normal distribution), (बॉक्स 1) लॉगनॉर्मल वितरण (lognormal distribution), और गंबल या लॉग-पीयरसन वितरण (Gumbel or Log-Pearson distribution) शामिल हैं, जिनका उपयोग तब किया जाता है जब डेटा झुके होते हैं (यानी, अधिकांश डेटा एक सामान्य बेल-आकार वक्र के एक तरफ होते हैं)। जब यह निर्धारित कर लिया जाता है कि कोई विशेष वितरण (जैसे, गॉसियन वितरण) डेटा को ठीक से वर्णित करता है, तो फिर एक विशिष्ट सांद्रता के अधिक होने की संभावना (exceedance) की गणना की जा सकती है और जोखिम के मूल्यांकन का अनुमान लगाया जा सकता है। यह प्रकार का जोखिम मूल्यांकन अपेक्षाकृत सीधा होता है, जब तक कि पर्याप्त डेटा उपलब्ध हों, जिससे किसी रसायन से होने वाली बीमारी की संभावना का अनुमान लगाया जा सके।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

रसायनिक संपर्क से होने वाली बीमारियों के फैलाव को समझने के लिए लगातार बड़े प्रयास किए जा रहे हैं। इन निर्धारितियों में एक कठिनाई यह है कि रसायनों की बहुत बड़ी संख्या मौजूद है और यह चाहत है कि बीमारियों के जोखिम को बहुत कम स्तर (जैसे, नगण्य या बहुत ही कम जोखिम) तक घटाया जाए।

अगले हिस्से उदाहरण प्रस्तुत करते हैं, जो यह दिखाते हैं कि अनिश्चितता, जोखिम मूल्यांकन और जोखिम प्रबंधन के मुद्दों को किस तरह से ध्यान में रखना जरूरी है।

3.2.1 उदाहरण 1: अनुपचारित भूजल का उपयोग करने वाले लोगों के लिए आर्सेनिक सांद्रता का जोखिम

एक छोटे से गाँव में लोग अपने पीने के पानी के लिए पास के एक कुएं से पानी खींचते हैं। आर्सेनिक एक सामान्य भूजल प्रदूषक है, जो कभी प्राकृतिक कारणों से और कभी आसपास के उद्योगों से आता है। उदाहरण के लिए, जैसा कि Farrow और McBean (2016) और McBean (2013) में बताया गया है, हिमालय पर्वतों से होने वाली कटाव के कारण हजारों सालों में आर्सेनिक जमा हो गया, जो नदी डेल्टाओं में पाया जाता है, जिनमें से एक बांगलादेश से होकर बहती है और अब इस क्षेत्र के बड़े हिस्से में आर्सेनिकोसिस (आर्सेनिक से होने वाली बीमारी) के मुद्दों का कारण बन रही है।

कुएं से प्राप्त आर्सेनिक सांद्रता डेटा को लॉगनॉर्मल वितरण (lognormal distribution) माना जाता है, क्योंकि जब इस डेटा को लॉगनॉर्मल पेपर पर प्लॉट किया जाता है, तो यह डेटा एक सीधी रेखा के रूप में दिखता है, जैसा कि इस उदाहरण में बाद में डेटा को प्लॉट करके पुष्टि की जाती है।

लॉगनॉर्मल वितरण का उपयोग अक्सर किसी रसायन के सांद्रता के अधिक होने की संभावना निर्धारित करने के लिए किया जाता है, क्योंकि शून्य से कम सांद्रता संभव नहीं होती, ठीक वैसे ही जैसे कि लॉग का नकारात्मक मान संभव नहीं होता। लॉगनॉर्मल वितरण के मान नकारात्मक नहीं हो सकते और उच्च सीमा पर इसकी कोई सीमा नहीं होती।

आर्सेनिक सांद्रता के व्यक्तिगत मान टेबल 2 के कॉलम 2 में दिए गए हैं। टेबल 2 के कॉलम 4 में आर्सेनिक सांद्रताओं के क्रमबद्ध मान सूचीबद्ध हैं। कॉलम 6 में भूजल गुणवत्ता के मासिक सैंपलिंग से किए गए निरंतर विश्लेषणों से प्राप्त आर्सेनिक सांद्रताओं के लॉग-रूपांतरित (ln) मान दिए गए हैं।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

तालिका 2 - आर्सेनिक सांद्रताएँ (McBean, 2019a)

सैंपल नंबर(Sample number)	**आर्सेनिक सांद्रता (**Arsenic concentration **)(µg/L)**	**रैंक(Rank)**	**क्रमबद्ध सांद्रता डेटा(** Rank-ordered concentration data)	**वेइबुल प्लॉटिंग पोज़ीशन(** Weibull plotting position)	**लॉग-रूपांतरित सांद्रता** Log-transformed concentratio) **(बेस 'e')**
1	1.1	1	22.7	0.06	3.122
2	1.8	2	15.4	0.13	2.734
3	2.7	3	10.2	0.19	2.322
4	15.4	4	8.6	0.25	2.152
5	8.6	5	6.6	0.31	1.887
6	2.75	6	5.1	0.38	1.629
7	3.2	7	3.7	0.44	1.308
8	2.2	8	3.2	0.50	1.163
9	10.2	9	2.9	0.56	1.065
10	2.9	10	2.75	0.63	1.012
11	5.1	11	2.7	0.69	0.993
12	22.7	12	2.4	0.75	0.875
13	2.4	13	2.2	0.81	0.788
14	3.7	14	1.8	0.88	0.588
15	6.6	15	1.1	0.94	0.095

नोट: वेइबुल प्लॉटिंग पोज़ीशन को mn+1\frac{m}{n+1} से गणना किया जाता है, जहाँ *m* रैंक है और *n* कुल सैंपल की संख्या है।

यह तालिका भूजल सैंपल में आर्सेनिक सांद्रता, उनके रैंक, संबंधित क्रमबद्ध सांद्रता मान, वेइबुल प्लॉटिंग पोज़ीशन और लॉग-रूपांतरित सांद्रताओं (प्राकृतिक लॉग का उपयोग करके) को सूचीबद्ध करती है।

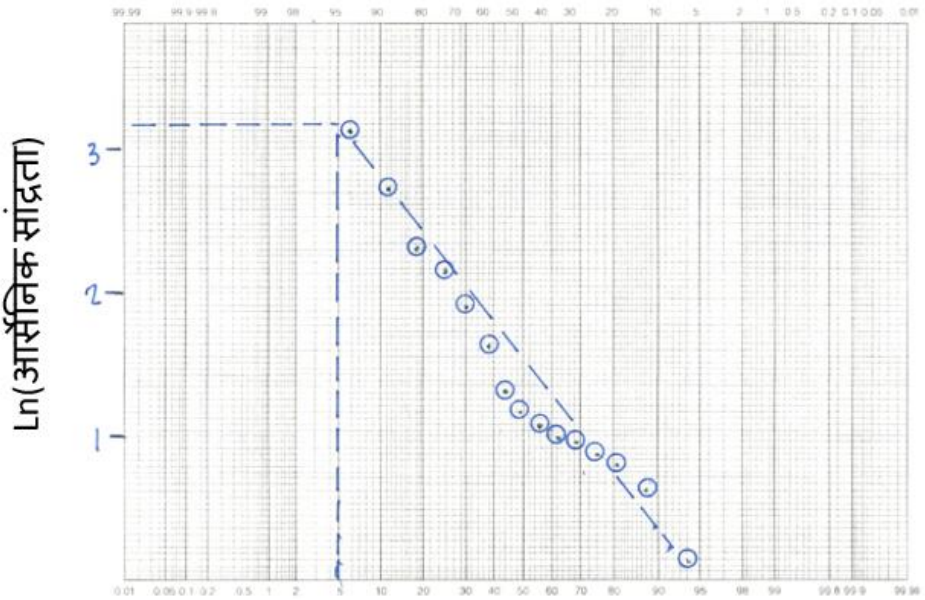
वेइबुल प्लॉटिंग सूत्र, यानी mn+1 \ frac{m}{n + 1}, तब लागू होता है जब m मान की रैंक होती है और $n = 15$, कुल सैंपल की संख्या होती है।

अगला कदम रैंक-क्रमित डेटा को प्रायिकता कागज (probability paper) पर प्लॉट करना है, जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है। डेटा को एक सीधी रेखा के रूप में स्वीकार्य रूप से प्लॉट किया गया है (चित्र 2), इसलिए यह मानना उचित है कि डेटा लॉग-नॉर्मल वितरण (log-normal distribution) का अनुसरण करता है।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

5 प्रतिशत प्रायिकता मान को क्षैतिज अक्ष पर लेकर और फिट की गई रेखा तक खींचते हुए, हम पाते हैं कि आर्सेनिक सांद्रता का प्राकृतिक लॉग (natural log) जो 5 प्रतिशत समय में पार होगा, वह 3.1 है। गणितीय दृष्टिकोण से, 3.1 का गुणांक (exponential) 22.7 μg/L है।

अंत में, जोखिम से बचने के दृष्टिकोण से, इसे मान लिया जाता है कि यह आर्सेनिक सांद्रता 95 प्रतिशत समय तक होगी। इस प्रकार, 22.7 μg/L की सांद्रता का उपयोग जोखिम मूल्यांकन प्रक्रिया में किया जाएगा ताकि यह अनुमान लगाया जा सके कि क्या गाँव वाले जो अप्रसंस्कृत भूजल पीते हैं, समय के साथ इस आर्सेनिक जोखिम के कारण कैंसर विकसित कर सकते हैं।



चित्र 2 - आर्सेनिक सांद्रताओं के पार होने की संभावना (ln = लॉग रूपांतरित)

आर्सेनिक प्रदूषण के बारे में अतिरिक्त जानकारी जोसेफ और अन्य (2015a, 2015b) द्वारा प्रदान की गई है।

3.2.2 उदाहरण 2: आर्सेनिक के सेवन (डोज़) का अनुमान और आर्सेनिक से प्रभावित भूजल के कारण गाँववालों में कैंसर विकसित होने की संभावना

धारा 3.2.1 के परिणाम का उपयोग करते हुए, जिसमें 22.7 μg/L की सांद्रता प्राप्त हुई थी, हम आर्सेनिक का सेवन दर या डोज़ का अनुमान लगाते हैं। सेवन दर आमतौर पर उस रासायनिक पदार्थ (इस मामले में आर्सेनिक) के शरीर में प्रवेश की मात्रा के रूप में व्यक्त की जाती है, जो शरीर के वजन (BW) के प्रति यूनिट समय में होता है। औसत दैनिक सेवन को समीकरण (2) का उपयोग करके गणना की जाती है।

$$\text{सेवन } (\text{mg/kg}_{\text{BW}}/\text{day}) = \text{LADD} = \frac{(C)\ (IR)\ (EF)\ (ED)}{(BW)\ (AT)} \qquad (2)$$

जहां:

$LADD$ = जीवनभर का औसत दैनिक डोज़

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

C = पानी में आर्सेनिक की सांद्रता

IR = संदूषित मीडिया का सेवन दर (L/day)

EF = प्रत्येक वर्ष के दिनों में संपर्क की आवृत्ति

ED = संपर्क की अवधि (वर्षों में)

BW = शरीर का वजन (kg में)

AT = औसत समय (दिनों में)

सेवन को औसत करने के लिए समय (AT) उस तरीके पर निर्भर करता है जिससे संपर्क होता है। इस उदाहरण में मान लीजिए कि वयस्क का BW 70 kg है, पानी का सेवन 2 L/day है, और संपर्क की आवृत्ति 365 दिन/वर्ष है। गाँववाला पूरे वर्ष गाँव में रहता है और उसे अगले 70 वर्षों तक ऐसा ही रहने की उम्मीद है।

$$\text{LADD} = \frac{(22.7\ \mu\text{g/L})\ (2\ \text{L/day})\ (365\ \text{days/yr})\ (70\ \text{yrs})}{(70\ \text{kg}_{\text{BW}})(70\ \text{yrs})(365\ \text{days/yr})}$$

$$= \frac{0.649\ \mu\text{g}}{\text{kg}_{\text{BW}}\ \text{day}} \frac{1\ \text{mg}}{1000\ \mu\text{g}} = 0.000649\ \frac{\text{mg}}{\text{kg}_{\text{BW}}\ \text{day}}$$

आर्सेनिक एक ज्ञात कार्सिनोजेन है। कार्सिनोजेन के संपर्क को संचयी (cumulative) माना जाता है; प्रत्येक अतिरिक्त संपर्क से कैंसर विकसित होने की संभावना बढ़ती है, चाहे संपर्क वर्षों के अंतराल पर हों। जिन कार्सिनोजेनों के क्रियावली में उत्परिवर्तन (mutation) शामिल होते हैं, उनके लिए कोई संपर्क सीमा नहीं होती है; अगर डोज़ शून्य से अधिक है, तो जोखिम शून्य से अधिक होता है।

कैंसरजनक पदार्थों के संपर्क से जुड़ा जोखिम मापने के लिए, **LADD (Lifetime Average Daily Dose)** को उस रासायनिक पदार्थ, जैसे कि आर्सेनिक के लिए **कैंसर स्लोप फैक्टर (CSF)** से गुणा किया जाता है, जिससे **इंक्रिमेंटल एक्सेस लाइफटाइम कैंसर रिस्क (IELCR)** का अनुमान प्राप्त होता है, जैसा कि समीकरण (3) में दिखाया गया है।

$$\text{IELCR} = \text{LADD} \times \text{CSF} \tag{3}$$

CSF (Cancer Slope Factor) (जिसे पोटेंसी वैल्यू भी कहा जाता है) एक इकाई जोखिम का अनुमान है जो एक कैंसरजनक के प्रति इकाई सेवन पर आधारित होता है, और यह महामारी विज्ञान और विषविज्ञान डेटा और मॉडलिंग से प्राप्त किया जाता है। **CSF** आमतौर पर $(\text{mg/kgBW/day})^{-1}$ के रूप में व्यक्त किया जाता है। आर्सेनिक के लिए, **CSF** 1.5 $(\text{mg/kgBW/day})^{-1}$ है। McBean (2019a) इस विषय पर अधिक जानकारी प्रदान करते हैं। इस प्रकार, **इंक्रिमेंटल लाइफटाइम कैंसर रिस्क (IELCR)** 9.7×10^{-4} होगा, जैसा कि यहाँ दिखाया गया है:

$$\text{IELCR} = \frac{0.649 \times 10^{-3}\text{mg}}{\text{kg}_{\text{BW}}\text{day}} \times 1.5 \frac{1}{\left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}_{\text{BW}}\text{day}}\right)}$$

$$\text{IELCR} = 9.7 \times 10^{-4}$$

आमतौर पर, **CSFs** कंप्यूटर मॉडल के उच्चतम सीमाओं पर आधारित होते हैं ताकि एक ऐसा जोखिम स्तर निर्धारित किया जा सके, जिसे पार नहीं किया जाएगा। हालांकि, इसका मतलब यह भी है कि वास्तविक जोखिम कम हो सकता है, दरअसल, Subramanian et al. (2006) के अनुसार, जोखिम शून्य भी हो सकता

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

है। इस प्रकार, इस पानी को 70 वर्षों तक पीने वाले एक गाँववाले के लिए उच्चतम सीमा जोखिम **IELCR** 9.7×10^{-4} है।

यह देखा गया है कि **de minimus risk** या **निगलेजीबल रिस्क**, जिसे "अत्यधिक कम जोखिम" कहा जाता है, एक उच्चतम सीमा होती है जिसे एक-दस हजार से एक-दस लाख में से एक के बीच माना जाता है, अर्थात 1×10^{-4} से 1×10^{-6} तक। हालांकि "शून्य" जोखिम होना आदर्श होता है, लेकिन मनुष्य लगातार जोखिमों के संपर्क में होते हैं। उदाहरण के लिए, गाँववाले फैक्ट्री में काम करने के लिए साइकिल चला सकते हैं और इन दोनों गतिविधियों के दौरान चोटिल भी हो सकते हैं।

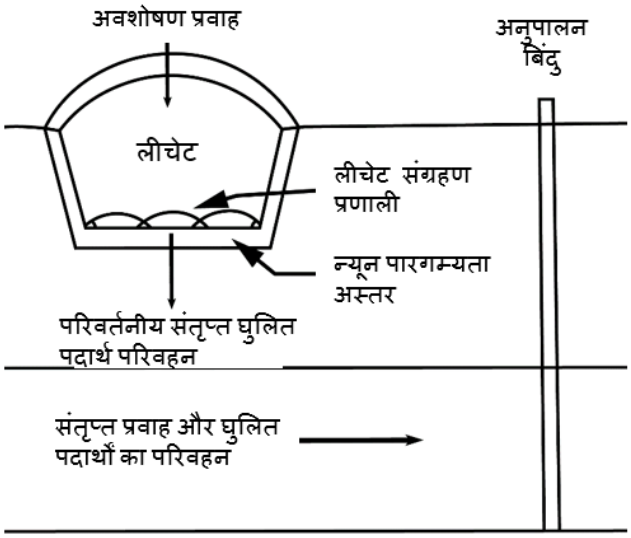
संयुक्त राज्य पर्यावरण संरक्षण एजेंसी (EPA) सामान्यतः स्वीकार्य कैंसरजनक जोखिम को 1×10^{-4} से 1×10^{-6} के बीच की सीमा में परिभाषित करती है; 1×10^{-4} से अधिक जोखिम को अस्वीकार्य माना जाता है और इसके लिए जोखिम प्रबंधन उपायों को लागू करना आवश्यक होता है। इस सरल उदाहरण में, कैंसर से मृत्यु का उच्चतम सीमा जोखिम 9.7×10^{-4} है, जिसे अस्वीकार्य माना जाता है और इसे प्रबंधित किया जाना चाहिए। इस स्थिति में, **आर्सेनिक को हटाने की तकनीक** को लागू किया जाना चाहिए ताकि कुएं को पीने के पानी के स्रोत के रूप में इस्तेमाल करने से पहले आर्सेनिक की मात्रा को कम किया जा सके।

यह उदाहरण केवल एक **जोखिम मूल्यांकन** का उदाहरण है, जो किया जा सकता है। बहुत अधिक विस्तृत जोखिम विश्लेषण किए जा सकते हैं, जिनमें हजारों विभिन्नताएँ और धारणाएँ शामिल हो सकती हैं।

3.2.3 उदाहरण 3: संभाव्य पर्यावरणीय जोखिम मूल्यांकन का परिदृश्य

पिछले अनुभाग में किए गए मूल्यांकन में जोखिम से संबंधित एक विशेष रासायनिक तत्व के उल्लंघन पर ध्यान केंद्रित किया गया था, जो अपेक्षाकृत सीधा था। हालांकि, जब जोखिम के कई तत्व जुड़े होते हैं, तो चुनौती अधिक होती है। चित्र 3 में इस प्रकार की जटिलताओं को दिखाया गया है। चित्र 3 में एक लैंडफिल दिखाया गया है जिसमें एक शहर से कचरा डाला गया है। यह एक उन्नत लैंडफिल है जिसमें कवर और लीचेट संग्रहण प्रणाली है। कवर और संग्रहण प्रणाली को सतही कवर सामग्री के माध्यम से लैंडफिल में पानी के रिसाव को नियंत्रित करने के लिए डिज़ाइन किया गया था, जिससे कचरे में मौजूद प्रदूषक तत्व पानी में घुलकर लीचेट का निर्माण करते हैं। लैंडफिल के निचले हिस्से में एक कम पारगम्य लाइनर होता है जो लीचेट के प्रवाह को रोकता है और उसे लीचेट संग्रहण प्रणाली तक पहुंचाता है। लीचेट संग्रहण प्रणाली में छेददार पाइपों की एक श्रृंखला होती है जो अधिकांश लीचेट को पकड़ती है और उसे उपचार प्रणाली में भेजने के लिए परिवहन करती है, जहाँ से इसे पर्यावरण में वापस डिस्पोज़ किया जाता है।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।



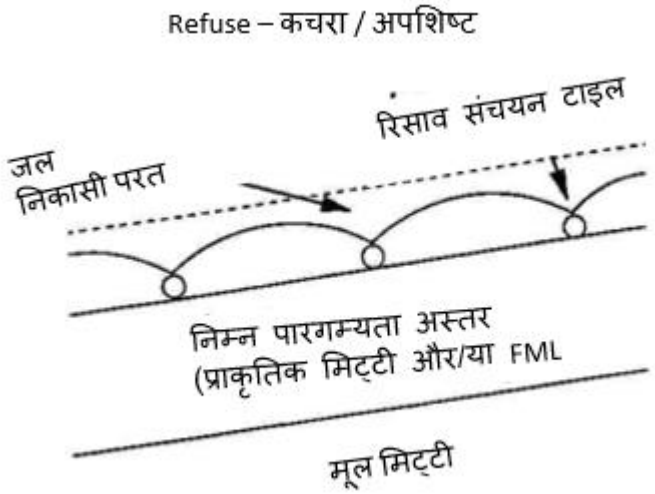
चित्र 3 - जल गुणवत्ता पर प्रभाव डालने वाले जोखिम मार्गों के मॉडलिंग घटकों का आरेख (अनुपालन बिंदु पर) (संदर्भ: McBean, 2019a)

इस लैंडफिल और इसके घटकों का चित्रण यह दिखाता है कि उच्च गुणवत्ता वाली लैंडफिल का निर्माण एक महत्वपूर्ण खर्च है—हालांकि, लिचेट के प्रवाह को नियंत्रित करने के लिए खर्चों को कम करने के कुछ उपाय हो सकते हैं। इन सवालों पर ध्यान देना जरूरी है: अगर लोग इस पानी को जल आपूर्ति के रूप में उपयोग कर रहे हैं, तो उन लोगों को किस स्तर की सांद्रता का सामना करना पड़ सकता है? क्या यह स्तर उन लोगों के लिए जोखिम पैदा कर रहा है जो इस निष्कर्षित भूजल पर निर्भर हैं? अतिरिक्त खर्चे में एक बेहतर लैंडफिल लाइनर तैयार करना शामिल हो सकता है, ताकि लिचेट के प्रवाह को बेहतर तरीके से पकड़ा जा सके और इस प्रकार अनुपालन बिंदु पर पानी में प्रदूषकों की सांद्रता को कम किया जा सके।

इस परिदृश्य में, मुद्दा लैंडफिल से जुड़े जल गुणवत्ता के जोखिम का निर्धारण करना है, जैसा कि डाउनग्रेडिएंट वेल (अनुपालन बिंदु) में पीने के पानी की गुणवत्ता से संबंधित है। लैंडफिल डिज़ाइन के प्रत्येक तत्व और लिचेट के प्रवास मार्गों का मूल्यांकन करना आवश्यक है जो भूजल वेल तक पहुँचते हैं। इस प्रकार के मूल्यांकन में प्रासंगिक उपायों के उदाहरण निम्नलिखित हैं:

- **लैंडफिल से उत्पन्न लिचेट की मात्रा**: इसमें लैंडफिल की सतह पर वर्षा, वाष्पीकरण, और प्रवेश (इन्फिल्ट्रेशन) की मात्रा को ध्यान में रखना शामिल है, और अंततः यह निर्धारित करना कि कितनी तरल पदार्थ लैंडफिल के कचरे में प्रवेश करेगी और कितनी लिचेट लिचेट संग्रहण प्रणाली में जाएगी।
- **लैंडफिल लाइनर पर लिचेट के रिसाव से होने वाले हाइड्रोलिक मौंड का स्तर**: यह लिचेट संग्रहण प्रणाली और लाइनर की विशेषताओं पर निर्भर करता है (Murray et al., 1995)। लैंडफिल के लाइनर पर मौंडिंग के स्तर को प्रभावित करने वाले मुद्दों में ड्रेनेज सैंड की गुणवत्ता शामिल है, जो लिचेट को ड्रेनेज टाइल्स की ओर क्षैतिज रूप से पास करने की अनुमति देती है, ड्रेनेज टाइल्स की दूरी, और लाइनर की पारगम्यता (परमीबिलिटी)। इसके अलावा, लाइनर सिस्टम की पारगम्यता इस बात पर निर्भर करती है कि इसे कितनी सावधानी से स्थापित किया गया है। यदि लाइनर एक लचीला मेम्ब्रेन लाइनर है (जैसे उच्च-घनत्व पॉलीथीन लाइनर), तो सामग्री की रोलों के ओवरलैप पर सील की अखंडता यह प्रभावित करती है कि लिचेट सीमाओं के साथ छेदों या अंतरालों के माध्यम से प्रवाहित हो सकता है या नहीं। स्थापना के समय सीलिंग की गुणवत्ता की व्यापक निगरानी, लाइनर की स्थापना की लागत और मेम्ब्रेन लाइनर के माध्यम से लिचेट के बहाव की संभावना को प्रभावित करती है।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।



चित्र 4 - लीचेट संग्रहण और लाइनर प्रणाली (McBean, 2019a)

- **लीचेट का संग्रहण और निष्कासन कैसे किया जाता है**: लीचेट के संग्रहण और निष्कासन के लिए, लीचेट संग्रहण टाइलों की एक श्रृंखला को विशिष्ट अंतरालों पर रखा जाता है ताकि इकट्ठा किए गए लीचेट को लैंडफिल के किनारे तक ड्रेन किया जा सके, इसके बाद लीचेट को हटा कर इलाज **ट्रीट** किया जाता है। अगर लीचेट संग्रहण टाइलों की स्पेसिंग कम की जाती है, तो यह लचीले मेम्ब्रेन लाइनर पर माउंडिंग को कम करेगा, जिससे हाइड्रॉलिक हेड कम होगा और इसके परिणामस्वरूप कम लीचेट कम व permeability liner से प्रवाहित होगा। हालांकि, लीचेट संग्रहण टाइलों की कम स्पेसिंग लैंडफिल के निर्माण की लागत बढ़ा देती है। यह लीचेट के प्रवास के जोखिम और लैंडफिल निर्माण की लागत के बीच एक व्यापारिक समझौते का उदाहरण है।
- **अतिरिक्त सुरक्षा उपाय**: लैंडफिल के निचले हिस्से में कम पारगम्यता वाले लाइनर से लीचेट के रिसाव से बचने के लिए, लचीले मेम्ब्रेन लाइनर के नीचे एक कम पारगम्यता वाली मिट्टी की परत रखी जा सकती है। फिर से, दोनों - लचीला मेम्ब्रेन लाइनर और लाइनर के नीचे मिट्टी की परत - के उपयोग से जोखिम को कम किया जाएगा, लेकिन इससे लागत बढ़ेगी।

लीचेट के प्रवास को जलमग्न जल स्रोत तक और फिर पानी के कुएं तक पहुंचने के जोखिम को कम करने के लिए होने वाली खर्चों को स्पष्ट रूप से परिभाषित किया जा सकता है। यह खर्च और जोखिम के बीच समझौते का मामला है। इस जटिल जोखिम परिदृश्य में, प्रत्येक निर्णय तत्व (जैसे, मिट्टी की परत की गुणवत्ता को बढ़ाना/घटाना ताकि रिसाव को कम किया जा सके) की गणना करना और भी चुनौतीपूर्ण हो जाता है, क्योंकि इसमें अतिरिक्त लागतें जुड़ी होती हैं। फिर, एक डिज़ाइनर यह निर्णय कब लेता है कि जोखिम इतना कम हो चुका है कि इसे और कम करने के लिए अतिरिक्त खर्च की आवश्यकता नहीं है?

मरे और अन्य (1996) में लैंडफिल संग्रहण और लाइनर प्रणाली से संबंधित लागत और जोखिम के बीच समझौतों को पहचानने के लिए एक पद्धति का संक्षेप में विवरण दिया गया है। इन परिणामों का उपयोग इस बिंदु को दिखाने के लिए किया जाता है, जहां लीकजेट/लाइनर प्रणाली के डिज़ाइन में अतिरिक्त स्तर की sophistication जोखिम में महत्वपूर्ण कमी नहीं लाते हैं। इसे मोंटे कार्लो कंप्यूटर मॉडलिंग प्रयास के माध्यम से प्रदर्शित किया गया। प्रत्येक जोखिम चर को उस पैरामीटर से संबंधित संभाव्यता वितरण के अनुसार सौंपा गया था, जैसा कि संक्षेप में तालिका 3 में सारांशित किया गया है।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

तालिका 3 - लैंडफिल और लीकजेट/लाइनर सिस्टम के जोखिम के मॉडल में उपयोग किए गए पैरामीटर (McBean, 2019a)

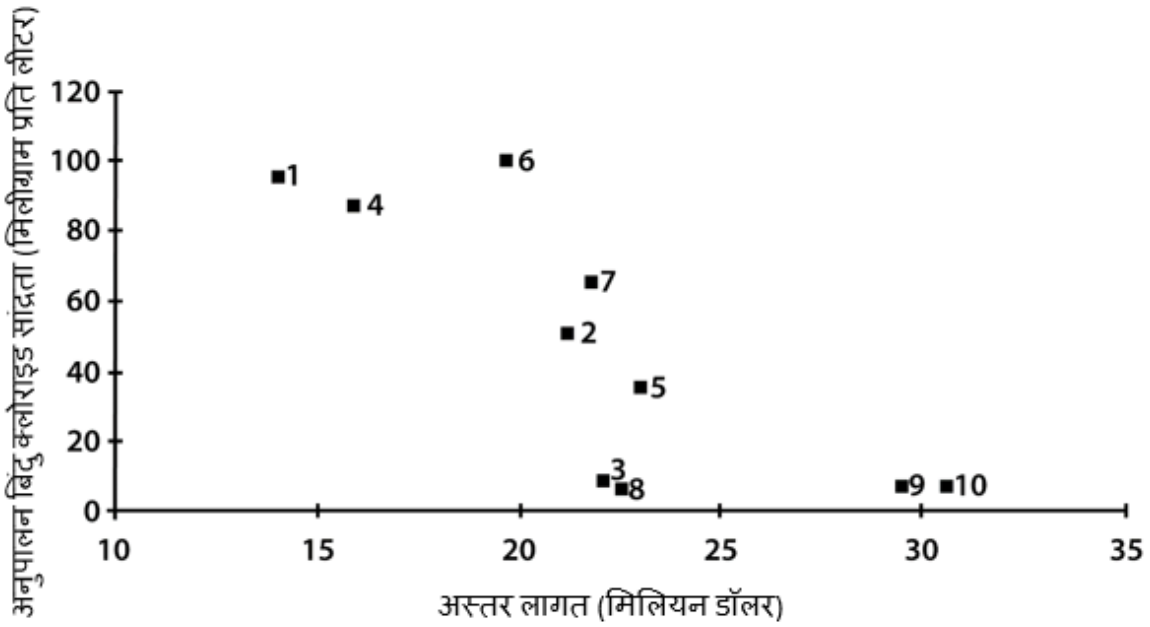
जोखिम के उदाहरण	अनिश्चितता का संक्षिप्त वर्णन
लैंडफिल और लीकजेट/लाइनर घटक	
रिफ्यूज में पानी का रिसाव दर	औसत 0.070 मीटर प्रति वर्ष और विचलन 0.110
लीकजेट/लाइनर सिस्टम में जल निकासी की क्षमता	औसत 1 x 10^-2 सेंटीमीटर प्रति सेकंड और विचलन 0.333
प्राकृतिक मिट्टी की जल निकासी क्षमता	औसत 7.68 x 10^-9 सेंटीमीटर प्रति सेकंड और विचलन 0.2646
लचीले मेम्ब्रेन लाइनर में छेदों की संख्या	औसत 125 छेद प्रति हेक्टेयर, जहां गुणवत्ता नियंत्रण अच्छा नहीं था
शुरुआत में लीकजेट में क्लोराइड सांद्रता	औसत 3,500 मिलीग्राम प्रति लीटर और विचलन 0.052
कचरे में घुलनशील क्लोराइड का प्रतिशत	औसत 0.139 प्रतिशत और विचलन 0.052
कचरे का घनत्व	औसत 327 किलोग्राम प्रति क्यूबिक मीटर और विचलन 0.056
जल संतृप्त क्षेत्र में मॉडलिंग के दौरान	
लंबी दूरी तक फैलने की दर	औसत 1.0 मीटर और विचलन 0.023
आणविक प्रसार की क्षमता	औसत 0.40 और विचलन 0.100
औसत जल संतृप्ति स्तर	औसत 0.40 और विचलन 0.100
जल संतृप्त क्षेत्र में मॉडलिंग	
भूजल पुनर्भरण	औसत 0.110 मीटर प्रति वर्ष और विचलन 0.087
जलभृत की जल निकासी क्षमता	औसत 273 मीटर प्रति वर्ष और मान 189 से 471 मीटर प्रति वर्ष तक
मिट्टी की छिद्रता	औसत 0.30 और विचलन 0.059
लंबी दूरी तक फैलने की दर	औसत 0.40 मीटर और विचलन 0.133

जोखिम/लागत के ट्रेड-ऑफ के लिए एक उदाहरण के लिए चित्र 5 में दिखाए गए हैं; इसमें **ऊर्ध्वाधर अक्ष** पर "कंप्लायंस प्वाइंट सांद्रता" है, जो उन व्यक्तियों के लिए जोखिम के स्तर का संकेत है, जो इस प्वाइंट से पानी पी रहे हैं। **क्षैतिज अक्ष** पर "लाइनर सिस्टम की लागत" का संकेत है। जैसे-जैसे अधिक पैसा खर्च किया जाता है (यानी, क्षैतिज अक्ष पर आगे के बिंदु), कंप्लायंस प्वाइंट पर पानी की गुणवत्ता में सुधार होता है। यह चित्र दिखाता है कि लाइनर निर्माण में अतिरिक्त खर्च करने से पानी की गुणवत्ता में सुधार होता है।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

प्रश्न यह है कि किस जोखिम स्तर का उपयोग किया जाना चाहिए ताकि यह तय किया जा सके कि कितनी लागत खर्च की जानी चाहिए?

इसमें, निर्णय यह होता है कि **कितनी जोखिम को स्वीकार करना उचित है** और उस जोखिम को कम करने के लिए कितने पैसे खर्च किए जाने चाहिए।



चित्र 5 - विभिन्न मॉडलिंग परिदृश्यों के लिए **कंप्लायंस प्वाइंट क्लोराइड सांद्रता** के अपेक्षित मानों और **लाइनर लागत खर्च** के बीच संबंध को दर्शाता है, जिसमें डेटा बिंदु के पास अंकांकित परिदृश्यों के लिए विभिन्न ड्रेनेज ब्लैंकेट सामग्री, विभिन्न मिट्टी के प्रकार और गुणवत्ता, विभिन्न लिचेट टाइल स्पेसिंग, और गुणवत्ता आश्वासन/गुणवत्ता नियंत्रण उपाय शामिल हैं।

चित्र 5 यह दर्शाता है कि डिज़ाइन मूल्य संयोजनों के नौवें और दसवें परिदृश्यों से संबंधित खर्च, जोखिम गणनाओं में प्रत्येक घटक के लिए, पिछले आठ परिदृश्यों की तुलना में महत्वपूर्ण सुधार प्रदान नहीं करते हैं। किसी बिंदु पर, यह निर्णय लेना आवश्यक होता है कि जोखिम को स्वीकार्य स्तर तक कम करने के लिए कितना खर्च पर्याप्त है।

यह उदाहरण दिखाता है कि लैंडफिल डिज़ाइन के लिए लागत और जोखिम का मूल्यांकन कैसे किया जाए। विशिष्ट डिज़ाइन परिदृश्यों का मूल्यांकन और मॉडलिंग करने से यह समझने का अवसर मिलता है कि कहाँ पर खर्च बढ़ाने से जोखिम में कमी नहीं आती है, और जहाँ जोखिम को कम करने के लिए अतिरिक्त खर्च उचित नहीं हो सकता है।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

4 समापन

भूजल पीने से जुड़े जोखिम का मूल्यांकन तथ्यों पर आधारित जानकारी का उपयोग करके यह परिभाषित करता है कि पानी पीने वाले व्यक्तियों के लिए संपर्क की संभावना क्या है और इसके परिणामस्वरूप स्वास्थ्य पर क्या प्रभाव पड़ सकते हैं। भूजल उपयोग से जुड़ा जोखिम प्रबंधन नीति और सुधार विकल्पों का मूल्यांकन करने की प्रक्रिया को शामिल करता है। इसमें जोखिम मूल्यांकन के परिणामों को इंजीनियरिंग डेटा, सामाजिक, आर्थिक और राजनीतिक चिंताओं के साथ एकीकृत करके जोखिम प्रबंधन से संबंधित निर्णय पर पहुंचने की प्रक्रिया शामिल है।

संभव contaminants की श्रेणी विशाल है (उदाहरण के लिए, प्रत्येक वर्ष लगभग 5,000 नए रसायन समाज में प्रवेश करते हैं)। रसायनों के भाग्य और परिवहन विशेषताओं की समझ में सुधार हो रहा है, लेकिन यह अभी भी एक चुनौती है, क्योंकि contaminants के मानवों तक पहुंचने के लिए विभिन्न मार्ग हो सकते हैं और ये मार्ग के साथ-साथ भौतिक, रासायनिक, और जैविक प्रक्रियाओं द्वारा परिवर्तित हो सकते हैं।

भविष्य में डेटा की मात्रा और गुणवत्ता की पर्याप्तता, और जल सुरक्षा के समग्र मुद्दे इक्कीसवीं सदी की कुछ सबसे महत्वपूर्ण चिंताएँ बनने वाली हैं। इसके परिणामस्वरूप, भूजल जोखिम मूल्यांकन बहुआयामी हो गया है। इसके अलावा, भूजल की गुणवत्ता और मात्रा पर लागू जोखिम के मूल्यांकन में सुधार करने के अवसर भी मौजूद हैं। यह पुस्तक कुछ उदाहरण प्रस्तुत करती है कि जोखिम मूल्यांकन कैसे किया जाता है।

इस पुस्तक का उद्देश्य यह प्रमुखता से बताना है कि भूजल के लिए जोखिम मूल्यांकन की कुंजी में Figure 1 में बताए गए तत्वों को शामिल करना चाहिए। खतरों, संपर्क और रिसेप्टर (प्रभावित होने वाले तत्व) पर विचार करना आवश्यक है। जोखिम मूल्यांकन प्रक्रिया के लिए इन आयामों के बीच एक संबंध होना चाहिए। जब खतरा और रिसेप्टर संपर्क मार्गों द्वारा जुड़े होते हैं, तो एक जोखिम मूल्यांकन समस्या उत्पन्न होती है। भूजल जोखिम मूल्यांकन एक बड़ा और विकसित हो रहा क्षेत्र है। यहां दी गई विवरण कुछ जोखिम मूल्यांकन प्रक्रियाओं के संकेत प्रदान करती हैं।

अनिश्चितता के सवाल जोखिम मूल्यांकन और प्रबंधन से संबंधित मामलों में अद्वितीय नहीं हैं। यह पुस्तक जोखिम के सामान्य चरित्र का वर्णन करती है और अनिश्चितता, जोखिम मूल्यांकन और जोखिम प्रबंधन के मुद्दों को समझाने के लिए कुछ विशिष्ट उदाहरणों पर निर्भर करती है। व्यापक दृष्टिकोण में, जोखिम मूल्यांकन और जोखिम प्रबंधन का क्षेत्र बड़ा और बहुआयामी है। मैकबीन (2019a) भूजल से संबंधित जोखिम मूल्यांकन और जोखिम प्रबंधन प्रक्रियाओं के बारे में अधिक विवरण प्रदान करते हैं। मूलतः, जोखिम निर्धारित करने में समस्या अपर्याप्त डेटा है। यदि भविष्य में स्थल स्थितियों और संपर्क प्रभावों पर डेटा की बहुलता होती है, तो जोखिम का आसानी से मूल्यांकन किया जा सकता है, इसलिए शायद आज के समाज के लिए यह केवल अनिश्चितता है, न कि जोखिम।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

5 अभ्यास

अभ्यास 1

एक भूजल निगरानी कुएं के लिए पृष्ठभूमि माप 0.8, 3.1, 1.7, 0.6, 1.1, 2.8, 1.8, और 0.9 मैग्नीशियम के लिए हैं। इन डेटा का उपयोग करके पृष्ठभूमि सांद्रता के औसत के लिए 95 प्रतिशत सीमा की गणना करें। यदि आप औसत, मानक विचलन, और विश्वास सीमा (confidence limits) की गणना करने से परिचित नहीं हैं, तो इंटरनेट पर खोजें और फार्मूलों को ढूंढें। छात्र के t-वितरण का तालिका जो 95 प्रतिशत विश्वास सीमा की गणना के लिए आवश्यक है, Box2 में प्रदान की गई है। यदि आपको प्रक्रिया निर्धारित करने में कठिनाई हो, तो इस अभ्यास के लिए समाधान इसे प्रदर्शित करता है।

अभ्यास 1 का समाधान देखने के लिए क्लिक करें

अभ्यास 2

जब तक भूजल के नमूनों में रासायनिक XYZ की सांद्रता सामान्य रूप से 5.2 mg/L से कम रहती है, हम यह मान सकते हैं कि भूजल में प्रदूषण की संभावना स्वीकार्य है (यानी, यह पानी पीने वाले लोगों में बीमारी का कारण बनने के लिए पर्याप्त नहीं है)। हमने XYZ के रासायनिक विश्लेषण पर पर्याप्त डेटा प्राप्त किया है, जिसके अनुसार औसत 12 mg/L है, मानक विचलन 9 है, और यह डेटा गौसियन वितरण (Gaussian distribution) द्वारा वर्णित किया जा सकता है।

अब, प्रश्न यह है: भूजल में XYZ की सांद्रता उस स्तर से अधिक होने की संभावना क्या है जो मानव स्वास्थ्य को खतरे में डालती है (5.2 mg/L से अधिक)?

अभ्यास 2 का समाधान देखने के लिए क्लिक करें

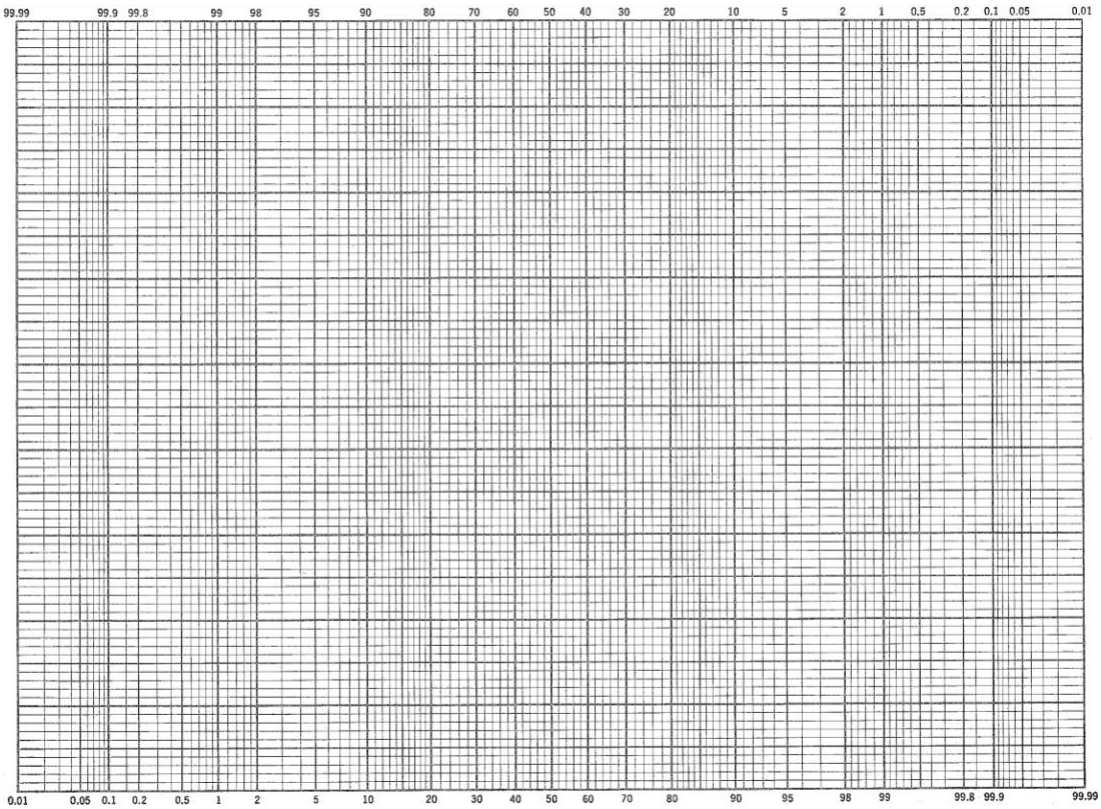
The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

अभ्यास 3

एक स्थल पर जल गुणवत्ता डेटा की एक श्रृंखला नीचे दी गई तालिका में दी गई है (McBean & Rovers, 1990, 1992 के अनुसार)। यह मानते हुए कि डेटा सामान्य रूप से वितरित हैं, डेटा का औसत और मानक विचलन अनुमानित करें। तालिका को भरने से शुरुआत करें, फिर मानों को प्रायिकता पत्र (probability paper) पर प्लॉट करें। अंकगणितीय प्रायिकता पत्र की एक छवि तालिका के बाद दी गई है।

I जल गुणवत्ता डेटा	II रैंक	III रैंक-क्रमित डेटा	IV प्लॉटिंग पोजीशन
8.2			
5.3			
< 5			
< 5			
10.1			
9.3			
7.6			
< 5			

प्लॉटिंग पोजीशन = m / (n + 1), जिसका उपयोग डेटा को प्लॉट करने के लिए किया गया है।



अभ्यास 3 का समाधान देखने के लिए क्लिक करें

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

अभ्यास 4

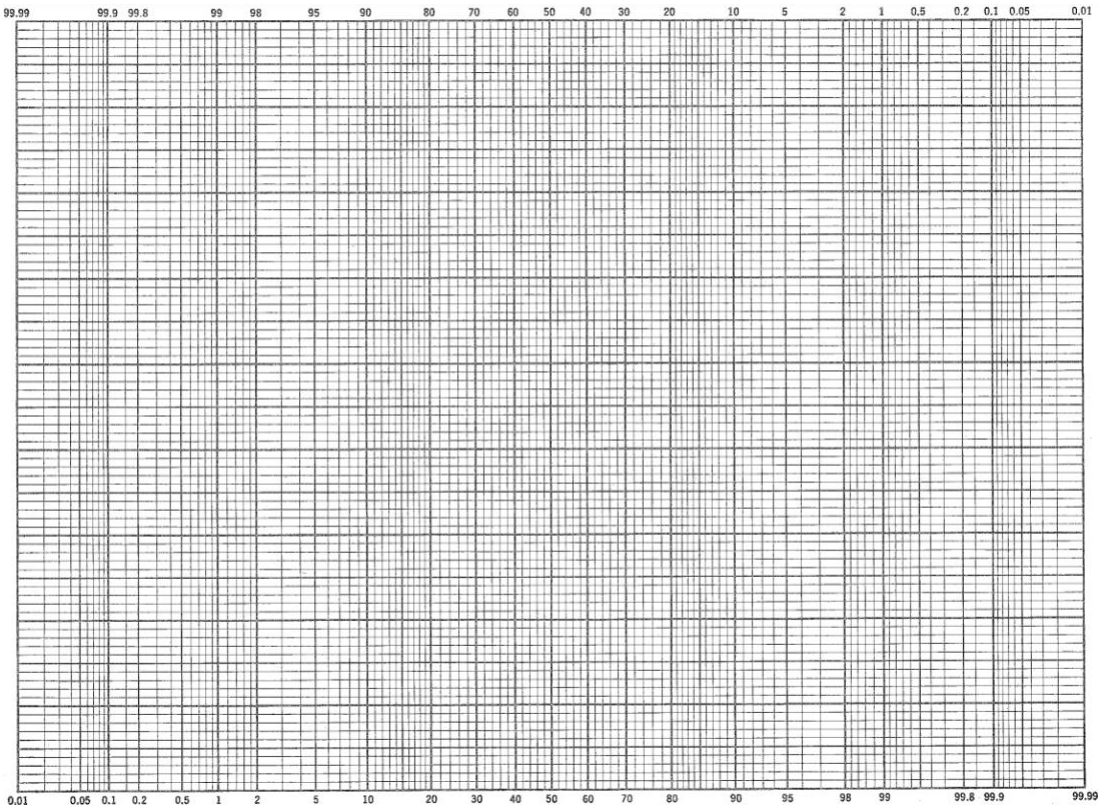
सुनहरे खान के पास एक समुदाय के जल कुएं में आर्सेनिक के सात डेटा मान ($\mu g/m^3$ में) उपलब्ध हैं, जिनकी सांख्यिकी इस प्रकार दी गई है:

- 1.43, 19.3, 4.13, 37.6, 1.77, 1.01, 5.10
- अंकगणितीय औसत = 10.0
- कच्चे डेटा का मानक विचलन = 13.7
- गुणात्मक औसत (Geometric Mean) = 1.51
- लॉग-रूपांतरित (प्राकृतिक लघुगणकीय) डेटा का मानक विचलन = 1.36

a. मान लीजिए कि आर्सेनिक सांद्रता लॉग-नॉर्मली वितरित है, तो 45 $\mu g/m^3$ से अधिक आर्सेनिक सांद्रता होने की संभावना क्या है?

b. मान लीजिए कि डेटा लॉग-नॉर्मल वितरण द्वारा वर्णित है और डेटा को प्रायिकता पत्र (probability paper) पर प्लॉट करें (नीचे प्रदान किया गया)। जब डेटा को प्रायिकता पत्र पर प्लॉट किया जाता है, तो वे सीधी रेखा क्यों नहीं बनाते?

c. प्रायिकता पत्र का उपयोग करते हुए, और मान लीजिए कि भूजल गुणवत्ता को 100 बार सैंपल किया गया था, तो 100 नमूनों में से सबसे उच्चतम मान का सबसे अच्छा अनुमान क्या होगा?



अभ्यास 4 का समाधान देखने के लिए क्लिक करें

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

6 संदर्भ

Barbalace, R. C. (2022). The chemistry of polychlorinated biphenyls. PCB The manmade chemicals that won't go away. *Environmental Chemistry.com*. https://environmentalchemistry.com/yogi/chemistry/pcb.html↗.

Beyer, W. H., (Ed.). (1966). *CRC handbook of tables for probability and statistics* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Dourson, M., & Gadagbui, B. (2021). The dilemma of perfluorooctanoate (PFOA) human half-life. *Regulatory Toxicology and Pharmacology: RTP*, *126*, 105025. https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2021.105025↗.

Farrow, C., & McBean, E. (2016). Human health risk assessment: Arsenic exposure risks in Bangladesh. *Journal of Environmental Science and Engineering Technology*, *4*(1), 22–28. http://dx.doi.org/10.12974/2311-8741.2016.04.01.3↗.

Joseph, T., Dubey, B., & McBean, E. (2015a). A critical review of arsenic exposures for Bangladeshi adults. *Science of the Total Environment*, *527–528*, 540–551. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.035↗.

Joseph, T., Dubey, B., & McBean, E. (2015b). Human health risk assessment from arsenic exposures in Bangladesh. *Science of the Total Environment*, *527–528*, 552–560. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.053↗.

McBean, E. (2013). Improved human health risk characterization for regions with arsenic-contaminated groundwater. *Journal of Groundwater Research*, *2/2*, December.

McBean, E. (2019a). *Risk assessment: Procedures and protocols.* Wiley.

McBean, E. (2019b). Removal of emerging contaminants: The next water revolution. *Journal of Environmental Informatics Letters*, *1*(1), 1–7. http://jeiletters.org/index.php?journal=mys&page=article&op=viewFile&path[]=771&path[]=pdf_1_1↗.

McBean, E. A., & Rovers, F. A. (1985). Analysis of variances as determined from replicates versus successive samplings. *Groundwater Monitoring & Remediation*, *5*(3), 61–64. https://doi.org/10.1111/j.1745-6592.1985.tb00930.x↗.

McBean, E. A., & Rovers, F. A. (1990). Flexible selection of statistical discrimination tests for field-monitored data. In D. M. Nielsen & A. I. Johnson (Eds.), *Groundwater and vadose zone monitoring* (pp. 256–265). American Society for Testing and Materials Special Publication. https://doi.org/10.1520/STP23418S↗.

McBean, E., & Rovers, F. A. (1992). Estimation of the probability of exceedance of contaminant concentrations. *Groundwater Monitoring & Remediation*, *12*(1), 115–119. https://doi.org/10.1111/j.1745-6592.1992.tb00416.x↗.

Murray, G., McBean, E., & Sykes, J. (1995). Estimation of leakage rates through flexible membrane liners. *Groundwater Monitoring and Remediation*, *15*(4), 148–154. https://doi.org/10.1111/j.1745-6592.1995.tb00562.x↗.

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

Murray, G., McBean, E. & Sykes, J. (1996). Risk-based engineering design for a landfill leachate collection and liner system. *Groundwater Monitoring and Remediation*, *16*(2), 139–146. https://doi.org/10.1111/j.1745-6592.1996.tb00134.x↗.

Sharma, M., McBean, E., & Gowing, A. (2007). Bioconcentration of dioxins and furans in vegetation. *Water, Air and Soil Pollution*, *179*(1), 117–124. http://dx.doi.org/10.1007/s11270-006-9218-7↗.

Subramanian, R., White, P., Cogliano, J. (2006). Comparison of Cancer Slope Factors Using Different Statistical Approaches. *Risk Analysis, 26(3),* 825-30. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2006.00769.x↗.

Unwin, J., Miner, R., Srevers, G., & McBean, E. (1985). Groundwater quality data analysis. *National Council for Air and Stream Improvement Technical Bulletin*, *462*. https://www.ncasi.org/resource/technical-bulletin-no-0462-groundwater-quality-data-analysis/↗.

Wilson, R. (1979). Analyzing the daily risks of life. *Technology Review*, *41*, 41–46.

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

7 बॉक्स

बॉक्स 1: सामान्य वितरण वक्र (Normal Distribution Curve) के तहत क्षेत्रों की तालिका

सामान्य वितरण वक्र के तहत संचित क्षेत्र की गणना इस प्रकार की जाती है:

$$F(z) = \int_0^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2}z^2}\, dz$$

जहां:

F = function of

z = रुचि का चर(
variable of interest)

e =

Euler's number 2.71828 (आयामहीन)

सामान्य वितरण वक्र के तहत क्षेत्रों

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0159	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2518	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3896	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4430	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4485	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4762	0.4767
2.0	0.4772	0.4788	0.4783	0.4778	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4865	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4980	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4983	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990
3.1	0.4990	0.4991	0.4991	0.4991	0.4992	0.4992	0.4992	0.4992	0.4993	0.4993
3.2	0.4993	0.4993	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4995	0.4995	0.4995
3.3	0.4995	0.4995	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4997
3.4	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4998	0.4998
4.0	0.499968									

वापस जाएं जहाँ पाठ बॉक्स 1 से लिंक करता है.↑

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

बॉक्स 2: स्टूडेंट के t-वितरण के प्रतिशत

स्टूडेंट के t-वितरण के प्रतिशत एक तरफा परीक्षण के लिए नीचे दी गई तालिका में दिखाए गए हैं।

स्टूडेंट के t-वितरण के प्रतिशत (df = स्वतंत्रता की डिग्री) (एक तरफा परीक्षण के लिए) (Beyer, 1966)।

F/df	0.60	0.75	0.90	0.95	0.975	0.990	0.995	0.9995
1	0.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	0.289	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	0.277	0.765	0.633	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	0.265	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	0.262	0.706	2.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.260	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	0.260	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.259	0.695	1.356	1.782	2.170	2.681	3.055	4.318
13	0.259	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.258	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	0.257	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	0.257	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0.256	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	0.256	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	0.256	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	0.256	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	0.256	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	0.255	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	0.254	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	0.254	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
∞	0.253	0.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

वापस जाएं जहाँ पाठ बॉक्स 2 से लिंक करता है

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

8 अभ्यास समाधान

समाधान अभ्यास 1

t-परीक्षण, जब मानक विचलन का अनुमान (S) ज्ञात हो, लेकिन जनसंख्या का मानक विचलन (σ) ज्ञात न हो, तो औसत के विश्वास स्तरों की गणना करने की अनुमति देता है। यदि σ ज्ञात है और हम डेटा के लिए गॉसियन या सामान्य वितरण मानते हैं, तो μ के लिए 95 प्रतिशत विश्वास सीमा निम्नलिखित समीकरण द्वारा दी जाती है।

$$\bar{x} - \frac{1.96\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + \frac{1.96\sigma}{\sqrt{n}}$$

where:

$\bar{x}$ = औसत का अनुमान

σ = मानक विचलन

n = नमूने में मानों की संख्या

μ = जनसंख्या का औसत

जब σ को S से बदल दिया जाता है, तो μ के लिए 95 प्रतिशत विश्वास सीमा की गणना करने के लिए समीकरण में केवल एक बदलाव की आवश्यकता होती है, और वह है संख्या 1.96 को एक मान द्वारा बदलना जिसे $t\alpha/2$ के रूप में प्रदर्शित किया जाता है (जहाँ $\alpha/2$ एक दो-तरफा परीक्षण को सूचित करता है, औसत के ऊपर और नीचे, जैसा कि नीचे विस्तार से वर्णित है)। इसलिए, समीकरण इस प्रकार होता है:

$$\bar{x} - \frac{t_{\alpha/2}S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + \frac{t_{\alpha/2}S}{\sqrt{n}}$$

where:

α = निर्दिष्ट महत्व स्तर

S = मानक विचलन का नमूना अनुमान

औसत, x¯\overline{x}, मानों का योग होता है जिसे मानों की संख्या से विभाजित किया जाता है। मानक विचलन, S, को प्रत्येक डेटा बिंदु और औसत के बीच के अंतर को वर्ग करके, वर्गमूल मानों का योग करके, डेटा बिंदुओं की संख्या से विभाजित करके और उस मान का वर्गमूल लेकर गणना किया जाता है। प्रदत्त डेटा से, x¯=1.60\overline{x} = 1.60 और S = 0.94 है।

n = 8 के लिए, स्वतंत्रता की डिग्री 8–1=78 - 1 = 7 हैं। बॉक्स 2 ↑ में दी गई तालिका का उपयोग करते हुए, हम 7 स्वतंत्रता की डिग्री पर जाएं और चूंकि तालिका में दिए गए मान एकतरफा परीक्षण के लिए हैं, α=5%\alpha = 5\% के लिए हम 0.975 कॉलम का उपयोग करते हैं (अर्थात 1 में से 0.05 का आधा घटाया गया)। तालिका में छात्र का t-मूल्य, $t\alpha/2$=2.365t_{\alpha/2} = 2.365 दिया गया है। विश्वास सीमा को इस प्रकार गणना किया जाता है।

95% विश्वास सीमा: $\mu = 1.60 \pm \frac{2.365(0.94)}{\sqrt{8}} = 1.60 \pm 0.79$ या 0.81 और 2.39

Exercise 1 पर लौटें ↑

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

समाधान अभ्यास 2

गॉसियन वितरण के लिए, वितरण में किसी मान का एक निर्दिष्ट मान से कम होने की संभावना इस प्रकार से गणना की जाती है:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{S}$$

जहाँ:

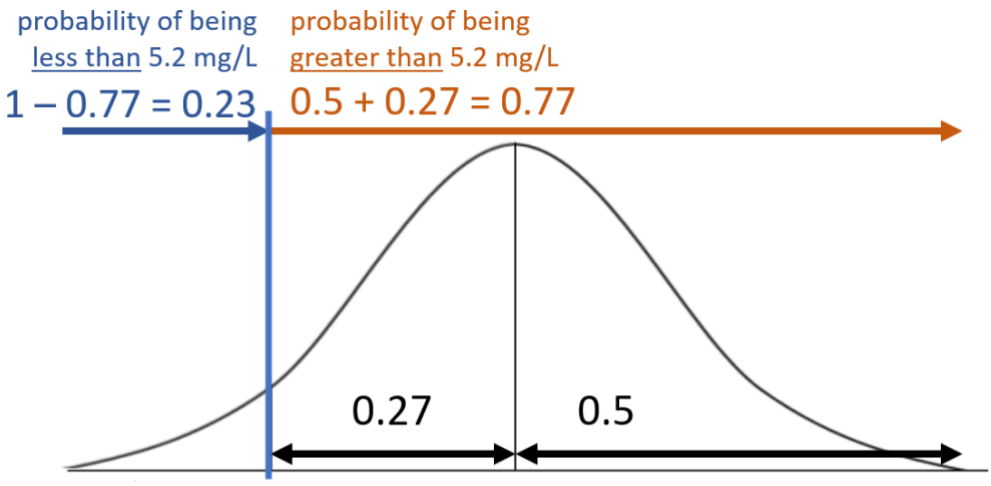
x = नमूना मान
$\bar{x}$ = नमूना अनुमानित औसत
S = नमूना मानों का मानक विचलन

अब, 5.2 mg/L से कम मान के लिए संबंधित zz मान को इस प्रकार गणना किया जाता है:

$$\frac{5.2 - 12}{9} = -0.75$$

फिर, बॉक्स 1 में दी गई सामान्य वितरण कर्व के नीचे के क्षेत्र की तालिका से zz मान 0.75 को पाया जाता है, जो पहले कॉलम में 0.7 तक नीचे पढ़कर और 0.05 के कॉलम तक जाते हुए 0.2734, या सामान्यतः 0.27 होता है। यह कर्व के नीचे पूरे क्षेत्र का एक अंश है, जो 1 के बराबर होता है।

सामान्य वितरण में 0.27 की स्थिति को इस प्रकार कल्पना की जा सकती है जैसा कि नीचे दी गई छवि में दिखाया गया है। इसे औसत से बाईं ओर मापा जाता है क्योंकि zzz मान नकारात्मक है। रासायनिक XYZ के लिए एक नमूना मान का 5.2 mg/L से अधिक होने की संभावना 0.5+0.27=0.770.5 + 0.27 = 0.770.5+0.27=0.77 है।



the z value of 0.75 corresponds to ~0.27 of the area under the Gaussian Distribution curve

Exercise 2 पर लौटें

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

समाधान अभ्यास 3

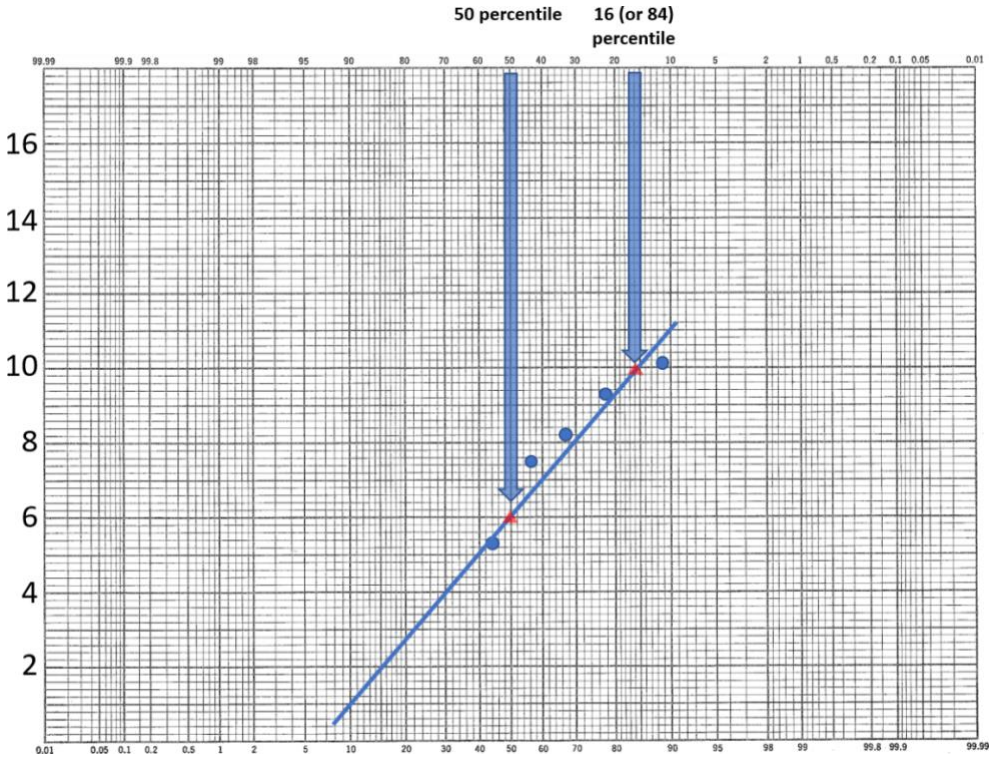
Step 1

पहले, दिए गए डेटा को रैंक करें और एक प्लॉटिंग पोज़िशन सूत्र (जैसे Weibull सूत्र) का उपयोग करके, फिर तालिका में दिखाए गए अनुसार प्लॉटिंग पोज़िशन निर्धारित करें।

I Water quality data	II Rank	III Rank-ordered data	IV Plotting position
8.2	1	10.1	0.111
5.3	2	9.3	0.222
< 5	3	8.2	0.333
< 5	4	7.6	0.444
10.1	5	5.3	0.556
9.3	6	< 5	0.667 (censored data)
7.6	7	< 5	0.778 (censored data)
< 5	8	< 5	0.889 (censored data)
प्लॉटिंग पोज़िशन = m/(n + 1)			

Step 2

अब, उपर्युक्त प्लॉटिंग पोज़िशन का उपयोग करके, दिए गए डेटा का प्लॉट बनाएं। चित्र में दिखाए गए शीर्ष धुरी का उपयोग करें। डेटा बिंदुओं के लिए एक सीधी रेखा फिट करें और ग्राफ से औसत और मानक विचलन (standard deviation) पढ़ें। औसत सांद्रता 50वें पर्सेंटाइल के बराबर होती है। सामान्य वितरण के लिए एक मानक विचलन लगभग 34 प्रतिशत क्षेत्रफल के बराबर होता है, जो वितरण घुमाव के नीचे है। इसलिए, मानक विचलन 50वें और 16वें पर्सेंटाइल के बीच का अंतर होगा (या 84वें और 50वें पर्सेंटाइल के बीच)। इस प्रकार, औसत = 6.0 और मानक विचलन = 9.9 - 6.0 = 3.9 (लाल त्रिकोणों द्वारा चिह्नित)।



Exercise 3 पर लौटें

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

समाधान अभ्यास 4

a. पहले, सांद्रता मानों का प्राकृतिक लोग (natural log) निकालें, फिर उनका औसत (mean) और मानक विचलन (standard deviation) निकालें।

$0.36, 2.96, 1.42, 3.63, 0.57, 0.01, 1.63 \rightarrow \text{mean} = 1.51, \text{std dev} = 1.36$

अब, 45 का प्राकृतिक लोग (natural log) निकालें:

Natural log of 45 → 3.81

जैसा कि Exercise 2 में दिखाया गया है, आर्सेनिक सांद्रता के 45 μg/m³ से अधिक होने पर संबंधित z मान की गणना करें।

$$z = \frac{x - \bar{x}}{S}$$

जहां:

z = variable of interest with zero mean, unit standard deviation

x = नमूना मान

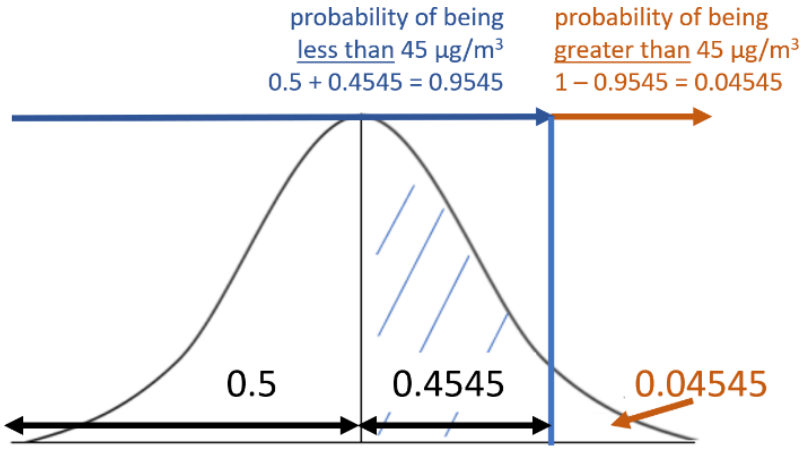
$\bar{x}$ = नमूना मानों का औसत

S = नमूना मानों का मानक विचलन

$$z = \frac{x - \bar{x}}{S} = \frac{3.81 - 1.51}{1.36} = 1.69$$

अब, Box 1 में दिए गए सामान्य वितरण वक्र के क्षेत्र तालिका से 1.69 के लिए z मान निकालें। तालिका में 1.6 तक नीचे जाएं और 0.09 कॉलम में जाएं जहां दो-तरफा संभाव्यता मान 0.4545 है। यह पूरे वक्र के नीचे के क्षेत्र का एक अंश है, जो 1 के बराबर होता है। यह सकारात्मक है, इसलिए इसे औसत के बाएं प्लॉट किया जाएगा।

इस प्रकार, आर्सेनिक के 45 μg/m³ से अधिक होने की संभावना 4.55% है, जैसा कि नीचे दी गई छवि में दिखाया गया है।

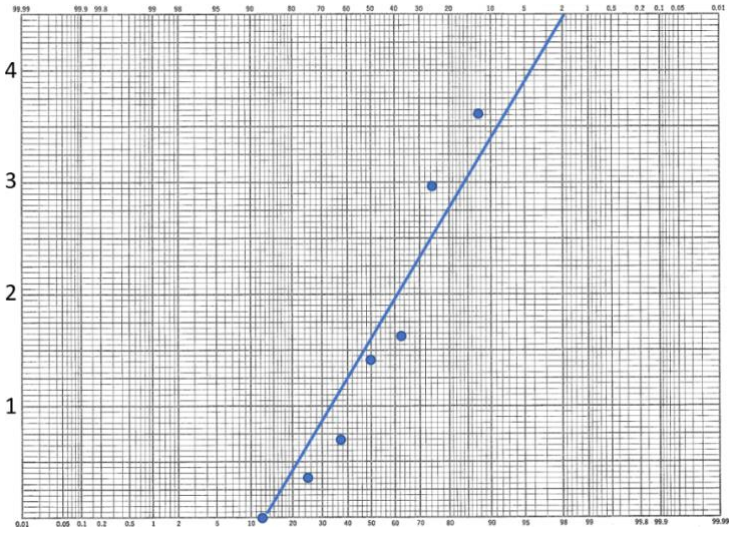


the z value of 1.69 corresponds to 0.4545 of the area under the Gaussian Distribution curve

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

b. परिवर्तनित, रैंक की गई डेटा के साथ संबंधित Weibull प्लॉटिंग पोजीशन और ग्राफ नीचे दी गई छवियों में दिखाए गए हैं। डेटा पूरी तरह से लॉग-नॉर्मल (lognormal) नहीं हैं, बल्कि लॉग-नॉर्मल प्रतिनिधित्व डेटा वितरण का एक अनुमान है। क्योंकि सांद्रता में भिन्नता के साथ अनिश्चितता जुड़ी हुई है, जो कि नमूना समय, फील्ड सैंपलिंग प्रक्रिया, और प्रयोगशाला विश्लेषण प्रक्रिया पर निर्भर करती है।

रैंक(Rank)	**रैंक-ऑर्डर्ड लॉग ट्रांसफॉर्म्ड सांद्रता डेटा(**Rank-ordered log transformed concentration data)	**वीबुल प्लॉटिंग पोजीशन**(Weibull plotting position)
1	3.63	0.125
2	2.96	0.250
3	1.63	0.375
4	1.42	0.50
5	0.57	0.625
6	0.36	0.75
7	0.01	0.875



c. 100 मानों में से 1 का रैंक = m(n+1) या 1(101) = 1% होगा, इसलिए वह सांद्रता मान जहाँ फिट की गई रेखा 1% मान से क्रॉस करती है, वह अपेक्षित अधिकतम सांद्रता का अनुमान प्रदान करता है। फिट की गई रेखा को थोड़ा ऊपर या नीचे शिफ्ट किया जा सकता है और ढाल (slope) भी बड़ी या छोटी हो सकती है, लेकिन रेखा का 1% मान (यानी 1/100) पर प्रक्षिप्त (projected) होने वाला बिंदु लगभग 5 के आसपास होगा। 5 का गुणांक निकालने से 148 $\mu g/m^3$ की सांद्रता प्राप्त होती है।

इसे दूसरे तरीके से सोचने के लिए, बॉक्स 1 में तालिका का उपयोग करके 0.495 के लिए z मान ढूंढें, जो 99 वें पर्सेंटाइल (यानी 100 नमूनों में से 1) को प्रदर्शित करता है, और x के लिए हल करें, फिर उस मान का लॉग ट्रांसफॉर्म करें। 0.495 के लिए z मान 2.575 है। (a) भाग में दिए गए समीकरण को x के लिए हल करने के बाद, फिर 0.01 की संभावना के लिए C का निर्धारण इस प्रकार दिखाया गया है।

$$z = \frac{x - \bar{x}}{S}$$

$$x = zS + \bar{x}$$

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

$$x = 2.575\ (1.36) + 1.51\ =\ 5.012$$

$$C = e^{x} = e^{5.012} = 150.2\ \mu g/m^3$$

समाधान अभ्यास 4

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

9 लेखक के बारे में

अपना डॉक्टरेट (Doctor of Philosophy) MIT (Massachusetts Institute of Technology) से 1973 में पूरा करने के बाद, एडवर्ड मैकबीन ने कॉर्नेल विश्वविद्यालय में पोस्ट-डॉक्टरल अध्ययन किया। इसके बाद उन्होंने वाटरलू विश्वविद्यालय में कई दशकों तक फैकल्टी सदस्य के रूप में काम किया, एक दशक तक CRA Engineering Incorporated के अध्यक्ष रहे, और फिर दो दशकों तक ग्वेल्फ विश्वविद्यालय में जल आपूर्ति सुरक्षा और विश्वविद्यालय नेतृत्व की कुर्सी प्रोफेसर के रूप में कार्य किया। एड ने कई पुरस्कार प्राप्त किए हैं, जिनमें कनाडाई इंजीनियरिंग अकादमी के सदस्य, अमेरिकी जल संसाधन इंजीनियरिंग अकादमी और अमेरिकी सिविल इंजीनियर्स सोसाइटी से जल संसाधन इंजीनियरिंग में डिप्लोमेट, यूरोपीय संघ विज्ञान अकादमी के सदस्य, अमेरिकी जल संसाधन इंजीनियरिंग अकादमी और अमेरिकी सिविल इंजीनियर्स सोसाइटी से उत्कृष्ट अनुसंधान और नवाचार पुरस्कार, ओंटारियो के पेशेवर इंजीनियरों से अनुसंधान और विकास पदक, और वियतनाम के टोन डुक तांग विश्वविद्यालय से आजीवन उपलब्धि पुरस्कार शामिल हैं। डॉ. मैकबीन ने तकनीकी साहित्य में 400 से अधिक लेख प्रकाशित किए हैं।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

10 ट्रांसलेटर के बारे में:

डॉ. पंकज कुमार गुप्ता एक रामानुजन फेलो हैं, जो कि वर्तमान में भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान दिल्ली में कार्यरत हैं । वह युनिवर्सिटी ऑफ वाटरलू कनाडा के वैटलैंड रिसर्च लैबोरेट्री में एडजंक्ट असिस्टेंट प्रोफेसर भी हैं।

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।

कृपया GW-Project मेलिंग लिस्ट के लिए साइन अप करने पर विचार करें ताकि आप नई किताबों के प्रकाशन, आयोजनों और GW-Project में भाग लेने के तरीकों के बारे में सूचित रह सकें। जब आप हमारी ईमेल लिस्ट के लिए साइन अप करते हैं, तो यह हमें एक वैश्विक भूजल समुदाय बनाने में मदद करता है। साइन अप करें↗.

The GROUNDWATER PROJECT ©The Author से मुफ्त डाउनलोड करें gw-project.org
कोई भी gw-project.org लिंक का उपयोग और साझा कर सकता है। किताब का सीधा वितरण सख्ती से प्रतिबंधित है।