

L'ACQUA E L'UOMO

L'ACQUA E I PROCESSI PRODUTTIVI

Le acque per uso industriale e agricolo

Prof. Fabio Conti
Straordinario di Ingegneria Sanitaria e Ambientale

Incontro del 10 Maggio 2004

Le acque per uso industriale e agricolo

Introduzione

Il Decreto Legislativo 152/99, e successive integrazioni (DLgs 258/2000), che ha recepito le direttive 91/271/CEE e 91/676/CEE, fissa gli obiettivi di tutelare e migliorare la qualità delle acque e di conseguire un equilibrio del bilancio idrico tra fabbisogno e disponibilità della risorsa, intensificando il risparmio di quella più pregiata nonché il riciclo e il riuso delle altre acque. Le finalità sono perseguite attraverso gli obiettivi di qualità ambientale, i limiti agli scarichi, un corretto sistema fognario e un uso oculato della risorsa.

Il Decreto Legislativo 152/99 sposta l'attenzione dal controllo del singolo scarico alla considerazione del complesso delle attività che possono pregiudicare la qualità delle acque e calibra l'intervento di prevenzione e risanamento sulle esigenze e sulle caratteristiche del corpo idrico.

All'interno della gestione integrata delle risorse idriche assume un ruolo rilevante di conservazione e protezione il recupero e riutilizzo delle acque reflue.

IL Decreto n. 185 del 12/06/2003 definisce le linee e pone gli obiettivi per un sostanziale cambiamento nell'approccio allo sfruttamento della risorsa acqua, attuabile attraverso lo sviluppo di strumenti normativi, quali i piani di tutela delle acque e la definizione degli ambiti territoriali ottimali, e di applicazioni tecnologiche.

Il bilancio territoriale dell'acqua e la disponibilità della risorsa

Dalle stime effettuate in occasione delle due ultime campagne di studio (1970-1989) della Conferenza Nazionale delle Acque (CNA) sulla base dei dati pluviometrici del trentennio 1921-50, l'apporto globale delle piogge in Italia è stato valutato in 296 miliardi di m³/anno. Questo quantitativo di acqua si distribuisce in modo disomogeneo tra nord, centro, sud e isole maggiori (tabella 1) [1].

I fenomeni naturali di evaporazione ed evapotraspirazione comportano una perdita di circa 132 miliardi di m³, per cui il deflusso totale è stimato dalla CNA in circa 164 miliardi di m³/anno (il dato EUROSTAT è superiore di 11 miliardi di m³).

Le perdite naturali, la difficoltà di captazione e lo stato delle infrastrutture che costituiscono la rete idrica riducono la disponibilità di acqua dai 164 miliardi di m³ annui teoricamente disponibili ai circa 52 miliardi di m³ realmente utilizzabili (il dato EUROSTAT è di 56 miliardi di m³) (figura 1).

I dati riportati possono utilmente confrontarsi con il deflusso medio annuo del Po, pari a 47 miliardi di m³ e il volume del Lago di Garda pari a 49 miliardi di m³. Le caratteristiche morfologiche e geologiche del territorio nazionale e la presenza di estesi acquiferi calcarei e alluvionali favoriscono l'accumulo di ingenti quantitativi di acque nel sottosuolo, il cui ammontare è molto controverso, con stime che variano da 5 a 12 -13 miliardi di m³. La disponibilità di acque superficiali è stimata in circa 40 miliardi di m³, di cui circa 10 miliardi

di m³ accumulate in invasi naturali ed artificiali. La distribuzione delle risorse per compartimenti idrografici è molto disomogenea, con una elevata percentuale di risorse utilizzabili al Nord (65%) rispetto a quelle disponibili sia di acque superficiali che sotterranee, contro il 15% nelle Regioni centrali, il 12% nelle Regioni meridionali ed il 4% in entrambe le isole maggiori (tabella 1).

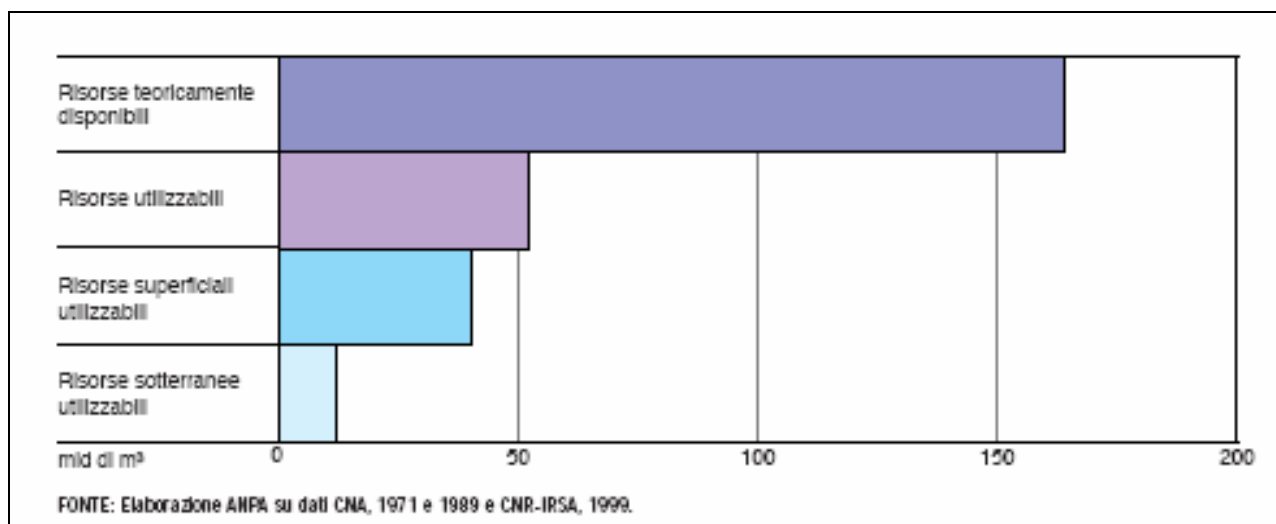


Figura 1: Disponibilità di risorse idriche rinnovabili in Italia (miliardi di m³)

Tabella 1: Stima delle risorse idriche disponibili per compartimenti idrografici (milioni di m³)

Compartimento	Precipitazioni	Acque superficiali con regolamentazione	Acque sotterranee	Risorse rinnovabili utilizzabili	% delle risorse totali utilizzabili rispetto alle risorse disponibili
NORD (Bacino Po, Triveneto, Liguria)	121.000	27.420	6.496	33.925	65
CENTRO (Romagna, Marche, Toscana, Lazio, Abruzzo, Molise)	77.600	5.391	2.434	7.825	15
SUD (Puglia, Campania, Calabria, Lucania)	60.400	4.274	1.849	6.123	12
SARDEGNA	18.300	1.841	217	2.058	4
SICILIA	18.800	738	1.151	1.889	4
ITALIA	296.100	39.673	12.147	51.820	100

Fonte: Elaborazione ANPA su dati CNR, 1971 e 1989 e CNR-IRSA, 1999.

I prelievi, la distribuzione e gli usi

Il Rapporto sullo stato dell'ambiente del 2001 mostra che il livello dei prelievi in Italia è sensibilmente superiore alla media UE. La tendenza all'aumento dei prelievi verificatasi negli anni 1975-87, con un incremento valutato nel 35%, sembra essersi consolidata negli anni successivi [1].

Lo sfruttamento delle risorse risente di una grande disomogeneità su tutto il territorio e, se rapportato alla disponibilità locale, evidenzia elementi di criticità soprattutto nel meridione e nelle isole, dove si verificano situazioni di scarsità (tabella 2).

Lo sfruttamento delle risorse è, in termini assoluti, intenso al Nord, dove si utilizza il 78% delle risorse rinnovabili disponibili nell'area (65% del totale nazionale) ma è critico nel meridione e nelle isole, dove i prelievi riguardano il 96% delle disponibilità dell'area (23% del totale nazionale). Il centro presenta una condizione di maggiore sostenibilità con l'utilizzo del 52% delle risorse disponibili.

I settori che più incidono sugli usi della risorsa idrica, e che quindi ne determinano sia il consumo sia il potenziale inquinamento sono: l'agricoltura, l'industria, l'energia, gli usi civili e, in minor misura, il turismo. Nelle Relazioni sullo Stato dell'Ambiente redatte tra il 1997 e il 2001 si sottolinea quanto segue: i maggiori prelievi globali si hanno nel Nord in tutti i settori considerati (figura 2) e l'agricoltura, sul totale nazionale, è ancora il settore più idroesigente (figura 3). I prelievi per usi diversi e pro capite sono deducibili dai dati precedenti con una certa approssimazione, in quanto i limiti dei compartimenti idrografici non sono sempre riconducibili alle ripartizioni amministrative.

Tabella 2: Intensità di utilizzo della risorsa disponibile rispetto alla disponibilità locale

Area geografica	Disponibilità nell'area (milioni m ³)	Prelievi rispetto alle Disponibilità nell'area (%)
Nord	33.925	78
Centro	7.825	52
Sud-Isole	10.058	96
Italia	51.808	78

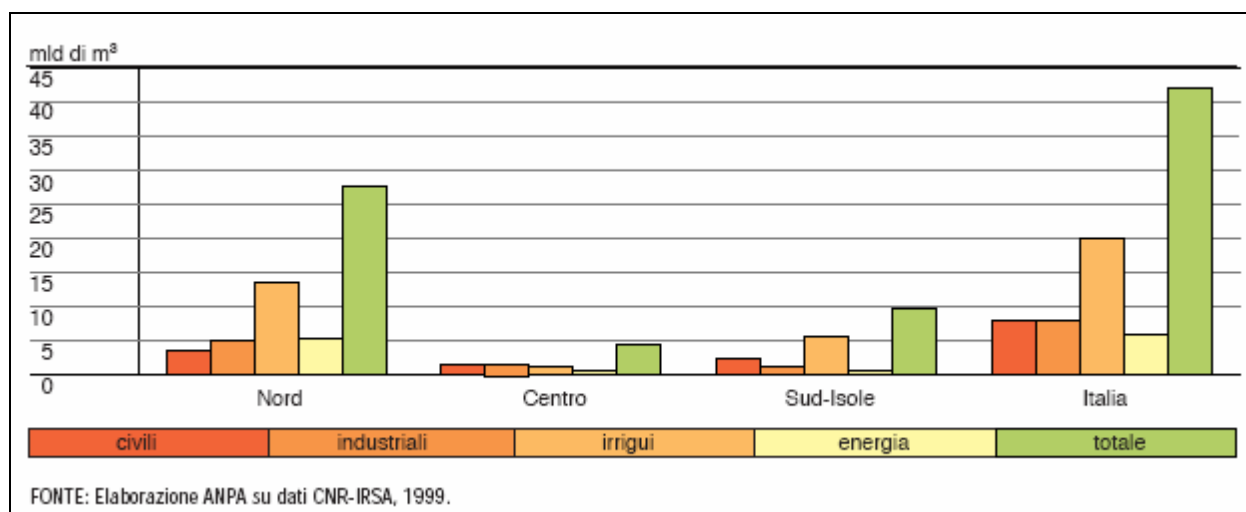


Figura 2: prelievi annui di acque dolci (miliardi di m³), 1998

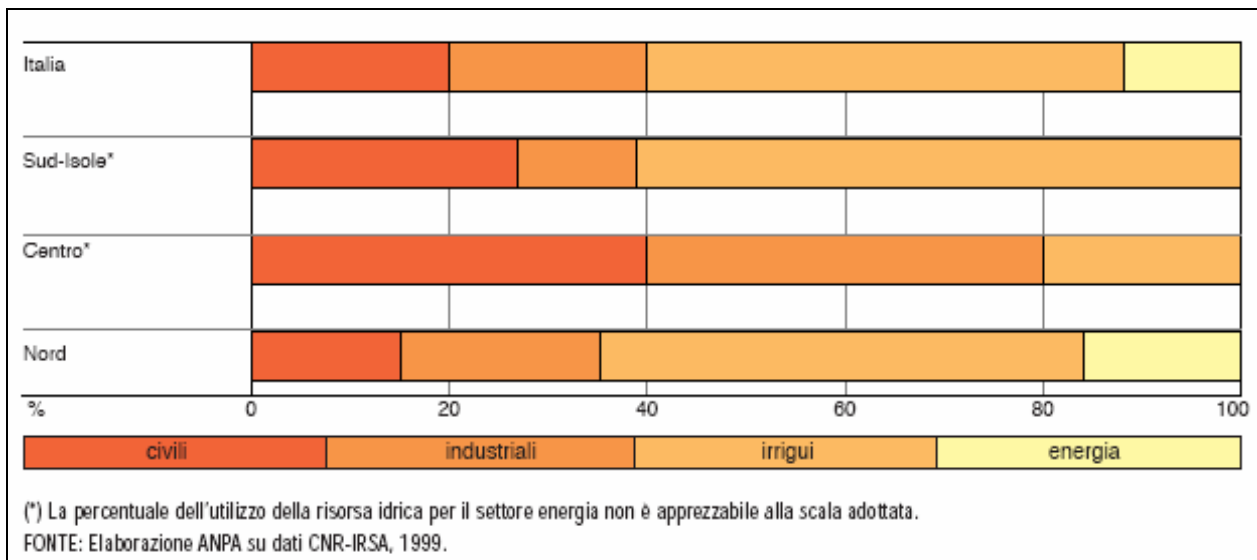


Figura 3: Ripartizione percentuale dell'utilizzo della risorsa idrica nei diversi settori per macroregioni, 1998.

In tabella 3 sono riportati i prelievi pro capite calcolati sui dati di popolazione dell'ultimo censimento ISTAT del 1991. In Italia si verifica un rilevante sfruttamento delle acque sotterranee specie per usi civili. In effetti, le acque sotterranee risultano sostanzialmente meno inquinate di quelle superficiali e quindi richiedono un minor grado di trattamento per gli usi a cui sono destinate. La produzione di acqua potabile in Italia è garantita dai prelievi di falda che rappresentano l'85% di tutti i prelievi di acqua destinata alla potabilizzazione. In particolare al Nord gli usi civili sono soddisfatti prevalentemente dalle acque di falda, (90%) mentre al Sud acquista importanza fondamentale l'uso delle acque di invasi superficiali (15-25%). In Italia, inoltre, a differenza di altri paesi dell'Unione Europea come la Spagna o dell'area mediterranea come Cipro e Malta, non si ricorre a tecnologie ormai affermate come i processi di dissalazione, che potrebbero fornire importanti risorse idriche per gli usi civili ed industriali. Il sovrasfruttamento delle acque di falda risente anche del livello delle perdite nel ciclo captazione-erogazione. I consumi pro capite possono essere analizzati a partire dai dati di prelievo e di erogazione. La differenza tra i prelievi, cioè i volumi di acqua estratti dal ciclo naturale per utilizzo umano, e i consumi civili di acque dolci, che rappresentano l'aliquota di acqua effettivamente erogata e utilizzata, consentono di stimare le rilevanti perdite nei sistemi di captazione, adduzione e distribuzione (tabella 4).

A causa della forte incidenza delle perdite nel ciclo di prelievo-immissione-erogazione, solo un 73% circa del volume totale prelevato e immesso negli acquedotti è realmente utilizzato. L'acqua addotta in Italia nel 1975 corrispondeva a circa 5,8 miliardi di m³/anno (180 m³/s pari alle portate congiunte di corsi d'acqua come l'Arno e la Dora Baltea). La quota immessa in rete corrispondeva a 5,6 miliardi di m³/anno, e di questa era erogato all'utenza un volume di 4,8 miliardi di m³/anno con una perdita del 17% rispetto all'acqua addotta. I dati del 1987, corrispondenti ad un invecchiamento delle reti di 12 anni, evidenziano un aumento di tutti i parametri considerati: acqua addotta 7,9 miliardi di m³/anno, erogata all'utenza 5,8 miliardi di m³/anno e perdite del 23% sul totale addotto. In pratica, l'incremento di acqua addotta è risultato pari alle perdite (figura 4).

Le perdite dei sistemi di captazione e distribuzione risultano tra le più alte dei Paesi europei.

Tabella 3: Prelievi di acque dolci pro capite per area e per settore (m³/ab anno)

Area geografica	Civili	Irrigui	Industriali	Energia	Totale
Nord	147	532	204	174	1.057
Centro	148	89	136	7	380
Sud-Isole	127	277	65	2	471
Italia	140	355	141	79	715

Fonte: Elaborazione ANPA su dati CNR-IRSA, 1999 e ISTAT, 1991.

Tabella 4: Erogazione annuale pro capite di acque dolci per usi civili (m³/ab anno)

Area geografica	Prelievo	Erogazione	Perdite	Erogazione/ Prelievo
Nord	147	113	34	0,77
Centro	148	104	44	0,70
Sud-Isole	127	88	39	0,70
Italia	140	102	38	0,73

Fonte: Elaborazione ANPA su dati CNR-IRSA, 1999 e ISTAT, 1991.

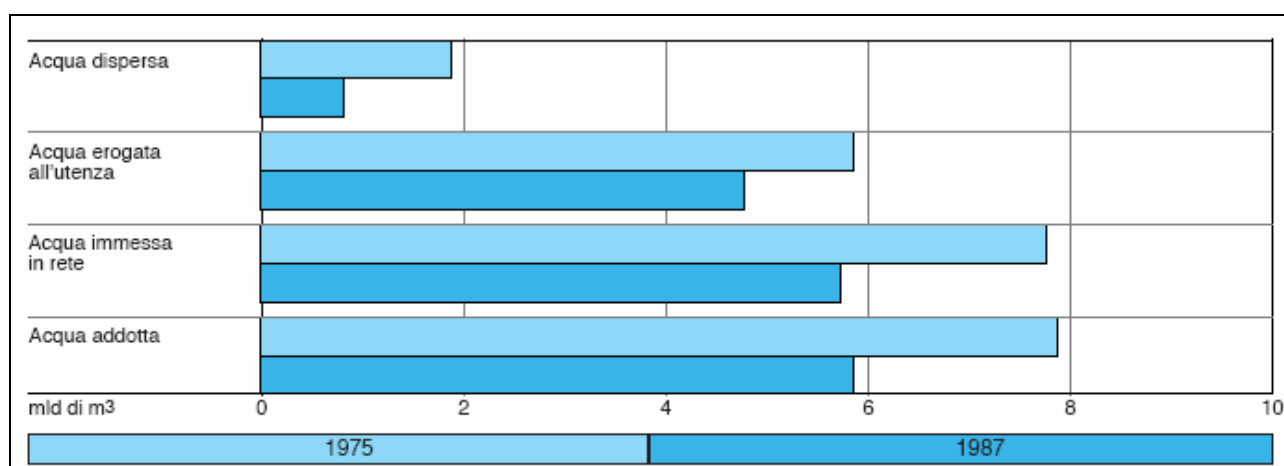


Figura 4: Rapporti tra acqua addotta, immessa in rete, realmente utilizzata e dispersa in Italia, confronto 1975-1987 (Fonte: ISTAT, 1987)

Utilizzo delle acque nei processi industriali

I diversi usi dell'acqua in campo industriale possono essere riassunti come mostrato in tabella 5.

Tabella 5: Funzioni principali dell'acqua nell'industria [2]

UTILIZZO	APPLICAZIONI PRINCIPALI
Vapore	Caldaie, Umidificatori d'aria
Scambio di calore	Condensazione di vapore, raffreddamento di fluidi e solidi, riscaldamento.
Depurazione Gas	Siderurgia, incenerimento rifiuti urbani, desolforizzazione del fumo
Lavaggio Solidi Trasporto Solidi Risciacquo superficiale Trasporto ionico	Carbone, grezzo, prodotti agricoli, carta, carbone, macero, industria agroalimentare, pigmenti di elettroforesi, trattamenti superficiali, semiconduttori, microelettronica, tintura, industria agroalimentare Bagni dei trattamenti superficiali
Quenching	Coke, scorie, granulazione di ferro stampato
Controllo pressione	Recupero secondario di olio
Energia cinetica	Disincrostatura dell'acciaio, granulazione, (scorie, scriccatura)
Manifattura	Birra, bibite gassate

Vengono riportati di seguito i quantitativi di acqua coinvolti per i principali processi industriali nei seguenti settori:

- Processi di raffreddamento nelle centrali elettriche (Tabella 6a);
- Processi di raffreddamento in altri settori (Tabella 6b);
- Industria cartaria (Tabella 7);
- Industria tessile (Tabella 8);

Tabella 6.a: Quantitativi di acqua nei processi industriali di raffreddamento [3]

Condensatori per raffreddamento delle centrali elettriche		Uso dell'acqua
Flusso di circolazione:	Condizioni	
Centrali termiche convenzionali (600 MW)	DT= 8.7°C alta velocità	20-21 m ³ s ⁻¹
	DT= 12°C bassa velocità	14-15 m ³ s ⁻¹
Centrali Nucleari (1200 MW)	DT= 12°C	47-48 m ³ s ⁻¹
Supporto in sistemi di ricircolo aperti	Concentrazione 3-4%	
Centrali termiche		1.2-2 m ³ h ⁻¹ per MW
Centrali Nucleari		2.2-3 m ³ h ⁻¹ per MW

Tabella 6b: Quantitativi di acqua nei processi industriali di raffreddamento diversi dal trattamento dei gas [2]

	Processi di raffreddamento	Uso dell'acqua		
		Min	Max	Unità di misura
1	Industrie di fertilizzanti			
	A. NH ₃	250	350	M ³ t ⁻¹
	B. urea	65	100	M ³ t ⁻¹
	C. NH ₄ NO ₃	80	100	M ³ t ⁻¹
2	Metanolo (da prodotti petroliferi)	100	250	M ³ t ⁻¹
3	Impianti di produzione del coke	30	40	m ³ t ⁻¹ di coke
4	Forni	20	30	m ³ t ⁻¹ di ferro fuso
5	Convertitori	2	10	m ³ t ⁻¹ di acciaio secondo la produzione di vapore
6	Continuous casting	10	25	m ³ t ⁻¹ di acciaio
7	Hot strip mills	30	50	m ³ t ⁻¹ di acciaio
8	Laminatoi per leghe metalliche	5	10	m ³ t ⁻¹ di acciaio

Tabella 7: Quantità di acqua utilizzata nell'industria cartaria secondo gli Standard NCPI [2]

	Cartiera e prodotti di cartiera	Uso dell'acqua (m ³ t ⁻¹)	
		Min	Max
1	Produzione di polpa		
	A. kraft non candeggiata	25	60
	B. kraft candeggiata	40	80
	C. solfito candeggiato	80	150
	D. semichimica	12	20
	E. CTMP	12	25
2	Deinking	50	80
3	Produzione di carta		
	A. carta kraft	20	40
	B. carta da giornale	40	60
	C. qualità fine	40	100
	D. cartone/imballaggio	3	40

Tabella 8: Rifornimento di quantitativi di acqua per i diversi processi nell'industria tessile (EPA, 1996) [3]

		Uso di acqua (L kg ⁻¹)		
Sottocategoria		Min	Medio	Max
1	Pulitura della lana	4.2	11.7	77.6
2	Finitura della lana	110.9	2836	657.2
3	Processo a basso uso di acqua	0.8	9.2	140.1
4	Rifinitura di tessuti			
	A. Processo semplice	12.5	78.4	275.2
	B. Processo complesso	10.8	86.7	276.9
	C. Processo complesso con sbazzimatura	5.0	113.4	507.9
5	Rifinitura tessuti a maglia			
	A. Processo semplice	8.3	135.9	392.8
	B. Processo complesso	20.0	83.4	377.8
	C. Processo di maglieria	5.6	69.2	289.4
6	Rifinitura Moquette	8.3	46.7	162.6
7	Rifinitura del filato	3.3	100.1	557.1
8	Rifinitura prodotti non tessuti	2.5	40.0	82.6
9	Rifinitura feltro	33.4	212.7	930.7

Qualità delle acque richieste per gli utilizzi industriali

Il DM 185/2003 definisce la possibilità di riutilizzo delle acque reflue depurate in campo industriale nei seguenti ambiti: “come acqua antincendio, di processo, di lavaggio e per i cicli termici dei processi industriali, con l'esclusione degli usi che comportano un contatto tra le acque reflue recuperate e gli alimenti o i prodotti farmaceutici e cosmetici” (art.3 DM 185/2003).

L'applicabilità del riutilizzo delle acque dipende dai livelli di qualità richiesti per i differenti processi industriali.

Di seguito si riportano le possibili fonti di approvvigionamento delle acque in funzione del loro utilizzo e secondo il grado di trattamento al quale sono state sottoposte.

Il riutilizzo delle acque reflue è possibile per processi di lavaggio e di raffreddamento esclusivamente dopo trattamenti di depurazione secondari, mentre per altri processi sono previste acque di maggiore qualità, per cui diventano interessanti tecniche di trattamento terziario e di disinfezione, che permettono l'abbattimento della carica microbica, dei nutrienti e delle sostanze tossiche.

Tabella 9: Principali usi dell'acqua nell'industria e possibili tipologie di acqua di approvvigionamento [2]

	Usi	Fonti di acqua ammissibile (anche dopo adeguato pretrattamento)
Acqua per l'industria nobile	Birra, bibite gassate, industria alimentare, prodotti farmaceutici carta bianca, prodotti tessili, prodotti di tintura, prodotti chimici	Acqua con contenuto medio di minerali: potabile, di pozzo o superficiale poco contaminata
Acqua demineralizzata	Prodotti farmaceutici Caldaie ad alta e media pressione Preparazione di diversi bagni Risciacquo di processi di placcatura elettrolitica Acqua ultrapura Desalificazione con osmosi inversa	Acqua di pozzo o superficiale poco contaminata
Acqua di raffreddamento in sistema di ricircolo aperto	Torri di raffreddamento	Acqua superficiali a basso contenuto di Cl ⁻ , acque reflue dopo trattamento terziario
Acqua di raffreddamento in sistema a perdere	Condensatori e scambiatori	Acque superficiali, di mare, reflui trattati
Acqua di depurazione gas, Acque di lavaggio prodotti Acqua di trasporto	Depurazione del gas di metallurgia e incenerimento Depurazione del carbone	Acque superficiali dopo trattamenti primari Acque reflue dopo trattamenti secondari

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori limite dei parametri riguardanti l'utilizzo delle acque nei processi di raffreddamento e di produzione di vapore previsti dall'EPA, nell'industria tessile, nella produzione della carta previsti dal TAPPI (Technological Association for Pulp and Paper Industry) e dall'NCPI (*National Council of the Paper Industry*), nei processi per acque ultrapure dell'industria elettronica.

Tabella 10: Criteri di qualità delle acque per alcune applicazioni industriali (6, 7, 8) [4]

Parametro	EPA		TAPPI		
	Raffreddamento	Produzione di vapore	Carta fine	Carta medio fine	Industria tessile
pH	6.9-9.0	8.2-9.0	8-10	8-10	-
TDS (mg/l)	500	200	200	500	100
TSS (mg/l)	100	0.5	5	25	5
Torbidità (mg/l SiO ₂)	50		10	50	-
Colore (Pt)	-	-	5	30	5
Durezza (mg/l CaCO ₃)	-	0.07	100	200	25
Alcalinità (mg/l HCO ₃ ⁻)	350	40	75	150	-
Cl ⁻ (mg/l)	500	-	75	75	-
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	200	-	-	-	-
Ca (mg/l)	50	0.01	10	20	-
Mg (mg/l)	0.5	0.01	10	12	-
Fe (mg/l)	0.5	0.05	0.1	0.3	0.1
Mn (mg/l)	0.5	0.01	0.05	0.1	0.01
Al (mg/l)	0.1	0.01	-	-	-
COD (mg/l O ₂)	75	1.0	-	-	-
BOD ₅ (mg/l O ₂)	25	-	-	-	-

- U.S.Environmental Protection Agency, Office of Water Enforcement and Compliance(1992), *Guidelines for water reuse*, Washington DC, USA, EPA/625/R-92/004;
- W. Byers, W. Doerr, R. Krishnan, D. Peters, *How to implement industrial water reuse*, Ed. American Institute of Chemical Engineers, 1995;
- sito internet della Technological Association for Pulp and Paper Industry: www.tappi.org

Tabella 11: Caratteristiche medie dell'acqua di processo per la rifinitura di prodotti tessili [3]

Origin		A	B	C	D
		Lake water	Ground water	Reclaimed wastewater	Guide values
TSS	mg l ⁻¹	<1	10	22	10
COD	mg l ⁻¹	<10	30	53	30
Abs. 420 nm	-	<0.001	<0.001	0.02	0.01
pH	-	7.8	7.5	7.7	7-8
Conductivity	µS cm ⁻¹	290	200	1.636	1,800

Tabella 12: Parametri di qualità delle acque per produzione di vapore e raffreddamento scambiatori di calore [5]

Elementi	Produzione di vapore				Raffreddamento			
	Utilizzi Industriali		Servizi elettrici		Acqua di prima immissione		Acque di ricircolo	
	Bassa Pressione	Media Pressione	Alta Pressione		RF<1000 mg/l	RF>1000 mg/l	RF<1000 mg/l	RF>1000 mg/l
Silicio	30	10	0.7	0.01	50	25	50	25
Alluminio	5	0.1	0.01	0.01			0.1	0.1
Ferro	1	0.3	0.05	0.01			0.5	0.5
Manganese	0.3	0.1	0.01	0.01			0.5	0.02
Calcio		0.4	0.01	0.01	200	420	50	420
Magnesio		0.25	0.01	0.01				
Ammonio	0.1	0.1	0.1	0.07				
Bicarbonato	170	120	48	0.5	600	140	24	140
Solfato					680	2700	200	2700
Cloro					600	19000	500	19000
Solidi disciolti	700	500	200	0.5	1000	35000	500	35000
Rame	0	0.05	0.05	0.01				
Zinco		0.01	0.01	0.01				
Durezza	350	1	0.07	0.07	850	6250	650	6250
Alcalinità	350	100	40	1	500	115	350	115
pH	7-10	8.2-10	8.2-9	8.8-9.4	5-8.3	6-8.3		
Sost. attivate blu di metilene	1	1	0.5	0.1			1	1
Estratti con tetracloruro di carbonio	1	1	0.5				1	2
COD	5	5	1	1	75	75	75	75
Idrogeno solforato								
Ossigeno disciolto	2.5	0.007	0.007	0.007	presente	presente		
Temperatura								
Solidi sospesi	10	5	0.5	0.05	5000	2500	100	100

Tabella 13: Standard di qualità dell'acqua nell'industria cartaria secondo il *National Council of the Paper Industry* (NCPI) USA [2]

Characteristics	Maximum concentration in process water			
	fine quality paper	kraft paper		mechanical pulp paper
		bleached	unbleached	
Turbidity (mg.l ⁻¹ SiO ₂)	10	40	100	50
Colour (mg.l ⁻¹ platinum/cobalt)	5	25	100	30
TH (French deg.)	10	10	20	20
CaH (French deg.)	5	-	-	-
M alk. (French deg.)	7.5	7.5	15	15
Fe (mg.l ⁻¹)	0.1	0.2	1.0	0.3
Mn (mg.l ⁻¹)	0.05	0.1	0.5	0.1
Chlorine residual (mg.l ⁻¹)	2.0	-	-	-
Soluble silica (mg.l ⁻¹)	20	50	100	50
Dissolved matter (mg.l ⁻¹)	200	300	500	500
Free CO ₂ (mg.l ⁻¹)	10	10	10	10
Chlorides (mg.l ⁻¹)	-	-	-	75

Tabella 14: Qualità dell'acqua ultrapura per l'industria elettronica (circuiti integrati e superfici sensibili) [3]

		Level of Procedure 1	Level of Procedure 2	Level of Procedure 3
Resistivity		greater than 18 MΩ.cm at 25°C		
pH		6.5 to 7.5		
Temperature		20°C ± 1°C		
Evaporation residue (max., mg.l ⁻¹)		1	0.5	0.25
Silicon (Si) (max., mg.l ⁻¹)		0.02	0.02	0.01
Sodium (Na) (max., mg.l ⁻¹)		0.01	0.01	0.005
Metallic and metalloidal impurities, each impurity (max., mg.l ⁻¹)		0.05	0.05	0.01
Organic matter (TOC) (max., mg.l ⁻¹)		1	0.25	0.05
Particulate contamination, max.	membrane	class 0 (NAS 1638)	-	-
	optical counter	10,000 per l dia. ≥ 0.5 μm	1,000 per l dia. ≥ 0.5 μm	100 par l dia. ≥ 0.5 μm
Microorganisms (number of colonies per 100 ml)	37°C/24 h	40	10	1
	22°C/72 h	300	30	3

Risparmio della risorsa acqua

Le finalità di risparmio delle risorse idriche possono essere perseguite attraverso l'uso razionale delle stesse attraverso la riduzione dei consumi e il diverso utilizzo dell'acqua (a diversi livelli di qualità) secondo le destinazioni d'uso.

Per quanto riguarda il riutilizzo delle acque reflue all'interno del medesimo stabilimento o consorzio industriale che le ha prodotte, non disciplinato dal DM 185/2003 (art. 3 DM 185/2003), devono essere considerati i livelli di qualità richiesti dai diversi processi.

Negli altri casi si devono considerare anche le indicazioni definite dal DM 185/2003, che prevede il "riutilizzo in condizioni di sicurezza ambientale, evitando alterazioni agli ecosistemi, al suolo ed alle colture, nonché rischi igienico-sanitari per la popolazione esposta e comunque nel rispetto delle vigenti disposizioni in materia di sanità e sicurezza e delle regole di buona prassi industriale e agricola" ed, inoltre, limita le possibilità di riutilizzo ai seguenti usi: come acqua antincendio, di processo, di lavaggio e per i cicli termici dei processi industriali, con l'esclusione degli usi che comportano un contatto tra le acque reflue recuperate e gli alimenti o i prodotti farmaceutici e cosmetici.

I possibili interventi per la riduzione dell'utilizzo di acqua sono così riassumibili (figure 5a,b,c,d) [3]:

- Modifica dei processi industriali;
- Riuso diretto delle acque per processi successivi che richiedono un livello di qualità inferiore;
- Rigenerazione dell'acqua di scarico attraverso trattamenti parziali o totali che ne incrementino la qualità e ne permettano il riutilizzo in processi a valle;
- Rigenerazione dell'acqua attraverso la rimozione della contaminazione in modo da permetterne il ricircolo in testa al processo stesso.

Una scala gerarchica-funzionale nell'uso dell'acqua che risponda a esigenze di fattibilità tecnica e di convenienza economica deve considerare come obiettivi da perseguire:

- La minimizzazione della generazione di reflui;
- La minimizzazione delle portate di trattamento delle acque;
- La massimizzazione del riutilizzo.

E come vincoli essenziali:

- Le caratteristiche che l'acqua deve possedere:
 - Per essere scaricata nell'ambiente;
 - Per la destinazione d'uso del riutilizzo;
- I costi delle alternative:
 - Riutilizzo (costo delle tecnologie integrative da inserire);
 - Non riutilizzo (costo delle risorse, costo dell'impatto sul recettore alternativo)

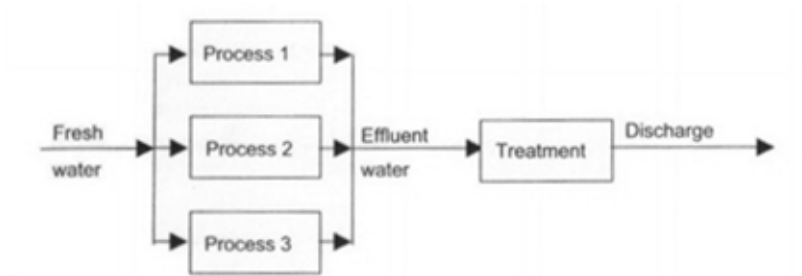


Figura 5: Rete idrica iniziale in cui tutti i processi sono alimentati con acqua primaria [3]

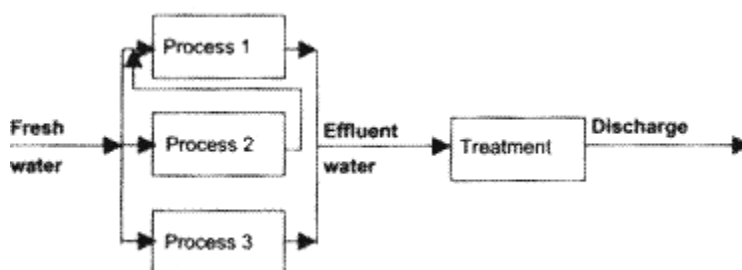


Figura 5b: Rete idrica con riuso diretto di acque reflue di un processo in un altro processo a valle [3]

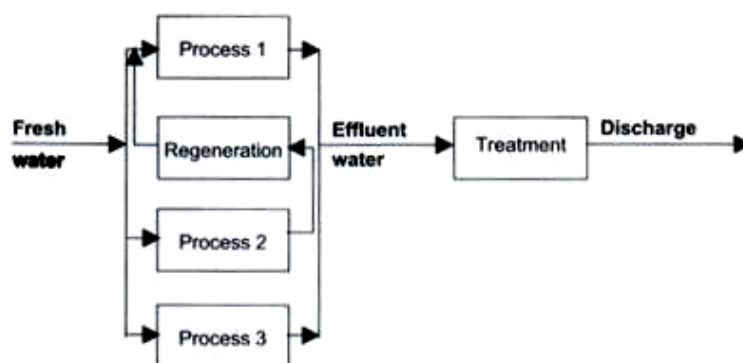


Figura 5c: Rete idrica con rigenerazione della qualità delle acque reflue di un processo per l'utilizzo in un altro processo a valle [3]

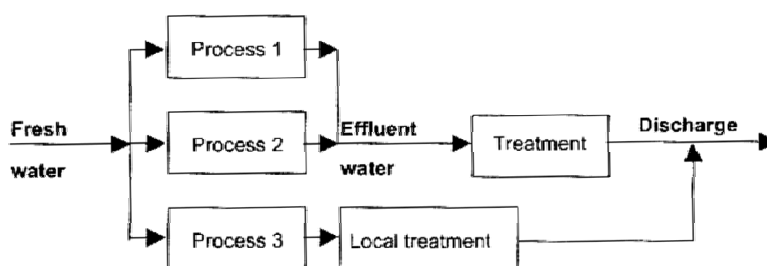


Figura 5d: Rete idrica con trattamento distribuito dell'effluente [3]

Qualità delle acque richieste per gli utilizzi agricoli

Il DM 185/2003 definisce le possibilità di riutilizzo delle acque reflue depurate “per l'irrigazione di colture destinate sia alla produzione di alimenti per il consumo umano ed animale sia a fini non alimentari, nonché per l'irrigazione di aree destinate al verde o ad attività ricreative o sportive”(art.3 DM 185/2003).

Il DM 185/2003 definisce inoltre che “l'impiego delle acque destinate all'uso irriguo o civile all'uscita dell'impianto di recupero deve essere confrontato con la necessità di verificare la loro compatibilità con i sistemi irrigui attualmente utilizzati sia a pieno campo sia puntuali e di verificare gli effetti “igienico-sanitari connessi al loro impiego” ed eventuali divieti nel rispetto comunque dei valori previsti per lo scarico in acque superficiali dalla tabella 3 dell'allegato 5 del D.lgs 152/1999 (art.4 e 11 DM 185/2003).

Il riutilizzo è comunque subordinato al rispetto del codice di buona pratica agricola definito nel Decreto del Ministro per le politiche agricole e forestali del 19 aprile 1999 n. 86.

Il reimpiego delle acque in agricoltura

Secondo stime OCSE la richiesta di acqua per scopo irriguo è pari ad oltre il 50% del fabbisogno idrico complessivo. Mediamente si producono 180 litri di liquame procapite/giorno; il reimpiego di quest'acqua di scarto potrebbe coprire una parte rilevante del fabbisogno di acqua necessario per l'agricoltura. Tuttavia i severi standard microbiologici attualmente fissati dalla normativa in materia ne limitano le possibilità di riuso.

La potenzialità dei reflui di trasmettere malattie dipende da numerosi fattori quali ad esempio la persistenza nell'ambiente dell'agente eziologico, la dose infettante, la copertura immunitaria delle persone esposte. Secondo studi epidemiologici, il rischio sanitario legato al pericolo di diffusione di patogeni con il riuso dei reflui è sufficientemente limitato ed esistono una serie di processi che possono abatterlo senza incidere notevolmente sul costo della risorsa prodotta. La minimizzazione della diffusione dei rischi igienico-sanitari legati al riuso delle acque reflue depurate e per il reimpiego in agricoltura può essere raggiunta con sistemi di multibarriere, meglio se basate su processi fisicomeccanici (es. sedimentazione, filtrazione, stabilizzazione per stoccaggio) e chimici (es. disinfezione). Il vero problema connesso con il reimpiego delle acque in agricoltura è quello pedologico. Le acque reflue, anche se ricche di nutrienti utili per le piante (composti azotati, fosfati e sostanze organiche) hanno una composizione ionica diversa da quella richiesta dal suolo e dalle piante (prevalenza di sodio e calcio su potassio e magnesio). Vi è il pericolo che un uso non razionale possa portare ad una modificazione della permeabilità del suolo e ad un arricchimento in cloruri delle falde superficiali.

La gestione agronomica dei reflui zootecnici per il miglioramento della qualità delle acque e dell'ambiente [6]

La Regione Lombardia si è adeguata a quanto richiesto dalla normativa nazionale e comunitaria con la legge n. 37/93 “Norme per il trattamento, la maturazione e l'utilizzo dei reflui agro-zootecnici”. Con la L.R. 37/93 si ribadisce il concetto di refluo zootecnico quale risorsa per l'agricoltore, fonte di sostanza organica e di nutrienti per il terreno e le colture, possibile mezzo per contenere i costi produttivi (surrogando i concimi di sintesi). Il sistema organizzativo previsto dal regolamento attuativo di questa legge è mirato a “progettare” e a “realizzare” una gestione dei liquami e del letame che tenga conto degli aspetti agronomici

ed ambientali, in modo tale da favorire l'impiego agronomico dei reflui zootecnici in armonia con le esigenze aziendali e ponendo come vincolo quello dell'assorbimento di nutrienti da parte delle colture a garanzia e tutela della qualità delle acque. Il problema di fondo è quello di stabilire se, e in che misura, le diverse pratiche agronomiche legate all'uso dei reflui zootecnici possano contribuire all'inquinamento diffuso delle acque superficiali e di falda. La legge 37/93, con lo scopo precipuo di mantenere e migliorare la fertilità dei terreni e di salvaguardare le acque, individua nel territorio regionale le aree nelle quali è necessario un programma di azione più mirato: le zone ad alto carico zootecnico (figura 6) e le zone vulnerabili per le caratteristiche geopedologiche del suolo, strumenti utili alla Regione per meglio modulare gli interventi di programmazione ambientale e la regolamentazione delle pratiche agronomiche. Il regolamento predisposto dalla Giunta Regionale., in attuazione della L.R. n. 37/93, oltre che dare indicazioni puntuali sulle procedure da attuare per il corretto uso dei reflui zootecnici, fornisce un apposito software (GIARA, disponibile presso gli Uffici della Direzione Generale Agricoltura e sul sito Internet della Regione, <http://www.regione.lombardia.it>) per l'acquisizione dei dati aziendali e la predisposizione dei piani di utilizzazione agronomica. L'uso di questo software dà la possibilità di effettuare la valutazione su scala regionale, comunale o aziendale del rilascio dei nutrienti contenuti nel liquame sulle acque superficiali o di falda. Uno degli elementi caratterizzanti il sistema attuativo della legge n. 37/93 è di consentire una raccolta sistematica delle informazioni sulla gestione dei reflui. La disponibilità di queste informazioni sta alla base della possibilità di gestire il territorio dal punto di vista ambientale, almeno per quanto riguarda l'inquinamento diffuso di origine agricola. La gestione dei reflui zootecnici a livello regionale, con particolare riguardo alla riduzione dell'impatto ambientale, considera i seguenti aspetti:

- analisi della situazione regionale e valutazione del carico inquinante rilasciato nelle acque, tenendo conto delle pratiche agricole adottate;
- individuazione dei bacini potenzialmente a rischio di inquinamento;
- determinazione degli interventi specifici da adottare, con scala di priorità sulla base del rischio di ogni area e delle politiche di intervento territoriali. Gli interventi possono essere di tipo strutturale (es. vasche di stoccaggio) o di tipo gestionale (adozione di idonee pratiche agronomiche e/o idonei sistemi di spandimento);
- monitoraggio delle caratteristiche delle acque superficiali e di falda e valutazione dell'effetto dell'adozione degli interventi strutturali e gestionali da parte delle aziende agro-zootecniche.

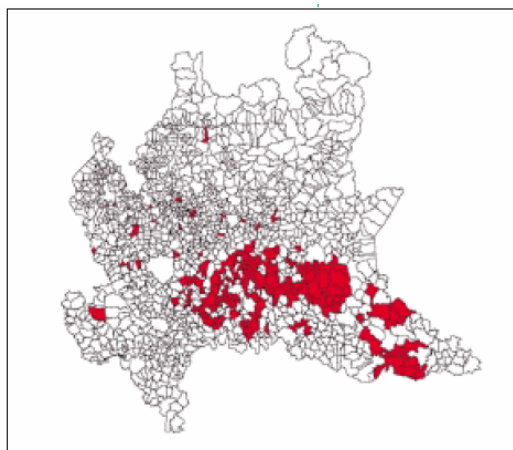


Figura 6: Comuni classificati ad alto carico zootecnico dal Regolamento Attuativo della L.R. 37/93 (Regione Lombardia – DG Agricoltura)

BIBLIOGRAFIA

- [1] **Ministero dell'Ambiente** (2001) Rapporto sullo Stato dell'Ambiente
- [2] **Degremont** (1991), *Water Treatment Handbook*, 6th edition, vol.1, p. 46, 48,63, 67, 71
- [3] **P. Lens, L. Hulshoff Pol, P. Wilderer, T. Asano** (2002) *Water Recycling and Resource Recovery in Industry, Analysis Technologies and Implementation*, IWA Publishing, p. 206-208, 551-552;
- [4] **G. Genon, M. C. Zanetti** (2003) *Il riutilizzo in campo industriale: studi ed esperienze* Atti della 23a Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria-Ambientale (Cremona, 30 nov 2003)
- [5] **Metcalf & Eddy** (2003) *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4th edition, Mc Graw Hill, p. 1419-1420
- [6] **Regione Lombardia**, www.regione.lombardia.it