



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Risikoanalyse for Legionella: Muligheder, udfordringer og forenklet model

Henrik Kjeldsen
Teknologisk Institut
12/10 2021



TEKNOLOGISK
INSTITUT

LEGIONELLASIKRING AF ENERGIEFFEKTIVISERING FOR INSTALLATIONER OG
FORSYNINGER

EUDP 2020-projekt j.nr. 64020-1099

Risikoanalyser: Hvad, Hvorfor og Hvordan?



Hvad?

Risikoanalyse: Nogle eksempler

1. Spørgeskemaundersøgelse / tjekliste (*kvalitativ*)
2. Risikomatrix (*semikvantitativ*)
3. Kvantitativ risikoanalyse (*kvantitativ*)



Spørgeskemaundersøgelse / tjekliste

- Lille ressourceforbrug
 - Kan stiles bredt
 - Kræver ingen eller lille uddannelse
 - Mange svar / stor anvendelighed
- Kvalitativ
- Begrænset dybde / informationsmængde
 - Vurdering ofte begrænset til "Ja/Nej" eller "På en skala 1-5" (... sæt kryds ...)
 - Vigtige faktorer kan glemmes
 - "One size fits all...!"
 - Nøjagtighed: Vurderinger er ikke konsistente
- Kan være et meget nyttigt redskab til at minimere risiko
- Uddannelse



Kvantitativ risikoanalyse

- Smalt / præcist spørgsmål
- Kvantitativt svar
- Kræver
 1. Veldefineret, afgrænset problem
 2. Viden (kvantitativ)
 3. Uddannelse
- Ressourcetung (dyr!)

→ Kvantitativ

Output

- Forskning / viden
- Grænseværdi, anbefalinger
- Minimering af risiko
- Eller håndtering af risiko



Kvantitativ risikoanalyse: 4 skridt

(Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management)

Step	Description
Problem formulation	The overall context (reference pathogens, exposure pathways, hazardous events and health outcomes of interest) of the risk assessment is defined and constrained in order to successfully target the specific risk management question that must be addressed.
Exposure assessment	The magnitude and frequency of exposure to each reference pathogen via the identified exposure pathway(s) and hazardous events are quantified.
Health effects assessment	Dose–response relationships (linking exposure dose to probability of infection or illness) and probability of morbidity and mortality (depending on the health end-point of the assessment) are identified for each reference pathogen.
Risk characterization	The information on exposure and the health effects assessment are combined to generate a quantitative measure of risk.

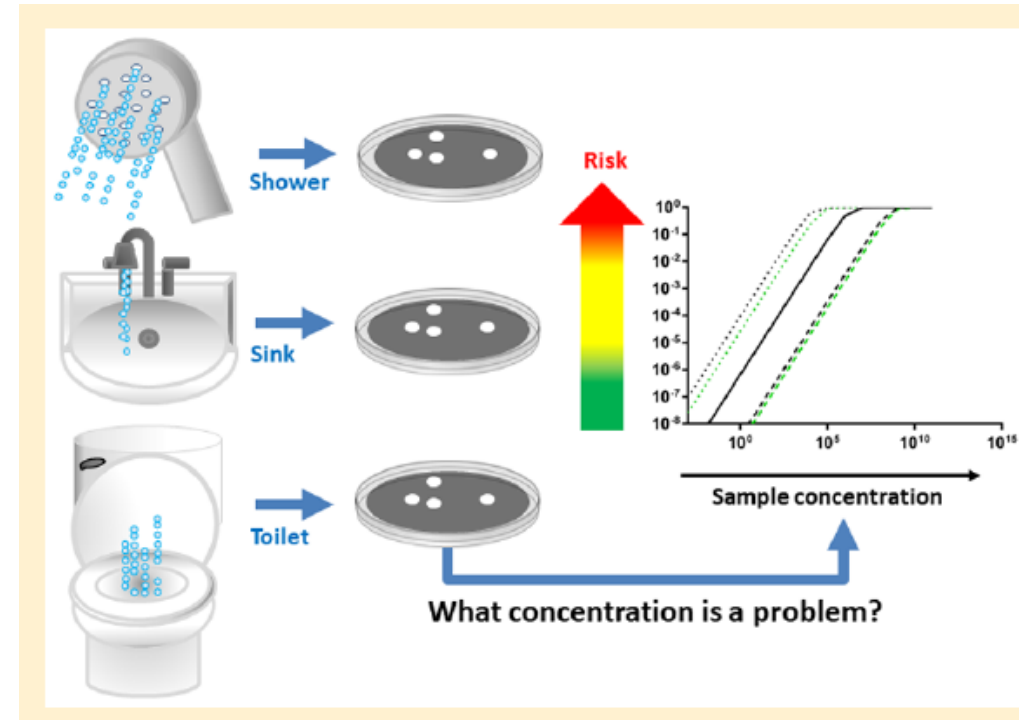


Eksempel: Smitte fra 1) vask, 2) toilet og 3) bruser

Risk-Based Critical Concentrations of *Legionella pneumophila* for Indoor Residential Water Uses

Kerry A. Hamilton,^{*,†,‡,§} Mark T. Hamilton,[§] William Johnson,^{||} Patrick Jjemba,^{||} Zia Bukhari,^{||} Mark LeChevallier,^{||} Charles N. Haas,[⊥] and P. L. Gurian[⊥]

Using a 10^{-4} annual infection risk target would give a 1.20×10^3 CFU per L mean for multiple fixtures and single sample critical concentrations of 1.02×10^5 , 8.59×10^5 , and 1.40×10^3 CFU per L for faucets, toilets, and showers, respectively. Annual infection risk-based target estimates are in line with most current guidance documents of less than 1000 CFU per L ...





Risikomatrix

Konsekvenser

	1 Ubetydelig	2 Mindre	3 Alvorlig	4 Meget alvorlige	5 Katastrofale
5 Ofte	5	10	15	20	25
4 Sandsynlig	4	8	12	16	20
3 Sjælden	3	6	9	12	15
2 Usandsynlig	2	4	6	8	10
1 Meget usandsynlig	1	2	3	4	5

1. Identificer risici
2. Vurder konsekvens
3. Vurder Risiko
4. Angiv i tabel

→ *Håndtering*



Risikomatrix – hvordan?

Trin 1

1. Identificer risici
 - Kræver kendskab til installation
2. Vurder konsekvens
3. Vurder Risiko
4. Angiv i tabel

Sandsynlighed

		Konsekvenser				
		1 Ubetydelig	2 Mindre	3 Alvorlig	4 Meget alvorlige	5 Katastrofale
Sandsynlighed	5 Ofte	5	10	15	20	25
	4 Sandsynlig	4	8	12	16	20
	3 Sjælden	3	6	9	12	15
	2 Usandsynlig	2	4	6	8	10
	1 Meget usandsynlig	1	2	3	4	5

Trin 2

Håndtering af risici

1. Reducering af risici
2. Afbødende foranstaltninger



Risikomatrix – fordele og ulemper

- Semi-kvantitativ
- Relativ simpel
- Nyttigt redskab til identificering og reducere af risici
- Mulighed for harmonisering
 - → svært
 - → kræver uddannelse
- Semi-kvantitativ
- Mangel på konsistens
 - → vurdering af sandsynlighed og konsekvens skal afspejle
- Kvalitative input kræves for at opnå robusthed



Kvantitativ risikoanalyse på baggrund af risikomatrix – det muliges kunst!

- Mål
 1. Mere kvantitativ
 2. Større konsistens
 3. Lettere at anvende
- Forbedringer
 1. Del og hersk
 2. Kvantitativ "Sandsynlighed"
 3. Vægtning af "Konsekvens"
 4. Usikkerhed



Forbedring II: Sandsynlighed (P)

- Sandsynligheder kan ofte bestemmes kvantitativt
- Eksempler
 - Meget usandsynlig: $P = 0 = 0\%$
 - Altid: $P = 1 = 100\%$
- Sandsynlighed / frekvens

		Konsekvenser				
		1 Ubetydelig	2 Mindre	3 Alvorlig	4 Meget alvorlige	5 Katastrofale
Sandsynlighed	5 Ofte	5	10	15	20	25
	4 Sandsynlig	4	8	12	16	20
	3 Sjælden	3	6	9	12	15
	2 Usandsynlig	2	4	6	8	10
	1 Meget usandsynlig	1	2	3	4	5



Sandsynlighed: Eksempel

- A. En begivenhed finder sted 1 døgn per år: $P = 1/365$.
- B. Et forhold er til stede 1 time hvert døgn: $P = 1/24$.
- C. Et forhold er til stede 1 time per døgn i 30 døgn per år: $P = 1/24 \cdot 30/365$.
- D. Et forhold som er til stede døgnet rundt for 30 % af de undersøgte installationer i 5 ud af årets 12 måneder: $P = 30\% \cdot 5/12 = 30/100 \cdot 5/12$.



Forbedring II: Konsekvens

- Konsekvens vægtes to gange, og indvirkning/betydning bliver derfor

$$I = P \times C \times C$$

$$I = P \times C^2$$

- ... *fordi sandsynlighed ikke må vinde over konsekvens*

Konsekvens (0 – 10)	Beskrivelse	Ændring af risikovurdering (vægtet konsekvens)
0	Ingen	
1	Lille tendens (fordobling)	× 2
1 – 2	Tendens	× 4
3 – 4	Lille effekt	× 15
5 – 6	Betydelig effekt	× 30
7 – 8	Alvorlig effekt	× 60
9 – 10	Meget alvorlig effekt	× 90

Modelligning & Usikkerhed

- Indvirkning = Sandsynlighed \times Konsekvent
 - ... med vægtning
- Konsekvens vægtes dobbelt: $I = P \times C^2$

Håndtering af usikkerhed

- Estimat: Min + Max \rightarrow Middel + usikkerhed
 - Eks. $P_{min} = 0.10$; $P_{max} = 0.30 \Rightarrow P = 0.20 = 20\%$; $u(P) = 0.10 = 10\%$
 - Altså $P = (20 \pm 10)\%$



System	Forhold / Hændelse	Nr.	Brug linien (marker med "x")	Type	P_min	P_max	Koblet til (angiv nr)	C_min	C_max	Impact, Ix (0 - x)	Usikkerhed u(Ix)
Udbredelse af delkomponenter	Delkomponent 1 (fx koldvandstilførsel)	1	x	Andel	0.20	0.30		0	0	0.00	0.00
	Delkomponent 2 (fx veksler)	2	x	Andel	0.70	0.80		0	0	0.00	0.00
	Delkomponent 3 (fx beholder)	3						0	0	0.00	0.00
	Delkomponent 4 (fx cirkulationsledning)	4						0	0	0.00	0.00
	Delkomponent 5	5						0	0	0.00	0.00
Beskrivelse af Delkomponent 1 (fx koldvandstilførsel)	Under 20 °C	6	x	Sandsynlig hed	0.55	0.65	1	0	0	0.00	0.00
	20 - 25 °C	7	x	Sandsynlig hed	0.30	0.40	1	2	3	0.22	0.07
	25 - 30 °C	8	x	Sandsynlig hed	0.00	0.10	1	4	7	0.07	0.07
	30 - 40 °C	9	x				1	7	9	0.00	0.00
	40 - 42 °C	10	x				1	6	8	0.00	0.00
	42 - 45 °C	11	x				1	4	7	0.00	0.00
	45 - 50 °C	12	x				1	3	5	0.00	0.00
	Over 50 °C	13	x				1	0	0	0.00	0.00



Risici: Influensparametre

1. Alder
2. Temperaturforhold
3. Vandudskiftning
4. Døde ender
5. Type af installation
6. Isolering
7. Geometri
8. Forbrug
9. Forbrugeradfærd
10. Vandkvalitet
11. Rørtype
12. Geografi



Slutresultat

- Generelt: Indvirkning fra influensparametre lægges sammen
- Specielle parametre ganges på = faktor
 - Eks: Geografiske parametre



Nogle andre eksempler på risikoanalyse

HACCP

- Hazard Analysis and Critical Control Points
 - kan oversættes til risikoanalyse og kritiske kontrolpunkter
1. Risikoanalyse
 2. Kritiske kontrolpunkter
 3. Kritiske grænser
 4. Overvågningsprocedurer
 5. Korrigerende handlinger
 6. Dokumentation
 7. Revision

Risikoanalyse for produkter

- → ofte risiko matrix



Status & Videre arbejde



Status

Grundstruktur af model udarbejdet

Matematisk beskrivelse udarbejdet og dokumenteret



Videre arbejde

Input fra litteratur / undersøgelser / statistik

Afprøvning med konkrete eksempler