

**IGIENE  
E  
SANITÀ PUBBLICA**  
**SALUTE E AMBIENTE**

**Dello stesso Editore**

**Alessio/Apostoli** – Manuale di medicina del lavoro e igiene industriale per tecnici della prevenzione

**Alessio/Franco/Tomei** – Trattato di medicina del lavoro

**Arienti** – Un compendio di biochimica per le lauree triennali

**Attena** – Epidemiologia e valutazione degli interventi sanitari

**Auxilia/Pontello** – Igiene e sanità pubblica. I fondamenti della prevenzione

**Bisoffi et al.** – Vademecum delle malattie infettive professionali

**Cevenini/Sambri** – Microbiologia e microbiologia clinica per i corsi di laurea in professioni sanitarie

**Chiaranda** – Urgenze ed Emergenze. Istituzioni

**Ciaramella** – Soccorso di Base. Nozioni e tecniche

**Coniglio et al.** - Manuale di epidemiologia per la promozione della salute e la prevenzione della disabilità

**Dolara** – Tossicologia generale e ambientale

**Farulla/Corrao** – Esposizione a radiazioni laser. Rischi relativi all'impiego e criteri di prevenzione

**Ferrara/Snenghi/Terranova** – Doping: danno alla persona & consulenza tecnica

**Figà/Talamanca** – I tossici ambientali e lavorativi e la riproduzione umana

**Franco** – Medicina del lavoro e medicina preventiva degli operatori sanitari

**Freedberg/Sanchez** - Diagnosi e terapia dermatologica attuale

**Furlanut** – Farmacologia generale e clinica per le lauree sanitarie

**Gobbato** – Prevenzione dei rischi professionali negli ambienti e nelle attività dell'amministrazione, della ricerca e della scuola

**Kamina** – Atlante di anatomia

**Larizza** – Trattato di medicina interna – Vol. IV/II: Malattie da agenti fisici, chimici e ambientali e Capitoli panoramici su Malattie dermatologiche, oculari e otorinolaringoiatriche

**Locci/Locci** – Elementi di diritto amministrativo e principi di legislazione sociale e sanitaria

**Manuale di Segni e Sintomi**

**Marazzi et al.** – Le grandi transizioni. Demografica, Epidemiologica, Assistenziale

**Marazzi et al.** – Nutrizione e salute. Le basi conoscitive per una corretta educazione alimentare

**Marinelli/Liguori/Montemarano/D'Amora** – Igiene, medicina preventiva e sanità pubblica

**Nizzoli/Pissacroia** – Trattato completo degli abusi e delle dipendenze

**Norelli/Buccelli/Fineschi** – Medicina legale e delle assicurazioni

**Pellai** – Educazione sanitaria. Strategie educative e preventive per il paziente e la comunità

**Pontieri** – Patologia generale per i corsi di laurea in professioni sanitarie

**Pulcini** – Primo soccorso. Dall'emergenza all'urgenza con le sole mani

**Pulcini** - Una vita a strati uniti. Il nutrimento e l'esercizio fisico per stare meglio oggi e domani

**Roi et al.** – Guida alla sorveglianza sanitaria e al monitoraggio biologico dei lavoratori esposti a sostanze chimiche e tossiche

**Saladin** – Anatomia e fisiologia

**Samaja** – Corso di Biochimica per le lauree sanitarie

**Sartorelli** – Manuale di medicina del lavoro

**Sidoti** – Igiene e promozione della salute per scienze della formazione

**Tagliabracci/Domenici/Pascali/Pesaresi** – Indagini genetico-forensi di paternità e identificazione personale

**Tatarelli** – Manuale di psichiatria e salute mentale per le lauree sanitarie

**Thaler** - L'unico LIBRO sull'ECG di cui avrai bisogno

**Tintinalli** - Medicina d'urgenza. L'essenziale

**Todisco/Dottorini** - Gli aerosoli in terapia inalatoria ed in patologia ambientale

**Triolo** – Medicina per operatori sanitari

**Valentini** – I trattamenti e gli accertamenti sanitari obbligatori in Italia

**Volpi** – Igiene, profilassi, medicina sociale

**Walraven** - Aritmie cardiache. Le basi indispensabili per l'interpretazione

**Zangara** – Dietologia

**F. AUXILIA**

**M. PONTELLO**

**IGIENE  
E  
SANITÀ PUBBLICA**

**SALUTE E AMBIENTE**

A cura di

**P.A. BERTAZZI, I. GRAPPASONNI**

**PICCIN**

Opera coperta dal diritto d'autore – Tutti i diritti sono riservati.

Questo testo contiene materiale, testo ed immagini, coperto da copyright, e non può essere copiato, riprodotto, distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte, o utilizzato in alcun altro modo o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'editore. Quasiassi distribuzione o fruizione non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche, costituisce una violazione dei diritti dell'editore e dell'autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla L. 633/1941 e ss.mm.

ISBN 978-88-299-2799-9

Stampato in Italia

---

Copyright © 2016 by Piccin Nuova Libreria S.p.A., Padova  
[www.piccin.it](http://www.piccin.it)

# Prefazione

Il volume dedicato al rapporto salute-ambiente rappresenta uno dei “satelliti” dell’opera Igiene e Sanità Pubblica e la sua progettazione e stesura hanno potuto contare sul congiunto impegno di Autori di area igienistica e della medicina del lavoro.

Il tema “ambiente” ed in particolare quello del nesso tra i diversi fattori – chimici, fisici e biologici – con la salute dell’uomo è senza dubbio di grande ed attualissimo interesse, ma non possiamo non ricordare che la relazione ambiente-salute non può essere del tutto considerata una novità dei tempi moderni. Infatti, come abbiamo avuto modo di sottolineare nel volume “core” di questa opera (“I fondamenti della prevenzione”), già nell’antichità, e su base empirica, è stata affermata l’idea della presenza di fattori ambientali in grado di influenzare lo stato di salute delle persone. Nei tempi più recenti molti fatti, sia causati da eventi naturali che riferibili alla responsabilità dell’uomo, hanno richiamato l’attenzione non solo del mondo della scienza e della tecnica, ma anche dei mass-media e della società civile e spesso hanno suscitato notevole allarme nella popolazione. Oggi la questione ambientale e l’ecologia come scienza hanno acquisito una valenza culturale sempre più ampia e risultano tanto decisive da essere oggetto di riflessione anche di una recentissima Enciclica papale (“*Laudato si*”).

Se si considera la complessità di entrambi i termini che caratterizzano questa opera – cioè i termini “ambiente” e “salute” – si può facilmente intuire quanto sia impegnativo mettere a tema le relazioni esistenti tra essi e chiarire quanto il primo possa avere influenza sul secondo. Da una parte la parola “ambiente” individua una variegata complessità di fattori, di diversa natura, con cui la vita dell’uomo e delle popolazioni si trova ad interagire nello svolgimento delle diverse attività, non solo lavorative, dall’altra ogni persona rappresenta un unicum in grado di rispondere e reagire in modo diverso nei confronti dei fattori ambientali che lo circondano quotidianamente e che possono agire anche in forma combinata. Le nostre conoscenze in merito, sempre più solide e approfondite, possono fondare e meglio indirizzare gli interventi volti alla prevenzione degli effetti nocivi derivanti dall’esposizione ai fattori ambientali, nella consapevolezza delle difficoltà connesse e delle influenze che sulla prevenzione possono avere anche fattori di natura sociale, economica e politica.

Siamo grati agli Autori, che a fronte delle complessità qui sopra richiamate, si sono impegnati a tracciare un quadro esauriente ed essenziale dei diversi aspetti della questione ambiente-salute e a delineare le corrispondenti indicazioni di carattere preventivo. L’opera si articola in 14 capitoli, i primi di carattere più generale e di inquadramento del tema ambiente-salute ed altri, a partire dal capitolo 4, dedicati a specifici temi e rischi ambientali (l’aria, il suolo, le acque superficiali e reflue).

La speranza, che ci ha mosso e che abbiamo condiviso con tutti gli autori coinvolti, è stata quello di offrire uno strumento adeguato alla formazione di chi ha scelto di dedicare specificamente al tema della prevenzione ambientale la propria formazione professionale.

MIRELLA PONTELLO e FRANCESCO AUXILIA

# Autori

## **Pier Alberto Bertazzi**

Professore Ordinario  
Dipartimento di Scienze Cliniche e di  
Comunità  
Università degli Studi di Milano  
Direttore Dipartimento di Medicina  
Preventiva,  
Fondazione IRCCS Ca' Granda Ospedale  
Maggiore Policlinico, Milano

## **Paolo Carrer**

Professore Associato  
Dipartimento di Scienze Biomediche e  
Cliniche "Luigi Sacco"  
Università degli Studi di Milano  
Direttore U.O.C. di Medicina del Lavoro-  
A.S.S.T. Fatebenefratelli Sacco, Milano

## **Andrea Cattaneo**

Ricercatore Universitario  
Dipartimento di Scienza ed Alta Tecnologia  
Università degli Studi dell'Insubria

## **Domenico Maria Cavallo**

Professore Associato  
Dipartimento di Scienza ed Alta Tecnologia  
Università degli Studi dell'Insubria

## **Mario Cocchioni**

Professore ordinario  
Direttore Centro Ricerche Igienistiche e  
Sanitarie Ambientali  
Scuola di Scienze del Farmaco e dei  
Prodotti della Salute  
Università degli Studi di Camerino

## **Claudio Colosio**, Md, PhD

Professore Associato  
Dipartimento di Scienze della Salute  
Università degli Studi di Milano e Centro  
Internazionale per la Salute Rurale della  
A.S.S.T. Santi Paolo e Carlo, Milano

## **Serena Fossati**

Postdoctoral Researcher  
Barcelona Institute for Global Health-  
ISGlobal  
Barcelona, Spain

## **Silvia Fustinoni**

Professore Associato  
Laboratorio di Tossicologia Ambientale e  
Industriale  
Dipartimento di Scienze Cliniche e di  
Comunità  
Università degli Studi di Milano e  
Fondazione IRCCS Ca' Granda Ospedale  
Maggiore Policlinico, Milano

## **Iolanda Grappasonni**

Professore Associato  
Scuola di Scienze del Farmaco e dei  
Prodotti Della Salute  
Centro Ricerche Igienistiche e Sanitarie  
Ambientali  
Università degli Studi di Camerino

## **Paolo Marraccini**

Dirigente medico  
Dipartimento di Medicina preventiva -  
Area Tutela e sicurezza dei lavoratori.  
U.O.C. Protezione e Promozione Salute  
Lavoratori. U.O.S. Allergologia Ambien-  
tale ed Occupazionale.  
Fondazione IRCCS Cà Granda Ospedale  
Maggiore Policlinico, Milano

## **Angelo Moretto**

Professore Associato  
Dipartimento di Scienze Biomediche e  
Cliniche "Luigi Sacco"  
Università degli Studi di Milano  
Direttore del Centro Internazionale per gli  
Antiparassitari e la Prevenzione Sanitaria-  
A.S.S.T. Fatebenefratelli Sacco, Milano

## **Fabio Petrelli**

Professore Aggregato  
Scuola di Scienze del Farmaco e dei  
Prodotti della Salute  
Centro Ricerche Igienistiche e Sanitarie  
Ambientali  
Università degli Studi di Camerino

## **Mario Previdi**

Dirigente medico  
Dipartimento di Medicina preventiva -  
Area Tutela e sicurezza dei lavoratori.  
U.O.C. Protezione e Promozione Salute  
Lavoratori. U.O.S. Allergologia Ambien-  
tale ed Occupazionale.  
Fondazione IRCCS Cà Granda Ospedale  
Maggiore Policlinico, Milano

## **Federico Maria Rubino**

Chimico  
Dipartimento di Scienze della Salute  
Università degli Studi di Milano

## **Stefania Scuri**

Professore a contratto  
Scuola di Scienze del Farmaco e dei  
Prodotti della Salute  
Centro Ricerche Igienistiche e Sanitarie  
Ambientali  
Università degli Studi di Camerino

# Piano dell'opera

## **VOLUME "CORE"**

- **I fondamenti della prevenzione**

## **VOLUMI "SATELLITI"**

- **Educazione sanitaria.**  
**Strategie educative e preventive per il paziente e la comunità**
- **Epidemiologia e prevenzione delle malattie trasmissibili**
- **Organizzazione sanitaria**
- **Salute e alimentazione**
- **Salute e ambiente**



# Indice generale

<b>1 • Introduzione. L'influenza dell'ambiente sulla salute. Meccanismi biologici ed evidenze epidemiologiche (P.A. Bertazzi)</b>	
1.1 I fattori ambientali di rischio per la salute	2
1.2 Natura o Coltura? Non sono alternative	3
1.2.1 Variabilità ambientale	4
1.2.2 Variabilità genetica	7
1.2.3 Variabilità epigenetica	8
1.3 Evidenze epidemiologiche d'impatto ambientale sulla salute	11
Bibliografia	16
<b>2 • Tossicologia ambientale: concetti generali sulla valutazione del rischio (A. Moretto)</b>	
2.1 Introduzione	17
2.2 Concetti generali di tossicologia	18
2.2.1 Tossicocinetica: generalità	18
2.2.2 Tossicocinetica: assorbimento	21
2.2.3 Tossicocinetica: distribuzione	24
2.2.4 Tossicocinetica: escrezione	25
2.2.5 Tossicocinetica: biotrasformazione	26
2.2.6 Tossicodinamica	26
2.3 Il processo di valutazione e gestione del rischio	27
2.3.1 Identificazione del pericolo	27
2.3.2 Caratterizzazione del pericolo	29
2.3.3 Valutazione dell'esposizione	30
2.3.4 Valutazione (caratterizzazione) e criteri di accettabilità/tollerabilità del rischio non-cancerogeno e cancerogeno	31
2.3.5 Classificazione del rischio	31
2.3.6 Analisi rischi-benefici	32
2.3.7 Riduzione del rischio	32
2.3.8 Monitoraggio e revisione	32
2.3.9 L'esposizione a miscele di sostanze/composti	33
Bibliografia	34
<b>3 • Valutazione dell'esposizione ambientale e professionale (D.M. Cavallo, P. Carrer, A. Cattaneo)</b>	
3.1 L'esposizione	35
3.2 La valutazione dell'esposizione	38
3.2.1 L'esposizione per via inalatoria	38
3.2.2 L'esposizione cutanea	56
3.3. Problemi emergenti nella valutazione dell'esposizione	62
Bibliografia	62
<b>4 • Il monitoraggio biologico (S. Fustinoni)</b>	
Monitoraggio biologico	65

4.1 Indicatori biologici di esposizione, effetto suscettibilità .....	65
4.2 Criteri per l'identificazione degli indicatori biologici .....	67
4.3 Utilizzo degli indicatori biologici per la prevenzione e la tutela della salute dei lavoratori .....	72
4.3.1 I valori di riferimento .....	73
4.3.2 I fattori di confondimento .....	73
4.3.3 Il miglior momento per la raccolta del campione biologico .....	74
4.3.4 Accettabilità del campione di urina .....	76
4.3.5 I valori limite biologici .....	76
4.3.6 ACGIH BEI® .....	77
4.3.7 DFG BAT/BLW/EKA/BAR .....	79
4.3.8 L'approccio ACGIH e DFG a confronto .....	80
4.4 Applicazioni del monitoraggio biologico alla valutazione dell'esposizione in ambiente di lavoro e di vita .....	80
4.4.1 L'esposizione a benzene nei residenti vicino ad un impianto petrolchimico .....	80
4.4.2 I vigili urbani e l'esposizione a inquinanti del traffico autoveicolare ..	83
4.4.3 Il monitoraggio biologico di una popolazione residente in prossimità di un inceneritore di rifiuti solidi urbani .....	86
Bibliografia .....	90
<b>5 • Inquinamento dell'aria e salute (P.A. Bertazzi)</b>	
5.1 Un problema solo di oggi? .....	93
5.2 Gli inquinanti atmosferici .....	93
5.2.1 Variabilità nel tempo e nello spazio .....	95
5.2.2 Limiti e valori di riferimento .....	98
5.3 Il materiale Particolato (PM) .....	101
5.3.1 Composizione: emissioni e formazione secondaria .....	101
5.3.2 Dimensioni e penetrazione nell'organismo .....	103
5.3.3 Meccanismi d'azione .....	104
5.4 Gli effetti degli inquinanti sulla salute .....	105
5.4.1 Effetti a breve termine .....	106
5.5 L'impatto sulla salute .....	118
5.6 Evidenze controfattuali .....	120
5.7 Considerazioni conclusive .....	121
Bibliografia .....	121
<b>6 • Indoor Air Quality (IAQ) e comfort negli ambienti confinati non industriali (P. Carrer, D.M. Cavallo, A. Cattaneo, S. Fossati)</b>	
6.1 Importanza della qualità dell'aria negli ambienti confinati .....	125
6.2 Inquinanti dell'aria e loro sorgenti .....	128
6.2.1 Le sorgenti di inquinamento indoor .....	128
6.2.2 I principali inquinanti indoor .....	129
6.3 Effetti sulla salute e sul comfort ambientale della qualità dell'aria indoor .....	149
6.3.1 Introduzione .....	149
6.3.2 Malattie associate agli edifici .....	150
6.3.3 Sindrome dell'edificio malato .....	157
6.4 Aspetti emergenti relativamente alla qualità dell'aria indoor .....	159
6.5 Valutazione dei rischi e sorveglianza sanitaria negli ambienti indoor ...	163
6.5.1 Introduzione .....	163
6.5.2 Normativa .....	163
6.5.3 La valutazione dei rischi in ambiente indoor .....	163
6.5.4 Sorveglianza sanitaria .....	168

6.5.5 La prevenzione dei rischi in ambienti indoor .....	171
Bibliografia .....	172

## **7 • Ambiente e allergie: valutazione dell'esposizione ambientale e occupazionale** (M. Previdi, P. Marraccini)

7.1 La patologia allergica .....	175
7.1.1 L'allergia: una patologia recente .....	175
7.1.2 Epidemiologia: una patologia in rapida evoluzione .....	176
7.1.3 Eziopatogenesi .....	177
7.2 Valutazione dell'esposizione/prevenzione degli agenti causali .....	180
7.2.1 Aeroallergeni outdoor .....	180
7.2.2 Aeroallergeni indoor .....	185
7.2.3 Allergeni alimentari .....	187
7.2.4 Allergeni occupazionali .....	189
7.2.5 Alveolite allergica estrinseca o polmonite da ipersensibilità .....	196
7.2.6 Dermatiti da contatto .....	196
7.2.6 Miscellanea. Altri agenti scatenanti .....	199
Bibliografia .....	200

## **8 • L'inquinamento del suolo** (A. Moretto)

8.1 Sorgente di contaminazione .....	206
8.2 Vie di migrazione: criteri di stima relativi ai comparti ambientali .....	209
8.3 I bersagli della contaminazione .....	211
8.4 Calcolo del rischio .....	211
8.5 Obiettivi di bonifica .....	213
8.6 Conclusioni .....	214
Bibliografia .....	215

## **9 • Salute rurale (agricoltura e zootecnia)** (C. Colosio, F.M. Rubino)

9.1 Introduzione .....	217
9.2 Le caratteristiche generali del lavoro in agricoltura: lo scenario internazionale e le specificità di quello italiano .....	218
9.2.1 L'agricoltura in Italia oggi .....	220
9.2.2 I lavoratori agricoli stranieri nell'agricoltura italiana .....	222
9.3 Il fenomeno infortunistico nel settore .....	231
9.4 La prevenzione degli infortuni nel settore. Esempi di check list .....	231
9.5 Malattie da lavoro in agricoltura .....	233
9.6 Rischi per la salute in agricoltura .....	234
9.6.1 Rischio chimico .....	236
9.6.2 Rischio fisico .....	240
9.6.3 Rischio biologico .....	243
9.6.4 Polveri organiche e allergeni .....	250
9.6.5 Rischi correlati all'Organizzazione del Lavoro .....	252
9.6.6 Criteri per la valutazione del rischio in agricoltura: la "Valutazione Semplificata" .....	252
9.6.7 La tutela della salute della donna gravida e in allattamento .....	254
Ringraziamenti .....	254
Bibliografia .....	254

## **10 • L'acqua** (I. Grappasonni, S. Scuri, M. Cocchioni)

10.1 Introduzione .....	257
10.1.1 L'acqua e le sue proprietà .....	260
10.2 Risorse idriche e loro disponibilità .....	261
10.2.1 Classificazione delle risorse idriche .....	264

10.2.2 Risorse idriche e consumi .....	268
10.3 Approvvigionamento idrico .....	274
10.3.1 Acque sotterranee .....	275
10.3.2 Acque superficiali .....	277
10.3.3. Acque meteoriche .....	280
10.3.4. Acque marine .....	281
10.4 Inquinamento idrico .....	282
10.4.1 Aspetti microbiologici .....	284
10.4.2 Aspetti chimici .....	302
10.5. Giudizio di potabilità .....	307
10.5.1 Caratteristiche delle acque destinate al consumo umano .....	307
10.5.2 Esame dei caratteri organolettici .....	309
10.5.3 Esame dei parametri chimici .....	310
10.5.4 Esame microbiologico .....	327
10.5.5 Allegato 1: Approfondimento tecnico relativo al Decreto Legislativo 31/2001 .....	345
10.6 Potabilizzazione .....	351
10.6.1 Correzione dei caratteri organolettici .....	352
10.6.2 Correzione dei caratteri chimici .....	356
10.6.3 Correzione dei caratteri microbiologici .....	360
Bibliografia .....	369
<b>11 • Acque ad uso umano</b> ( <i>S. Scuri, M. Cocchioni</i> ) .....	
11.1 Acque destinate al consumo umano .....	378
11.2 Acque minerali naturali .....	379
11.3 Acque di sorgente .....	387
11.4 Analogie e differenze tra le diverse tipologie di acque ad uso umano .....	387
Bibliografia .....	391
<b>12 • Acque fluviali</b> ( <i>S. Scuri</i> ) .....	
12.1 Il monitoraggio dei corsi d'acqua superficiali .....	394
12.1.1 Le comunità biologiche preziose sentinelle .....	394
12.2 Schede tecniche per la classificazione dei corsi d'acqua superficiali .....	397
12.2.1 Classificazione in base al decreto legislativo 152/99 .....	400
12.2.2 Classificazione in base alla direttiva 2000/60/CE .....	402
12.2.3 Classificazione in base al D.M. 260/2010 .....	407
12.3 Il campionamento dei macroinvertebrati .....	409
12.3.1 D. Lgs. 152/99: l'Indice Biotico Esteso (I.B.E.) .....	409
12.3.2 WFD 2000/60/CE – D.M. 260/2010: Indice multimetrico STAR di in- tercalibrazione (STAR_ICMi) .....	418
Bibliografia .....	431
<b>13 • Acque reflue</b> ( <i>I. Grappasonni</i> ) .....	
13.1 Caratteristiche dei reflui civili .....	436
13.1.1 Indicatori di qualità dei reflui .....	436
13.2 Trattamenti .....	442
13.2.1 Pretrattamenti .....	443
13.2.2 Trattamenti primari .....	445
13.2.3 Trattamenti secondari .....	445
13.2.4 Trattamenti terziari .....	447
13.2.5 Disinfezione .....	448
13.3 Trattamento dei fanghi .....	449
Bibliografia .....	450

<b>14 • Legislazione in tema di risorse idriche</b> (F. Petrelli, S. Scuri, I. Grapasonni)	
14.1 Acque destinate al consumo umano .....	453
14.2 Acque minerali naturali .....	456
14.3 Acque di sorgente .....	461
14.4 Apparecchiature finalizzate al trattamento delle acque destinate al consumo umano .....	464
14.5 Acque superficiali .....	465
14.6 Acque reflue .....	468
Bibliografia .....	468
<b>Indice analitico</b> .....	471

