



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
“M.FANNO”

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

**“INQUINAMENTO IDRICO DA PFAS: Valutazione dei costi esterni e dei
danni sanitari”**

RELATORE:

CH.MO PROF. Rebba Vincenzo

LAUREANDO/A: Biasin Anna

MATRICOLA N. 1091846

ANNO ACCADEMICO 2016 – 2017

INDICE

Pag.

INTRODUZIONE	1
---------------------------	----------

<u>CAPITOLO I - L'INQUINAMENTO COME ESTERNALITA' NEGATIVA</u>	3
--	----------

1. L'interesse dell'economia per la sostenibilità ambientale
2. Il concetto di esternalità
4. Gli strumenti di internalizzazione del costo sociale
3. L'inquinamento idrico: tipologie, cause e conseguenze

<u>CAPITOLO II - LA VALUTAZIONE ECONOMICA DELLE RISORSE AMBIENTALI E DEI DANNI PROVOCATI DALL'INQUINAMENTO IDRICO</u>	15
---	-----------

1. La quantificazione del valore delle risorse naturali e dei costi esterni causati dall'inquinamento idrico
2. L'identificazione dei danni sulla salute determinati dall'inquinamento idrico
3. La valutazione monetaria dei costi dei danni sanitari associati all'inquinamento idrico

<u>CAPITOLO III - CASO DI STUDIO: INQUINAMENTO IDRICO DA PFAS</u>	29
--	-----------

1. PFAS: caratteristiche e proprietà
2. Fonti di contaminazione ed effetti tossici sulla salute dei PFAS
3. Due casi di inquinamento idrico da PFAS: Stati Uniti e Regione Veneto
 - 3.1 Il caso statunitense
 - 3.2 Il caso della Regione Veneto
 - 3.2.1 *Fonti di contaminazione e zone interessate*
 - 3.2.2 *L'adozione di un modello di Risk Assessment*
 - 3.2.3 *L'identificazione degli effetti sanitari: biomonitoraggi sulla popolazione esposta*
 - 3.2.4 *Gli interventi intrapresi e la valutazione dei primi risultati conseguiti*

3.2.5 Una prima stima dei costi delle attività di monitoraggio e di mitigazione

4. Verso nuove richieste e soluzioni per la regolazione dell'inquinamento da PFAS: la dichiarazione di Madrid del 2015

CONCLUSIONI 49

APPENDICE AL CAPITOLO III: Regolazione e normative sui PFAS in Europa 51

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E SITOGRAFICI 53

INTRODUZIONE

“Economia” ed “Ecologia” sono stati a lungo concetti completamente separati, ma il diffondersi dell’industrializzazione e il conseguente manifestarsi di seri problemi ambientali legati all’inquinamento hanno assunto sempre più rilevanza al fine di promuovere uno sviluppo sostenibile e una gestione efficiente delle risorse scarse.

Il presente studio si occupa di affrontare il fenomeno dell’inquinamento dal punto di vista economico e di esporre i principali metodi che permettono di definirne e quantificarne, in termini monetari, i danni sociali, con particolare riferimento a quelli sanitari. Prendere in considerazione questi costi diviene una necessità, dal momento che l’inquinamento viene a configurarsi come diretta conseguenza dell’attività economica, incidendo fortemente sul valore e potenziale d’uso delle risorse ambientali e per poter ideare opportune politiche di prevenzione o mitigazione del danno.

Il lavoro è strutturato come segue:

Nel primo capitolo verrà accennato al crescente interesse da parte dell’economia per la preservazione delle risorse ambientali al fine di ridurre il fenomeno dell’inquinamento. Esso è definito in termini economici come esternalità negativa e quindi annoverato tra le cause del fallimento del mercato da risolvere con l’utilizzo di opportuni strumenti di internalizzazione del costo sociale, che verranno sinteticamente presentati. Saranno inoltre indicate tipologie, fonti e principali conseguenze dell’inquinamento.

Nel secondo capitolo saranno presentate le tecniche economiche utilizzate per poter valorizzare le risorse ambientali, identificare i danni derivanti dall’inquinamento idrico, al fine di poterne stimare i costi e promuovere opportuni programmi di intervento. In particolare si porrà l’accento sulle tecniche per la valutazione economica dei danni sanitari.

Infine, nel terzo capitolo, si prenderà in considerazione il fenomeno dell’inquinamento idrico causato dai PFAS, agenti chimici fortemente nocivi e persistenti, rilasciati nelle acque principalmente dagli scarichi di attività industriali, con particolare riferimento a due recenti casi di interesse: il caso statunitense e il caso della Regione Veneto. Le analisi epidemiologiche e chimiche condotte relativamente a queste due situazioni hanno permesso di far emergere la maggior parte delle attuali conoscenze degli effetti che questi composti provocano sulla salute

umana, mentre la quantificazione economica dei danni, al fine di intraprendere efficaci politiche di intervento, è attualmente al centro di dibattiti e studi di cui si prevedono importanti svolgimenti nel corso dei prossimi mesi.

CAPITOLO I: L'INQUINAMENTO COME ESTERNALITA'

NEGATIVA

1. L'interesse dell'economia per la sostenibilità ambientale

Secondo la definizione del Rapporto Brundtland¹ per sviluppo sostenibile si intende “*uno sviluppo che soddisfi i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere le possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri*”, garantisca quindi equità intergenerazionale ed intragenerazionale e preveda l'adozione di stili di vita “*compatibili con le risorse ecologiche del pianeta*”².

La necessità di prendere in considerazione l'entità dei danni ambientali deriva dalla constatazione di quelli che vengono definiti i “*tre peccati capitali*” dell'economia politica (Barde-Gerelli, 1977, p.71):

1. La non considerazione del fatto che il valore di scambio delle risorse ambientali non rispecchia correttamente il suo valore d'uso: siccome il consumo di una risorsa è strettamente correlato al suo prezzo (nei limiti della saturazione dei bisogni, cioè in funzione delle utilità marginali decrescenti), è ovvio che nel caso di una risorsa rara e costosa, si cercherà di limitarne l'utilizzo o di sostituirla, mentre quando una risorsa risulta essere gratuita nessuno vorrà privarsene. I beni liberi appunto, come l'aria e l'acqua, hanno un valore di scambio nullo, quindi sono sottoposti a un utilizzo spesso poco responsabile, ma la loro utilità è infinita in quanto indispensabili alla vita.
2. Non essersi resi conto in tempo che risorse, considerate per lungo tempo sempre disponibili o quasi infinite, in realtà sono caratterizzate da scarsità.
3. La presa in considerazione troppo spesso solo degli elementi quantificati dal mercato, ossia i beni cui viene attribuito un prezzo, provocando effetti esterni, che non vengono

¹Documento, conosciuto anche come “*Our common future*”, rilasciato dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (WECD) nel 1987, nell'ambito dell'UNEP (United Nations Environmental Programme), che per la prima volta introdusse il concetto di sviluppo sostenibile, ponendolo come obiettivo della politica mondiale sul piano ambientale e sociale.

² WECD, 1987. *Our Common Future*. In: BRESSO M., 1993. *Per un'economia ecologica*. Roma: La Nuova Italia scientifica, (p.83).

spontaneamente compresi nel calcolo economico e causano quel costo sociale, che grava sulla collettività ed è al di fuori di ogni negoziazione volontaria.

Al fine del perseguimento di uno sviluppo sostenibile molti stati hanno messo in atto politiche nel rispetto del principio “*chi inquina paga*”³, introdotto con raccomandazione dell’Ocse nel 1972. Esso costituisce, assieme a quelli di precauzione, prevenzione e correzione, il “cardine” della politica ambientale dell’Unione Europea⁴ poiché ordina ai cittadini il rispetto di una serie di obblighi e prescrizioni, con lo scopo di preservare le risorse naturali. La prima a darne una descrizione dettagliata in ambito internazionale fu l’Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico, definendolo come: “*Il principio da applicare per l’imputazione dei costi derivanti dagli interventi di prevenzione e di lotta contro l’inquinamento, principio che favorisce l’utilizzazione razionale delle risorse limitate dell’ambiente, evitando così distorsioni nel commercio e negli investimenti internazionali*”⁵. Esso viene considerato un principio di efficienza economica e parte dal presupposto che chi diviene responsabile dell’inquinamento sia il primo a dover pagare il costo dei danni che ha provocato, ma non è esente da alcune problematiche. Innanzitutto non risulta sempre bastevole a garantire l’equità, perchè non implica automaticamente che tutti i costi attuati per la lotta contro l’inquinamento siano davvero sostenuti da colui che li ha generati. In coerenza con il modello concorrenziale, oligopolistico o monopolistico del mercato, l’inquinatore potrà traslare, in parte, per nulla o totalmente i costi sui suoi prezzi, facendoli così gravare sui consumatori; comunque questa traslazione non è irrispettosa del principio, contrariamente a un’idea ampiamente diffusa.

Ulteriore problema è quello di determinare chi sia effettivamente l’inquinatore: il produttore di una specifica sostanza nociva oppure colui che usa fisicamente questa sostanza? Infine la definizione dell’Ocse rimane sempre approssimativa sull’entità della spesa che

³ Sul piano comunitario, la Raccomandazione viene adottata di comune intesa da CEE, CECA ed EURATOM nel 1975 e con la revisione del Trattato di Roma ad opera dell’Atto Unico Europeo del 1987, il principio trova definitivo riconoscimento nell’art.130R (oggi art.174).

⁴ La logica che giustifica politiche ambientali gestite a livello comunitario, anziché autonomamente dai singoli stati membri, si fonda su diverse ragioni: il protezionismo commerciale, il dumping ambientale, la politica estera europea, ma in particolare il ruolo delle esternalità ambientali che possono avere impatto transnazionale: siccome i confini politici non coincidono con quelli naturali, il danno ricade anche su paesi diversi da quelli che lo originano, portando a possibili comportamenti di free riding e contenziosi internazionali.

⁵ Raccomandazione del Consiglio n. 75/436 del 3 Marzo 1975 concernente l’imputazione dei costi e l’intervento dei pubblici poteri in materia di ambiente.

l'inquinatore debba sostenere relativamente agli interventi di prevenzione e lotta contro la contaminazione, che possono assumere diversa entità: l'Operatore Pubblico può ad esempio limitarsi a domandare all'inquinatore di pagarne i costi, o richiedere anche l'indennizzo di possibili individui danneggiati.

Già nel 1920 Pigou auspicava un intervento dello Stato che potesse rimediare agli effetti esterni causati dall'inquinamento, tuttavia l'attenzione restò focalizzata solo sulle esternalità che emergevano tra produttori, non trattando gli avvenimenti che incidono sul benessere complessivo. Soltanto nel 1960 la scienza economica comincia veramente a dedicarsi anche ai problemi ecologici, nasce così "l'economia ambientale", che si pone l'obiettivo di quantificare i danni ambientali ed elaborare adeguate politiche di intervento atte a minimizzarli.

Con particolare riferimento alle risorse idriche, numerosi documenti internazionali sanciscono l'importanza di un suo uso sostenibile, ponendo i seguenti obiettivi: la tutela delle risorse idriche per le generazioni future (sostenibilità ecologica), una sua efficiente allocazione (sostenibilità economica) e la possibilità per tutti di usufruire in modo equo di questo bene ritenuto indispensabile per l'esistenza e il progresso economico (sostenibilità sociale) (Solanes e Gonzalez-Villareal, 1999).

L'acqua viene utilizzata per lo svolgimento di molteplici funzioni: prestazione di risorse ai processi produttivi e di consumo, assorbimento di sostanze di scarto, ma anche più generalmente compiti di sostegno degli ecosistemi, di plasmazione del territorio e garanzia della sua accessibilità, o per consentire lo svolgimento di attività dirette, come quelle ricreative. Per questo risulta preferibile riferirsi alle "funzioni ambientali" dell'acqua, invece che parlare di mero "utilizzo", per comprendere la molteplicità di servizi di valore che essa offre, a cui non è per forza collegato un prelievo.

L'acqua è definita economicamente come *merit good*, ossia un bene indispensabile per la vita, la cui accessibilità dovrebbe essere assicurata come diritto "soggettivo" a tutti. Questo fondamento etico, desunto, più o meno esplicitamente, da numerosi documenti e accordi, si può ritenere acquisito a livello di diritto internazionale (Gleick, 1998).

Risulta pertanto essenziale agire al fine di gestire i profili di disponibilità delle risorse idriche, per ridurne l'abuso nel tempo e nello spazio, a tal proposito potrebbe essere utile definire un indicatore generale rappresentato da un valore quantitativo e qualitativo del capitale di risorse ambientali a disposizione, per il quale dovrebbe essere posto l'obbligo di non essere decrescente e/o superiore ad un *Safe minimum standard (sms)*, identificato su base scientifica (Turner e Dubourg, 1993).

Oltre all'utilizzo responsabile è necessario anche la preservazione della qualità delle risorse idriche. Infatti a causa delle loro proprietà di essere multifunzionali, mobili e solventi, difficilmente si mantengono pure, vi si sciolgono e diffondono agenti estranei, come scarti delle attività di produzione e consumo, che possono diminuirne il potenziale di utilizzo e compromettere anche in modo irreversibile l'intero ecosistema. L'inquinamento idrico, che vede come una delle principali cause l'attività produttiva delle industrie, viene definito in termini economici come esternalità negativa.

2. Il concetto di esternalità

In economia si parla di esternalità per indicare gli effetti (detti anche effetti esterni o *economia esterna*) che l'attività di un agente economico (individuo, impresa ecc.) provoca sul benessere o la produzione di altre unità, all'infuori delle transazioni di mercato. Nei casi in cui l'azione dell'agente comporti dei benefici per altri, senza che questo ne riceva in cambio alcun corrispettivo, si parla di economie esterne positive, quando invece l'attività provoca dei costi, che l'agente non paga, per altri o per l'economia nella sua totalità, si parla di esternalità negative o diseconomie⁶.

La presenza di esternalità determina pertanto una divergenza fra aspetto privato e aspetto sociale dei costi e dei benefici e non permette il raggiungimento di una situazione di ottimo paretiano, che indica la migliore condizione possibile in termini di efficienza nel consumo e nello scambio, in cui non appare possibile migliorare lo stato (utilità) di un soggetto senza danneggiare quello di un altro. Il raggiungimento di questa condizione si pone come obiettivo principale dell'economia del benessere⁷.

⁶ Le esternalità negative possono essere classificate in differenti modi. Se si fa riferimento alla direzione della relazione tra agenti economici coinvolti, si distinguono quattro tipologie di esternalità: “*produzione-produzione*”, “*produzione-consumo*”, “*consumo-produzione*” e “*consumo-consumo*”. Se si considera invece la durata nel tempo dell'effetto esterno negativo si possono avere: effetti istantanei, effetti protratti nel tempo ma reversibili ed effetti irreversibili.

⁷ L'economia del benessere, che deve la sua denominazione a un noto libro dell'economista inglese Arthur Cecil Pigou, “*The Economics of Welfare*” (1920), è una disciplina dell'economia che si occupa di studiare e valutare, attraverso un'analisi normativa, ragioni e

Le esternalità si pongono quindi tra le cause del fallimento del mercato⁸, ossia tra quelle situazioni in cui l'allocazione dei beni e dei servizi ottenuta dall'agire delle forze del libero mercato non risulta efficiente (nel senso di Pareto) a causa della violazione di anche una sola delle condizioni di validità del Primo Teorema del Benessere⁹.

Lo studio del fenomeno delle esternalità risale all'economista Alfred Marshall, uno dei padri della teoria economica, ma è un concetto ancora oggi contraddistinto da diverse ambiguità, Tibor Scitovsky (1954) in un celebre articolo sull'argomento, lo descrive infatti come una delle nozioni più elusive della teoria economica. La classificazione tradizionale pone una distinzione tra esternalità tecnologiche ed esternalità pecuniarie e tra esternalità di produzione ed esternalità di consumo. L'ambiguità si riferisce in particolare alla distinzione tra esternalità tecnologiche, ovvero effetti esterni che si realizzano indipendentemente dai meccanismi di mercato e implicano il godimento (sopportazione) gratuito da parte di un soggetto di beni (mali) o servizi (disservizi) e esternalità pecuniarie, che sono variazioni del guadagno del produttore o consumatore a causa del comportamento di altri agenti economici, il quale, influenzando la domanda di mercato, altera i prezzi esistenti. Si realizzano cioè in conseguenza del funzionamento del mercato: in virtù di alterazioni dei prezzi dei fattori di produzione utilizzati da un'impresa, dovuti a una variazione nell'output di un'altra impresa. La letteratura individua almeno due tipi di esternalità tecnologiche: private (esauribili) e pubbliche (non esauribili), nelle quali il consumo dell'esternalità da parte di un operatore economico non influenza quello di altre entità (es.: inquinamento dell'aria). Una terza tipologia è quella causata dalla congestione, nella quale gli agenti risultano essere allo stesso tempo danneggiati e danneggianti (es.: traffico automobilistico). Nel caso in cui l'effetto negativo si riversi sull'ambiente in modo diretto e indirettamente sull'uomo, si parla di danno ambientale, il cui impatto può concentrarsi a livello locale, regionale o globale. L'estensione della scala

regole di fenomeni sociali al fine di formulare soluzioni che puntano al raggiungimento di una situazione di ottimo sociale.

⁸ Tra le altre cause del fallimento del mercato troviamo: utilizzo di beni pubblici, mancanza di definizione dei diritti di proprietà, condizioni di monopolio, asimmetrie informative.

⁹ Il Primo Teorema dell'Economia del Benessere assume che il raggiungimento di una situazione di ottimo paretiano sia possibile solo in un mercato di concorrenza perfetta, che a sua volta richiede: 1) presenza di un numero molto grande di produttori; 2) perfetta omogeneità del bene o servizio; 3) piena libertà di entrata e di uscita; 4) perfetta informazione ed inoltre se si considerano solo beni e servizi privati, il cui consumo e produzione generano benefici e costi di cui il prezzo formatosi sul mercato tiene pienamente conto.

risulta essere importante poiché la sua ampiezza provoca spesso l'aumento dell'incertezza scientifica in merito al fenomeno e della complessità nell'elaborazione di accordi internazionali e politiche di intervento efficaci.

Procediamo a chiarire il concetto di esternalità con un esempio. Prendiamo in considerazione un'impresa generica A che fornisce un bene y a un soggetto B (consumatore), in cambio di un corrispettivo py . Per produrre il bene l'impresa può utilizzare una serie di fattori con un preciso valore monetario (lavoro, capitale, terra...) e altri fattori "ambientali", tra cui acqua e aria, ai quali non viene attribuito alcun prezzo, o esso è comunque molto inferiore rispetto a quello che permetterebbe un'allocazione efficiente delle risorse. Focalizzandoci sulle risorse idriche, qualora l'impresa A non paghi (o non correttamente) l'acqua che usa, né come input produttivo, né in quanto ricettore dei residui del processo industriale di trasformazione, allora A non avrà alcun incentivo a diminuire l'impiego e il deterioramento qualitativo dell'acqua. Tuttavia, operando in questo modo, A può causare dei danni (aumenti di costi per depurare l'acqua, costi relativi all'insorgenza di particolari patologie, ecc.) ad un altro soggetto economico C, che non saranno rimborsati, in quanto non compresi nelle transazioni di mercato. In altre parole nel decidere il prezzo e la quantità di y da collocare sul mercato, A considererà unicamente i costi privati e non anche le esternalità (danni esterni) da essa provocati, massimizzerà di conseguenza il suo profitto nel livello di produzione in cui ricavi e costi marginali privati si eguagliano (Y_a) e ciò porterà ad un'inevitabile allocazione inefficiente ed iniqua delle risorse (Si veda la fig. 1). È l'Operatore Pubblico che può risolvere questo problema e tendere all'arrivo a un valore di inquinamento ottimo (Paretiano), cioè un livello qualitativo dell'acqua socialmente desiderabile, il cui raggiungimento richiede che i costi sociali provocati dalle diverse attività economiche (inclusivi dei danni legati all'eccessivo sfruttamento delle risorse idriche), non superino i benefici privati ottenuti con tali attività. Questo è possibile se lo Stato applica opportuni strumenti di internalizzazione del costo, in modo che A consideri i costi sociali complessivi determinati dal suo processo di produzione, definiti dalla somma dei costi privati e delle esternalità negative. Ciò a sua volta potrà portare a una riduzione sia della quantità prodotta del bene y , sia dell'inquinamento idrico generato da A. (Fig.1) e richiede necessariamente una valutazione monetaria di tutti i danni sociali provocati dalle attività economiche.

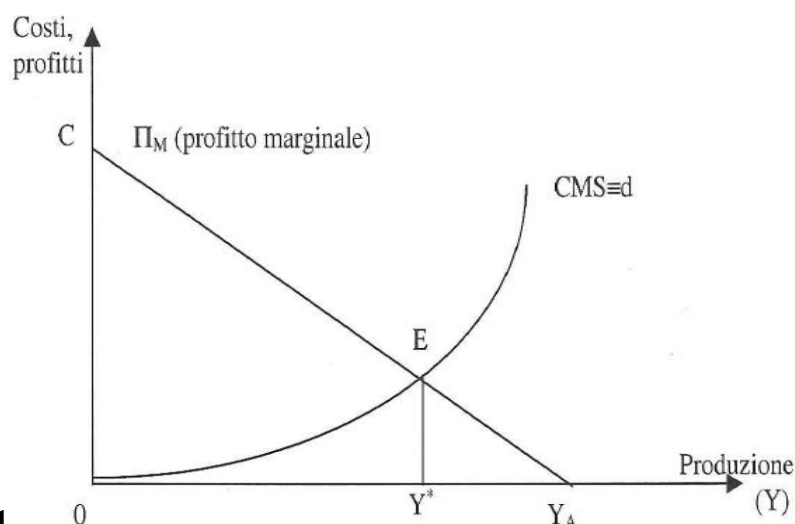


Figura 1

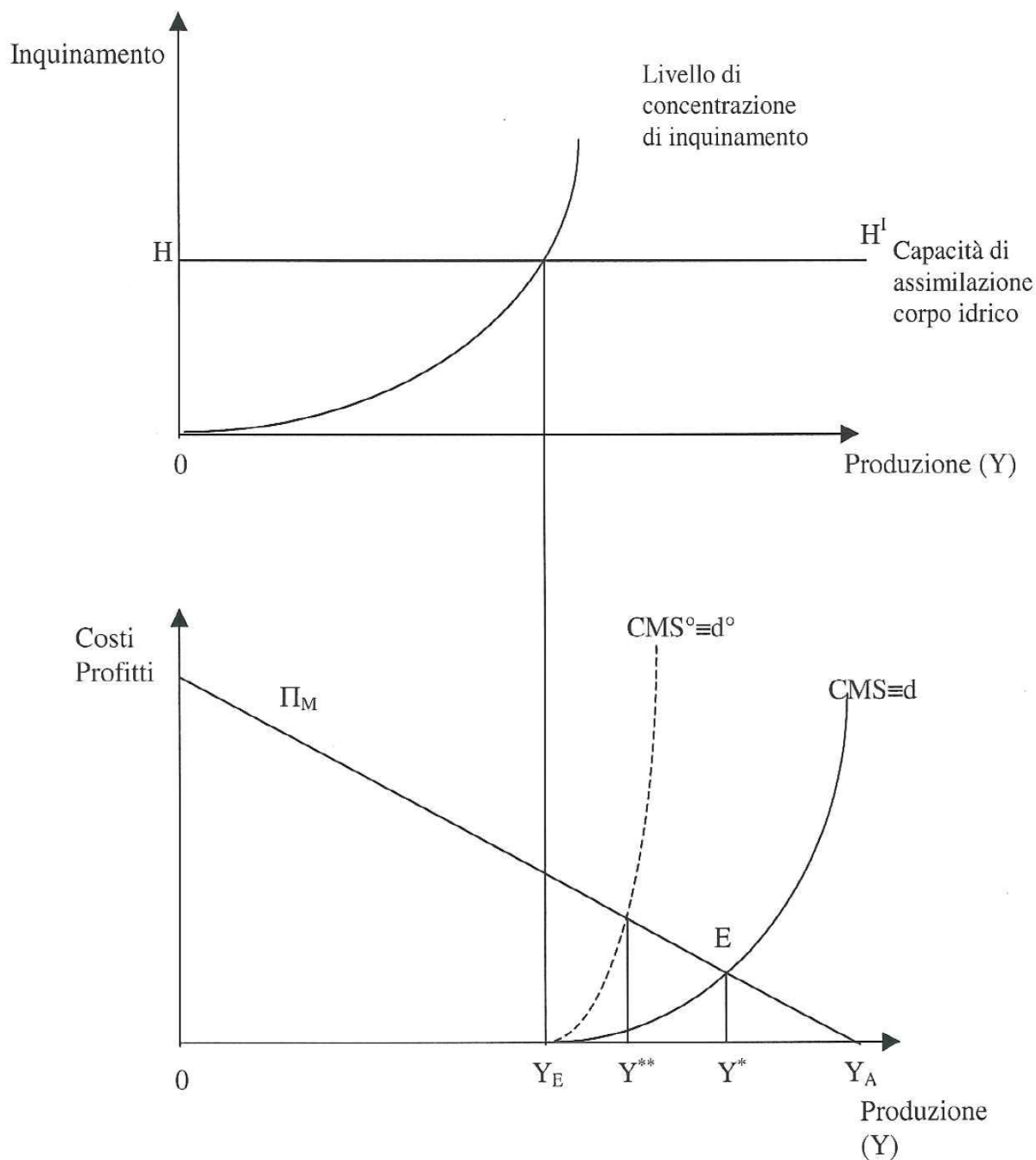
Fonte: Rebba (1999)

Supponiamo ora, a fini semplificativi, che la molteplicità di fattori che influiscono nella realtà sull'inquinamento idrico (portata del corpo idrico, temperatura, presenza di altri agenti inquinanti ecc.) siano esogeni e predeterminati e ipotizziamo quindi che il livello di inquinamento idrico vari solo in funzione diretta della quantità di produzione dell'impresa. La curva dei costi marginali dell'inquinamento (CMS) indica, per ogni unità di produzione supplementare, i danni sociali determinati dall'impresa crescono più che proporzionalmente. Considerando solo l'obiettivo dell'efficienza allocativa, siccome l'attività dell'impresa determina comunque dei benefici sociali, il livello di produzione socialmente ottimo non è chiaramente pari a zero, ma corrisponde al punto in cui si eguagliano profitto marginale dell'impresa e costo marginale sociale (OY^*). Questo implica che una certa entità di inquinamento (costo sociale), misurata dalla superficie OEY^* , continuerà ad essere generata, mentre il vantaggio collettivo netto è dato dall'area $OCE = OCEY^* - OEY^*$.

Nella fig.1 è anche ipotizzato, in modo implicito, che l'inquinamento causi conseguenze visibili, anche per entità positive molto piccole, in realtà molto spesso provoca esternalità negative su produzione, consumo e salute degli esseri viventi solo dopo aver raggiunto la saturazione della capacità di assimilazione del corpo idrico recettore. La curva CMS dovrebbe quindi partire da un punto più a destra rispetto all'origine delle ascisse (fig.2). Inoltre il livello ottimo di inquinamento residuo (espresso economicamente come punto di incrocio tra curva crescente del costo marginale sociale e retta decrescente del profitto marginale), può trovarsi al di sopra del limite corrispondente alla capacità di assimilazione del corpo idrico ricevente; ciò implica (si veda fig.2) che l'analisi economica può portare a una condizione di equilibrio OY^* in cui è tollerato un livello di attività che è maggiore rispetto a quello che permetterebbe il mantenimento di un equilibrio ecologico OYe . Il risultato finale dipenderà dalla posizione e dall' inclinazione della curva CMS e dalla forma della curva di profitto marginale, a loro volta

influenzati dai modi a cui si ricorrerà per valutare i costi marginali sociali dell'inquinamento idrico e delle attività di prevenzione. Per esempio nel caso di valutazione dei danni sociali molto alta, la curva di costo marginale avrà inclinazione accentuata, (curva CMS°) e il livello di ottimo inquinamento residuo (livello di produzione OY^{**}) sarà molto vicino al punto di saturazione della capacità di assimilazione delle risorse idriche.

Figura 2



Fonte: Rebba (1999)

3. Gli strumenti di internalizzazione del costo sociale

Allo scopo di internalizzare i danni derivanti dall'inquinamento, con cui si intende "presa in conto" dei costi da parte delle imprese che li producono, l'Operatore Pubblico può avvalersi principalmente di due categorie di strumenti, anche combinati tra loro:

1. Strumenti di tipo giuridico (regolamentativi): prevedono l'introduzione di vincoli legali, come il rilascio di licenze o autorizzazioni per l'esercizio di una determinata attività dannosa, la fissazione di standard (norme di processo produttivo, di prodotto, di qualità e di emissione) relativi allo stato di qualità dell'ambiente, l'emanazione di ordini individuali e collettivi di cessazione delle attività che provocano danni all'ambiente e il controllo del loro rispetto.

2. Strumenti di tipo economico: l'utilizzo di indennizzi erogati alle vittime, la promozione di strategie di negoziazione e accordo come la vendita dei permessi d'inquinamento (Dales, 1968), o più frequentemente l'uso di strumenti fiscali, come imposte pigouviane (Pigou, 1920), sussidi e incentivi di carattere finanziario alle attività di prevenzione e depurazione poste in essere dalle imprese, quali: facilitazioni di credito sotto forma di prestiti a interesse ridotto e sovvenzioni all'investimento, aiuti commisurati alle spese di funzionamento dei dispositivi di depurazione, ammortamenti accelerati degli investimenti per il disinquinamento e sgravi fiscali.

Gli strumenti basati sugli incentivi economici hanno maggiore efficienza in termini di costo e favoriscono l'innovazione tecnologica, per questo spesso gli economisti si sono mostrati contrari alla regolamentazione diretta e agli standard per il controllo dell'inquinamento, nonostante, tradizionalmente, in tutti i sistemi economici industrializzati di tipo misto, la legislazione per l'ambiente, realizzata con mezzi di regolamentazione uniti a strumenti di monitoraggio e sanzione per le eventuali violazioni, abbiano rappresentato le basi della politica di protezione ambientale.

Nella realtà le distinzioni tra strumenti regolamentativi e economici non è sempre così netta e sono frequenti le combinazioni, che variano da paese a paese in base a considerazioni fondate su "criteri di conformità", cioè coerenza tra fini e mezzi, accettabilità sotto il profilo legale, praticabilità amministrativa e coerenza con il sistema istituzionale (in particolare con il principio "chi inquina paga"), e "criteri di ottimalità" come efficacia, impatto ambientale, efficienza economica, implicazioni di carattere distributivo e accettabilità sotto il profilo politico.

4. L'inquinamento idrico: tipologie, cause e conseguenze

Le azioni umane generano un gran numero di rifiuti, che possono essere in parte riciclati, in altra entità depurati oppure trascurati e rilasciati nel suolo e nelle acque, ed è proprio questa una delle cause principali dell'inquinamento. Per inquinamento idrico si intende l'alterazione della normale composizione dell'acqua dei bacini idrici come fiumi, laghi, mari e falde sotterranee, anche provocata da attività umane e che può causare effetti negativi sugli organismi che vivono in questi bacini, nelle loro prossimità o che ne prendono risorse per altre attività.

A seconda dell'origine l'inquinamento idrico può essere **puntuale**, quando si concentra in una zona localizzata (ad esempio: scarichi di attività industriale e liquami di origine umana ed animale) o **diffuso**, come nel caso di riversamento in acqua o nel suolo di sostanze fertilizzanti successivamente trasportate dalla pioggia; **diretto**, se le sostanze nocive vengono direttamente immesse nei corsi d'acqua senza essere sottoposte a trattamenti di depurazione oppure **indiretto**, se l'agente nocivo arriva nei corsi d'acqua tramite aria e suolo.

In particolare l'inquinamento idrico può essere di diversi tipi:

- **chimico**: per immissione di sostanze chimiche, organiche e inorganiche che modificano le caratteristiche chimiche dell'acqua;
- **fisico**: dovuto a alterazioni di portata, ad aggiunta di calore ed introduzione di materiali in sospensione, che modificano le proprietà fisiche dell'acqua (temperatura, torbidità, colore);
- **biologico**: dovuto all'immissione di organismi patogeni (batteri, virus, parassiti)

Può essere distinto in:

- **Biodegradabile** se il corpo idrico è capace di autodepurarsi dagli agenti in esso contenuti, generalmente sostanze organiche di origine biologica (derivanti da scarichi civili, agricoli, zootecnici, industriali) e il cui grado viene misurato con il BOD (domanda biochimica di ossigeno), che specifica la quantità di ossigeno necessaria ai decompositori per degradare le sostanze contenute fino allo stato di minerali ed è direttamente proporzionale al valore delle sostanze decomponibili presenti, quindi tanto più è elevato tanto maggiore è il grado di inquinamento.
- **Non biodegradabile**, quando l'inquinamento è dato da sostanze inorganiche che derivano da lavorazioni industriali e da molte sostanze organiche di sintesi. È calcolato attraverso la misura del COD (domanda chimica di ossigeno), può essere di natura chimica, fisica o microbiologica e produce un impatto negativo sull'ecosistema, coinvolgendo flora, fauna e uomini.

Inoltre l'inquinamento può essere distinto in diverse tipologie a seconda della fonte che lo provoca:

- **Inquinamento industriale:** derivante dallo scarico di sostanze inquinanti da parte delle industrie, in particolare chimiche, cartiere, segherie e caseifici, che liberano residui in grado di favorire l'accrescimento di muffe e batteri. In crescita è il fenomeno dell'**inquinamento termico:** causato dal sovrautilizzo dell'acqua per raffreddare gli impianti di industrie, soprattutto in centrali termoelettriche e che provoca il rilascio di elevate quantità di acqua a temperatura diversa rispetto a quella in cui viene immessa, causandone alterazioni delle condizioni fisiche con moria degli organismi viventi presenti ed effetto di eutrofizzazione.

- **Inquinamento urbano:** deriva agli scarichi di abitazioni, uffici e altre strutture non sottoposti a trattamenti di depurazione. È l'urbanizzazione infatti ad essere la causa principale dell'aumento eccessivo di ogni tipo di inquinamento.

- **Inquinamento agricolo:** provocato dall'impiego di fertilizzanti e pesticidi in elevate quantità e dallo spargimento di liquami provenienti dagli allevamenti. Queste sostanze possono raggiungere le falde acquifere sotterranee e i fiumi per dilavamento dei terreni.

- **Inquinamento naturale:** è una fonte di inquinamento quasi irrilevante, causata da eventi atmosferici e stagionali, alluvioni e frane.

- **Inquinamento da idrocarburi:** proviene in particolare dal petrolio che esce dalle petroliere, danneggiate o naufragate, o che è compreso negli scarichi delle acque utilizzate per pulire le cisterne petrolifere.

I principali agenti inquinanti idrici sono divisibili in alcune categorie: 1) inquinanti organici, 2) inquinanti inorganici, 3) sostanze nutrienti, 4) inquinanti termici e 5) microrganismi patogeni. Tra i maggiormente diffusi vi sono: nitrati, fluoruri, metalli tossici, insetticidi, idrocarburi, detergenti anionici e residui radioattivi. Per le sostanze chimiche tossiche ed altre sostanze che

presentano pericoli per la salute, l'O.M.S. ha fissato le concentrazioni massime tollerabili in acque destinate al consumo¹⁰.

¹⁰ Per la consultazione dei limiti OMS relative alle massime concentrazioni ammissibili per un insieme di agenti chimici inquinanti si veda:
http://www.comune.pv.it/CREA/Contents/Documents/Inquinamento_acque_dolci.html

CAPITOLO II : LA VALUTAZIONE ECONOMICA DELLE RISORSE AMBIENTALI E DEI DANNI PROVOCATI DALL'INQUINAMENTO IDRICO

1. La quantificazione del valore delle risorse naturali e dei costi esterni causati dall'inquinamento idrico

Le risorse idriche assumono differente valore economico a seconda degli impieghi ai quali vengono rivolte (Young, 1996). Essi possono essere privati e soggetto quindi a rivalità, come nei casi di uso domestico, che provocherà una diminuzione del capitale naturale (uso *offstream*) oppure di uso diretto nei processi di produzione, in cui l'acqua, considerato come bene intermedio, non è necessariamente sottoposta a depauperamento (uso *instream*). In altre situazioni l'acqua assume invece natura di bene pubblico¹¹, sono i casi di uso per fini ricreativi (balneazione, attività sportive e turistiche) e con riferimento alla sua capacità di assimilazione e smaltimento dei residui delle attività di consumo e produzione. I benefici associati a questi servizi, che l'acqua consente, possono essere però ridotti da molteplici cause: eventi naturali imprevisti, inefficienza nella gestione delle risorse idriche ed inquinamento.

Tre le diverse alternative di classificazione degli effetti¹² provocati dall'inquinamento vi è quella presentata nel *Manuale per stimare gli effetti socio-economici dei disastri naturali*¹³, secondo cui un danno ambientale può provocare effetti: diretti, se causa alterazioni temporanee o permanenti in quantità o qualità del bene ambientale, influenzandone quindi il valore d'uso o di non uso, indiretti, se altera la possibilità delle persone di usufruire di questi beni e secondari, con riferimento alla possibilità di provocare conseguenze sui maggiori aggregati

¹¹ In Economia sono beni pubblici quei beni che posseggono congiuntamente due proprietà: 1) elevati costi (impossibilità tecnica) di esclusione dal consumo, 2) assenza di rivalità nel consumo. La sussistenza di tali caratteristiche implica l'inesistenza di un mercato per questi beni, perciò ciascun individuo cercherà di usufruirne il più possibile, per massimizzare la propria utilità, con conseguenti comportamenti "predatori" e di eccessivo sfruttamento delle risorse ambientali.

¹² Un'altra classificazione interessante è quella proposta da A. Myrick Freeman III, che suddivide gli effetti in funzione del modo con cui questi influenzano l'uomo. In questo senso vengono distinti: salute umana, attività economiche che utilizzano sistemi biologici (quali agricoltura e pesca), altre attività umane non produttive, deterioramento dei materiali e variazioni nei costi di produzione, modificazione del clima ed altri.

¹³ Pubblicato nel 1991 dalla UN Economic Commission for Latin America and the Caribbean

macroeconomici (Pil, bilancia commerciale, livello di indebitamento). Ci si trova quindi di fronte a una valutazione di un impatto che colpisce prima di tutto il fluido stesso ed in seguito altri soggetti ed attività.

In particolare l'inquinamento riduce fortemente il potenziale di utilizzo del capitale idrico, provoca l'impossibilità del suo uso nei processi industriali, nelle attività agricole di irrigazione dei campi o abbeveraggio degli animali, pesca e piscicoltura e per lo svolgimento di alcune attività ricreative, quali la balneazione. Di particolare rilevanza ai fini del presente lavoro sono gli effetti indiretti che l'inquinamento idrico può provocare sulla salute umana. L'assunzione di acqua inquinata, in quanto non sottoposta ad adeguata depurazione o perché caratterizzata dalla presenza di agenti che resistono a determinati trattamenti e che raggiunge l'uomo tramite la catena alimentare o l'assunzione diretta può provocare effetti tossici anche molto gravi.

La quantificazione in termini monetari dei danni, quindi dei costi sociali derivanti dall'inquinamento, può essere effettuata andando a stimare l'impatto economico che l'inquinamento provoca sulla variazione del valore dei beni ambientali, utilizzando alternativamente tre categorie di tecniche¹⁴ :

- 1) Uso dei **prezzi di mercato**, nei rari casi in cui esista un mercato di scambio delle risorse ambientali, la cui variazione indicherà la perdita di valore causata dall'inquinamento;
- 2) **Valutazioni surrogate dei prezzi di mercato** ("*Edonic price*"), guardano all'andamento del mercato di beni collegati a quelli ambientali (servizi complementari, beni sostituti e beni la cui variazione della domanda o del prezzo possano dare informazioni indirette sull'entità del danno);
- 3) **Valutazioni contingenti**, con cui si chiede direttamente agli individui di attribuire un valore alle risorse esprimendo la propria disponibilità a pagare.

¹⁴ La letteratura fornisce diverse tassonomie delle tecniche sviluppate per misurare il valore economico dei beni ambientali, tra le più adottate vi è quella elaborata da Pearce e Turner (2000), che propongono una distinzione tra tecniche dirette, che mirano a stimare il valore monetario delle risorse guardando a un mercato surrogato o chiedendo direttamente ai fruitori di esprimere le proprie preferenze e indirette, le quali si basano sull'osservazione di relazioni tra l'inquinamento e alcuni effetti di mercato. La distinzione tra le classi non è sempre univoca e chiaramente definita in letteratura.

Con particolare riferimento alla misurazione del valore dei diversi impieghi dell'acqua, esiste un chiaro collegamento tra il tipo di uso e metodi di valutazione impiegati, classificabili in:

A) Metodi basati sulle transazioni di acqua e di beni correlati

Sono metodi utilizzati nei casi in cui è possibile valorizzare, grazie all'esistenza di un mercato reale o virtuale, gli input e gli output correlati al particolare uso della risorsa idrica. Ciò alternativamente con l'impiego di:

1) Prezzi di mercato: raramente presenti, ma che possono riguardare ad esempio la transazione di acqua per uso agricolo.

2) Prezzi edonici: prezzi-ombra o virtuali derivati con adeguata metodologia econometrica a partire dalla variazione dei prezzi di immobili di tipo residenziale di una determinata zona, considerando l'ipotesi secondo cui il prezzo di un edificio rifletta anche il livello qualitativo dell'acqua della località sul quale esso è situato, si tratta pertanto di stabilire l'entità dell'effetto ambientale basandosi sul criterio del valore complementare.

La correlazione e quindi l'identificazione di un effetto sul prezzo della proprietà dovuto ad una differenza nei livelli di inquinamento è solitamente verificata per mezzo di una regressione multipla in cui i dati vengono ricavati o da un piccolo numero di proprietà residenziali simili su un certo numero di anni (serie temporali) o da un grande numero di proprietà diverse in un singolo periodo (cross section), i più diffusi nella realtà, o da una combinazione di entrambi (pooled data). L'uso di questo metodo ha però sollevato numerose critiche poiché non tiene in considerazione che sui valori delle proprietà intervengono una molteplicità di fattori spesso di difficile isolamento (quantità e qualità degli alberghi disponibili, facilità d'accesso al centro d'affari, livello e qualità dei servizi pubblici locali, ammontare delle tasse che vanno pagate sulla proprietà e caratteristiche ambientali delle zone circostanti). Per riuscire a rilevare gli effetti specifici del fattore ambientale ed evitare stime distorte, è necessario includere tutte queste variabili, correggendo eventuali problemi di correlazione, nel modello, che quindi comprenderà: variabili di proprietà, di vicinato, di facilità d'accesso e ambientali.

3) Disponibilità a pagare a fronte di un'offerta monopolistica dell'acqua: è un metodo utilizzato ai fini di determinare la funzione di domanda di acqua per uso domestico da parte di numerosi utilizzatori in seguito a un'offerta monopolistica da parte di un acquedotto a gestione pubblica o privata, soggetta a regolamentazione pubblica.

B) Metodi basati sul valore dell'acqua come bene intermedio

La valutazione economica delle conseguenze collegate a un aumento o a una diminuzione dell'offerta di acqua impiegata in un determinato processo produttivo (irrigazione di terreni agricoli, produzione di beni alimentari, di energia idroelettrica o geotermica) si basa sulla teoria economica della domanda di input da parte di un'impresa di produzione. Questa valutazione prevede l'utilizzo di due approcci principali in grado di individuare il prezzo-ombra dell'acqua:

1) Approccio di imputazione del valore residuo: facendo riferimento alla tecnologia di produzione, la differenza tra il valore complessivo della produzione e il valore, in termini di prezzi di mercato, dei fattori produttivi impiegati, diversi dall'acqua, consente di determinare il valore residuo della risorsa idrica. Esistono differenti varianti di questo approccio fra le quali il metodo CINI (*Change in Net Income*), i modelli di programmazione matematica basati su tecniche di imputazione residuale e il metodo del valore aggiunto. Sono però approcci caratterizzati da molteplici incertezze applicative e concettuali, tra cui, le difficoltà di determinare correttamente la funzione di produzione e di misurare il contributo marginale dei diversi input diversi dall'acqua.

2) Approccio del costo alternativo: secondo questo approccio, valido solo in alcuni casi, il valore di una politica che prevede l'innalzamento o la conservazione della quantità o qualità del capitale idrico disponibile per un determinato uso intermedio è uguale al costo del progetto alternativo, pubblico o privato, più probabile se non vi fosse il progetto oggetto di valutazione. Tale metodo è stato usato spesso per la quantificazione dei benefici legati a progetti di sviluppo infrastrutturale (forniture idriche urbane e industriali, realizzazione di impianti di depurazione e di generazione di energia idroelettrica).

C) Metodi basati sulla valutazione dell'acqua come bene di consumo

Si distinguono a seconda che l'acqua sia usata come bene pubblico (non escludibile e non rivale nel consumo) oppure di bene privato (escludibile e rivale nel consumo):

1) Il calcolo della disponibilità a pagare per *usi pubblici* dell'acqua (usi ricreativi e interventi di miglioramento qualitativo delle acque) viene generalmente effettuato secondo i seguenti quattro metodi:

- Preferenze rilevate o osservazione indiretta: è un metodo che si basa sull'analisi delle reali scelte dei consumatori e stima la disponibilità a pagare (DAP) in base alle differenze nei livelli

di spesa di uno o più beni scambiati sul mercato, osservate a seguito della variazione del livello di qualità dell'acqua. Due applicazioni sono: *l'approccio del costo di viaggio*¹⁵ e *l'approccio dei prezzi edonici*. Il metodo del costo del viaggio è usato soprattutto per la valutazione dei benefici derivanti da uso ricreativo dell'acqua, che considera la distanza percorsa dagli utenti per godere di una particolare risorsa idrica come proxy della disponibilità a pagare: se le visite avvengono in modo ripetuto e da località distanti ciò significa che la capacità di attrazione del bene è elevata e conseguentemente il suo valore aumenta. Risulta essere un metodo appropriato se la visita realizzata ai fini ricreativi è l'unica motivazione del viaggio e presenta alcuni limiti: si basa solo su quanti hanno goduto dell'esperienza ricreativa e non tiene conto del valore di opzione e di esistenza di altri individui, non considera altre funzioni svolte dal bene, assume che ogni consumatore reagisca all'imposizione o aumento del biglietto all'ingresso allo stesso modo di come reagisce all'aumento del costo del viaggio, senza considerare che a seconda dell'esborso (implicito o esplicito) si può avere un impatto psicologico diverso sul consumatore. Inoltre il numero di visite effettuate è influenzato da una molteplicità di altre variabili (reddito, età, numero di luoghi ricreativi presenti nelle aree prescritte alternativi a quelli in questione, interesse personale verso quel luogo ecc.).

- Valutazione contingente: Siccome in un'economia di mercato il solo modo possibile di esprimere il costo sociale di una nocività subita dagli individui è attribuendo a questa un valore monetario e data la mancanza di un mercato (reale o virtuale) per determinati beni ambientali, questo metodo più ambizioso si propone di valutare direttamente il costo sociale dell'inquinamento rilevando la disponibilità a pagare da parte degli individui per ottenere un ambiente che non sia inquinato, che emerge con la riduzione della domanda per una risorsa inquinata oppure aumentando la domanda per una risorsa non inquinata.

¹⁵ Il metodo del costo del viaggio prevede la costruzione della curva di domanda in funzione del numero delle visite e del costo di trasporto alla quale si giunge attraverso la definizione: del numero annuo di visitatori (spesso raggruppati anche in base a somiglianze come reddito e preferenze), del loro luogo di provenienza, del costo del viaggio medio e del saggio di frequenza (K), che ci si attenda diminuisca all'aumentare della distanza dal sito. La relazione CV/frequenza viene stimata attraverso le analisi statistiche di regressione ottenendo una funzione che esprime quanto i visitatori sono disposti a pagare per un aumento marginale delle visite. Per calcolare i benefici totali si integra la curva di domanda del costo del viaggio dalla zona X sino al CV max e moltiplicando per il numero di abitanti si ottiene il surplus per la zona X.

In pratica il metodo consiste nella somministrazione agli utilizzatori effettivi o potenziali delle risorse idriche oggetto di valutazione, di un questionario creato affinché possa definire la disponibilità a pagare per un'offerta addizionale o un aumento della qualità di risorse idriche in riferimento a una ipotetica situazione contingente. È un metodo diretto perché non fa riferimento al comportamento dei fruitori, ma li richiede direttamente permettendo così di stimare sia il valore d'uso che il valore di esistenza¹⁶ della risorsa e ha il beneficio di poter essere applicato a tutte le circostanze. In particolare dal punto di vista operativo, si procede individuando il bacino di utenza del bene oggetto di valutazione, si definisce il campione e le modalità di acquisizione delle informazioni (questionari, interviste, domande aperte/chiose) suddividendo il questionario in tre parti:

- a) Ricerca sulla sensibilità ambientale e la conoscenza del bene dell'intervistato
- b) Descrizione del mercato ipotetico e domanda sulla disponibilità a pagare
- c) Definizione demografica dell'intervistato

Si procede poi con delle analisi statistiche che verifichino la validità delle risposte tenendo presente che si sta simulando l'esistenza di un mercato e che il comportamento del consumatore potrebbe essere molto differente rispetto ad un mercato reale¹⁷.

Il principio valutativo è semplice, ma sono notevoli le difficoltà per esplicitarlo in termini monetari, in particolare a quali persone rivolgersi e con quali domande al fine di limitare diversi tipi di distorsioni¹⁸.

¹⁶ Per valore d'uso si intende il valore dovuto all'utilizzo concreto (reale) o potenziale/futuro del bene (d'opzione), per valore di esistenza si intende il valore attribuito al bene in sé, indipendentemente da rapporti con l'uso.

¹⁷ Gli schemi procedurali usati più frequentemente, la cui trattazione dettagliata si rimanda a Young (1996, pp. 45-50) sono: *open-ended*: l'intervistato esprime la disponibilità a pagare senza alcun suggerimento da parte del valutatore; *iterative bidding game* (gioco di offerte reiterate): il valutatore ha un ruolo attivo, stabilisce una somma iniziale (bid) e chiede la disponibilità a pagare che se positiva, viene aumentata fino ad individuare il livello massimo di disponibilità a pagare (MDAP); *payment card*: prevede una lista di intervalli di valori sulla quale l'intervistato è chiamato ad esprimersi; *close-ended*: l'intervistato è chiamato a rispondere in modo discreto (Sì/no) ad una determinata somma proposta dall'intervistatore.

¹⁸ Tra le più importanti: distorsioni strategiche nelle risposte degli intervistati (comportamenti di free riding), distorsioni dovute a motivazioni morali e di autocompiacimento (mostrarsi favorevoli alla protezione dell'ambiente), distorsioni derivanti dalla struttura dell'intervista oppure connessa all'informazione, distorsioni derivante dal tipo di veicolo, ossia dallo strumento di pagamento utilizzato nell'approccio, verso cui gli intervistati possono mostrare diverse sensibilità (aumento del prezzo di beni, tasse, tasse d'ingresso, sovrapprezzo sulle bollette, prezzi più alti dei beni ecc.) e ancora distorsioni derivanti dalla natura ipotetica

- Tavole “unit day value”: il metodo prevede l’applicazione di valori pro capite su base giornaliera decisi in via amministrativa dagli enti pubblici che si occupano della gestione delle risorse idriche per diversi servizi ricreativi, è una tecnica usata dal Water Resource Council statunitense, ma che ha lo svantaggio di fornire valori che necessitano di un frequente aggiornamento e che derivano spesso da compromessi di carattere politico piuttosto che da una effettiva stima della domanda

- Meta-analisi: le stime già sviluppate in precedenza per la quantificazione del valore ricreativo delle risorse idriche già esistenti vengono estese agli usi ricreativi dell’acqua oggetto di valutazione.

2) Il calcolo delle disponibilità a pagare per i *consumi privati* dell’acqua può prevedere l’utilizzo di tecniche di valutazione usate per identificare la disponibilità a pagare per gli usi domestici dell’acqua.

2. L’identificazione dei danni sulla salute determinati dall’inquinamento idrico

Ci concentriamo ora nello specifico sulla valutazione dei danni sanitari provocati dall’inquinamento idrico, che risulta un’operazione piuttosto complicata, sia per quanto riguarda la quantificazione monetaria, che la fase preliminare di identificazione in termini fisici degli effetti sulla salute, la quale richiede l’intervento di una serie di figure professionali: biologi, medici, epidemiologi, economisti e sociologi, chimici e ingegneri, statistici, al fine di condurre analisi cliniche, epidemiologiche e tossicologiche.

L’elaborazione di una funzione fisica (non monetaria) dei danni sociali marginali dell’inquinamento è particolarmente complicata se oltre ai danni diretti si tiene conto dei danni indiretti e soggettivi (disutilità determinati dalla patologia o danni estetici alla risorsa), o anche

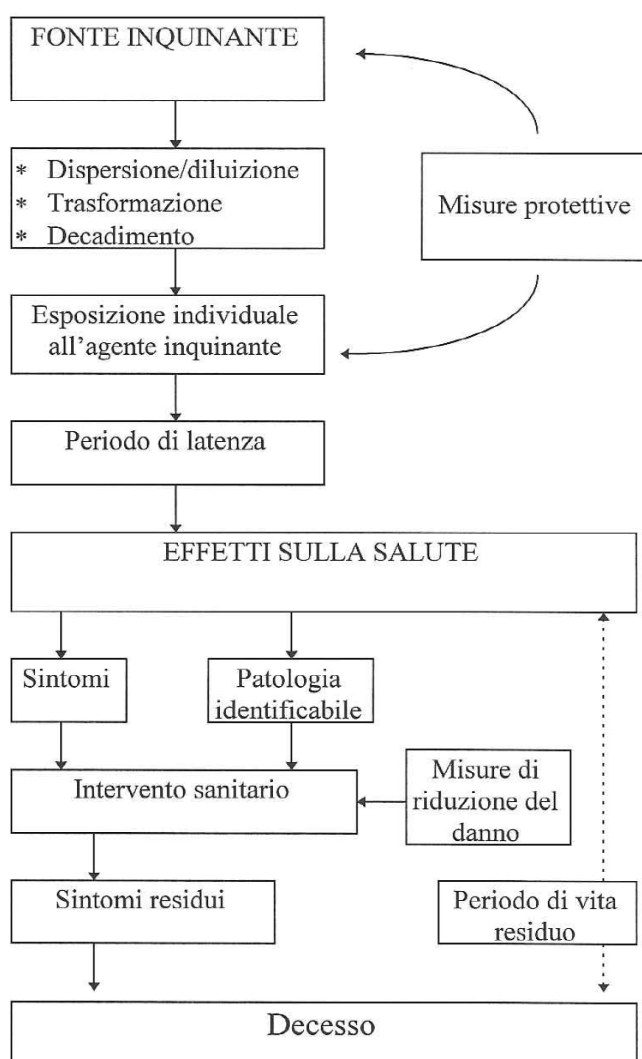
dell’intervista e distorsioni operative, che i ricercatori cercano di risolvere stabilendo delle condizioni operative di riferimento (*Reference Operating Conditions, ROC*). Per una trattazione più dettagliata si rimanda a W.Pearce, K. Turner (2000, pp. 147-162)

delle possibili sinergie, derivanti dal fatto che la combinazione di più inquinanti causa conseguenze diverse dalla somma di ciascun agente preso singolarmente. La conoscenza degli effetti sinergici è ancora limitata per cui ci si limita spesso a fissare degli obiettivi di accettabilità diversi a seconda della fonte, del tipo di inquinamento e di alcuni usi dell'acqua. La salute dell'uomo rappresenta però una condizione multidimensionale¹⁹ sul quale agiscono in via indiretta fattori di tipo endogeno ed esogeno: 1) caratteristiche ereditarie dell'individuo, 2) stile di vita (uso di tabacco, alcool, farmaci, droghe, esercizio fisico, atteggiamento), 3) fattori ambientali²⁰ (qualità di aria, acqua, presenza di sostanze tossiche, rischi di incidenti o malattie professionali legati a ambienti di vita e lavoro), 4) servizi sanitari disponibili. In particolare i fattori sui quali si agisce con azioni individuali e collettive al fine di ridurre il rischio sanitario sono lo stile di vita e i fattori ambientali, ma in merito a questi ultimi, pare generalmente difficile definire con certezza la relazione di causalità che può legare l'inquinamento idrico e il manifestarsi di determinate patologie. Questo perché la salute di ciascun individuo viene influenzata da una molteplicità di fattori (età, stili di vita, ecc.) prima ancora che dall'esposizione ad agenti inquinanti contenuti nelle acque, che vengono dispersi, diluiti, trasformati e sono soggetti a parziale decadimento prima di venire a contatto con il singolo individuo. Inoltre la manifestazione sintomatica è spesso preceduta da un periodo di latenza più o meno lungo. Grazie all'utilizzo di tecniche statistiche di valutazione quantitativa del rischio sanitario (*Risk Assessment*) è possibile stimare la funzione di danno sanitario (*dose response function*), che esprime la relazione, in genere probabilistica, tra esposizione ad agenti inquinanti e insorgenza, più o meno differita nel tempo, di effetti sanitari, che possono assumere livelli di gravità diversi: sensazione di malessere appena percettibile, disturbi funzionali, alterazioni irreversibili, danno permanente o letale. In particolare la figura 3 riassume le relazioni probabilistiche che possono intercorrere tra una generica fonte di inquinamento idrico e una serie di potenziali effetti sanitari.

¹⁹ L'OMS definisce la salute come uno "stato di completo benessere fisico mentale e sociale e non semplicemente l'assenza di malattie e infermità".

²⁰ L'importanza delle caratteristiche ambientali nel definire la qualità di salute delle popolazioni viene riconosciuta dall'OMS che ha attivato programmi, a livello europeo e mondiale, per la promozione della salute ambientale (Environmental Health) che prevedono azioni di prevenzione primaria per la tutela dei beni ambientali, potenziamento delle infrastrutture idriche e la migliore gestione delle risorse idriche esistenti allo scopo di eliminare o ridurre i problemi sanitari derivanti dalla carenza di acqua potabile.

Figura 3: Relazione tra inquinamento ed effetti sulla salute dell'uomo



Fonte: Rebba (1999)

Nell'ambito dell'epidemiologia e della Medicina Ambientale esiste una vasta letteratura in merito ai rischi igienico-sanitari derivanti dall'inquinamento biologico delle acque utilizzate per il consumo domestico, la balneazione e l'allevamento (contaminazioni dovute a coliformi e streptococchi fecali, microrganismi patogeni, virus e microparassiti), ma per molte tipologie di inquinamento chimico non vi è un collegamento sempre evidente con i danni alla salute. L'OMS ha sancito l'espressione "malattia legata all'acqua", individuandone in particolare dodici categorie²¹, per indicare qualsiasi effetto negativo sufficientemente rilevante ed esteso

²¹ Per una visione completa delle categorie si rimanda a WHO, 1998.

sulla salute dell'uomo, includendo: morte, disabilità, patologie e situazione di malessere, provocate direttamente o indirettamente dalle condizioni della acque superficiali, di falda, costiere utilizzate per scopi differenti dall'uomo.

L'identificazione e la valutazione economica dei danni derivanti dall'inquinamento, risulta essere cruciale al fine di poter poi svolgere analisi costi-benefici (ABC), che consentano di quantificare i vantaggi (impatto positivo su salute e Pil) e gli svantaggi (impatto negativo su occupazione e Pil) di politiche di risanamento o preventive alternative, scegliendo quella che massimizza il benessere sociale, tra cui: creazione e miglioramento di interventi infrastrutturali di raccolta, trasporto e depurazione delle acque, realizzazione di programmi di informazione ed educazione sanitaria, utilizzo di strumenti di internalizzazione dei costi e promozione di comportamenti che permettano di limitare o evitare i danni legati al degrado delle acque.

In particolare le misure protettive alla fonte si distinguono a seconda del tipo di inquinamento:

- se puntuale, sono rappresentate, con efficacia anche nel breve periodo, dal controllo preventivo delle aree in cui potrebbe essere concentrato l'agente inquinante;
- se diffuso, le misure nel breve periodo devono tendere a eliminare l'agente inquinante prima che questo determini danni alla salute, poiché interventi propriamente preventivi (tasse, incentivi) possono manifestare effetti solo nel lungo periodo.

3. La valutazione monetaria dei costi dei danni sanitari associati all'inquinamento idrico

La valutazione monetaria dei danni sanitari dell'inquinamento idrico, che è possibile evitare grazie all'adozione di una particolare politica di prevenzione primaria, è stimata a partire dalla disponibilità a pagare da parte degli individui e consente di definire la funzione monetaria dei benefici sanitari, in termini di riduzione del rischio di morbilità e/o mortalità, associati a tale politica. La DAP comprende quanto ciascun individuo è disposto a pagare individualmente per diminuire i propri rischi sanitari e quelli della collettività, sia per ragioni altruistiche, sia a causa dell'esistenza di meccanismi assicurativi di condivisione dei costi sanitari nei paesi, come l'Italia, che adottano un Sistema Sanitario Nazionale. È stimata considerando le possibili seguenti voci di costo: 1) spese per cure mediche, 2) spese di protezione preventiva, 3) perdite di reddito dovute alla riduzione dell'attività produttiva, 4) disutilità data dai sintomi e perdita di tempo libero per lo svolgimento di attività non lavorative e 5) diminuzione della speranza di vita o accrescimento del rischio di morte precoce.

Nel caso della valutazione dei danni sanitari evitati (“riduzione dei rischi sanitari”) si possono individuare tre principali tecniche in grado di stimare la DAP. Le prime due indirette e fondate sulle preferenze rivelate, che prevedono la stima dei costi evitati attraverso l’osservazione delle scelte dei consumatori nell’ambito di diversi mercati, realizzando così una combinazione tra la funzione fisica dei danni sanitari dell’inquinamento idrico e un particolare valore di mercato. La terza, diretta, è una tecnica di valutazione contingente della domanda di salute e qualità ambientale che si basa sulle preferenze espresse dagli individui.

1) Valutazione dei danni sanitari evitati con la tecnica del “costo diretto e indiretto della malattia” associata all’inquinamento (*Cost of illness*)²²

Tende alla determinazione del danno (costo) direttamente imputabile alla malattia o alla morte. Secondo questa tecnica il miglioramento del livello di salute generato da un’attività di tutela ambientale, che migliori il livello quali-quantitativo nelle risorse idriche, permetterà all’individuo che ne beneficia di evitare spese o perdite di reddito che la malattia o la morte comportano e che esprimono l’entità monetaria del danno, in particolare:

1. Spese mediche dovute alla morbilità o mortalità (costi diretti della malattia) sostenuti non solo dall’individuo danneggiato, ma anche dall’intera collettività;
2. Costi determinati dalle perdite di ore di lavoro (reddito) e tempo libero dovute alla malattia o morte (sono costi indiretti che possono riguardare anche familiari e conoscenti);
3. Disutilità direttamente determinata dalla malattia o morte che colpisce l’individuo (la necessità ad esempio di doversi sottoporre a trattamenti dolorosi e la riduzione di utilità per i familiari nel caso in cui il danno sia invalidante).

Il calcolo delle diverse componenti diventa tanto più difficile procedendo dalla prima all’ultima, cioè quanto più si considerano elementi maggiormente intangibili (la terza componente viene spesso trascurata a causa della sua difficoltà di stima). E’ un approccio che è stato sottoposto a numerose critiche perché tende a sottostimare i costi indiretti della malattia per le persone anziane, i giovani e in generale per tutte le persone che non producono un reddito e perchè è caratterizzato da arbitrarietà delle stime dei costi, infatti molte volte trascura le spese che non sono attribuibili direttamente all’attività rivolta alla riduzione del rischio fisico, ad esempio i costi di trasporto o di residenza dei pazienti obbligati a spostarsi per ricevere cure mediche. Inoltre è necessario tenere sempre conto del contesto socio-economico ed istituzionale nel quale

²² Si veda Tolley, Kenkel, Fabian (1994, pp. 40-72)

viene svolta l'analisi poiché i costi diretti possono essere molto variabili a seconda delle pratiche mediche e delle tecnologie disponibili nei diversi territori e le loro stime possono essere più elevate in presenza di un'alta copertura assicurativa, poiché questa riduce gli incentivi a economizzare sull'uso dei servizi sanitari (effetto *moral hazard*).

2) Valutazione dei danni sanitari evitati con la tecnica delle “spese di protezione” (*Averting Cost*)

Si calcolano le spese che gli individui sostengono per difendersi o scampare alle nocività (*averting behaviour*) provocate dagli agenti inquinanti (alludono alle “misure protettive” individuali presenti nella fig.3), come ad esempio: consumo di acqua minerale in sostituzione di quella dell'acquedotto, acquisto di trattamenti di depurazione e dispositivi in grado di aumentare o diminuire la pressione dell'acqua. Considerando che la salute di ogni individuo è influenzata in parte da variabili endogene, tale tecnica si fonda sul presupposto secondo cui un miglioramento del livello di salute, dato da un aumento della qualità ambientale, permette una diminuzione delle spese individuali di tipo preventivo, questo risparmio può indicare l'entità dei danni sanitari evitati con un determinato programma di tutela ambientale. Per fornire stime attendibili richiede però delle assunzioni:

1. Averting costs e cambiamenti ambientali devono essere perfetti sostituti
2. Gli Averting costs devono essere espressione solo dei cambiamenti ambientali e non generare benefici addizionali
3. Gli Averting costs devono essere reversibili

Infatti se gli averting costs e la qualità ambientale sono imperfetti sostituti il metodo produce una sottostima del vero valore del costo per il benessere, al contrario se gli averting costs producono benefici addizionali, il metodo tende a sovrastimare il vero costo sociale dell'inquinamento. Inoltre spesso essi possono portare al sostenimento di sunk costs.

Quando per evitare gli effetti negativi derivanti dall'inquinamento l'unica opzione è trasferirsi, il valore economico di questo cambiamento può essere stimato dalle informazioni relative allo spostamento (approccio al costo di rilocalizzazione).

3) Valutazione dei danni sanitari evitati con la tecnica della “valutazione contingente”

È una tecnica di valutazione più ambiziosa che prova a valutare direttamente i costi sociali (danni sanitari) correlati ai fenomeni di inquinamento idrico, determinando la riduzione della domanda per una risorsa inquinata o l'aumento per una qualitativamente migliore. In mancanza infatti di un mercato della salute (associabile all'“acqua pulita”) si domanda, attraverso un questionario, a un campione di persone di esprimere a quale prezzo sarebbero disposte ad acquistare una quantità aggiuntiva di salute, che viene rappresentata da beni contingenti al mercato che l'analista tenta di creare. Si individuano in questo modo dei prezzi ombra che la comunità pagherebbe per differenti livelli di salute (e di qualità ambientale) se fosse presente un mercato. Oppure si chiede agli intervistati quale costo sarebbero disposti a sostenere per poter ridurre il rischio sanitario o gli effetti negativi ad esso associati: ad esempio la DAP per la riduzione del numero di giorni in cui si avvertono sintomi specifici (*symptom days*) o per la riduzione del numero di giorni in cui le quotidiane azioni di produzione e/o di consumo sono ridotte per colpa di specifiche patologie.

Nei casi in cui si voglia stimare nello specifico la relazione tra qualità ambientale e riduzione del rischio di morte prematura²³, grazie ad una determinata politica di intervento, si fa ricorso a tecniche statistiche in grado di quantificare il numero di vite salvate, il cui valore in termini monetari viene successivamente calcolato utilizzando alternativamente due categorie di possibili tecniche:

1. Misurazione della DAP utilizzando principalmente le tre metodiche viste precedentemente, due indirette, che si basano sulle preferenze rivelate in diversi mercati: la valutazione dei differenziali compensativi nelle retribuzioni ottenute da lavoratori che conducono attività mediamente più rischiose e l'analisi del costo di attività di prevenzione che aumentano la sicurezza (entrambi preferenze rivelate) e quella diretta della valutazione contingente.
2. L'approccio del *capitale umano*, che risulta essere particolarmente complicato e ormai obsoleto (è stato infatti usato per analisi econometriche di “prima generazione”) e stima il valore della vita umana attraverso la quantificazione del valore scontato delle remunerazioni percepite da un individuo nel corso di tutta la sua vita (attesa).

²³ Per la trattazione in maggiore dettaglio della valutazione prudentiale del rischio di mortalità si rimanda a Tolley, Kenkel e Fabian (1994)

Le valutazioni degli effetti sanitari dell'inquinamento idrico basati sulle preferenze rilevate (CoI e AC) possono fornire solo una valutazione minima o prudentiale (*lower bound*) della DAP per i danni sanitari evitati, non considerando tutte le possibili voci di costo e richiedono una notevole quantità di dati dal momento che entrambe mirano a stimare la relazione intercorrente tra effetti sanitari, attività individuali di prevenzione/cura e valore monetario di tali attività. Inoltre se vengono impiegate congiuntamente necessitano di essere adeguatamente combinate per evitare di incorrere in duplicazioni delle voci di costo evitato da considerare.

Questo problema può essere evitato dal metodo della valutazione contingente, che inoltre, basandosi sull'analisi di un campione della popolazione interessata dal fenomeno ambientale può essere caratterizzato da un minore fabbisogno informativo. Tuttavia esso ha il difetto di basarsi troppo sulle percezioni soggettive degli individui intervistati e di richiedere l'espressione della DAP rispetto a situazioni puramente ipotetiche producendo risposte poco attendibili. In particolare l'affidabilità dei risultati ottenuti con questa tecnica appare strettamente dipendente da: diversità nelle procedure seguite nel condurre le interviste, eterogeneità delle caratteristiche sanitarie e socio demografiche del campione degli intervistati e differente contesto istituzionale in cui viene condotto lo studio. È necessario quindi prestare adeguata attenzione in fase di preparazione e somministrazione dei questionari²⁴.

²⁴Per un'analisi dettagliata delle problematiche teoriche e applicative connesse alla valutazione contingente dei rischi sanitari determinati dall'inquinamento si rimanda a Tolley, Kenkel, Fabian (1994). È stata usata soprattutto per la valutazione dei rischi sanitari derivanti da fenomeni di inquinamento non correlato a specifiche fonti (non puntuale o diffuso).

CAPITOLO III: CASO DI STUDIO: INQUINAMENTO IDRICO

DA PFAS

1. PFAS: caratteristiche e proprietà

Le sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) annoverano un'ampia e complessa categoria di composti formati da una catena carboniosa idrofobica di differente lunghezza (da 4 a 16 atomi di carbonio) e da un gruppo idrofilico finale, solitamente un acido carbossilico o solfonico²⁵.

La loro peculiare struttura chimica, in particolare i numerosi legami covalenti carbonio-fluoro che hanno una forte energia di legame, conferiscono forte stabilità ed inerzia termica, chimica e biologica a questi composti.

Le proprietà chimico-fisiche di queste sostanze (bassi punti di ebollizione e debole tensione superficiale) le rendono molto resistenti al calore e a valori di pH estremi, quindi difficilmente solubili sia in acqua che nei lipidi, rimangono inalterate anche se sottoposte a processi di degradazione termica, biodegradazione, idrolisi, metabolizzazione e di conseguenza sono fortemente persistenti nell'ambiente. È stato calcolato che il PFOS sia caratterizzato da emivita nell'ambiente di 41 anni ed il PFOA di 8 (D'Hollander et al., 2010)²⁶.

²⁵ Tra le molecole più utilizzate e studiate del gruppo PFAS troviamo l'acido perfluorooctanoico (PFOA) e l'acido perfluorooctansolfonico (PFOS), ma esistono vari congeneri con un diverso numero di atomi di carbonio:

Acido perfluorobutanoico	PFBA	Acido perfluorooctanoico	PFOA
Acido perfluorobutansolfonico	PFBS	Acido perfluorooctansolfonico	PFOS
Acido perfluoropentanoico	PFPeA	Acido perfluorononanoico	PFNA
Acido perfluoroesanoico	PFHxA	Acido perfluorodecanoico	PFDeA
Acido perfluoroesansolfonico	PFHxS	Acido perfluoroundecanoico	PFUnA
Acido perfluotoeptanoico	PFHpA	Acido perfluorododecanoico	PFDoA

²⁶ Secondo stime dell'OCSE, fino al 2000 la produzione di PFOS (in Europa, Stati Uniti e Giappone) è stata di circa 4.500 tonnellate ogni anno, in particolare il 50% si riferiva ad applicazioni in lavorazioni superficiali e il 30% in trattamenti di rivestimento della carta. Tra il 1970 e il 2002 in tutto il mondo sarebbero stati generati 26.500 tonnellate di rifiuti derivanti dalla produzione di PFOS, di cui 230-1450 tonnellate rilasciati nelle acque. Con riferimento al PFOA invece, nel periodo 1951-2004 si calcola siano stati prodotti circa 3600-5700 tonnellate di rifiuti.

I PFAS non sono molecole naturalmente presenti in natura, tranne in rare circostanze trascurabili (come nei casi della loro generazione da parte di alcune piante o funghi o da attività vulcaniche e processi geofisici), la loro presenza proviene quindi da attività antropica, per lo più da procedimenti di produzione, operazioni di smaltimento o dal rilascio nell'ambiente derivante dagli innumerevoli prodotti che li contengono.

Infatti, in coerenza con le loro capacità di rendere un materiale impermeabile, antimacchia (resistente ai grassi) e antiaderente, sono composti chimici utilizzati in molteplici prodotti di largo consumo e applicazioni industriali, suddivise in particolare dall'Ocse in tre categorie: 1) trattamento di rivestimento dei contenitori di carta per alimenti, in modo da renderli repellenti ad acqua, grassi ed oli e fondi antiaderenti per cottura (*Teflon*) e pentole, 2) trattamenti superficiali, in particolare tessili (tappeti, tappezzerie antimacchia e *tessuti gorotex*), di pelli e pellicole fotografiche, 3) vernici, schiume antincendio, imballaggi, mobili.

2. Fonti di contaminazione ed effetti tossici sulla salute dei PFAS

I PFAS sono dei composti ubiquitari, la loro presenza, a seguito di numerose analisi è stata riscontrata nell'ambiente, nella fauna e nell'uomo. Per produrre stime accurate è importante valutare il contributo di ciascuna possibile fonte e le principali per l'uomo comprendono: l'ingestione, l'inalazione (aria e pulviscolo) e il contatto dermico (maneggiando articoli contenenti PFAS). È stato però confermato che la più importante risulta essere la dieta, sia in via diretta attraverso l'assunzione di prodotti contaminati, in particolare quelli ittici (pesci, crostacei e molluschi), sia indiretta, ad esempio a causa del contatto tra alimenti e contenitori di imballaggio o attraverso la cottura in pentole con superfici antiaderenti. Altrettanto importanti e possibili fonti di contaminazione non devono però essere trascurate, prime tra tutte l'acqua potabile, derivante per lo più dalle acque superficiali (laghi, fiumi, ruscelli) e di pozzo. Negli ultimi decenni sono stati condotti diversi studi per valutare i possibili effetti tossici causati da esposizione a PFAS, sia a livello animale, attraverso ad esempio la somministrazione a ratti di una dose di PFOS mediante sonda gastrica, sia a livello umano, in particolare monitorando il livello di concentrazione presente in sangue, plasma o siero, dal momento che i PFAS sono composti che non vengono metabolizzati dall'organismo. Quasi tutte le informazioni disponibili confermano la loro elevata capacità di bioaccumulo principalmente a livello epatico e nel sangue e la loro lunga emivita nell'organismo; la loro presenza è stata inoltre identificata

nel sangue del cordone ombelicale e nel latte materno. Secondo l'EFSA la stima più attendibile del tempo di emivita di questi composti nell'organismo umano è di 5,44 anni per il PFOS (Olsen et al., 2007) e di 4,37 anni per il PFOA (EFSA, 2008).

In generale sono indicati come composti che possono generare conseguenze immunotossiche ed epatotossiche e dai potenziali esiti negativi sul sistema respiratorio, nervoso e riproduttivo con probabilità genotossica e cancerogena. È stata segnalata inoltre la loro idoneità a produrre modificazioni ormonali e sullo sviluppo (Van Asselt et al. 2011).

3. Due casi di inquinamento idrico da PFAS: Stati Uniti e Regione Veneto

Facendo riferimento alle numerose ricerche che testimoniano come il riscontro di inquinamento idrico da PFAS da caso di emergenza ambientale si sia trasformato in un rischio concreto per la salute dei cittadini che abitano nelle zone interessate, è importante soffermarsi su due recenti casi, i cui studi, alcuni ancora in corso, hanno permesso la conoscenza odierna di gran parte degli effetti che il PFAS provoca sulla salute umana: il caso statunitense del West Virginia e il caso della Regione Veneto.

3.1. Il caso statunitense

Nel 2002 la OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*) denunciò i pericoli legati all'utilizzo del PFOS e il responsabile dell'inquinamento delle acque, che venivano usate anche ad uso potabile, nella zona del West Virginia, venne considerata l'azienda Dupont che produceva Teflon e riversava i suoi reflui idrici e scarti industriali nelle acque dell'Ohio.

Conseguentemente ad una class-action posta in essere dalla popolazione interessata la DuPont, che dal 2006 non produce più PFAS, è stata costretta a ripulire la falda e a risarcire diverse persone che si sono ammalate a causa dell'esposizione ambientale al PFOA, con una spesa di 672 milioni destinata a salire oltre il miliardo. Inoltre fu obbligata a finanziare una importante ricerca indipendente sugli effetti sanitari dei PFAS sull'uomo: il C8 Health Project - condotto tra Agosto 2005 e Luglio 2006, riguardante circa 70.000 persone esposte a PFAS tramite l'acqua potabile in Ohio e in West Virginia e con residenza di almeno un anno nella zona contaminata - svolta attraverso analisi di campioni di sangue e somministrazione di un questionario agli individui coinvolti in merito alle loro caratteristiche sanitarie (storia medica passata, eventuali patologie, consumo di alcol e fumo). Le concentrazioni riscontrate sono

risultate elevate, il picco maggiore è stato registrato dal PFOA (82,9 ng/ml) e a seguire dal PFAS (23,3 ng/l).

Nel 2012 i ricercatori hanno concluso, grazie ai propri risultati, a quelli di altri studi presenti nella letteratura scientifica e del controllo dei dati tossicologici, che i PFAS hanno proprietà cancerogene e di interferenti endocrini.

In particolare esiste una probabile correlazione tra esposizione a PFOA e ipercolesterolemia, ipertensione in gravidanza e preeclampsia, malattie della tiroide e alterazioni degli ormoni tiroidei, colite ulcerosa, tumore al rene e al testicolo.

Studi successivi hanno mostrato fra la popolazione esposta anche aumenti della frequenza di: aterosclerosi, ischemie cerebrali e cardiache, infarto miocardico acuto, diabete, infertilità maschile e femminile, aborti spontanei e alterazioni dello sviluppo del feto, tumori del rene, testicolo, prostata, vescica, ovaio, mammella, fegato, pancreas, linfoma NH, leucemie e mieloma multiplo.

Questi studi hanno dato un contributo importante alla più recente ed autorevole sintesi pubblicata dall' Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) di Lione, nell'ambito del programma delle “*Monografie sul rischio cancerogeno per l'uomo*” riguardante il solo acido perfluorooctanoico (PFOA). Essa ha suggerito di ritenere il PFOA un possibile cancerogeno per l'uomo, con conseguente suo inserimento nel 2009 nell'allegato 2B della Convenzione di Stoccolma nella lista degli inquinanti organici persistenti (POP), sulla base di limitate evidenze negli animali da esperimento e nell'uomo, con particolare correlazione a tumori al rene e al testicolo. Se ne è vietata quindi la produzione, l'immissione in commercio e l'uso, sia allo stato puro che all'interno di miscele o articoli, con deroghe per usi molto limitati. Negli USA è vietata la produzione/uso del PFOA dal 2016, inoltre l'Agenzia di Protezione Ambientale degli Stati Uniti (US EPA) ha rilasciato una recente raccomandazione (*Health Advisory*), proponendo come criterio di potabilità un valore ≤ 70 ng/L per la somma delle concentrazioni di PFOS e PFOA in acqua potabile da applicare sia all'esposizione cronica sia a quella acuta (mesi o settimane).

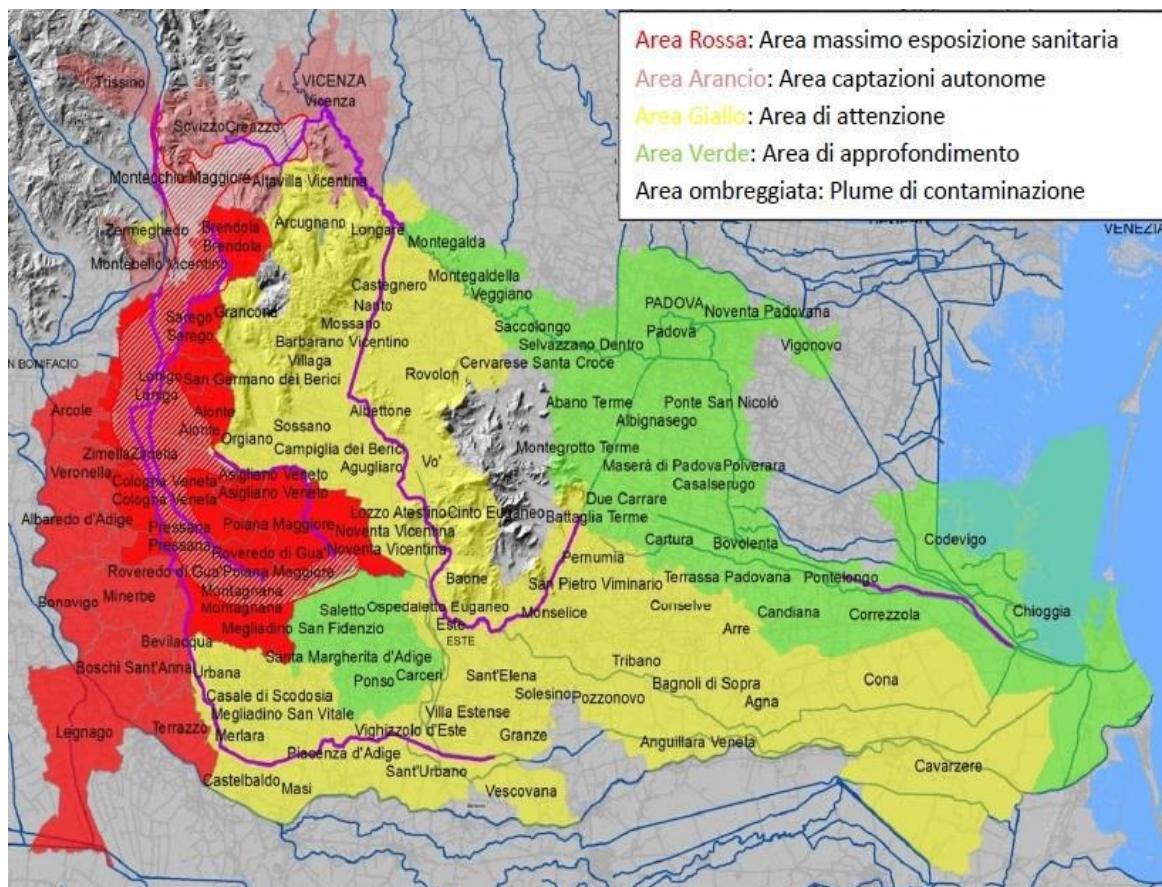
3.2 Il caso della Regione Veneto

3.2.1 Fonti di contaminazione e zone interessate

Nell'estate 2013, a seguito di una campagna di misurazione di sostanze chimiche contaminanti rare sui principali bacini fluviali italiani, promossa dal Ministero dell'Ambiente, è emerso un inquinamento diffuso da sostanze perfluoro-alchiliche (PFAS), che riguarda in particolare le acque superficiali (fiumi), acque sotterranee (falde acquifere) e alcuni campioni di acque potabili destinate al consumo umano nelle province di Vicenza, Verona e Padova.

La Regione ha individuato l'area di esposizione sanitaria a PFAS, sulla base delle concentrazioni di PFAS nelle acque di acquedotto precedenti all'applicazione dei filtri del 2013, dei livelli nelle acque superficiali e sotterranee e dei risultati dello studio di biomonitoraggio sulla popolazione di cui, nell'Aprile 2016, l'Istituto Superiore di Sanità ha comunicato alla Regione del Veneto gli esiti. La zona interessata si suddivide in diverse aree (fig.4), tra cui l'"area rossa", che comprende in totale 21 Comuni delle province di Vicenza, Verona e Padova, è quella di massima esposizione.

Figura 4: Inquinamento da PFAS nella Regione Veneto



Fonte:

http://www.ilgazzettino.it/vicenza_bassano/provincia/inquinamento_pfas_controlli_sanitari_110mila_veneto_vicentino-1757936.html

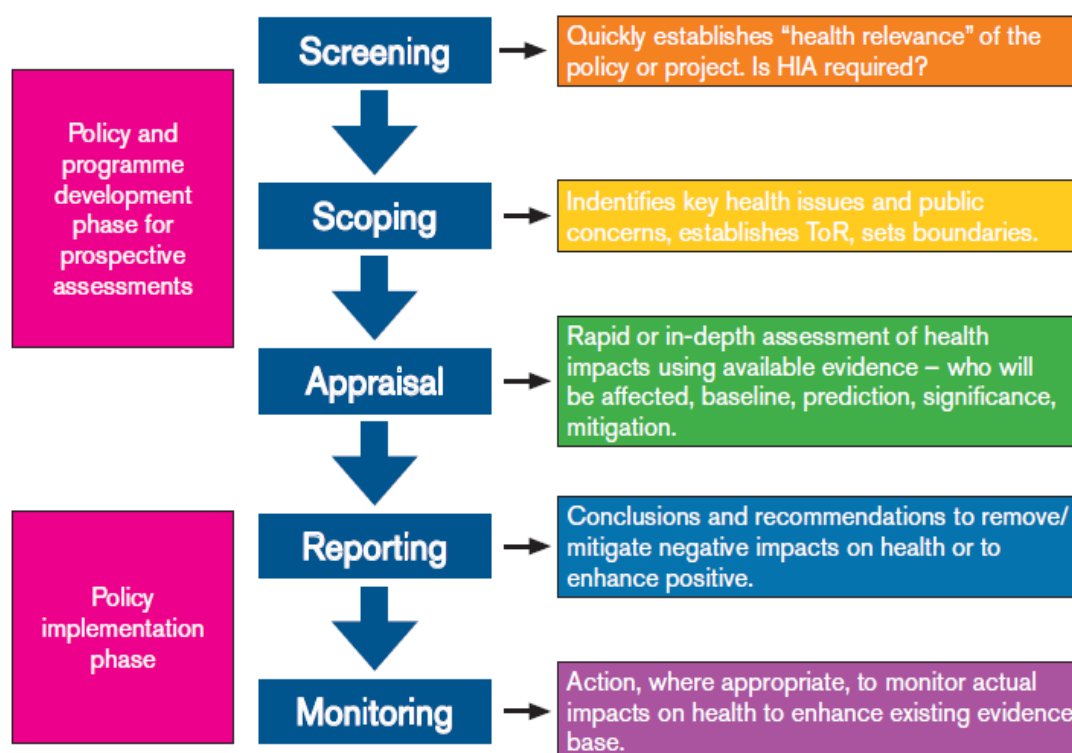
La responsabilità dell'inquinamento da PFAS nella provincia di Vicenza è stata attribuita alla Miteni S.p.A, la multinazionale chimica di Trissino attiva sin dal 1964 e che fino al 2011 avrebbe sversato rifiuti industriali in due torrenti contaminando i bacini di Agno e Fratta Gorzone. In particolare l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente ha mostrato due principali percorsi di diffusione della contaminazione: il primo riguarda le acque reflue della fabbrica direttamente immesse nei torrenti con successiva loro percolazione nel sistema idrico sotterraneo e il secondo si riferisce all'acqua, derivante da uno stabilimento che tratta gli scarichi reflui della fabbrica, depositata in un canale e drenata in un fiume, i cui elevati flussi di portata hanno trasportato i PFAS su lunghe distanze.

La Miteni continua però a respingere le accuse affermando che la presenza di PFAS in un'area così vasta è necessariamente attribuibile a un sistema di scarichi consortili a cui sono connesse centinaia di aziende del territorio. Essa sostiene di non produrre infatti più dal 2011 PFOS e PFOA e che, ancora prima, i reflui delle lavorazioni venissero inviati a sistemi di trattamento esterni. Inoltre dichiara di aver investito negli ultimi anni oltre 15 milioni nel trattamento delle acque e in interventi ambientali, adottando tutte le misure di sicurezza richieste e mostrandosi pienamente collaborativa nei confronti delle autorità e delle istituzioni nazionali e internazionali per la ricerca sui PFAS e i possibili effetti sull'ambiente e sull'uomo.

3.2.2 L'adozione di un modello di Risk Assessment

A causa della tempistica della scoperta della contaminazione e della poca certezza in merito agli effetti provocati dai PFAS, è stato utilizzato come modello di risk assessment, che stimasse l'estensione del rischio sanitario sull'uomo dovuta a esposizione a Pfas, un approccio retrospettivo HIA (*Health Impact Assessment*) (vedi fig.7). Esso è un complesso di procedure, metodi e strumenti intersettoriali e multidisciplinari che integra la valutazione dei rischi chimici con lo scopo di proteggere e promuovere la salute pubblica, definendo gli effetti sanitari diretti e indiretti sulla popolazione. Mira quindi a identificare le misure di mitigazione e rimedio che massimizzino la protezione della salute, riducano le disuguaglianze sanitarie e promuovano un dialogo aperto tra gli interessati.

Figura 7: Procedura HIA



Fonte: WHO (2016)

L'identificazione della correlazione tra inquinamento e danno sanitario, la sua quantificazione e il processo decisionale per definire gli opportuni interventi da adottare nel caso della contaminazione da PFAS in Veneto, sulla base del monitoraggio della contaminazione di vari componenti (acqua potabile, acque sotterranee, acque superficiali, acqua di irrigazione, suolo, aria, cibo, sangue umano), ha richiesto il coinvolgimento di molteplici enti istituzionali e di competenze multidisciplinari, comprendendo in sintesi le seguenti fasi (WHO, 2016):

- 1) Valutazione preliminare e aggiornamento delle informazioni già disponibili per definire i potenziali rischi sanitari dovuti all'esposizione a PFAS;
- 2) Identificazione della fonte di inquinamento e delle aree esposte;
- 3) Serie di riunioni tecniche iniziali e consultazioni con le parti interessate (società civile, sindaci, trust sanitari);
- 4) Monitoraggio ambientale delle matrici di contaminazione;
- 5) Avvio delle analisi e degli studi: monitoraggio su campioni di alimenti, studi epidemiologici sulla popolazione e confronti tra sottocampioni;

- 6) Sviluppo di misure regolamentari di breve, medio e lungo termine;
- 7) Analisi e revisioni della tendenza alla contaminazione e dello stato di salute della popolazione esposta (definizione di un Piano di sorveglianza sanitaria), anche con riferimento a diversi sottogruppi (lavoratori, donne in gravidanza)

3.2.3 L'identificazione degli effetti sanitari: biomonitoraggi sulla popolazione esposta

Per quanto riguarda gli studi condotti per valutare l'impatto sulla salute umana è necessario tener presente che per calcolare la quantità di PFAS assunta quotidianamente per via orale, è necessario considerare non solo la quota ingerita attraverso l'acqua, ma anche il contributo della dieta, sulla base delle stime di esposizione alimentare. Per questo motivo è stato effettuato, nel corso del 2014-2015, un primo monitoraggio su campioni di alimenti ed è stato inoltre predisposto uno specifico Piano di monitoraggio dei prodotti locali, che prevede in totale l'analisi, entro la fine del 2017, di circa 600 campioni di alimenti di origine animale e 800 di origine vegetale.

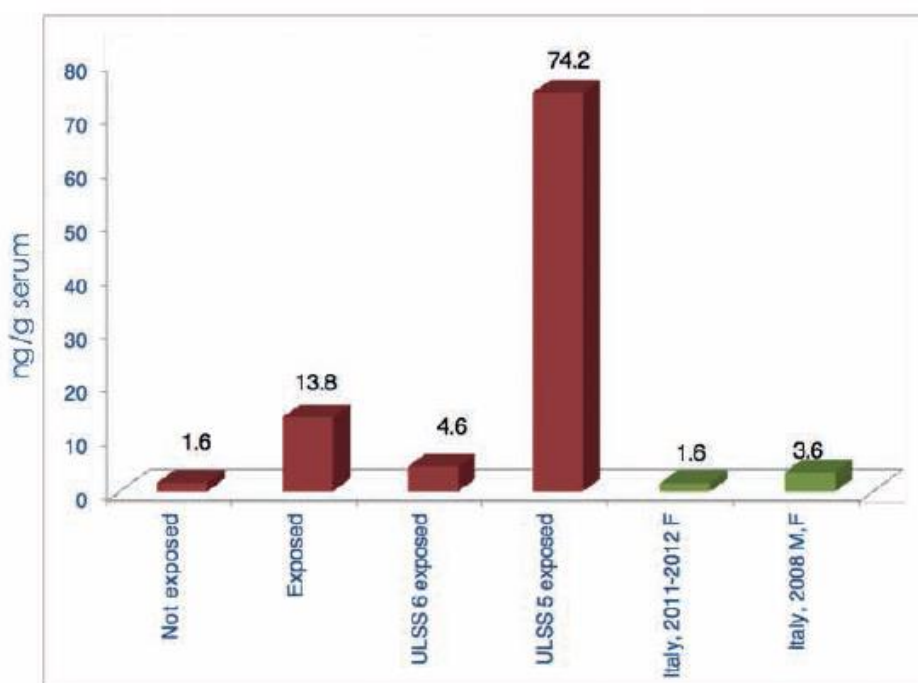
-Tra Luglio 2015 ed Aprile 2016, con il coordinamento dell'Istituto Superiore di Sanità, è stato condotto uno studio esplorativo di biomonitoraggio, per valutare le concentrazioni di PFAS nel sangue delle persone residenti in alcune aree soggette all'inquinamento e confrontarla con quelle di una popolazione di controllo, non esposta a PFAS attraverso l'acqua potabile. Sono stati coinvolti più di 500 soggetti, di età compresa tra i 20 e 50 anni residenti in 14 comuni: sette scelti tra quelli a maggiore esposizione (Montecchio Maggiore, Brendola, Sarego, Lonigo, Altavilla, Creazzo, Sovizzo) e sette non esposti all'inquinamento dislocati nella pianura. In ogni area sono stati arruolati 120 soggetti per sesso, 40 per ognuna delle classi di età: 20-29, 30-39, 40-49 con residenza nel territorio di almeno dieci anni.

Nei comuni con presenza di PFAS nelle acque, sono stati arruolati anche 122 (64 uomini e 58 donne) agricoltori, allevatori o piscicoltori residenti in 20-30 aziende. Per questi ultimi, l'uso di acque per irrigazione o abbeveramento del bestiame, nonché il consumo di alimenti autoprodotti potrebbe aver portato a un'esposizione aggiuntiva a PFAS. A tutti è stato effettuato un prelievo di sangue per la determinazione dei livelli di PFAS (12 composti) e somministrato un questionario per la raccolta di informazioni sugli stili di vita e le abitudini alimentari.

Lo studio ha rilevato concentrazioni di PFOA significativamente più elevate nel sangue delle persone residenti nelle zone interessate dalla contaminazione (mediana 13,8 ng/g, fino a 74 ng/g

nei comuni più esposti), rispetto al gruppo di controllo (mediana 1,64 ng/g) (Si veda fig.6). A titolo di confronto, si consideri che negli Stati Uniti, in West Virginia e in Ohio, si sono osservati valori mediani di PFOA intorno ai 25 ng/ml nella popolazione esposta. Inoltre i risultati pubblicati nel Maggio 2017 evidenziano, per quanto riguarda gli allevatori (popolazione rurale), una concentrazione superiore per otto tra queste sostanze (tra cui PFOA, PFOS e PFHxS) alla popolazione non esposta e statisticamente superiore anche a quelle degli esposti della popolazione generale (considerando solo il PFOA si è rilevato un livello mediano pari a 40,2 ng/ml).

Figura 6: Concentrazione di Pfoa nel siero di popolazione esposta e non esposta reclutata nel biomonitoraggio condotto nella Regione Veneto nel 2015-2016 (barra rossa) e in soggetti della popolazione generale (barra verde).



Nota: La denominazione delle ULSS nella figura si riferisce alla situazione precedente alla Riforma dei Servizi Sanitari Regionali del Veneto entrata in Vigore il 1 Gennaio 2017, per cui l'ULSS 5 corrisponde all'Ovest vicentino e la Ulss 6 a quella di Vicenza.

Fonte: WHO (2016)

-Visti i risultati dello studio di biomonitoraggio, la Regione Veneto ha deciso di avviare un Piano di Sorveglianza Sanitaria tutt'ora in corso sulla popolazione esposta alle sostanze

perfluoroalchiliche, che coinvolgerà circa 85.000 persone, di cui 47.533 afferenti alla nuova ULSS 9 Scaligera²⁷.

Tutti i cittadini residenti o domiciliati in questi comuni, di età compresa fra 14 e 65 anni, saranno invitati ad effettuare gratuitamente una visita, un esame del livello di PFAS nel sangue e nelle urine e un questionario sugli stili di vita. Coloro che presentano livelli di PFAS elevati e un'altra alterazione importante, ad esempio nel colesterolo o nella tiroide, parteciperà da giugno ad un secondo livello di esami e cure, gratuiti, mentre gli altri verranno richiamati fra due anni.

I primi risultati riportati nel Gennaio 2017 affermano che in 50 quattordicenni dei comuni esposti il valore di PFAS è di 64 ng/gr contro un indice di 2-3 ng/gr della popolazione non residente in zona. La seconda evidenza afferma che per lo smaltimento di tale sostanze sono necessari 20 anni contro i 3-5 precedentemente calcolati. Lo studio è partito innanzitutto dai quattordicenni perché meno associati a stili di vita scorretti che potrebbero influenzare le analisi e proseguirà per due anni dopo i quali gli interessati saranno sottoposti ad altri controlli. Oltre al livello di PFAS nel sangue vengono individuati la concentrazione di colesterolo, glicemia e altri valori per capire se la presenza di questo fattore possa rappresentare un quinto elemento di rischio di insorgenza di malattie croniche insieme a fumo, sedentarietà, alcool e sovrappeso. L'esposizione a PFAS può infatti indurre alterazioni metaboliche.

Lo screening regionale sta ora procedendo con i ventenni ed è previsto un monitoraggio biennale su circa 30.000 abitanti nel vicentino, 6.000 del Padovano (limitatamente al comune di Montagnana) e 48.000 circa del Veronese. In tutto la Regione Veneto ha previsto l'erogazione di 3,4 milioni di euro con lo scopo di costruire un database approfondito sui PFAS con un'indagine che, nel complesso, dovrebbe durare dieci anni. L'adesione è volontaria e gratuita, fino ad ora hanno risposto il 70% dei convocati.

-È stato inoltre svolto uno studio epidemiologico dall'università di Padova e di Verona sulla concentrazione di PFAS presente nel sangue dei lavoratori della Miteni. Lo studio ha analizzato le cartelle mediche di 415 lavoratori, parte dei quali impegnati nella sintesi di PFAS e dei suoi composti, facendo emergere come tra i dipendenti a diretto contatto con queste sostanze, la percentuale di patologie (tumori al fegato, vescica, rene, picchi di cirrosi, diabete e ipertensione) e di decessi a queste dovute (79 su 415) sia superiore alla media. I valori riscontrati nel sangue dei lavoratori tra il 2000 e il 2012 furono di 60.000 ng/gr di sangue, con il picco di 91.900 ng/gr.

²⁷ Comprende i comuni di: Albaredo D'Adige, Arcole, Cologna Veneta, Pressana, Roveredo di Guà, Veronella, Zimella, Bevilacqua, Bonavigo, Boschi Sant'Anna, Legnago, Minerbe, Terrazzo.

Per avere un'idea della enormità della proporzione basti pensare che nella popolazione generale si riscontrano circa 3-4 ng/gr di PFAS e che persino nell'organico della Du Pont i valori massimi trovati risultavano inferiori.

Bisogna però tenere in considerazione che l'indagine sconta notevoli limiti: la numerosità dei soggetti che sono stati dipendenti della ditta è modesta e il tempo trascorso dall'inizio dell'esposizione, per l'insieme e per i singoli soggetti, impedisce di disporre di una dimensione dello studio adeguata a risposte di accettabile potenza statistica. Inoltre vi sono difficoltà nel ricostruire il quadro clinico, anche dal momento che la disponibilità di informazioni sull'intensità di esposizione dovuta alle diverse lavorazioni è conosciuta solamente relativamente a PFOA e PFOS per il periodo dal 2000 in avanti.

I più esposti comunque risultano essere gli operai, addetti alla produzione, alla manutenzione, alle operazioni di carico e scarico delle celle elettrolitiche. Le conclusioni dello studio affermano sovrarmortalità tra tutti i dipendenti della Miteni, ma maggiore tra i lavoratori esposti al PFOA, elevata presenza di tumori al fegato, della vescica e dei reni, eccesso di cirrosi, diabete, ipertensione tra tutti i dipendenti, ma sempre più alto tra quelli esposti a PFOA. Al momento le ricerche continuano su campioni più estesi.

-Nel Gennaio 2017 sono stati inoltre resi noti, in una relazione inviata agli assessori regionali alla Sanità, Ambiente e Agricoltura i risultati relativi allo *"Studio sugli esiti materni e neonatali in relazione alla contaminazione da sostanze perfluoroalchiliche"*, realizzato dal Registro nascite e che prevedeva lo studio di dati sulla fertilità, lo stato di salute delle donne durante la gravidanza e dei nati. Durante il periodo di riferimento (2003-2013) ci furono 556.314 parti nella Regione Veneto, 15.365 dei quali nell'Area Rossa.

I risultati mostrano che l'esposizione ai PFAS non sembra aver avuto impatto sulla fertilità, ma, è stato rilevato per coloro che abitano nella zona contaminata un maggior rischio di: pre-eclampsia, malattia che può complicare la gravidanza mettendo a repentaglio la vita della madre e del nascituro (4,46% contro i 3,5% dell'area non esposta), diabete gestazionale (5,35% contro 3,06%), nati piccoli e con peso molto basso per l'età gestazionale (3,5% contro 2,7%) e di alcune malformazioni maggiori, tra cui alterazioni del sistema nervoso, circolatorio e cromosomiche, anche se si riferiscono a situazioni rare, che necessitano di un arco temporale di analisi maggiormente esteso per arrivare ad affermazioni più certe.

Il documento della Regione riporta i dati anche dell'analisi del Servizio Epidemiologico Regionale del Giugno 2016, riferita al periodo 2007-2014, che ha riscontrato in 21 comuni un moderato ma significativo eccesso di mortalità per una categoria di patologie possibilmente correlate a PFAS. Si tratta in particolare di: cardiopatie ischemiche (+21% negli uomini, +11%

nelle donne), malattie cerebrovascolari (+19% nelle donne), diabete mellito (+25% nelle donne), alzheimer/demenza (+14% nelle donne), ipertensione (+ 22% negli uomini, +20% nelle donne) e un eccesso statisticamente significativo di casi di ipotiroidismo, mentre gli studi sin qui condotti non evidenziano una maggiore incidenza di tumori. Questi dati medi, riferiti alla totalità dell'area di interesse, possono però essere condizionati innanzitutto dai noti elementi di rischio per la cardiopatia ischemica (fumo di tabacco, diabete, ipertensione, ipercolesterolemia, inattività fisica) e da altri fattori correlati alla provenienza geografica (popolazione straniera), da fattori genetici ed elementi legati all'accesso ai servizi sanitari. È da considerare anche la presenza di possibili differenze nella modalità di codifica del dato di mortalità, in particolare negli anziani e nelle persone istituzionalizzate.

Nel firmare la relazione, il direttore generale dell'Area Sanità e Sociale della Regione Domenico Mantoan, ha chiesto che gli enti istituzionali competenti adottino urgenti provvedimenti volti alla rimozione della fonte di contaminazione, in particolare proponendo lo spostamento della Miteni.

Fino al 2017 si erano mossi principalmente politici e associazioni ambientaliste. Forte è stata la protesta da parte di Green Peace che è scesa in piazza a Venezia chiedendo alle autorità di fermare subito gli scarichi di PFAS in Veneto, sebbene già fin dal 2011 reclamasse l'eliminazione, con la "*campagna Detox*", dell'uso dei PFC (composti poli e per-fluorurati), gruppo a cui appartengono i PFAS.

Analisi indipendenti condotte da Greenpeace dimostrano che le analisi condotte fino ad ora non hanno ancora trovato tutte le fonti di inquinamento e verificano la presenza di PFAS anche al di fuori dell'area strettamente monitorata. Greenpeace ha lanciato una petizione per chiedere alla Regione Veneto di censire e bloccare tutte le fonti di inquinamento da PFAS e di adottare livelli di sicurezza nell'acqua potabile in linea con i valori più restrittivi vigenti in altri Paesi, che, con riferimento a PFOA e PFOS, sono fino a 7,5 volte più elevati rispetto agli Stati Uniti e oltre 5 volte più elevati rispetto a Germania e Svezia.

Inoltre si riscontra poca trasparenza delle Amministrazioni nel fornire informazioni utili a stimare gli effetti dei PFAS sulla salute. Le richieste di Greenpeace di poter avere accesso ai dati sul monitoraggio in merito alla presenza di PFAS in acque destinate al consumo umano nella regione, per gli anni 2013-2016, non ha trovato ancora risposta a distanza di tre mesi, in particolare dalle Ulss che ricadono nell'area più contaminata, violando la normativa sulla trasparenza della Pubblica Amministrazione, la quale prevede che ad una richiesta di accesso ad atti pubblici sia data una risposta entro trenta giorni.

3.2.4 *Gli interventi intrapresi e la valutazione dei primi risultati conseguiti*

L'Istituto Superiore di Sanità, nel primo parere del Giugno 2013, (*"Ritrovamento di sostanze perfluorate nelle acque superficiali e potabili della provincia di Vicenza. Nota del 7 giugno 2013 dell'ISS"*), ha rassicurato sull'inesistenza di un rischio immediato per la popolazione coinvolta, ma a titolo cautelativo ha affermato la necessità di adottare misure di intervento, nel breve periodo, di prevenzione e controllo della filiera idrica delle acque destinate a consumo umano nei territori interessati, per limitare i rischi sulla salute umana (*"Istituzione Commissione per valutazione PFAS nelle acque potabili e nelle acque superficiali della provincia di Vicenza e comuni limitrofi. DGR Veneto n.1490 12/8/2013"*). È stato previsto il costante monitoraggio dei livelli di PFAS nelle acque distribuite dall'acquedotto, la mappatura dei pozzi privati con relativi controlli delle acque, l'adozione di approvvigionamenti alternativi, il trattamento delle acque potabili, fra cui l'applicazione e il potenziamento di filtri a carbone attivo²⁸, la chiusura dei pozzi maggiormente contaminati e, nel lungo periodo, la rimozione delle fonti di pressione dell'origine della contaminazione.

Infatti considerando il D.lgs. 31/2001, in attuazione della direttiva 98/83/CE, le acque destinate al consumo umano *"non devono contenere microrganismi e parassiti, né altre sostanze, in quantità o concentrazioni tali da rappresentare un potenziale pericolo per la salute umana"*. La normativa si occupa quindi di fissare dei parametri limite di concentrazione e di sicurezza riguardanti un numero limitato di sostanze di maggior interesse, sulla base delle conoscenze scientifiche disponibili e orientamenti stabiliti dall'OMS.

I PFAS non risultavano però normati, né da legislazione europea, né da OMS, ma inclusi nella terza lista di sostanze indicate da US-EPA alla regolamentazione a livello federale, che ha proposto un *Provisional Health Advisory* di 200 ng/L per PFOS e di 400 ng/L per i PFOA. Anche sulla base di questi dati, la Regione Veneto, una volta riscontrata la presenza di PFAS nelle acque potabili, ha chiesto il supporto tecnico-scientifico del Ministero della Salute e

²⁸ Prevedono l'utilizzo di un processo chimico-fisico di trasferimento di massa nel quale le molecole di contaminanti sono tratteneute sulla superficie di solidi porosi per effetto di legami di natura sia fisica che chimica. Il solido poroso convenzionalmente utilizzato è il carbone attivo (GAC in forma granulare).

dell'Istituto Superiore della Sanità, che ha stabilito in via provvisoria livelli di performance²⁹ tossicologicamente accettabili, considerati raggiungibili nello scenario di riferimento mediante l'applicazione di efficaci processi di trattamento delle acque e che devono valere anche per gli utenti non allacciati alla rete dell'acquedotto:

PFOA \leq 500 ng/l

PFOS \leq 30 ng/l

Altri PFAS (Devono essere ricercati almeno: PFBA, PFBS, PFPeA, PFHxA, PFHxS, PFHpA, PFNA, PFDeA, PFUnA, PFDaA) \leq 500 ng/l

Le soluzioni poste in essere sino ad ora hanno permesso, in alcuni comuni, di diminuire, anche fortemente, le concentrazioni di PFAS nelle acque distribuite dagli acquedotti, (dopo l'introduzione dei filtri il livello di PFOA è sceso da 1.475 ng/l a 386 ng/l e quello del PFOS da 117 ng/l a 36 ng/l), ma non sufficienti (Si vedano le fig. 8). Le rilevazioni ARPAV dimostrano infatti come, soprattutto nel caso dei PFAS a corta catena, le concentrazioni stiano progressivamente aumentando, sia a causa del fatto che queste piccole molecole sono scarsamente trattenute dai filtri, sia perché, dal momento che le imprese non hanno individuato valide alternative, la loro produzione e immissione nell'ambiente è in continuo aumento. Inoltre

²⁹ Nella tabella vengono presentati i limiti di concentrazione dei PFAS nelle acque dei pozzi privati

Tipologia	Indicazione
PFOA inf. a 0,5 µg/L PFOS inf. a 0,03 µg/L Somma altri PFAS inf. a 0,5 µg/L	Sì: Tutti gli usi, incluso uso potabile (che comprende anche la preparazione di alimenti e bevande)
PFOA 0,5 - 3 µg/L PFOS 0,03 - 0,3µg/L Somma altri PFAS inf. a 0,5 µg/L	No: Uso potabile (inclusa la preparazione di alimenti e bevande) Sì: Lavaggio di stoviglie ed alimenti e igiene personale; igiene degli indumenti e degli ambienti
PFOA sup. a 3 µg/L PFOS sup. a 0,3 µg/L Somma altri PFAS sup. a 0,5µg/L	No: Uso potabile (inclusa la preparazione di alimenti e bevande); lavaggio di stoviglie ed alimenti e igiene personale Sì: Igiene degli indumenti e degli ambienti

le autorità regionali non hanno adottato lo stesso livello di misure precauzionali di altri paesi Europei.

Fig. 8: Massima concentrazione di PFAS, rispettivamente di: PFOA (8.1), PFOS (8.2) e altri PFAS (8.3) in acqua potabile prima e dopo l'installazione dei filtri a carbone attivo nella Regione Veneto (2013-2016)

Fig.8.1

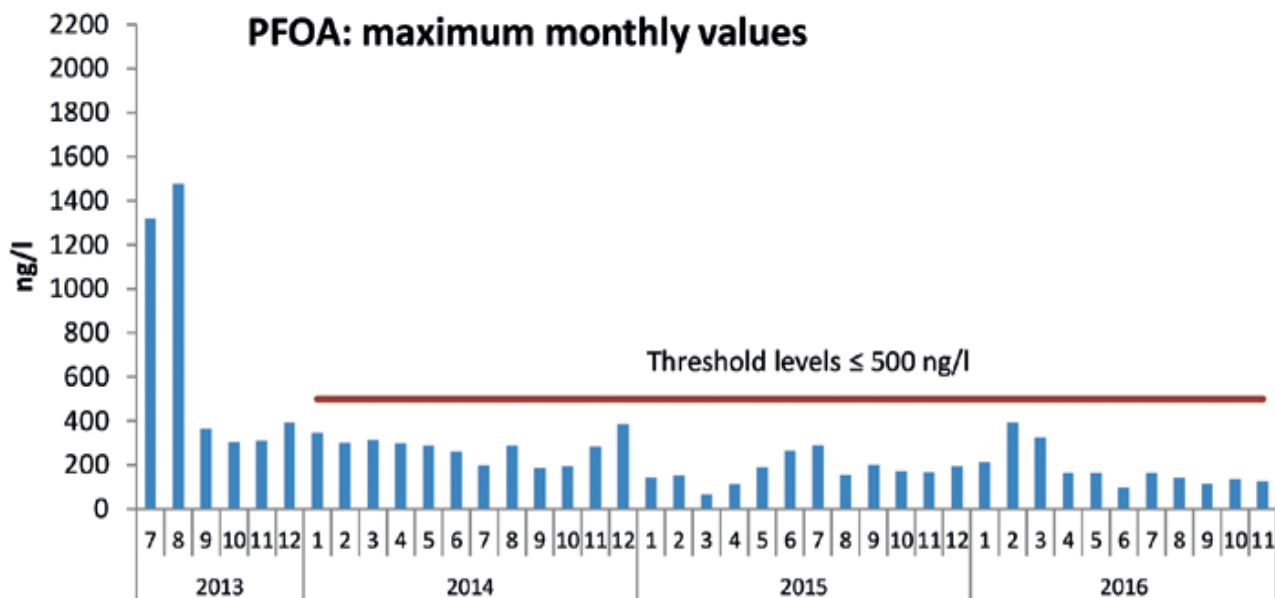


Fig. 8.2

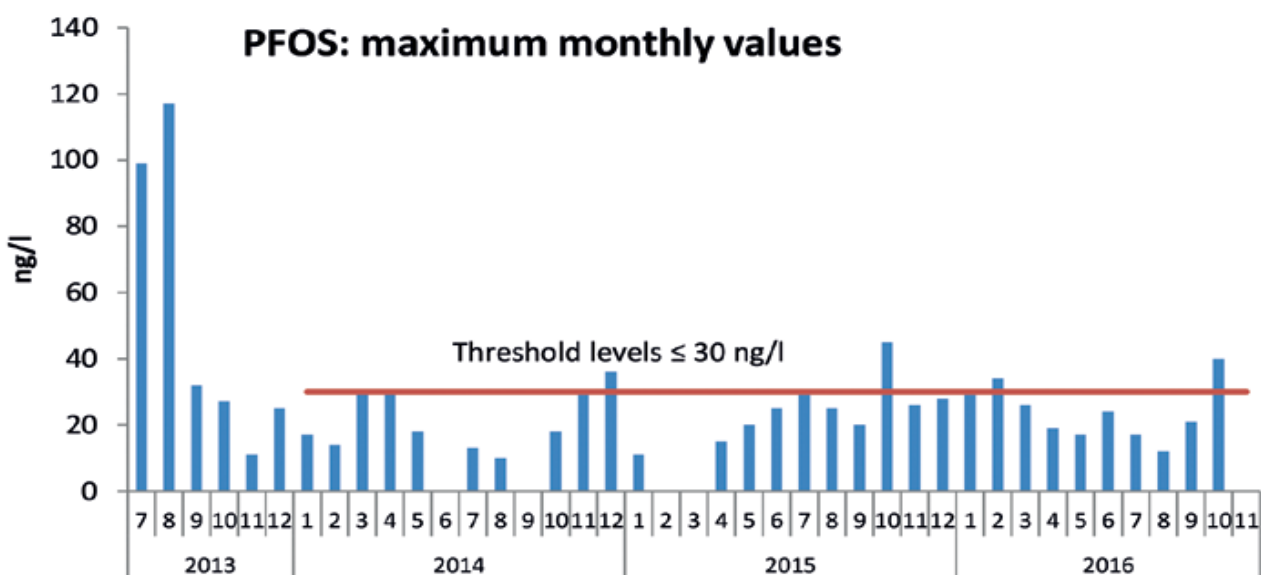
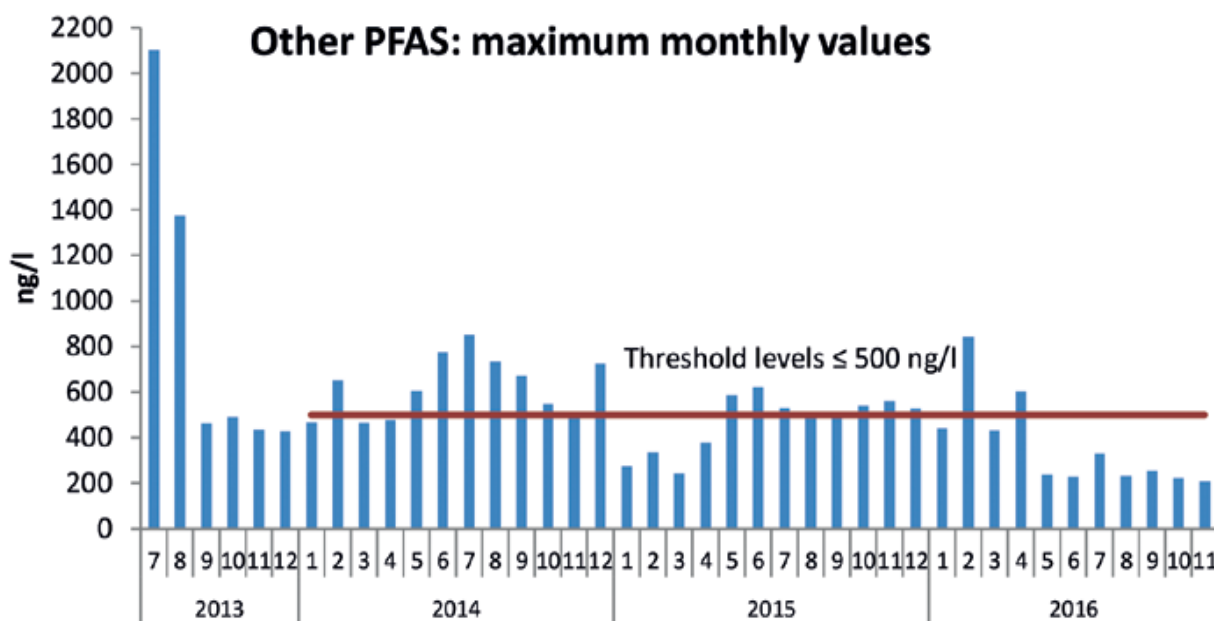


Fig 8.3



Fonte: WHO (2016)

3.2.5 Una prima stima dei costi delle attività di monitoraggio e di mitigazione

L'emergenza PFAS ha già causato al Veneto spese pari a 6,7 milioni: 2,5 per ricerche e studio di matrice del suolo, acque superficiali e di falda di 21 Comuni contaminati tra Vicenza, Padova e Verona; 1,2 per l'acquisto di macchinari sofisticati per i campionamenti che, in Italia, solo l'Arpav possiede e 3 per il monitoraggio sulla popolazione coinvolta.

Ci si aspetta che altri 10 milioni all'anno nel prossimo decennio siano stanziati nella continuazione dello screening, per una spesa finale complessiva quindi di 106,7 milioni di euro. L'assessore all'ambiente, Gian Paolo Bottacin, dichiara di voler far sostenere l'intero costo a chi la magistratura condannerà come responsabile, nel rispetto del principio inquinatore-pagatore. La conduzione di questi studi epidemiologici sugli effetti delle sostanze inquinanti permette di dare un contributo importante all'elaborazione di programmi di intervento, in termini di quantificazione di costi e benefici.

Per quanto riguarda gli interventi di mitigazione, l'introduzione di filtri a carbone attivo per la depurazione delle acque è stata ritenuta la tecnologia più efficace per agire contro i PFAS a catena lunga e corta, con il sostenimento però di ingenti costi. Il primo impianto è entrato in funzione a Brendola (Agosto 2013) al costo di 196 mila euro e il secondo a Lonigo (Marzo 2014) per 175 mila euro. Inoltre il sistema idrico integrato (Acque del Chiampo) spende ogni anno altri 98 mila euro per la manutenzione e la sostituzione dei filtri, dal momento che i tempi di saturazione sono piuttosto brevi e dipendono sia dalla quantità di PFAS da rimuovere, in particolare quelli a catena corta, sia dalla quantità d'acqua consumata dai cittadini (i primi filtri sono durati tre mesi, adesso si riesce a farli durare fino a sei o sette).

Per estendere la rete acquedottistica e mettere in sicurezza i cittadini che si rifornivano direttamente dalla falda con pozzi privati (150 persone a Brendola e 900 a Lonigo), sono stati investiti 1,5 milioni di euro. Per questa ed altre ragioni, la tariffa applicata è aumentata dell'8% nel 2016 e del 5% nel 2017 con previsti aumenti nel futuro. Per il sostenimento di questi costi non sono ancora stati ricevuti finanziamenti né dalla Regione Veneto, né dallo Stato centrale, essi sono stati anticipati dai comuni e andranno inevitabilmente a ricadere nelle tasche dei cittadini.

Anche gli altri due gestori del servizio idrico integrato operanti nella zona contaminata (Centro Veneto Servizi e Acque Vicentine) hanno adottato i medesimi interventi, preferendo addirittura chiudere un pozzo (di Monticello nel comune di Sarego) perché i PFAS a catena corta saturavano i filtri nel giro di appena un mese. Attualmente si lavora quindi con un solo pozzo (Sant'Antonio) sostituendo i filtri una volta all'anno e spendendo per la manutenzione circa 25.000 euro per trattenerne anche i PFAS a catena corta e restare con valori di concentrazione al di sotto di 100 ng/l. Soltanto per realizzare i collegamenti di rete necessari per portare l'acquedotto agli utenti che prima utilizzavano pozzi privati, Cvs ha impiegato 1,6 milioni di euro e ha domandato alla Miteni un risarcimento totale di 2,4 milioni.

4. Verso nuove richieste e soluzioni per la regolazione dell'inquinamento da PFAS: la dichiarazione di Madrid del 2015

A seguito degli studi condotti sugli effetti dei PFAS molte imprese hanno sostituito i PFAS a catena lunga con alternative a catena corta ritenute meno pericolose, ma gli scienziati che hanno sottoscritto la “Dichiarazione di Madrid” ritengono che ciò non sia sufficiente, è vero che queste alternative hanno minori probabilità di accumularsi negli animali e nell'uomo (il bioaccumulo infatti tende ad aumentare con la lunghezza della catena degli atomi di carbonio) ma continuano a concentrarsi nelle piante entrando così nella catena alimentare. Nella Dichiarazione di Madrid pubblicata nel 2015 nel “*Journal Environmental Health Perspective*” scienziati e professionisti di diverse discipline si dichiarano fortemente preoccupati dal fenomeno PFAS e invitano diversi soggetti ad agire urgentemente a livello internazionali per ridurre l'utilizzo di PFAS nei prodotti di consumo e sostituirli con altre molecole fluorurate in modo da evitare i danni a lungo termine per la salute umana e ambientale:

-Agli **Scienziati**: richiedono di preparare, in collaborazione con l'industria e i governi, un inventario globale di tutti i PFAS utilizzati o presenti nell'ambiente, compresi i precursori e prodotti di degradazione, le loro proprietà e funzioni e di continuare a ricercarne meccanismi di tossicità ed esposizione (origine, destino, trasporto e bioaccumulo), rendendo tali risultati noti ai decisori politici, media e pubblico in generale.

-Ai **Governi**: richiedono di promulgare leggi idonee a autorizzare solo gli impieghi indispensabili dei PFAS, imponendo alle industrie di effettuare test tossicologici più adeguati, di rendere pubbliche le formule di struttura delle molecole utilizzate e mettere a punto metodiche analitiche valide e standardizzate per il dosaggio dei PFAS. Assicurino che le leggi vengano rispettate applicando altrimenti pesanti sanzioni e collaborino con l'industria creando infrastrutture adeguate per il trasporto, distribuzione e distruzione dei PFAS e dei prodotti che li contengono. Vietino l'utilizzo dei prodotti contenenti PFAS negli ambienti pubblici e pubblichino rapporti statistici ogni anno in merito alla produzione, importazione ed esportazione dei PFAS.

-Alle **industrie chimiche**: fornire agli scienziati campioni standardizzati di PFAS, in modo che sia possibile un monitoraggio adeguato della loro presenza nell'ambiente, emanare documentazione con raccomandazioni su come evitare il contatto con queste molecole, collaborare con ricercatori e governi per sviluppare metodi che garantiscano sicurezza e sviluppino alternative che non siano persistenti né tossiche.

-Ai **Distributori, rivenditori e singoli consumatori finali**: evitare, quando possibile, l'utilizzo di prodotti contenenti PFAS (tra i più diffusi: tessuti anti macchia, impermeabilizzati e pentole anti aderenti).

Sulla base di queste richieste e dei dati che si continuano a raccogliere grazie ai molteplici studi condotti sui PFAS e i loro effetti, la questione continua ad essere oggi di grande interesse e al centro di numerosi dibattiti sia a livello locale, con riferimento alle zone coinvolte, sia a livello internazionale, al fine di poter individuare efficaci strategie di intervento di lungo periodo, in particolare attraverso la limitazione e regolamentazione del loro utilizzo (Si veda l'Appendice al cap. III).

CONCLUSIONI

L'Economia qualifica l'inquinamento idrico come esternalità negativa in grado di provocare una vasta serie di effetti negativi sull'ambiente e sulla salute, portando alla possibile insorgenza di patologie, anche gravi e letali. Effetti di cui gli operatori economici dovrebbero tener conto nel loro agire, dal momento che l'inquinamento è direttamente imputabile alle attività economiche.

Opportune politiche di intervento per ridurre il fenomeno dell'inquinamento possono essere attuate solo partendo dalla valorizzazione dei danni da esso provocati. In particolare ciò è possibile ricorrendo a prezzi di mercato, qualora esistano, oppure tentando di attribuire un "prezzo ombra" alle esternalità negative prodotte, facendo riferimento al prezzo di beni che sono direttamente influenzati da alterazioni delle caratteristiche delle risorse ambientali (e che riescono quindi a dare un'idea dell'entità del danno) o, infine, che tentano di stimare la curva di domanda per determinati beni ambientali (chiedendo direttamente agli individui di esprimere le loro preferenze). Queste tecniche, applicate alla quantificazione dei danni sanitari provocati dall'inquinamento, prevedono l'utilizzo di tre metodi alternativi. Il primo considera i costi sostenuti per i trattamenti e le cure delle malattie causate dalla contaminazione degli agenti inquinanti (*Cost of illness*). Il secondo considera le spese per adottare comportamenti alternativi/protettivi che consentano di evitare l'insorgere di danni sulla salute (*Averting Behaviour*). Il terzo si basa sulla somministrazione di questionari direttamente agli individui per coglierne la disponibilità ad evitare effetti negativi sanitari (*Valutazione contingente*).

Per quanto riguarda il caso specifico dell'inquinamento da PFAS nella Regione Veneto - che attualmente interessa un territorio di 150 Km² tra le province di Verona, Vicenza e Padova per una popolazione coinvolta di circa 300.000 abitanti - l'interesse della tesi è stato quello di concentrarsi principalmente sulla valorizzazione dei danni sanitari per gli individui esposti alla contaminazione, date le presunte proprietà cancerogene e di interferenti endocrini di questi agenti. Tuttavia, una vasta serie di altri impatti negativi meriterebbe di essere considerata. Innanzitutto la difficoltà al reperimento dell'acqua per uso agricolo e per l'abbeveraggio degli animali causata dalla necessità di chiudere i pozzi maggiormente contaminati, che rende necessaria la ridefinizione dei canali di distribuzione territoriale delle risorse idriche con ingenti costi. Inoltre è da citare l'enorme danno all'immagine di tutti quei prodotti derivanti da allevamento o coltivazioni nelle zone coinvolte, che godono di certificazione di qualità e riconoscimento di fama internazionale, ma che ora possono trovare difficoltà di collocamento

sul mercato, provocando importanti impatti sul commercio e il Pil del territorio interessato. Si pensi, solo per citarne alcuni, al Riso Nano Vialone Veronese IGP, all'Asparago Bianco di Cimadolmo IGP, alla Ciliegia di Marostica IGP e prodotti di origine animale come la Sopressa Vicentina DOP e i formaggi Montasio e Asiago DOP. Proprio per capire l'entità del danno diretto su questi prodotti si stanno svolgendo ulteriori analisi su campioni di vegetali e alimenti di origine animale i cui risultati si aspettano entro la fine del 2017.

Facendo riferimento alle diverse tipologie di strumenti di internalizzazione del costo sociale che l'operatore pubblico potrebbe mettere in atto in questo caso, al momento si reputano necessari interventi volti a minimizzare il danno in modo più rapido possibile per evitare che ulteriori costi potenziali divengano effettivi. A tal fine si sta agendo principalmente con interventi di impatto immediato: l'introduzione provvisoria di limiti di concentrazione nelle acque e standard di produzione da rispettare, che regolano la limitazione dell'utilizzo di questi composti da parte delle imprese e soprattutto con la chiusura dei pozzi maggiormente inquinati e il risanamento e messa in sicurezza delle acque contaminate grazie a costosi sistemi di filtraggio.

Interventi di tipo fiscale come la fissazione di imposte pigouviane, sussidi e incentivi finanziari erogati alle imprese che si impegnino ad investire nella ricerca di composti alternativi e di adottarne l'uso, o ancora altri interventi di tipo legislativo, sono soluzioni sicuramente valide, ma in un'ottica di lungo periodo, non quindi coerenti con la necessità di soluzioni innanzitutto tempestive.

L'importanza della quantificazione del danno risulta essere di primaria importanza, inoltre, per misurare l'entità della sanzione risarcitoria da richiedere ai responsabili, una volta individuati, al fine di indennizzare le vittime e sostenere o ripagare coloro (comuni e cittadini) che hanno fatto fronte agli ingenti costi per interventi di depurazione delle acque e per intraprendere comportamenti alternativi protettivi.

Attualmente l'Istituto Superiore della Sanità e il Ministero dell'Ambiente stanno continuando a svolgere numerose analisi al fine di quantificare i danni correlati alla contaminazione da PFAS e poter individuare interventi che possano essere più efficaci per il contenimento dei loro effetti e prevenivano l'insorgere di ulteriori situazioni dannose in futuro. Si prospettano quindi rilevanti svolgimenti nei prossimi mesi.

APPENDICE AL CAPITOLO III: Regolazione e Normative sui PFAS in Europa

Le prime limitazioni poste a livello europeo per l'uso e il commercio di PFOS sono contenute nella Direttiva 2006/122/CE e comprendono tutti quei prodotti non alimentari ai quali il PFOS è stato aggiunto intenzionalmente. Si conviene che l'uso di PFOS dovesse essere diminuito al minimo possibile nel processo di placcatura dei metalli e che le scorte di schiume antincendio, immesse nel mercato prima del 2006, non potessero essere più utilizzate. Per alcuni usi non sono invece stati posti dei limiti in quanto non considerati rischiosi e a causa del fatto che non sono state trovate sostanze alternative (es.: applicazioni industriali dei settori fotografico, dei semiconduttori e dell'aviazione).

La Direttiva prevede la necessità di monitorare anche il PFOA ed i suoi sali che sembra possano avere un potenziale di rischio equivalente al PFOS.

L'applicazione di tutti questi interventi divengono obbligatori a partire dal giugno 2008.

Al momento non esiste ancora una regolamentazione precisa che ponga dei limiti sulla concentrazione di PFAS negli alimenti, ma già nel 2000 la Commissione Europea aveva pubblicato il "*Libro Bianco sulla Sicurezza Alimentare*"³⁰ nel quale esponeva i vari approcci per garantire i più alti standard di sicurezza possibili.

Nel 2003 il PFOS è stato aggiunto alla lista OSPAR (Oslo and Paris Convention) nell'elenco delle sostanze chimiche da monitorare per la salvaguardia dell'ambiente.

Nel 2008 l'EFSA ha chiesto a un gruppo di esperti (Panel CONTAM) di valutare e presentare un parere scientifico su PFOS, PFOA ed i loro Sali. Dai risultati sembra poco probabile un impatto dannoso per la popolazione, ma restano incertezze sui possibili effetti nei confronti dello sviluppo degli organismi viventi. Per questa ragione l'EFSA ha convenuto la necessità di ulteriori dati per la valutazione della concentrazione dei PFAS negli alimenti e nell'uomo e per monitorarne i livelli espositivi.

Nel 2009 il PFOS ed i suoi sali sono stati inclusi nell'allegato B della Convenzione di Stoccolma come inquinanti organici persistenti (POP) e nel marzo 2010 è stata emanata la Raccomandazione della Commissione europea affinché gli stati membri, relativamente a 2010-2011, monitorassero la presenza di PFAS su un vasto gruppo di prodotti alimentari sia di origine animale (pesci, uova, carne, latte e derivati) che vegetale, considerando anche le abitudini di consumo affinché ne derivasse una stima affidabile. Nel 2011 l'EFSA ha pubblicato un

³⁰ Per la consultazione si veda: Commissione delle Comunità Europee, 2000. *Libro Bianco sulla sicurezza alimentare*. Bruxelles. Disponibile su:

http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_1553_allegato.pdf

resoconto intermedio sui monitoraggi effettuati e nel 2012 ha esortato ancora gli Stati affinché adottassero le più potenti tecniche di analisi di questi contaminanti per ottenere quanti più dati possibili sugli effetti sulla salute umana.

Nel 2015, la Commissione ha adottato la direttiva (UE) 2015/1787 che ha introdotto nuove norme e più flessibilità per migliorare il monitoraggio dell'acqua potabile offrendo un approvvigionamento migliore, equo e completo per i cittadini dell'UE.

I Paesi europei per recepire tale direttiva dovranno adottare strategie di controllo sulla qualità delle acque potabili che considerino la prevenzione e gestione dei rischi nella filiera idropotabile estesa dalla captazione al rubinetto, sul modello dei *Water Safety Plans* (WSP) elaborati dall'OMS³¹.

³¹ Il testo della presente prova finale (con esclusione di note e riferimenti bibliografici) contiene 14.486 parole.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E SITOGRAFICI

ALBA A., CENTIN B., 2017. *Pfas, i primi esposti di privati «Ora abbiamo paura», Dieci scrivono alle procure: scovate e punite i responsabili. Gli agricoltori: i pozzi fuori uso sono un costo.* Corriere del Veneto [online]. (7 Marzo) Disponibile su:

<<http://corrieredelveneto.corriere.it/veneto/notizie/cronaca/2017/7-marzo-2017/pfas-primi-esposti-privatoria-abbiamo-paura-2401345600555.shtml>> [Data di accesso: 9 Marzo 2017]

ALBA A., 2017. *Pfas, lo screening si estende, analisi per 30mila vicentini Maxi-controlli regionali, prevenzione anche nelle province di Padova e Verona.* Corriere del Veneto [online]. (9 Maggio) Disponibile su

<<http://corrieredelveneto.corriere.it/veneto/notizie/cronaca/2017/9-maggio-2017/pfas-screening-si-estende-analisi-30mila-vicentini-2401559618607.shtml>> [Data di accesso: 15 Maggio 2017]

ALESSIO CORAZZA, 2017. *Dossier della Regione sui Comuni I Pfas aumentano le malattie, Le nuove denunce dei comitati allegano uno studio inquietante firmato dalla commissione tecnica.* Corriere del Veneto [online]. (13 Marzo) Disponibile su

<<http://corrieredelveneto.corriere.it/veneto/notizie/cronaca/2017/10-gennaio-2017/pfas-rischi-patologie-mortali-report-regione-finisce-pm-2401191796257.shtml>> [Data di accesso: 10 Aprile 2017]

ANON., 2017. *Pfas. Ecco i risultati monitoraggio Iss su residenti in zone agricole. Pfos e Pfoa nel 100% e 99% dei campioni analizzati.* Corriere del Veneto [online]. (20 Maggio) Disponibile su: <<http://corrieredelveneto.corriere.it/veneto/notizie/cronaca/2017/20-maggio-2017/pfas-studio-choc-quantita-doppie-sangue-agricoltori-2401600207175.shtml>>. [Data di accesso: 20 Maggio 2017]

ANONIM., 2017. *Pfas, Greenpeace: ricorso al Tar contro la Regione Veneto L'associazione si riserva la possibilità di procedere anche a livello penale per omissione di atti d'ufficio.* Corriere del Veneto [online]. (24 Febbraio) Disponibile su:

<<http://corrieredelveneto.corriere.it/veneto/notizie/cronaca/2017/24-febbraio-2017/pfas-greenpeace-ricorso-tar-contro-regione-veneto-2401312802497.shtml>> [Data di accesso: 15 Marzo 2017]

BARDE J.P, GERELLI E., 1977. *Economia e politica dell'ambiente.* Bologna: Il Mulino

BLUM A., BALAN S.A., SCHERINGER M., TRIER X., GOLDENMAN G., COUSIND I.T., DIAMOND M., FLETCHER T., HIGGINS C., LINDEMAN A.E., PEASLEE G., DE VOOGT P., WANG Z. WEBER R., 2015. *The Madrid Statement on Poly-and Perfluoroalkyl Substances (PFASs).* Environ Health Perspect. Disponibile su:

<<http://greensciencepolicy.org/madrid-statement/>> [Data di accesso: 15 Aprile 2017]

Bollettino ufficiale della Regione Veneto, 2015. *Biomonitoraggio di sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) in alcuni ambiti del territorio della Regione del Veneto*,

Disponibile su:

<http://bur.regione.veneto.it/BurvServices/pubblica/Download.aspx?name=565_All_A_297485.pdf&type=9&storico=False> [Data di accesso: 10 Maggio 2017]

BRATTI A., i.d. *Relazione sull'inquinamento da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) in alcune aree della regione Veneto*. Disponibile su:

<<http://www.alessandrobratti.it/docs/Doc%20XXIII%20n.%2024%20PFAS.pdf>> [Data di accesso: 15 Maggio 2017]

BRESSO M., 1993. *Per un'economia ecologica*. Roma: La nuova Italia scientifica (pp.15-82)

CINQUINA P., 2009. *Guida alle procedure di valutazione ambientale*. Repubblica di San Marino: Maggioli Editore

DALES J., 1968. *Pollution Property and Prices*. Toronto: University of Toronto Press

DEVICIENTI C., 2014. *Valutazione della presenza di contaminanti perfluoroalchilici in alimenti destinati al consumo umano*. Dottorato di ricerca in Scienze Veterinarie, Università di Bologna.

DI GIULIO E., (2007) *Le esternalità ambientali*. Enciclopedia degli idrocarburi, Vol.IV, Treccani, (cap. 3.3, pp. 225-238). Disponibile su:

<http://www.treccani.it/export/sites/default/Portale/sito/altre_aree/Tecnologia_e_Scienze_applicate/enciclopedia/italiano_vol_4/225-238_x3.3x_ita.pdf> [Data di accesso: 8 Aprile 2017]

D'HOLLANDER W., DE VOOGT P., DE COHEN W., BERVOETS L., 2010.

Perfluorinated substances in human food and other sources of human exposure. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 208. (pp. 79-215)

DOSI C., 2001. *Environmental Values, valuation methods and natural disaster damage assesment*, Santiago, Chile: United Nations Publication.

EFSA (European Food Safety Authority), 2008. *Perfluorooctanesulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts—Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain*. The EFSA Journal, 653, 1-131

GANGALE D., 2017. *Pfas in Veneto, storia di una contaminazione di massa*. Disponibile su:

<<http://www.lettera43.it/it/articoli/cronaca/2017/03/09/pfas-in-veneto-storia-di-una-contaminazione-di-massa/209109/>> [Data di acceso: 25 Maggio 2017]

GIOVANETTI NUTI F., MOMOGLIANO S., a cura di., 2001. *Valutazione dei costi e dei benefici nell'analisi dell'impatto della regolazione*. Catanzaro: Rubettino Editore srl (pp 58-100).

GIRARDI P., MERLER E., 2017. *Valutazione degli effetti a lungo termine sulla salute dei dipendenti di un'azienda chimica che ha prodotto intermedi per l'industria agroalimentare, l'industria farmaceutica e derivati perfluorurati (PFOA, PFOS)*. Venezia.. Disponibile in: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:d8xCZPjoZLwJ:repository.regione.veneto.it/public/ee9ba54d89c499264600f8c1bff85a83.php%3Fflang%3Dit%26dl%3Dtrue+&c d=1&hl=it&ct=clnk&gl=it&client=firefox-b>> [Data di accesso: 10 Giugno 2017]

GLEICK P.H., 1998. *The human right to water*. Water Policy, n.1, (pp. 487-503). In: DE CARLI A., MASSARUTTO A., PACCAGNAN V., 2003. *La valutazione economica delle politiche idriche, dall'efficienza alla sostenibilità*. Disponibile su: <http://users.unimi.it/ambiente/800/1024/File%20allegati/materiale%20de%20Carli/2003.%20de%20Carli,%20Massarutto,%20Paccagnan,%20EFEA_finale.pdf> [Data di accesso: 30 Aprile 2017].

Istituto Superiore di Sanità, *Biomonitoraggio di sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nella Regione Veneto, Risultati della determinazione della concentrazione di PFAS nel siero di operatori e residenti in aziende agricole e zootecniche*. 2017. Roma. Disponibile su: <<https://www.regione.veneto.it/web/sanita/tutela-acque-destinate-al-consumo-umano>> [Data di accesso: 5 Maggio 2017]

MAUREEN L. CROPPER AND WALLACE E. OATES, 1992. *Environmental Economics: A survey*, Journal of Economics Literature, Volume XXX, June 1992, (pp. 675-740).

NICOLUSSI MORO M., 24 Febbraio 2017. Valori record nel personale della Miteni Studio della Regione: rilevati fino a 91.900 nanogrammi. Su 415 dipendenti, 79 decessi: anche sei suicidi. Corriere del Veneto [online]. Disponibile su: <<http://corrieredelveneto.corriere.it/veneto/notizie/cronaca/2017/24-febbraio-2017/valori-record-personale-miteni-2401312289089.shtml>> [Data di accesso: 15 Marzo 2017]

OLSEN G.W., BURRIS J.M., EHRESMAN D.J., FROEHLICH J.W., SEACAT A.M., BUTENHOFF J.L., ZOBEL L.R., 2007, *Half life of serum elimination of perfluorooctanesulfonate, perfluorohexanesulfonate, and perfluorooctanoate in retired fluorochemical production workers*, Environmental Health Perspectives, 115 (9), 1298- 1305

PEARCE D.W., TURNER R.K., 2000. *Economia delle risorse naturali e dell'ambiente*. Urbino: Il Mulino

Perfluorinated substances in human food and other sources of human exposure. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 208. (pp. 79-215)

PIGOU A.S., 1920. *The Economics of Welfare*. Londra: MacMillan

POLETTI M., 1987. *Valutazione di impatto ambientale*. Roma: Reda edizioni per l'agricoltura (pp.56-66)

REBBA V.,1999. *La valutazione economica dei benefici sanitari derivanti dalla prevenzione dell'inquinamento idrico. Evidenze empiriche*. Dipartimento di Scienze Economiche – Università di Padova, Rapporto per la Fondazione Zancan.

Registro nascite, (a cura di.), *Studio sugli esiti materni e neonatali in relazione alla contaminazione da sostanze perfluoroalchiliche (Pfas)*. Padova: Centro di malattie rare. Disponibile su: <<https://www.regione.veneto.it/web/sanita/tutela-acque-destinate-al-consumo-umano>> [Data di accesso: 25 maggio 2017]

SCITOVSKY T., 1954, *Two concepts of External Economies* in “Journal of Political Economy”, vol.62. n.2.

Sistema Epidemiologico Regionale, 2016. *Ricognizione epidemiologica iniziale nell'area interessata dalla contaminazione idropotabile da PFAS*. Padova. Disponibile su: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:caGLaFy9vvAJ:repository.regione.veneto.it/public/ef2af4858b0df9bb24e46858a57a2ef4.php%3Flang%3Dit%26dl%3Dtrue+%&cd=1&hl=it&ct=clnk&gl=it&client=firefox-b>> [Data di accesso: 5 Maggio 2017]

SOLANES M., GONZALES-VILLARREAL F., 1999. *The Dublin Principles for water as reflected in a comparative assessment of institutional and legal arrangements for integrated water resources management*. Global Water Partnership, TAC Background Papers, n. 3. In: DE CARLI A., MASSARUTTO A., PACCAGNAN V., 2003. *La valutazione economica delle politiche idriche, dall'efficienza alla sostenibilità*. Disponibile su: <http://users.unimi.it/ambiente/800/1024/File%20allegati/materiale%20de%20Carli/2003.%20de%20Carli,%20Massarutto,%20Paccagnan,%20EFEA_finale.pdf> [Data di accesso: 30 Aprile 2017].

TEDESCO L., 10 Gennaio 2017. Pfas e rischi di patologie mortali. Il report della Regione finisce al pm. Veleni nelle falde acquifere e «maggiore esposizione a malattie gravi». Legambiente: «Punire i colpevoli». Corriere del Veneto [online]. Disponibile su: <http://corrieredelveneto.corriere.it/veneto/notizie/cronaca/2017/10-gennaio-2017/pfas-rischi-patologie-mortali-report-regione-finisce-pm-2401191796257.shtml>. [Data di accesso: 30 Gennaio 2017]

TOLLEY G., KENKEL D., FABIAN R., 1994. *Valuing Healt for policy: An Economic approach*. Chicago: University of Chicago Press (pp. 40-72)

TURNER R.K., DUBORG W.R., 1993. *Water Resources Scarcity: an Economic Perspective*, CSERGE Working Paper 93-06. Norwich (GB): University of East Anglia. In: DE CARLI A., MASSARUTTO A., PACCAGNAN V., 2003. *La valutazione economica delle politiche idriche, dall'efficienza alla sostenibilità*. Disponibile su: <http://users.unimi.it/ambiente/800/1024/File%20allegati/materiale%20de%20Carli/2003.%20de%20Carli,%20Massarutto,%20Paccagnan,%20EFEA_finale.pdf> [Data di accesso: 30 Aprile 2017].

VAN ASSELT E.D., RIETRA R.P.J.J., ROMKENS PFAM, VAN DER FELS-KLERX H.J., 2011. *Perfluorooctanesulphonate (PFOS) throughout the food production chain*. *Food Chemistry*, 128 (1), 1-6

VITALIANI G., a cura di., *La politica per l'ambiente nell'Unione Europea, Appunti per corso di "Politica Economica" a.a. 2010-2011*. Disponibile su:

<http://www2.ceris.cnr.it/homedipendenti/vitali/dispense2010_11_PE/politica%20ambientale%20corso%20pol%20eco%2006%2012%202010.pdf> [Data di accesso: 25 Aprile 2017]

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1998. *Prevention, Reduction and Control of Water related Disease*, WHO Regional Office for Europe. Disponibile su: <http://www.who.dk/> [Data di accesso: 10 Giugno 2017]

WHO, 2016. *Keeping our water clean: the case of water contamination in the Veneto Region, Italy*. Italia: Areagraphica snc di Trevisan Giancarlo & figli. Disponibile su:

<http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0018/340704/FINAL_pfas-report-20170530-h1200.pdf> [Data di accesso: 14 Giugno 2017]

YOUNG R.A., 1996, *Measuring Economic Benefits for Water Investment and Policies*, World Bank Technical Paper, n.338, Washington D.C

Contaminazione da sostanze perfluoroalchiliche (PFASs) nelle acque ad uso umano. 2016. Venezia. Disponibile su: <https://www.regione.veneto.it/web/sanita/tutela-acque-destinate-al-consumo-umano> [Data di accesso: 29 Aprile 2017]

ZAGHI C., SERRINI G., i.d. *Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, Il progetto di Ricerca per la valutazione del rischio ambientale e sanitario associato alla contaminazione da sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) nei principali bacini fluviali italiani*. Disponibile su:

<http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/reach/Zaghi_PFAS.pdf> [Data di accesso: 13 Aprile 2017]

Comunicato stampa n. 562 del 20/04/2016. *Inquinamento da Pfas in veneto: Presentati da Istituto Superiore di Sanità e Regione i risultati delle analisi*. Venezia. Disponibile su:

<https://www.regione.veneto.it/web/guest/comunicati-stampa/dettaglio-comunicati?_spp_detailId=3018580> [Data di accesso: 10 Aprile 2017].

Corriere del Veneto, <http://corrieredelveneto.corriere.it/veneto/> [Data di accesso: Aprile e Maggio 2017]

Centro Veneto Servizi, <http://www.centrovenetoservizi.it>, sistemi di filtrazione Pfas:

http://www.centrovenetoservizi.it/pagina.php?sez_id=43&pag_id=522) [Data di accesso: 20 Aprile 2017]

Enciclopedia Treccani, “Eternalità”: <http://www.treccani.it/enciclopedia/esternalita/> [Data di accesso: 5 Aprile 2017]

Inquinamento delle acque dolci e metodi di depurazione:
http://www.comune.pv.it/CREA/Contents/Documents/Inquinamento_acque_dolci.html [Data di accesso: 13 Aprile 2017]

Okpedia, “Ottimo pareiano”: http://www.okpedia.it/ottimo_pareiano [Data di accesso: 7 Aprile 2017]

Regione Veneto, <<http://www.regione.veneto.it>> (Area sanitaria:
<<https://www.regione.veneto.it/web/sanita/pfas>>) [Data di accesso: 17 Maggio 2017]

Wikipedia, “Economia del benessere”: https://it.wikipedia.org/wiki/Economia_del_benessere
[Data di accesso: 7 Aprile 2017]

Wikipedia, “Inquinamento idrico”: <https://it.wikipedia.org/wiki/Inquinamento_idrico> [Data di accesso: 15 Aprile 2017]

Siti web istituzionali conferenti i dati sull’inquinamento indicati dall’A.R.P.A.V. (nota del 10 marzo 2015):

-rischio ambientale: <<http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/acqua/file-e-allegati/documenti/acque-interne/pfas>> [Data di accesso: 10 maggio 2017]

-rischio sanitario: <<http://prevenzione.ulss20.verona.it/pfas.html>>. [Data di accesso: 11 Maggio 2017]

Sito ufficiale Miteni S.p.A: <http://www.miteni.com/index.htm> [Data di accesso: 25 Aprile 2017].