



Il metodo delle matrici d'interazione nella valutazione d'impatto ambientale generato dalla costruzione di impianti di depurazione d'acque reflue

⇒ Luigi Fanizzi, Ecoacque® (✉ info@ecoacque.it) - ⇒ Saverio Misceo, DIAC Politecnico di Bari

La valutazione d'impatto ambientale di una infrastruttura sanitaria di base, quale si configura un depuratore di acque reflue, tramite matrici d'interazione, costituisce, nel momento della pianificazione territoriale, un valido strumento di selezione dei potenziali siti da adibire all'impianto di trattamento delle acque ed un'utile guida nella ricerca della soluzione più appropriata. Nel caso di un solo progetto ed un'unica alternativa di localizzazione (riferita all'incidenza spaziale e territoriale dell'intervento), ove cioè l'individuazione di quest'ultima è dettata, fondamentalmente, da motivi di ordine tecnico-economico, l'utilità del calcolo matriciale risiede nel confronto tra le componenti ambientali ponendosi come strumento numerico di verifica della scelta effettuata e, ancor più, per evidenziare le componenti ambientali che maggiormente risentono di una tale opera, al fine di predisporre i necessari dispositivi di eliminazione, le adeguate misure di mitigazione e gli specifici piani di prevenzione e monitoraggio. Il presente studio non analizza i benefici ambientali che l'opera comporta (svolgimento di un servizio sanitario di pubblico interesse, tutela delle acque dall'inquinamento, eccetera) ma esamina sia aspetti di carattere generale, inerenti alla metodologia di valutazione d'impatto da applicare, che la procedura di calcolo seguita per siffatti impianti di depurazione di trattamento.

La metodologia si sviluppa secondo le seguenti fasi (mod. L. Mendia et AL., 1985):

- a) identificazione delle componenti ambientali coinvolte dall'infrastruttura sanitaria;
- b) determinazione delle caratteristiche più rappresentative del sito e dell'impianto depurativo (lista dei fattori);
- c) individuazione di una scala di valori con cui stimare le diverse situazioni di ciascun fattore (stima dei fattori);
- d) definizione dell'influenza ponderale del singolo fattore su ciascuna componente ambientale;
- e) raccolta dei dati peculiari del sito e loro quantificazione in base alla scala di valori precitata;
- f) valutazione degli impatti elementari, con l'ausilio di un modello di tipo matriciale;
- g) valutazione sintetica della qualità ambientale iniziale (EQI);
- h) computo della variazione della qualità delle componenti ambientali, a seguito degli impatti elementari incidenti calcolati (*sintesi di compatibilità ambientale*).

Identificazione delle componenti ambientali interessate (Macrodescrittori)

Con riferimento alla summenzionata tipologia di opera infrastrutturale, si è ritenuto d'individuare nelle sette componenti naturalistiche ed antropiche, così come elencate di seguito, quelle maggiormente interessate all'interazione, considerando il sistema ambientale nella sua globalità:

- 1) suolo e sottosuolo;
- 2) atmosfera;
- 3) ambiente idrico;
- 4) rumore e vibrazioni;
- 5) salute pubblica;
- 5) ecosistemi;
- 7) paesaggio.

Una tale scelta è dettata dall'esigenza di rappresentare, attraverso un numero ristretto ma esaustivo di voci, l'ambiente nei suoi diversi aspetti legati alle componenti abiotiche (suolo e sottosuolo, aria e acqua), agli ecosistemi (*complessi di elementi fisici, chimici, formazioni ed associazioni biotiche*), al paesaggio (*inteso nei suoi aspetti morfologici e culturali*), alla qualità dell'ambiente naturale, alla qualità della vita dei residenti ed alla loro salute (*come individui e comunità*).

Lista dei fattori d'impatto

Individuate le componenti ambientali, nella compilazione della lista dei fattori, nel caso di un impianto di trattamento acque reflue, si sono compresi tutti gli elementi caratterizzanti il sito, il contesto ambientale in cui esso è inserito, le caratteristiche concernenti, lo scarico e le tecniche di trattamento adottate.

Tra i *fattori caratterizzanti il sito*, da adibire all'impianto di depurazione vanno annoverati:

- 1) La localizzazione, *in termini strettamente economici*;
- 2) la distanza dai centri abitati, *calcolata rispetto ai primi agglomerati*;
- 3) la sua esposizione, da un punto di vista della *visibilità* dell'impianto;

Tra i fattori caratterizzanti il contesto ambientale, in cui il sito s'inserisce, sono stati prescelti:

- 4) il sistema viario (tipo di strada, tracciato e densità di traffico);
- 5) il corpo ricettore (in termini della tipologia di ricambio idrico);
- 6) l'uso dei corpi idrici a valle dello scarico.

A sua volta, i fattori legati alle caratteristiche dello scarico idrico ed alle tecniche di trattamento sono espressi dalle seguenti voci:

- 7) la potenzialità dell'impianto, intesa come abitanti equivalenti serviti (A.E.);
- 8) il tipo refluo, in termini qualitativi;
- 9) il sistema di aerazione;
- 10) la produzione di biogas;
- 11) il trattamento dei fanghi;
- 12) lo smaltimento dei fanghi;
- 13) le strutture fuori terra, in termini percentuali;
- 14) le strutture coperte, in termini percentuali;
- 15) l'organizzazione del servizio di gestione dell'impianto.

Come può evincersi i primi due gruppi di fattori consentono, come detto, un accertamento dello stato iniziale del sito e dell'ambiente circostante che verrà interessato dall'opera; con il terzo gruppo si

possono desumere, invece, gli effetti dell'opera durante l'esercizio permanente.

Stima dei fattori d'impatto

Per ognuno dei fattori precedentemente elencati sono stati ipotizzati più casi, rappresentativi di diverse situazioni con definite caratteristiche; a ciascuno di detti casi è stato assegnato un valore (magnitudo) compreso nell'intervallo, normalizzato, tra 0 e 1, secondo la presumibile entità degli effetti prodotti sull'ambiente: tanto maggiore è il danno ipotizzato, tanto più alta sarà la magnitudo attribuita. I criteri seguiti nella scelta così come nella stima delle diverse situazioni prospettate, tengono conto degli usuali parametri di progettazione e delle modalità di esercizio per questa tipologia d'opera, nel rispetto della normativa vigente in materia di tutela delle acque dall'inquinamento. I valori proposti, pertanto, sono stati calibrati verificando le diverse condizioni di progetto di un impianto di depurazione di acque reflue. Nelle Tabelle 1/A,B,C, sono raccolte le singole situazioni afferenti ai diversi fattori e le "magnitudo" ad esse attribuite. Va evidenziato che a nessuna situazione corrisponde il valore 0 in quanto si ritiene che, qualunque sia l'area prescelta ed a prescindere dai criteri progettuali seguiti, a seguito della realizzazione dell'opera, si verranno a determinare, comunque, conseguenze sull'ambiente.

FATTORI		CONDIZIONI PROGETTUALI	MAGNITUDO
Caratteristiche del sito	1) Localizzazione	Area produttiva	[1] 0,60
		Terreno naturale	[2] 0,80
		Terreno agricolo	[3] 0,90
		Periferia urbana	[4] 1,00
	2) Distanza dai centri abitati	≥ 2.000 m	[1] 0,15
		2.000 m ÷ 1.000 m	[2] 0,15 ÷ 0,50
		1.000 m ÷ 500 m	[3] 0,50 ÷ 0,80
		≤ 500 m	[4] 1,00
	3) Esposizione (visibilità)	Non visibile	[1] 0,20
		Visibile da strade principali	[2] 0,50
Visibile da centri abitati		[3] 0,80	

Tabella 1A – Indici di sensibilità caratteristici (magnitudo: 0 ÷ 1) afferenti diverse condizioni sitologiche.

FATTORI		CONDIZIONI PROGETTUALI	MAGNITUDO
Caratteristiche del contesto ambientale	4) Viabilità	Strade a bassa densità di traffico	[1] 0,15
		Strade che interessano aree produttive	[2] 0,30
		Strade ad alta densità di traffico che non interessano centri urbani	[3] 0,60
		Strade ad alta densità di traffico che interessano centri urbani	[4] 0,90
	5) Corpo recettore	Corpo idrico a rapido ricambio (acque lotiche)	[1] 0,35
		Corpo idrico a debole ricambio (acque lentiche)	[2] 0,85
	6) Uso dei corpi idrici a valle dello scarico	Nessuno	[1] 0,15
		Paesaggistico	[2] 0,25
		Irriguo	[3] 0,40
		Ittico	[4] 0,60
Ricreazionale		[5] 0,75	
Potabile		[6] 0,95	

Tabella 1B – Indici di sensibilità caratteristici (magnitudo: 0 ÷ 1) afferenti diversi contesti ambientali.

FATTORI		CONDIZIONI PROGETTUALI	MAGNITUDO
Caratteristiche dello scarico e delle tecnologie di trattamento	7) Potenzialità dell'impianto (Abitanti Equivalenti serviti)	≤ 2.000 A.E.	[1] 0,15
		2.000 A.E. ÷ 10.000 A.E.	[2] 0,15 ÷ 0,50
		10.000 A.E. ÷ 100.000 A.E.	[3] 0,50 ÷ 0,80
		≥ 100.000 A.E.	[4] 0,95
	8) Tipo di refluo	Domestico od Assimilabile	[1] 0,20
		Urbano	[2] 0,60
		Industriale	[3] 1,00
	9) Sistema di aerazione	Biofiltri o Letti percolatori (biomassa adesa)	[1] 0,20
		Fanghi attivi ad aerazione sommersa (biomassa sospesa)	[2] 0,50
		Fanghi attivi ad aerazione superficiale (biomassa sospesa)	[3] 0,85
	10) Produzione biogas	No	[1] 0,30
		Si	[2] 0,75
	11) Trattamento fanghi	Disidratazione meccanica	[1] 0,50
		Essiccamento termico	[2] 0,60
		Incenerimento	[3] 0,85
Compostaggio od Essiccazione naturale		[4] 0,90	
12) Smaltimento fanghi	Eliminazione come ceneri	[1] 0,10	
	Riutilizzo agronomico	[2] 0,30	
	Discarica	[1] 0,75	
13) Strutture fuori terra (percentuale)	≤ 30 %	[1] 0,20	
	30 % ÷ 60 %	[2] 0,20 ÷ 0,60	
	≥ 60 %	[3] 0,85	
14) Strutture coperte (percentuale)	≥ 60 %	[1] 0,20	
	60 % ÷ 30 %	[2] 0,20 ÷ 0,60	
	≤ 30 %	[3] 0,85	
15) Organizzazione del servizio di gestione dell'impianto	Efficiente e continua	[1] 0,15	
	Efficiente e saltuaria	[2] 0,40	
	Scarsa	[3] 0,80	

Tabella 1C – Indici di sensibilità caratteristici (magnitudo: 0÷1) afferenti diverse condizioni tecnologiche.

Individuazione dell'influenza ponderale di ciascun fattore sulle componenti ambientali

Ciascuna delle componenti ambientali, investite dall'opera, è diversamente interessata dai fattori citati, potendosi avere correlazioni sia nulle (0), nel caso di assenza di correlazione, che massime, nel caso di correlazione stretta: tra questi due casi estremi possono stabilirsi livelli intermedi di correlazione. Il metodo per la determinazione dell'influenza ponderale (*importanza*) utilizzato è quello indicato dall'Istituto Battelle (N. Dee et Al., 1972) che prevede una tecnica di confronto a coppie (*matrice consistente*) dei parametri, in modo da determinare l'importanza relativa a due a due (L. Fanizzi et Al., 2010). Si considera, quindi, una terna di parametri (*livelli di correlazione*) non nulli: A, B e C ed un totale dei pesi da attribuire pari ad 1,00. Detto A, il livello di correlazione elevato (*influenza massima con valore assegnato pari ad 1,00*) e, poi, a seguire il livello B ed il livello C, si procede, dapprima quantificando la significatività di B rispetto ad A, con valore variabile tra 0 ed 1,00 (pari a 0,50, assegnando un'importanza pari alla metà) e, infine, quella di tipo C (*livello di correlazione minimo*), rispetto a B, con la stessa metodologia (considerando un giudizio d'importanza di ½ rispetto a B ed attribuendo a C il valore 0,25). Tenendo conto che la somma dei pesi deve essere uguale ad 1,00, la loro attribuzione numerica si

effettua come segue:

$$A = \frac{1}{1,75} = 0,57; B = \frac{0,50}{1,75} = 0,29; C = \frac{0,25}{1,75} = 0,14$$

$$\text{con } A + B + C = 1,00 \quad (1)$$

Assumendo, parimenti, uguale ad 1,00 l'influenza complessiva di tutti i fattori su ciascuna componente, il summenzionato valore si distribuisce, tra i fattori medesimi, proporzionalmente al relativo grado di correlazione. Ciò permette di confrontare le diverse componenti fra loro. Ne consegue che, per una componente, i valori dell'influenza ponderale, di ogni fattore, vanno desunti dalla seguente equazione:

$$P_i = \frac{V_i \cdot \sum P_i}{\sum V_i} \text{ con } = 1,00 \quad (2)$$

dove:

V_i = 0,57, 0,29, 0,14 sono i singoli valori numerici dei corrispondenti livelli di correlazione (A, B e C), attribuiti agli n fattori d'impatto associati al progetto, per ciascuna delle m componenti ambientali interessate all'interazione;

$\sum V_i$ è la somma di tutti gli n valori di correlazione, valutata per ciascuna delle m componenti ambientali.

Fattori	Caratteristiche sitologiche			Caratteristiche del contesto ambientale			Caratteristiche qualitative dello scarico e delle tecnologie di trattamento								
	Localizzazione	Distanza dai centri abitati	Esposizione	Viabilità	Corpo riceettore	Uso dei corpi idrici a valle dello scarico	Potenzialità dell'impianto	Tipo di reflujo	Sistema di aerazione	Produzione biogas	Trattamento fanghi	Smaltimento fanghi	Strutture fuori terra	Strutture coperte	Organizzazione del servizio di gestione
Suolo e sottosuolo	A 0,57	A 0,57	O 0,00	O 0,00	O 0,00	O 0,00	A 0,57	B 0,29	O 0,00	O 0,00	O 0,00	A 0,00	O 0,00	O 0,00	O 0,00
Atmosfera	O 0,00	B 0,29	O 0,00	O 0,00	O 0,00	O 0,00	A 0,57	A 0,57	B 0,29	A 0,57	B 0,29	O 0,00	O 0,00	C 0,14	B 0,29
Ambiente idrico	O 0,00	C 0,14	O 0,00	O 0,00	A 0,57	A 0,57	A 0,57	A 0,57	C 0,14	B 0,29	O 0,00	O 0,00	O 0,00	O 0,00	A 0,57
Rumore e Vibrazioni	O 0,00	A 0,57	O 0,00	B 0,29	O 0,00	O 0,00	A 0,57	C 0,14	C 0,14	O 0,00	O 0,00	O 0,00	O 0,00	A 0,57	B 0,29
Salute pubblica	O 0,00	A 0,57	O 0,00	O 0,00	O 0,00	O 0,00	A 0,57	A 0,57	A 0,57	O 0,00	O 0,00	O 0,00	O 0,00	C 0,14	C 0,14
Ecosistemi	A 0,57	B 0,29	O 0,00	A 0,57	O 0,00	A 0,57	A 0,57	B 0,29	O 0,00	B 0,29	O 0,00	B 0,29	O 0,00	O 0,00	C 0,14
Paesaggio	O 0,00	C 0,14	A 0,57	B 0,29	O 0,00	O 0,00	A 0,57	O 0,00	O 0,00	O 0,00	O 0,00	O 0,00	A 0,57	O 0,00	C 0,14

Tabella 2 – Matrice delle influenze ponderali di ciascun fattore su ogni componente ambientale.

Raccolta dei dati e quantificazione in base alla scala valoriale

Seguendo il criterio sopra esposto s'individuano e ponderano le influenze dirette di ogni fattore su ciascuna componente, escludendo quelle indirette o per così dire del secondo ordine, indotte, cioè, dalla modificazione di una componente ambientale. I risultati che ne conseguono, riassunti con il loro valore nella **Tabella 2**, sono raccolti in una matrice rettangolare di ordine di $m \times n$ ossia di 7 righe e 15 colonne, tante quante sono, rispettivamente, le componenti ambientali ed i fattori d'impatto citati.

Dalla summenzionata matrice si evince che la qualità degli *ecosistemi* è la componente ambientale su cui hanno influenza il maggior numero di fattori (9 su 15), seguita dall'*ambiente idrico* e dall'*atmosfera* (8 su 15). Quanto sopra non sta a significare che la qualità degli *ecosistemi* sarà sempre la più danneggiata tra le varie componenti ambientali, in quanto ciò dipenderà dall'esame del singolo caso, ma pone in evidenza che essa è, comunque, la più esposta agli effetti di un impianto di depurazione delle acque reflue.

Valutazione degli impatti elementari

Definite le influenze ponderali P_i di ciascun fattore, su ogni componente ambientale che, come detto, assumono validità generale qualunque sia l'impianto di trattamento acque da esaminare, attribuiti a tutti i fattori quei valori di magnitudo M_i , legati al caso particolare, il prodotto $P_i \cdot M_i$ fornisce il contributo del singolo fattore all'impatto, su di una componente. Alla valutazione di ciascun impatto elementare I_e si perviene, quindi, attraverso l'espressione (L. Mendia et Al., 1985):

$$I_e = \sum_i^n P_i \cdot M_i \quad (3)$$

dove:

I_e = impatto elementare su di una componente ambientale;

P_i = influenza ponderale del fattore d'impatto i -esimo su di una componente;

M_i = magnitudo del fattore i -esimo (valore indice di sensibilità).

L'insieme degli impatti elementari rappresenta l'impatto complessivo dell'opera sul sistema ambientale nella sua globalità. La valutazione degli impatti elementari può essere ottenuta con il metodo di analisi matriciale, come prodotto della matrice delle influenze ponderali $[P]$ di ordine 7×15 , per la matrice colonna delle magnitudo $[M]$ di ordine 15×1 .

Il risultato di tale prodotto fornisce la matrice colonna degli impatti elementari $[I_e]$ di ordine 7×1 (vedi **Tabella 3**).

$m \times n$		$m \times 1$		$n \times 1$
$\begin{bmatrix} 1,1 & 1,2 & 1,3 & \dots & 1,15 \\ 2,1 & 2,2 & 2,3 & \dots & 2,15 \\ 3,1 & 3,2 & 3,3 & \dots & 3,15 \\ 4,1 & 4,2 & 4,3 & \dots & 4,15 \\ 5,1 & 5,2 & 5,3 & \dots & 5,15 \\ 6,1 & 6,2 & 6,3 & \dots & 6,15 \\ 7,1 & 7,2 & 7,3 & \dots & 7,15 \end{bmatrix}$	·	$\begin{bmatrix} 1,1 \\ 2,1 \\ 3,1 \\ 4,1 \\ 5,1 \\ 6,1 \\ 7,1 \\ 15,1 \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} 1,1 \\ 2,1 \\ 3,1 \\ 4,1 \\ 5,1 \\ 6,1 \\ 7,1 \end{bmatrix}$
$[P]$		$[M]$		$[I_e]$

Tabella 3 – Matrice $[I_e]$ come prodotto matriciale $[P] \cdot [M]$.

Componenti ambientali		Importanza Relativa P_i	Valore Funzione Qualità' Q_i	Valore Elementare Indice $P_i \cdot Q_i$
1	Suolo e Sottosuolo	0,30	0,80	0,24
2	Atmosfera	0,20	0,35	0,07
3	Ambiente Idrico	0,20	0,40	0,08
4	Rumore e Vibrazioni	0,10	0,60	0,06
5	Salute pubblica	0,10	0,50	0,05
6	Ecosistemi	0,05	0,55	0,03
7	Paesaggio	0,05	0,75	0,04
Indici globali		$\Sigma_i = 1,00$		$EQI = \Sigma_i (P_i \cdot Q_i) = 0,57$

Tabella 4 – Matrice di calcolo dell'indice sintetico EQI del NWF (A. Zeppetella et Al., 1993).

Valutazione sintetica della qualità ambientale (EQI)

Nella valutazione delle funzioni sintetiche di qualità ambientale, tenendo sempre in considerazione le sette macrocategorie: *Suolo e Sottosuolo, Atmosfera, Ambiente Idrico, Rumore e Vibrazioni, Salute pubblica, Ecosistemi e Paesaggio*; se ne stabiliscono i valori qualitativi iniziali con l'ausilio di carte tematiche ed a seguito d'indagini analitiche sull'area territoriale in esame, attribuendo, per ciascuna componente ambientale, il livello che ne rispecchia la specifica sensibilità (L. Fanizzi et Al., 2002). La normalizzazione avviene rapportando i giudizi su una scala variante da **0** a **1**, in cui lo zero corrisponde al "**disastro ambientale**", mentre l'uno all'equilibrio ideale "**azione antropica/ ambiente**". Il passo successivo consiste in una ponderazione che rifletta l'importanza relativa delle risorse, indispensabili alla vita, nella qualità ambientale interamente considerata; il totale dei pesi da ripartire è pari a 1,00. Il computo dell'indice di qualità globale EQI del NWF (*Environmental Quality Index* del National Wildlife Federation; T. L. Kimball, 1972) avviene, quindi, sommando i prodotti dei punteggi di qualità per le importanze relative (*coefficienti di ponderazione* P_i); se tutte le componenti considerate presentassero situazioni ideali, il valore assunto dall'indice sarebbe 1,00 (Tabella 4). Applicando, dunque, il modello:

$$EQI = \Sigma_i (P_i \cdot Q_i) \quad (4)$$

ove:

i = indicatore subordinato alla i -esima componente ambientale;
 P_i = Importanza relativa della i -esima componente ambientale;
 Q_i = valore della funzione qualità della i -esima componente ambientale,

si ottiene il *valore ambientale iniziale e/o potenziale* (EQI) globale dell'area territoriale esaminata.

Variatione qualitativa delle componenti ambientali

Per il calcolo dei valori ambientali modificati (EQI_{mi}) e delle variazioni percentuali delle qualità ambientali Δ_i (B. Galletta et Al., 1992):

$$EQI_{mi} = EQI_i \cdot \Delta_i \quad (5)$$

il metodo si basa sul calcolare l'incidenza provocata dall'opera, sul solo livello di massima qualità della componente, ed esprimerlo in modificazione percentuale (della qualità iniziale), facilmente calco-

labile, quindi, per tutte le componenti, tramite una funzione logistica non lineare (Tabella 5), del tipo (J. Maynard Smith, 1975):

$$\Delta_i = \frac{k}{(1 + a \cdot e^{-b \cdot I_e})} \quad (6)$$

ove:

Δ_i = *variazione percentuale* del valore iniziale della i -esima componente ambientale;

k = 1,00 Capacità portante (cd *Carrying capacity*) del sistema naturale;

a = 50,90 parametro influenzante la *pendenza* della curva logistica (S. Menghini, 2006);

b = 7,40 parametro influenzante il *valore centrale* della curva logistica nell'intervallo di ammissibilità [0,1] (S. Menghini, 2006);

I_e = valore dell'*impatto elementare* sulla i -esima componente ambientale.

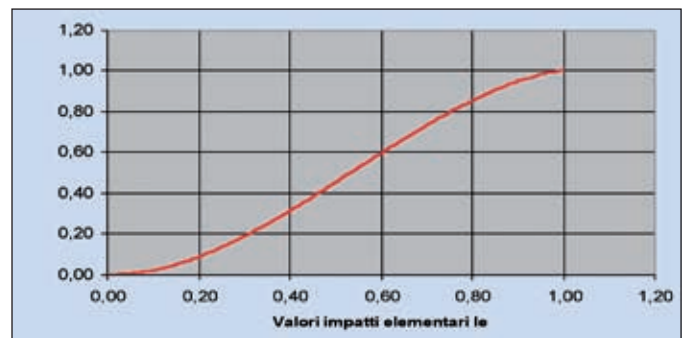


Tabella 5 – Funzione di correlazione logistica fra impatti elementari I_e e decrementi qualitativi Δ_i .

La differenza D , dei summenzionati valori qualitativi, permette, quindi, di valutare quello della variazione ambientale globale, subita dal sistema, tra il valore di sensibilità iniziale e lo stesso modificato dall'intervento (*sintesi di compatibilità ambientale*; V. Bettini et Al., 2000):

$$D = EQI - EQI_{mi} \quad (7)$$

Esempio applicativo

Sono di seguito riportati i dati relativi ad un impianto di depurazione di acque reflue in cui sono trattati gli **scarichi urbani** di un **agglomerato**, ubicato nell'area periferica della città. La popolazione servita, all'attualità, in termini di abitanti equivalenti, assomma a circa **25.000 A.E.**, che producono, giornalmente, un volume idrico pari a 5.000 m³/giorno.

In riferimento all'incidenza spazio temporale dell'intervento ed alla luce dell'alternativa presa in esame, il sito adibito all'impianto di trattamento è localizzato in un'area di sviluppo industriale (**a produttiva**), posta a quota + 10,00 metri s.l.m. Essa **non è visibile dai centri abitati e da strade principali**; è distante circa **1,50 Km** dai primi nuclei abitati; è servita da **strade che interessano aree produttive che non interessano il centro urbano** ed è lontana da corpi d'acqua superficiali (*mare o fiumi*). Accertata l'impossibilità tecnica, a fronte dei benefici ambientali conseguibili, a recapitare in corpi idrici superficiali, nell'eccezionalità, ammessa dalla norma, lo scarico è effettuato **sul suolo**. Gli usi locali dei corpi idrici, di tipo lentico (*acque sotterranee*), a valle dello scarico, sono per lo più **di tipo irriguo**.

Per l'impianto in esame si è ipotizzato un **sistema a fanghi attivi (biomassa sospesa) ad aerazione sommersa** (con una tipologia di *diffusione a bolle fini*) ed a digestione aerobica (**assenza di digestore anaerobico e produzione di biogas**), con trattamento di **disidratazione meccanica dei fanghi**. Il fango è *normalmente riutilizzato a fini agronomici*. Si è supposto di realizzare un impianto che presenti sia il minor impatto visivo possibile, in termini d'ingombro e soprattutto di altezza delle strutture (**percentuale fuori terra \cong 40 %**) sia il minor impatto possibile da rumori e vibrazioni, mediante confinamento strutturale (**percentuale strutture coperte \cong 30 %**). Da ultimo s'ipotizza, altresì, un **efficiente e continua organizzazione preposta al servizio di gestione dell'impianto**. Acquisite, così, tutte le informazioni sulle caratteristiche dell'opera in esame, utilizzando il prospetto riassuntivo di cui alle **Tabelle 1/A,B,C**, le corrispondenze tra i fattori e la loro *magnitudo*, sono raccolte sotto forma di matrice colonna costituita da 15 righe ed 1 colonna (vedi **Tabella 6**). A questo punto, si sviluppano i sistemi di equazione per ogni componente (vedi **Tabelle 8/A,B**).

FATTORI		Grado di Magnitudo M_i
Sito	1) Localizzazione	0,60
	2) Distanza dai centri abitati	0,33
	3) Esposizione (visibilità)	0,20
Ambiente	4) Viabilità	0,30
	5) Corpo recettore (tipo di ricambio idrico)	0,85
	6) Uso dei corpi idrici a valle dello scarico	0,40
Refluo e Tecnologie	7) Potenzialità	0,55
	8) Tipo di refluo	0,60
	10) Produzione biogas	0,30
	11) Trattamento fanghi	0,50
	12) Smaltimento fanghi	0,30
	13) Strutture fuori terra	0,42
	14) Strutture coperte	0,60
	15) Servizio di gestione	0,15

Tabella 6 – Matrice colonna delle magnitudo [M] dei fattori per il caso in esame.

Per i fattori, a grado di magnitudo *non univoco*, si è fatto ricorso alle funzioni lineari segmentate "a punti di controllo", del tipo:

$$\begin{aligned}
 & \text{se } x \leq a \text{ (punto di controllo)} && 0,00 && \text{se} \\
 & \text{se } a < x < b && M_i = a + m \cdot x && \text{se} \\
 & \text{se } x \geq b \text{ (punto di controllo)} && 1,00 && \text{se}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

di cui alle **Tabelle 7/A,B,C,D** (S. Menghini, 2006); dove al livello crescente di sensibilità, corrisponde l'effettivo grado di magnitudo da assegnarsi per il calcolo del contributo d'impatto ambientale.

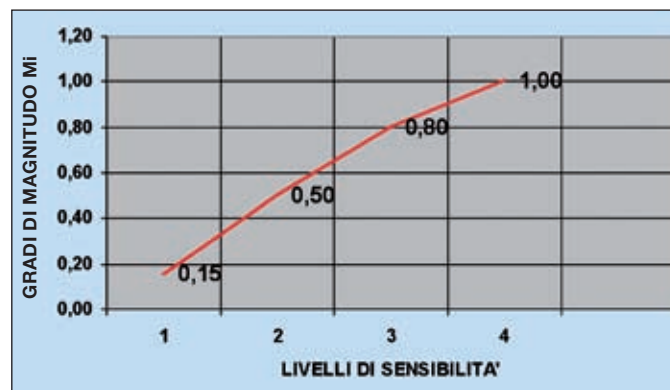


Tabella 7A – Funzione: Distanza centri abitati.



Tabella 7B – Funzione: Potenzialità dell'impianto.

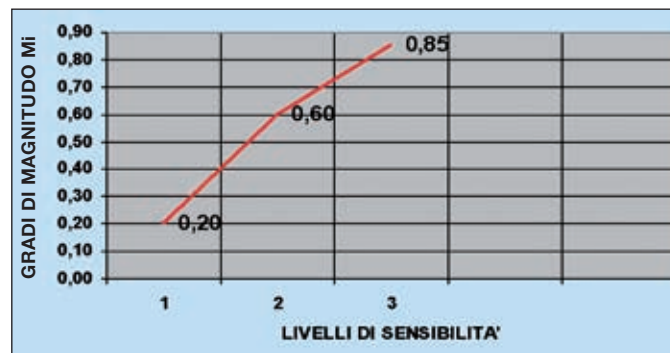


Tabella 7C – Funzione: Strutture fuori terra.

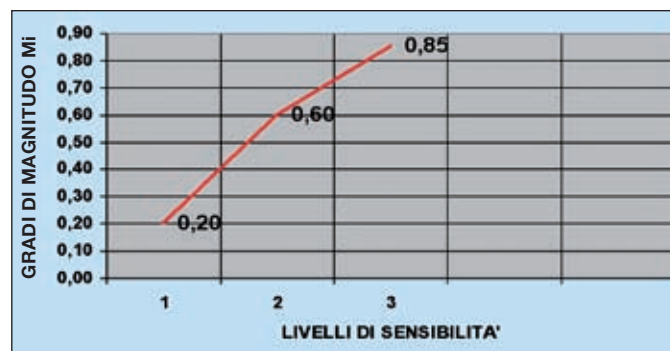


Tabella – Funzione: Strutture coperte.

COMPONENTE		SUOLO E SOTTOSUOLO		
FATTORI	Livelli di correlazione V_i	Valori d'influenza $P_i = \frac{V_i \cdot \sum P_i}{\sum V_i}$	Magnitudo stimata M_i	Contributi d'impatto $(P_i \cdot M_i)$
1 Localizzazione	0,57	0,285	0,60	0,171
2 Distanza centri	0,57	0,285	0,33	0,094
3 Esposizione	0,00	0,000	0,20	0,000
4 Viabilità	0,00	0,000	0,30	0,000
5 Corpo recettore	0,00	0,000	0,85	0,000
6 Uso corpi idrici	0,00	0,000	0,40	0,000
7 Potenzialità	0,57	0,285	0,55	0,157
8 Tipo di refluo	0,29	0,145	0,60	0,087
9 Sistema d'aerazione	0,00	0,000	0,50	0,000
10 Produzione biogas	0,00	0,000	0,30	0,000
11 Trattamento fanghi	0,00	0,000	0,50	0,000
12 Smaltimento fanghi	0,00	0,000	0,30	0,000
13 Strutture fuori terra	0,00	0,000	0,42	0,000
14 Strutture coperte	0,00	0,000	0,60	0,000
15 Servizio di gestione	0,00	0,000	0,15	0,000
	$\sum_i V_i = 2,00$	$\sum_i P_i = 1,00$		$I_e = \sum_i (P_i \times M_i) = 0,51$

Tabella 8/A – Tabella valori dei contributi fattoriali e dell'impatto elementare specifico.

COMPONENTI AMBIENTALI	VALORI IMPATTI ELEMENTARI		
	MINIMI	PREVISTI	MASSIMI
1 Suolo e sottosuolo	0,29	0,51	0,99
2 Atmosfera	0,23	0,45	0,89
3 Ambiente idrico	0,21	0,48	0,90
4 Rumore e Vibrazioni	0,17	0,44	0,91
5 Salute pubblica	0,18	0,48	0,94
6 Ecosistemi	0,23	0,42	0,92
7 Paesaggio	0,18	0,36	0,88

Tab. 8/B – Matrice colonna degli impatti elementari generati dalla costruzione dell'impianto.

Nella **Tabella 8/B**, oltre ai valori degli impatti elementari, ingenerati dalla costruzione dell'impianto di trattamento delle acque reflue urbane, sono altresì riportati, per ogni componente ambientale, i corrispondenti valori minimi e massimi, ottenuti con l'impiego, rispettivamente, delle magnitudo minime e massime di ogni fattore. Va evidenziato che alla componente "Suolo e Sottosuolo" compete l'impatto più elevato pari a 0,51, valore circa doppio rispetto alla condizione meno sfavorevole (0,29) ma comunque lontano dalla situazione più pregiudizievole per l'ambiente. Per le restanti componenti, i cui valori d'impatto sono compresi tra 0,36 e 0,48, si può ritenere che l'opera v'incida in eguale misura con entità comunque modesta se rapportato ai valori massimi della summenzionata tabella.

In sintesi, attese le condizioni ambientali esistenti ed i criteri progettuali assunti (**Tabella 9**), la realizzazione dell'impianto di depurazione di acque reflue è compatibile con il sistema ambientale in cui esso s'inserisce.

Conclusioni

Su tutte le applicazioni numeriche della valutazione d'impatto ambientale, compresa quella a matrici d'interazione, così come descritte, la più pesante critica di soggettività ed aleatorietà, resta il momento e la metodologia d'attribuzione dei pesi d'importanza (R. Vismara, 2001). D'altro canto non è evitabile, né sarebbe corretto, attribuire la stessa importanza a tutte le componenti ambientali. Ciò che appare essenziale sottolineare, ad ogni modo, è che la procedura dei pesi sia *giustificata* (*giustificando*, cioè, ogni singolo criterio di pesatura).

Bibliografia

- (1) T. L. Kimball (1972) "Why Environmental Quality Indices", in W. A. Thomas (a cura di), *Indicators of Environmental Quality*, Plenum Press, New York;
- (2) N. Dee, J.K. Baker, N.L. Drobny, K.M. Duke e D.C. Fabringer (1972) "Environmental Evaluation System for Water Resource Plan-

COMPONENTI AMBIENTALI	VALORI ELEMENTARI INDICI INIZIALI EQI_i	VALORI I_e	VALORI Δ_i	VALORI ELEMENTARI INDICI MODIFICATI $EQI_{mi} = \Delta_i \times EQI_i$	DIFFERENZA INDICI DI QUALITA' $EQI_i - EQI_{mi}$
1 Suolo e Sottosuolo	0,24	0,51	0,46	0,11	0,13
2 Atmosfera	0,07	0,45	0,35	0,02	0,05
3 Ambiente Idrico	0,08	0,48	0,41	0,03	0,05
4 Rumore e Vibrazioni	0,06	0,44	0,34	0,02	0,04
5 Salute pubblica	0,05	0,48	0,41	0,02	0,03
6 Ecosistemi	0,03	0,42	0,31	0,01	0,02
7 Paesaggio	0,04	0,36	0,22	0,01	0,03
Indici globali	$EQI = \sum_i EQI_i = 0,57$			$EQI_m = \sum_i EQI_{mi} = 0,24$	D = 0,35

Tabella 9 – Matrice di calcolo della differenza D fra i valori degli indici sintetici EQI ed EQIm.

- ning”, Battelle Columbus Laboratories, Report N° 208822, Columbus, Ohio;
- (3) J. Maynard Smith (1975): “L'ecologia e i suoi modelli”, Ed. EST Mondadori, Milano;
- (4) L. Mendia, G. d'Antonio e P. Carbone (1985) “Valutazione dell'impatto ambientale della discarica controllata di Monteruscello”, in *Ingegneria Sanitaria*, n. 4/luglio-agosto, Ed. ANDIS, Roma;
- (5) L. Mendia, G. d'Antonio e P. Carbone (1985) “Principi e metodologie per la valutazione dell'impatto ambientale”, in *Ingegneria Sanitaria*, n. 3/maggio-giugno, Ed. ANDIS, Roma;
- (6) B. Galletta, M.A. Gandolfo, U. Iannazzi e G.P. Buti (1992) “Un metodo per la valutazione di impatto ambientale”, Ed. DEI, Roma;
- (7) A. Zeppetella, M. Bresso, G. Gamba (1993) “Valutazione ambientale e processi di decisione”, Ed. NIS, Roma;
- (8) V. Bettini, L. W. Canter, L. Ortolano (2000) “Ecologia dell'impatto ambientale”, Ed. UTET Università, Novara;
- (9) R. Vismara (2001) “Protezione ambientale”, Ed. ESSELIBRI, Napoli;
- (10) L. Fanizzi e S. Misceo (2002) “Gli indici di qualità delle componenti ambientali abiotiche: aria, acqua e suolo”, in *L'Ambiente*, n. 6, Ed. RANIERI, Milano;
- (11) S. Menghini (2006) “Risorse naturali e ambiente strumenti di valutazione”, Ed. Franco Angeli, Milano;
- (12) L. Fanizzi e S. Misceo (2010) “L'applicazione dell'analytic hierarchy process (AHP) nella valutazione ambientale iniziale (VAI)”, in *L'Ambiente*, n. 3, Ed. ICS, Milano.