

CAPITOLO 2

IL DIRITTO ALLA SALUTE NELLA PROSPETTIVA DELLA SOSTENIBILITÀ

ILARIA AMELIA CAGGIANO, LUIGI MONTANO,
GIANLUCA MONTANARI VERGALLO, GIANFRANCO D'AIETTI,
MARINA BALDI, PAOLA GRIMALDI

*Inquinamento ambientale e danno alla fertilità:
il giudizio di responsabilità civile in una prospettiva
transdisciplinare tra scienza, diritto e giurimetria**

1. Il problema della tutela risarcitoria del diritto alla salute da inquinamento ambientale. Le ragioni per uno studio transdisciplinare

La crescente diffusione di agenti inquinanti (biologici, fisici, chimici), prodotti dalle attività umane, nell'ambiente naturale ha progressivamente amplificato gli impatti negativi di tali sostanze sulla salute dell'uomo, sia per effetto di fenomeni individuabili spazialmente e temporalmente nel tempo, ovvero di processi più lunghi e complessi.

Si sono quindi accresciuti non solo i casi di danni alla salute quale effetto di situazioni speciali (ad esempio, i disastri ambientali, ovvero l'esposizione a piani/programmi/opere inquinanti), ma anche condizioni di lungo periodo e latenza, che danno luogo, ad esempio, al bio-accumulo nell'organismo o all'esposizione prolungata a sostanze nocive (rispettivamente microplastiche, particolato per fare alcuni esempi) dei quali risulta difficile individuare l'autore/gli autori del fatto¹.

Solo facendo riferimento all'inquinamento atmosferico, l'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) ha stimato che ogni anno esso provochi nell'UE circa 400.000 decessi prematuri e comportamenti diseconomie legate alla

* Ilaria Amelia Caggiano, è autrice dei paragrafi 1.1, 1.2, 1.3, 6; Luigi Montano è autore dei paragrafi 2 e 2.1; Gianluca Montanari Vergallo è autore dei paragrafi 3 e 3.1; Gianfranco D'Aietti è autore dei paragrafi 5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7; Paola Grimaldi è autrice del paragrafo 4.

Le riflessioni oggetto del presente contributo originano dalle ricerche e attività del progetto EcoFoodFertility (<https://www.ecofoodfertility.it>) e sono maturate, in un'ottica interdisciplinare, nell'ambito delle attività della Cattedra Jean Monnet "European Green rights: reshaping fundamental rights for next generations" (EUGREENEXT) presso l'Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (UNISOB). Bando ERASMUS-JMO-2021-HEI-TCH-RSCH; progetto n. 101047962. www.eugreenext.eu.

¹ A. LEONE, S. RAVASENGHI, M. BULZOMI, S. RAVELLA, A. BATTEZZATI, R. DE AMICIS, S. BERTOLI, *Bisphenol A exposure and symptoms of anxiety and depression among women of reproductive age*, in «Special Issue EJPLT», (2023), pp. 18-27. DOI: <https://doi.org/10.57230/EJPLT222AL>.

salute per centinaia di miliardi di euro, costituendo il principale rischio ambientale per la salute nell'Unione europea (UE)². Secondo un altro rapporto, è stato calcolato che circa il 15% di tutti i decessi nella regione europea potrebbe essere prevenuto attraverso ambienti più sani³.

Non può essere neppure tralasciato il fatto che la progressiva alterazione degli equilibri ambientali, fenomeno ben rappresentato dalla pur controversa nozione di antropocene⁴, sia in grado di determinare modifiche di processi biologici, potenzialmente lesivi della salute umana, per effetto, ad esempio, delle zoonosi, di interferenze endocrine, di alterazioni epigenetiche.

La consapevolezza della incidenza dell'ambiente esterno sulla salute umana si è così evoluta in modelli di analisi e prevenzione che riconoscono l'interazione tra salute e ambiente⁵, e al suo interno tra gli ecosistemi, secondo una visione più globale con riguardo non solo ai fenomeni manifesti ma ai rischi sulla popolazione umana, le generazioni future e l'intera eco-biosfera (com'è nell'approccio c.d. *One Health*)⁶.

Tale approccio olistico viene riconosciuto come modello sanitario dalle organizzazioni internazionali e nazionali⁷ per politiche di prevenzione, basate su valutazioni integrate e analisi di rischio⁸.

² Corte dei Conti Europea, Relazione speciale *Inquinamento atmosferico: la nostra salute non è ancora sufficientemente protetta*, n. 23, 2018, disponibile all'indirizzo <https://www.eca.europa.eu>, secondo cui le persone nelle zone urbane sono particolarmente esposte a tale rischio e gli inquinanti atmosferici responsabili della maggior parte di tali decessi prematuri sono il particolato, il biossido di azoto e l'ozono troposferico.

³ WORLD HEALTH ORGANIZATION. REGIONAL OFFICE FOR EUROPE, *A healthy environment in the WHO European Region: why it matters and what steps we can take to improve health*, 2023.

⁴ D. AMIRANTE, *Costituzionalismo ambientale. Atlante giuridico per l'Antropocene*, Bologna, Il Mulino, 2022.

⁵ La nozione di ambiente, a partire dalla sua derivazione etimologica e dal significato che esso assume nella lingua italiana («la natura, come luogo più o meno circoscritto in cui si svolge la vita dell'uomo, degli animali, delle piante, con i suoi aspetti di paesaggio, le sue risorse, i suoi equilibri, considerata sia in sé stessa sia nelle trasformazioni operate dall'uomo e nei nuovi equilibri che ne sono risultati, e come patrimonio da conservare proteggendolo dalla distruzione, dalla degradazione, dall'inquinamento» v. voce *Ambiente* in *Vocabolario Treccani* online, consultato in data 21 dicembre 2024) si traduce, giuridicamente, in un concetto (quello di 'contesto') che può essere declinato su diversi valori costituzionali, quale bene giuridico protetto. V. M. CARDUCCI, voce *Natura (diritti della)*, in Dig. IV, Disc. Pubbl. > diretto da R. Sacco, Aggiornamento, 2017, p. 486 ss.; D. PORENA, *Ambiente: complessità di una nozione giuridica*, in «Ambienteditto», 2020, p. 1.

⁶ AA.VV., *One Health: la tutela della salute oltre i confini nazionali e disciplinari* a cura di F. Aperio Bella, Napoli, ES, 2022, disponibile online <https://iris.unisalento.it/retrieve/5e542798-c1fe-4d32-b3fd-ebdc539651a1/F.%20Aperio%20Bella%20-%20One%20health.pdf>.

⁷ FAO, UNEP, WHO, and WOA, *One Health Joint Plan of Action (2022-2026). Working together for the health of humans, animals, plants and the environment*, Rome, 2022, <https://doi.org/10.4060/cc2289en>. Si tratta di un documento politico non vincolante che aspira a facilitare l'adozione di approcci OH tramite la guida sinergica e collaborativa delle quattro organizzazioni delle Nazioni Unite. Ad esso è seguito nel 2023 un secondo documento WORLD HEALTH ORGANIZATION,

Tuttavia, risulta ancora scarsamente applicato in via sistematica per il limitato collegamento tra sistemi di dati (per il monitoraggio, le valutazioni sui rischi, la protezione dell'ambiente), tra decisioni e decisori politici e amministrativi, per la mancata rappresentatività di *expertise* scientifiche in grado di assicurare un approccio inter-disciplinare o trans-disciplinare⁹. Le analisi predittive (*ex ante*) di impatto sulla salute da potenziale inquinamento, basate su valutazioni di rischio di tipo tossicologico, ecotossicologico (in ragione degli stress generati all'ecosistema) ed epidemiologico (ove disponibile) risultano consolidate solo in settori specifici, ove sono normativamente prescritte con *framework* sufficientemente definiti (sulla scorta anche dell'*Health Technology Assessment*)¹⁰. Tali modelli di *risk assessment* previsionale, pure molto articolati¹¹, mirano a rintracciare indicatori di rischio di danno alla salute prima della

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH & UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, *A guide to implementing the One Health Joint Plan of Action at national level*, 2023, che mira a fornire ai Paesi come adottare e adattare il Piano OH JPA, che riconosce il lavoro transdisciplinare come principio guida per l'attuazione.

L'approccio è stato condiviso dall'Unione europea e in Italia il Ministero della Salute nel 2023 ha istituito un Dipartimento *OneHealth*. V. https://health.ec.europa.eu/index_en e <https://www.salute.gov.it>.

⁸ WORLD HEALTH ORGANIZATION, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH & UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, *A guide to implementing the One Health* cit., p. 30: il 6° obiettivo dei piani nazionali consiste, tra l'altro, nella prevenzione del degrado degli ecosistemi.

⁹ M. MONTEDURO, *Le sfide metodologiche per la ricerca giuridica sull'approccio One Health: due casi concreti. Il progetto FISIR 2020 e la proposta del CIDCE di una convenzione internazionale sulle pandemie*, in AA.VV., *One Health: la tutela della salute*, cit., p. 99 ss. Per lo stato dell'attuazione dei programmi *One Health* in Italia, G. LICHERI e T. HOSBORN, *Levelling up on One Health*, Paper I-com, 2024, disponibile alla pagina https://www.i-com.it/wp-content/uploads/2024/11/Paper-I-Com_Delalus_Levelling-up-on-One-Health_2024.pdf.

¹⁰ Si fa riferimento alla Valutazione di Impatto Sanitario (VIS), quale documento da inserirsi nel procedimento amministrativo per la Valutazione d'impatto ambientale predisposto dal proponente al fine di stimare gli impatti complessivi, diretti e indiretti, che la realizzazione e l'esercizio del progetto può procurare sulla salute della popolazione, prevista in via obbligatoria dal D. lgs. 104/2017 (in attuazione della Direttiva 2014/52/UE sulla Valutazione di Impatto Ambientale (VIA)) per i nuovi impianti di taluni settori (principalmente impianti chimici, petrolchimici, di produzione di energia, cementifici e inceneritori). In base alla normativa di attuazione [art. 2], nel 2019 sono state adottate Linee Guida vincolanti per la redazione della VIS (disponibili alla pagina https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2850_allegato.pdf).

¹¹ Il modello della VIS prevista a livello nazionale fa riferimento, ad esempio, a modelli di epidemiologia geografica (basati sull'andamento di comuni o sezioni di censimento), alla scelta degli indicatori di salute da valutare prestando attenzione anche sull'analisi di sottogruppi di popolazione che possono subire maggiori conseguenze in base a determinanti specifici (età, genere, condizione socio-economica, stili di vita), ad una caratterizzazione del rischio in cui sono identificate le categorie o gruppi di popolazione più suscettibili sia perché maggiormente esposti (in base ai vari scenari di esposizione), sia per condizioni fisiopatologiche (età, stato di gravidanza, presenza di specifiche patologie), che per caratteristiche genetiche (es. polimorfismi genetici di enzimi che alterano la cinetica e quindi la dose di esposizione interna, o negli enzimi della riparazione del DNA che alte-

realizzazione dell'opera umana, a mitigarli e monitorarli. Possono presentare diversi livelli di incertezza legati ai dati di esposizione, alla qualità dei dati sulla baseline del territorio e alla valutazione quantitativa degli effetti sanitari attesi, che tuttavia non incidono sull'obbligo di redazione ma devono essere adeguatamente pesati anche ai fini della predisposizione del piano di monitoraggio¹².

Se la valutazione *ex ante* del rischio sulla salute umana per effetto di fenomeni ambientali, seppur strutturata – ove presente –, risulta non diffusa e potenzialmente non precisa, non migliori approdi si raggiungono laddove il danno alla salute si sia verificato. Nel giudizio civilistico di responsabilità, le questioni problematiche sono differenti: risalire a una correlazione del danno alla salute con l'alterazione ambientale prodotta dall'uomo comporta un accertamento *ex post* che richiede la prova dell'efficienza causale della sostanza inquinante (o alterazione) rispetto a lesioni/menomazioni individuali effettivamente verificatesi e non la previsione di un'ampia congerie di pericoli potenziali alla salute.

È necessario in questo caso indagare l'efficienza causale più probabile rispetto ad altre nel caso specifico, la quale può basarsi sui dati statistici e probabilistici propri dell'epidemiologia, unitamente ad analisi cliniche o altri studi, ed è condizionata dalla potenziale presenza di una molteplicità di attori e cause spiegate nel tempo sullo stato di salute del singolo individuo¹³.

La diversità dei risultati di tali accertamenti che può riscontrarsi in sede giudiziaria appare spesso accentuata, oltre che dalla complessità delle fattispecie concrete e di possibili eziologie plurifattoriali, da orientamenti giurisprudenziali, nonché dalla soluzione al problema eziologico fornito dal consulente tecnico e dall'atteggiamento del giudice rispetto al primo.

1.2. Questioni e limiti della tutela risarcitoria del diritto alla salute da inquinamento ambientale

La giurisprudenza in tema di risarcimento dei danni alla salute da inquinamento ambientale (o da sostanze inquinanti) si concentra su alcune aree tematiche da cui emergono taluni profili d'interesse:

rano la resilienza dell'individuo) o acquisite (induzione o inibizione degli enzimi sopramenzionati per consumo di farmaci o stili di vita come nei fumatori o forti consumatori di *alcohol*). Proteggere i gruppi di popolazione più suscettibili permette di proteggere tutta la popolazione.

¹² AA.VV., *Linee guida per la valutazione di impatto sanitario* (d. lvo 104/2017), cit.

¹³ C.M. BIANCA, *La responsabilità*, in «Diritto civile», 5, Milano, 2021, p. 141 ss.; sullo *standard* probatorio del più probabile che non, e sulla sua rilevanza alla luce dei consolidati orientamenti giurisprudenziali (anche al di sotto del 50% + 1), da ultimo, R. M. DE ANGELIS, *Sulla prova del nesso causale*, in «Riv. Dir. Proc.», 2019, p. 587 ss. Sulla sua qualificazione come articolazione della cd. probabilità logica, v. L. NONNE, *Prova e giudizio di causalità*, in AA.VV., «Il regime probatorio nel giudizio sulla responsabilità da inadempimento» a cura di M. Maggiolo, Milano (Giuffrè), 2022, spec. 639 s.

1. il contezioso sull'inquinamento elettromagnetico, ove è emerso come la violazione delle soglie individuate dalla scienza di riferimento e utilizzabili anche nella gestione del rischio, anche se inferiori ai valori soglia definiti dalla normativa secondaria per finalità amministrative, sia talora ritenuta dalla giurisprudenza criterio per inferire la colpa (*sub specie* principio di precauzione) nell'ambito della tutela inibitoria e risarcitoria, e ancor prima il nesso causale della responsabilità civile. Non risulta tuttavia sempre chiaro quale sia la soglia (tecnico scientifica) che consenta al giudice l'accertamento¹⁴;

2. il contenzioso sui disastri ambientali, caratterizzato da fatti illeciti gravi e specifici, che non sempre risultano direttamente collegati alle lesioni lamentate. Nei casi più recenti, tuttavia, non si sono ancora ottenuti risarcimenti di massa o di portata collettiva¹⁵;

¹⁴ Il rispetto della normativa regolamentare non esime il giudicante da una verifica di soglie più basse, scientificamente rintracciabili e quindi tali da alimentare il nesso di causalità valutato sotto la lente della causalità logica che tiene conto anche della possibilità e dell'apprezzabile grado di possibilità, nonché di ogni ulteriore elemento di convincimento da parte del giudicante. Il rispetto di tali soglie integra anche il criterio di imputazione soggettiva basato sul principio di precauzione. Sul punto, F. PLEBANI, *Inquinamento elettromagnetico vs. diritto alla salute: il giudice può superare i limiti positivi*, nota a Trib. Bologna, ord. 31 luglio 20206, in «Danno e resp.», [2007], p. 1249, spec. testo corrispondente alla nt. 11 (si trattava di procedimento cautelare, richiamante tuttavia un orientamento giurisprudenziale a supporto). Un tale ragionamento, se non governato da riferimenti a studi scientifici, rischia un salto nella relazione di causalità (causalità generale) e causalità individuale.

Nel senso, invece, dell'esclusione della risarcibilità del danno alla salute (per patologie tumorali, diverse dalla leucemia infantile, patologia in relazione alla quale le statistiche evidenziano un incremento pari al doppio del rischio di contrarre malattia, in séguito all'esposizione prolungata ai campi di induzione) in caso di emissioni di *elettrosmog*, v. R. GELLI, *Le immissioni elettromagnetiche tra mera possibilità e ragionevole probabilità di danno alla salute*, nota a Trib. Venezia, Sez. III, 19 febbraio 2008, in «Nuova giur. civ. comm.», 2008, p. 11164.

Per il danno da inquinamento acustico e dal ben noto rapporto con la disciplina delle immissioni. V. G. BUSETTO, *Inquinamento da rumore*, in «Diritto e giurisprudenza agraria e dell'ambiente», [1994], pp. 397-400; A. MARIO, *Inquinamento acustico, tutela giurisdizionale e problemi sulla misura del danno*, in «Diritto e pratica nell'assicurazione», [1984], pp. 109-119.

¹⁵ V.A. BUONFRATE, *Caso ILVA: danno ambientale e tutela risarcitoria dei cittadini (nota a Trib. Taranto nn. 72 e 708/2014)*, in «Ambiente e sviluppo», [2015], p. 355 ss.); R. ABBATE, *Il danno all'ambiente ed i suoi riflessi sulle persone: il problema della risarcibilità del danno alla salute in conseguenza di un disastro ambientale*, in «Il Diritto marittimo», [2000], pp. 999-1012. Ovviamente in questa sede si prescinde dai filoni di contenzioso sulla tutela del diritto di proprietà, com'è in Trib. Taranto, Sez. III, Sent., 06 marzo 2014, n. 708, in banca dati «Onelegale», e deprezzamento dei beni esposti alle emissioni dello stabilimento [Cass. n. 18810/2021 in banca dati «Top 24»] come anche dalla giurisprudenza costituzionale, sovranazionale e penale, che negli anni si è espressa sulla vicenda (spesso in relazione all'esercizio poteri dello Stato e alle competenze in relazione alla prosecuzione delle attività), la quale tuttavia non ha prodotto, per ora, esiti risarcitori di massa e di portata collettiva (come conseguenza dei procedimenti penali – i cui esiti sono stati di recente annullati – o dei azioni collettive, v. Corte Europea dei Diritti dell'Uomo, Causa Cordella e altri c. Italia – Ricorsi nn. 54414/13 e 54264/15, disponibile anche in banca dati «Top 24»).

3. il contenzioso sulle malattie professionali, ove la presenza di un rapporto contrattuale continuativo tra assunto danneggiante e danneggiato, e da obblighi di protezione, consente di individuare la violazione lamentata e circoscrivere l'arco temporale per la verifica dei requisiti dell'illecito, elemento che non è sempre presente nelle fattispecie "pure" di danno alla salute da inquinamento ambientale¹⁶, ma che consente di effettuare alcune valutazioni sui dati conoscitivi richiesti dalla giurisprudenza ai fini dell'accertamento della causalità. In proposito, la giurisprudenza sulla violazione delle regole a tutela delle condizioni di lavoro (art. 2087 c.c.) si è sviluppata in ragione della diffusione sul luogo di lavoro di sostanze ampiamente riconosciute dalla letteratura scientifica come pregiudizievoli per la salute umana. Essa consente l'indagine della prova richiesta per l'eziologia del danno alla salute da sostanza inquinante¹⁷.

Dalla giurisprudenza appena illustrata emerge come una questione centrale della prova nel giudizio di responsabilità nei giudizi relativi a danni alla salute sia rappresentata dalla dimostrazione dell'attitudine dannosa della sostanza ritenuta inquinante, oltre che dall'accertamento della mera presenza della stessa (unitamente o meno ad altri fattori nel caso specifico). Si tratta – come visto – di un segmento logico del giudizio sulla causalità (comunemente indicato come causalità generale) che in tali controversie viene provato da

¹⁶ Sui riflessi del regime della responsabilità contrattuale, in questi casi, con un'ampia disamina degli studi scientifici nel caso dei danni da uranio impoverito e per l'affermazione della rilevanza di studi scientifici e operativi (adottati dalle istituzioni militari transnazionali) anche se diversi da quelli epidemiologici, anche in mancanza di una letteratura scientifica sui singoli effetti patologici A. MANTELEO, *Impiego di munizioni ad uranio impoverito ed attività militare: un caso di danno di massa*, in «Riv. trim. dir. proc. civ.», (2010), p. 1287 ss. R. DE MATTEIS, *Danni da inquinamento ambientale e le responsabilità del Ministero della Difesa. Dalla vittima primaria ai congiunti della stessa*, in «Rivista giuridica sarda», (2012), pp. 109-121.

¹⁷ La giurisprudenza sulle malattie professionali e in particolare sulle esposizioni asbesto nei luoghi di lavoro rappresenta certamente l'ambito entro il quale si è formata la giurisprudenza maggiormente rilevante sul rapporto tra sostanze inquinanti e danno alla salute. Sebbene si tratti di una fattispecie parzialmente diversa da quella in cui la sostanza inquinante, diffusasi nell'ambiente, abbia cagionato danni agli individui, l'ipotesi della malattia professionale consente di analizzare lo stato dell'arte sulla rilevanza degli studi scientifici per l'accertamento del nesso causale, differendo invece dai casi di danni alla salute per inquinamento ambientale quanto alla fase di ricerca e individuazione dell'autore dell'illecito. Sul caso ILVA, Cass. (ord.), 10 ottobre 2024, n. 26421, in banca dati «Top 24». Quanto alla giurisprudenza di merito, v. Trib. Reggio Emilia, 11 aprile 2016, n. 536, in banca dati «DeJure», in merito alla rilevanza della multifattorialità eziologica nelle neoplasie, tra cui i polimorfismi genici, dovuti all'accumulo di anomalie genetiche che conseguono, in gran parte, all'esposizione a fattori mutageni, qui valutati per escludere l'eziogenesi da fattori ambientali (diversi dall'abitudine al fumo); App. Genova, 11 aprile 2018, n. 62, in banca dati «DeJure», sull'incidenza della predisposizione genetica (polimorfismi genici) nella patogenesi del carcinoma polmonare anche in soggetti non fumatori, e sul valore submoltiplicativo della sinergia dei due concause di lesione (professionale ed extra-professionale), riconosciute equivalenti (artt. 40-41 c.p.); C. App. Genova 2018 n. 56 n. 137 del 2018 nonché 2022, sulla stretta applicazione dei criteri soglia di esposizione all'agente patogeno di Helsinki per attribuzione del nesso causale.

studi scientifici, epidemiologici, statistici, e/o clinici¹⁸, di cui non sono sempre individuabili valori soglia per valutarne la dannosità, ovvero tali valori non vengono tenuti sempre in rigorosa considerazione¹⁹.

La questione di quali siano le leggi di copertura attendibili, ovvero della selezione del sapere scientifico attendibile da parte del giudice, e, quindi i confini del libero convincimento del giudice con riguardo a tali aspetti, è pertanto questione che trova orientamenti differenti in dottrina e giurisprudenza²⁰.

Ad essa va unita l'indagine sul caso concreto, in relazione alla quale la letteratura medico legale specifica che l'accertamento di un rapporto di causalità tra il deterioramento dell'ambiente e la conseguenza di un danno alla salute umana²¹ vada e specificato secondo alcuni criteri: 1. Qualitativo (capacità lesiva dell'inquinante identificato rispetto agli effetti dannosi sull'organo o tessuto bersaglio nella popolazione studiata, dato scientifico-epidemiologico); 2. Quantitativo (capacità lesiva delle concentrazioni di inquinanti rilevate sulla base delle conoscenze scientifiche (dati sperimentali ed epidemiologici); 3. Modale (congruità delle vie di assorbimento rispetto alle patologie rilevate); 4. Temporale (durata dell'esposizione e del periodo di latenza, che richiede un'analisi del caso concreto); 5. esclusione di altre cause capaci da sole di determinare l'evento (possibili interazioni tra i diversi fattori di rischio, i cosiddetti fattori di confondimento), che richiede un'analisi del caso concreto²².

Tali criteri confluiscono in una prova scientifica basata su elementi eterogenei: dati sperimentali, epidemiologici (criteri 1-3), accertamenti fattuali nel caso concreto (criteri 4 e 5), a loro volta a carattere medico-scientifico, che devono integrarsi ed essere filtrati attraverso il giudizio di rilevanza giuridica (che in giurisprudenza assume i contorni del più probabile che non)²³.

¹⁸ Si veda l'interessante disamina e proposta interpretativa in M.F. CARRIERO, *Lo statuto scientifico delle leggi di copertura. Un catalogo di criteri tra causalità ed epidemiologia*, in «Riv. it. dir. e proc. pen.», 2017, 1087 ss.

¹⁹ V. *supra* ntt. 14 e 16.

²⁰ F. PIRAINO, *Causalità e responsabilità contrattuale (tenzone tra un giudice e un professore). Parte I: La causalità generale*, in «Foro it.», 2022, c. 262 ss., ove si aderisce alla tesi della indispensabile stretta aderenza della causalità generale al sapere scientifico "condiviso" e in cui il grado di condivisione nella comunità scientifica di riferimento dovrebbe basarsi su ricorrenze statistiche elevate. Diverso l'orientamento che vorrebbe le massime d'esperienza poste a fondamento della causalità generale e la valutazione del giudice, in grado superare anche un accertamento statistico-probabilistico.

²¹ ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ, *Risarcimento del danno ambientale: aspetti medico legali* Rapporto ISTISAN 07/50 a cura di C. BRACCI, G. NORCIA disponibile sul sito www.iss.it.

²² ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ, *Risarcimento del danno ambientale: aspetti medico legali* Rapporto ISTISAN 07/50 a cura di C. BRACCI, G. NORCIA disponibile sul sito www.iss.it, p. 42 ss.

²³ Più approfonditamente sul punto, v. *infra*, testo successivo alla nt. 77. ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ, *Risarcimento del danno ambientale*, cit., p. 44, ove «il criterio epidemiologico, o di attendibilità scientifica, che deve tener conto della difficoltà di trasferire sul piano del ragionamento

Il carattere altamente tecnico dell'accertamento condiziona atteggiamenti della giurisprudenza tra una tendenziale adesione alle CTU (con il rischio di de-responsabilizzazione del giudice) ovvero l'esercizio della necessaria valutazione critica, ma in assenza di cognizioni tecniche (con rischio di aumentare oltremodo le maglie della discrezionalità)²⁴.

Appare pertanto auspicabile una modellizzazione della relazione peritale che, basandosi sugli studi utilizzati (epidemiologici, sperimentali, clinici, statistici)²⁵ qualifichi gli orientamenti della letteratura scientifica e ulteriori elementi rilevanti, consentendo al giudice di comprendere l'attendibilità dei riferimenti scientifici, delle diverse tipologie di studi analizzati, anche in assenza di studi epidemiologici su vasta scala²⁶⁻²⁷.

Dovrebbe, peraltro, per una valutazione coerente e completa, essere vagliata la ricorrenza effettiva dei fattori di rischio che vengono usualmente considerati nelle analisi d'impatto *ex ante* (ecotossicologici e genetici)²⁸.

Il discorso che qui si presenta, attenendo alla formazione della prova (tramite presunzioni) e alla valutazione del fatto da parte del giudice, impone

giuridico principi e schemi propri del ragionamento scientifico, che ha altre finalità. Il significato e il valore della prova sono diversi nei due ambiti; nel diritto italiano si tiene conto del criterio di alta probabilità, senza che sia espressamente definito quando un livello di probabilità sia da considerarsi elevato o alto. È lecito, cioè, porsi una domanda: nel caso che l'indagine epidemiologica evidenzi un eccesso di patologie nella popolazione esposta, che queste patologie siano attribuibili all'esposizione in rapporto alle conoscenze scientifiche consolidate, è raggiunta la prova del rapporto tra inquinamento e danno alla salute? O è necessaria l'analisi dei singoli casi? La valutazione del rapporto di causalità si basa su un'analisi critica della letteratura scientifica e dei giudizi espressi dalle Agenzie Internazionali e Nazionali, secondo un criterio di elevata probabilità; le competenze dell'epidemiologia appaiono centrali».

²⁴ L. NONNE, *Prova e giudizio di causalità*, cit., p. 678. Molto efficacemente sul punto, sebbene con riguardo ai giudizi penali, S. FINOCCHIARO, *La responsabilità penale per mesotelioma pleurico causato dall'esposizione ad amianto: una patologia di sistema*, in «Riv. it. dir. proc. pen.», 2021, p. 161, spec. 178 ss. e 193 ss.

²⁵ V.M.F. CARRIERO, *Lo statuto scientifico delle leggi di copertura. Un catalogo di criteri tra causalità ed epidemiologia*, in «Riv. it. dir. proc. pen.», 2017, p. 1187. Tali tipologie di studi appaiono rilevanti anche per evidenziare, al di là delle statistiche, le variabilità genetiche concretamente operanti, sebbene la disciplina delle concause umane e naturali sia, in giurisprudenza, tutt'altro che uniforme. Sul punto, N. RIZZO, *La causalità civile*, Torino (Giappichelli), 2022, p. 143 ss.

²⁶ Ipotesi (con specifico riguardo a quella di un limitato campione di rilevazioni) che spesso la dottrina considera tale da escludere nettamente la sussistenza di un nesso di causalità generale. V. PIRAINO, *Causalità e responsabilità contrattuale* cit., c. 275 s. Sulla necessità di un paradigma epistemologico comune, e sulla necessità di trovare un minimo denominatore comune nella prova per esclusione, CARRIERO, *Lo statuto scientifico delle leggi di copertura* cit., p. 1120.

²⁷ Sui contrasti "reali" in giurisprudenza (penale) originati dalle interpretazioni della comunità scientifica e sul problema dei criteri utilizzabili, v. S. ZIRULIA, *Contrasti reali e contrasti apparenti nella giurisprudenza post-Cozzini su causalità e amianto*, in «Riv. it. dir. proc. pen.», 2019, p. 1289, spec. 1308 ss.

²⁸ V. *supra*, nt. 11.

il rispetto del dispositivo normativo codicistico (art. 2729 c.c.) che richiama – senza ordini gerarchici – tutti gli indizi, gravi, precisi e concordanti, calibrati e valutati secondo la maggiore probabilità (rispetto ad altri contrastanti). Pertanto, il giudizio probatorio sulla causalità e l'indagine sulla causalità può attingere ad indizi rilevanti, attinti a vari saperi (epidemiologici, statistici sull'incidenza nel caso concreto), che vanno valutati anche in presenza di causa (apparentemente) ignota o non pienamente acclarati da studi epidemiologici di valenza generale.

Un'altra questione emerge dal contenzioso finora in rassegna: quando si passi da fattispecie facilmente circoscrivibili dal punto spaziale e temporale (come nel caso dei luoghi di lavoro) ad ipotesi di diffusione della sostanza ritenuta tossica su scala più ampia, diventa difficile ricondurre il fatto dannoso ad un autore determinato e definire i profili di colpa delle condotte dell'inquinatore. Si è visto come l'inquinamento ambientale, *ex se*, sia valutato come un fattore confondente²⁹. L'individuazione dell'autore dell'illecito, anche in via omissiva, può tuttavia essere valutato dal giudice sulla base degli obblighi derivanti dalla normativa ambientale, nonché in via presuntiva, individuando i soggetti tenuti alla vigilanza³⁰.

1.3. Le ragioni per uno studio transdisciplinare

Per gli aspetti coinvolti e sommariamente illustrati, nel presente studio è apparso opportuno interrogare differenti *expertise* di area medica, giuridica, medico-legale, di biologia e genetica medica al fine di verificare in ciascun settore gli aspetti rilevanti in modo integrato all'interno del giudizio di responsabilità del danno alla fertilità da inquinamento ambientale.

L'indagine parte alcuni studi sviluppati in tema di impatto dell'inquinamento ambientale sulla fertilità (in special modo maschile), individuata in letteratura quale condizione – sentinella del più generale stato di salute dell'individuo, e pertanto rilevante in piani di prevenzione. Gli indici di fertilità possono – anche al contrario – essere utili per verificare la presenza di sostanze inquinanti e per altro verso diventano sempre più diffusamente argomento di crescente impatto socio-economico, la cui valenza indice pertanto a riflettere anche circa i correnti *barème* medico legali³¹.

Più precisamente, obiettivo del lavoro è verificare gli aspetti rilevanti e i potenziali limiti degli attuali mezzi di prova in tema di danno alla salute

²⁹ Anche su questo aspetto, v. ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ, *Risarcimento del danno ambientale: aspetti medico legali* Rapporto ISTISAN 07/50 a cura di C. BRACCI, G. NORCIA disponibile sul sito www.iss.it.

³⁰ V. *infra* Conclusioni.

³¹ Peraltro, si consideri che nelle tabelle INAIL delle menomazioni (disponibile sul sito www.inail.it) non compare l'infertilità/sterilità.

da inquinamento ambientale³², fornire uno strumento di analisi che aspira ad essere transdisciplinare per la riflessione scientifica e all'operatore giuridico³³, offrire spunti per un modello operativo condiviso.

Un modello di studio peritale basato su un paradigma esaustivo del sapere tecnico scientifico e idoneo ad a fornire un quadro conoscitivo e di dialogo comprensibile all'interprete giuridico potrebbe fornire una matrice di lavoro che garantisca l'analisi di dati e indici comuni, comparabili anche tra diversi giudizi. Questo terreno di dialogo comune potrebbe inserirsi nell'attuale dibattito teorico-giuridico sul giudizio di causalità, che si divarica sulle posizioni di una necessaria e non superabile adesione ad un sapere tecnico-scientifico (epidemiologico e, secondo taluni, anche clinico e sperimentale) che dev'essere necessariamente consolidato e dominante, per l'accertamento della attitudine dannosa di sostanze, ovvero dalla necessità anche esclusiva di una mera attendibilità logica del giudizio del giudicante o da un sapere scientifico anche non consolidato³⁴. Tali questioni possono meglio chiarirsi, ribadita la necessità di un prudente apprezzamento del giudice, ove la valutazione di attendibilità da parte di quest'ultimo possa basarsi su dati completi e idonei ad esser poi confrontati – sulla base di una matrice uniforme – con le relazioni delle parti del processo e altri giudizi.

Il lavoro è organizzato come segue.

Dopo una premessa ricostruttiva volta ad esplicitare le ragioni del lavoro e le criticità all'interno di un giudizio di risarcimento del danno alla salute da inquinamento ambientale, la parte iniziale illustra i risultati degli studi con-

³² L'approccio critico sui confini del giudizio di responsabilità civile si va sviluppando anche in relazione alla di altri possibili danni da inquinamento ambientale: quelli relativi conseguenti ai mutamenti climatici, in cui la questione teorica principale viene ad interessare l'individuazione dei legittimati attivi all'esercizio di un'azione in cui interessate sono principalmente le generazioni future e la necessità di una rilettura assiologica delle categorie concettuali della civilistica alla luce dell'istanza intergenerazionale. Sul punto, G. CARAPEZZA FIGLIA, *Il ruolo del diritto civile nella lotta al cambiamento climatico*, in AA.VV., *Cambiamento climatico, sostenibilità e rapporti civili*, a cura di P. Perlingieri, S. Gioia, I. Prisco, Napoli, ESI, 2024.

³³ L'obiettivo di fornire agli operatori uno strumento di analisi e prospettive di soluzione condivise ha indotto gli autori del presente lavoro ad avviare un percorso di dialogo transdisciplinare, non solo per analizzare il problema da più punti di vista, secondo metodi e concetti propri di ciascuna discipline, ma per far convergere la riflessione verso ipotesi di soluzioni integrate emergenti dalla collaborazione tra discipline, e sondare la possibilità di nuovi paradigmi condivisi (circa i criteri per valutare l'attendibilità delle leggi di copertura). Sulla transdisciplinarietà: F. MARZOCCA, *Il nuovo approccio scientifico verso la transdisciplinarietà*, in «Quaderno Mithos», [2014], p. 1 ss., disponibile all'indirizzo <https://ciet-transdisciplinarity.org>; J.T. KLEIN, *A taxonomy of interdisciplinarity*, in R. FRODEMAN, J. THOMPSON KLEIN, J. BRITT HOLBROOK, C. MITCHAM (eds.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*, Oxford, Oxford University Press, 2010, p. 15 ss.

³⁴ L'insidia sottostante un tale discorso è delegare al sapere scientifico (sulla base di indici generici: l'unanimità/maggioranza della comunità scientifica) su cui l'accertamento del giudice dovrebbe essere comunque possibile pur in assenza di cognizioni tecniche.

dotti sulle correlazioni tra ambiente e salute riproduttiva (il progetto *Ecofoodfertility*) e illustra i risultati delle indagini epidemiologiche basate su piccole coorti (biomonitoraggio integrato), prospettandone una possibilità di utilizzo all'interno del giudizio di responsabilità civile.

La parte centrale del lavoro (paragrafi 3 e 4) si concentra sulla questione dell'accertamento del nesso causale e dei criteri scientifici normalmente utilizzati, centrale anche nell'individuazione dell'autore dell'illecito, nonché sui confini del danno alla fertilità come lesione autonoma.

Su questi aspetti si concentrano le principali questioni oggetto di attenzione, rappresentate dalla necessità di valorizzare e selezionare i diversi fattori di rischio in grado di compromettere la salute riproduttiva al fine di ricostruirne l'incidenza causale. La questione, come si vedrà, appare problematica sia per questioni di carattere teorico giuridico (quale la rilevanza della concausa naturale) sia per aspetti che interessano gli studi scientifici e la prova del passaggio dalla causalità generale a quella individuale.

I paragrafi finali contengono una verifica sui criteri di liquidazione del danno alla fertilità anche in un'ottica di proposta di criteri di liquidazione non strettamente compensativi, tenendo conto del più ampio risvolto nel benessere dell'individuo.

Alle conclusioni è affidata una sintesi ricostruttiva e le proposte operative, anche in tema di individuazione dell'autore dell'illecito.

2. Danno alla fertilità e ruolo degli studi di biomonitoraggio integrato: i risultati del progetto *Ecofoodfertility*

Negli ultimi decenni, le evidenze scientifiche che si stanno sempre più accumulando nel campo del rapporto Ambiente/Salute umana, indicano negli inquinanti ambientali chimici e fisici i più importanti fattori eziologici di danno alla salute i cui effetti, anche transgenerazionali, oramai sembrano confermati³⁵. C'è da dire che, se gli inquinanti alterano i fini meccanismi biologici che regolano la fisiologia umana di tutti gli organi e apparati del corpo umano, con meccanismi di danno ossidativo, genetico, epigenetico, immuno-disregolante, disbiotico e di interferenza endocrina³⁶, in particolare in alcune fasi delicate

³⁵ H.L. MORGAN, A.J. WATKINS. *Transgenerational Impact of Environmental Change*. *Adv Exp Med Biol* 2019; 1200:71-89. DOI: 10.1007/978-3-030-23633-5_4; B.P.U. PERERA, C. FAULK C, L.K. SVOBODA, J.M. GOODRICH, D.C. DOLINOV. *The Role of Environmental Exposures and the Epigenome in Health And Disease*. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 2020, 61:176192.

³⁶ A. PETERS, T. S. NAWROT, A. A. BACCARELLI. *Hallmarks of Environmental Insults*. *Cell*. 2021 Mar 18; 184(6): 1455-1468. DOI: 10.1016/j.cell.2021.01.043.

dello sviluppo, chiamate finestre espositive, come la fase embrio-fetale, la primissima infanzia e l'adolescenza, per la importante attività proliferativa cellulare che le caratterizza, l'apparato riproduttivo maschile rappresenta un sistema organo-funzionale particolarmente sensibile agli stress chimici e fisici³⁷.

Il declino del numero degli spermatozoi oramai a livello globale, d'altronde, ne è lo specchio più fedele. Infatti, è documentato da diversi studi un calo progressivo della conta spermatica nei paesi occidentali con una riduzione da 113 Mil/ml nel 1940 a 66 Mil/ml nel 1990³⁸ e sempre nei paesi occidentali un'importante meta-analisi pubblicata nel 2017 ha confermato un'ulteriore decrescita dal 1973 al 2011 del 54.2 % della conta spermatica totale³⁹ (Figura 1). Non sembra andar meglio in Africa centrale, Cina, India, Brasile, dove il declino dal 1980 al 2015⁴⁰ è ancor più vertiginoso in relazione al massiccio sfruttamento delle risorse territoriali (Figura 2) e recentissimo è l'ultimo rilievo che prendendo insieme i dati di tutti i continenti riporta una riduzione del numero di spermatozoi da 101 Mil del 1973 a 49 Mil nel 2018 con un calo netto del 51.6 % e con un'accelerazione di questo declino dal 2000 al 2018 rispetto al periodo dal 1973 al 2000⁴¹. D'altronde, le cellule spermatiche per le loro caratteristiche peculiari, come per esempio la capacità mobile con alto consumo di ossigeno, sono più sensibili agli stress endogeni ed esogeni e, a differenza degli ovociti, presenti già alla nascita, dalla pubertà in poi subiscono replicazioni continue con più possibilità di subire mutazioni, oltre ad avere

³⁷ L. MONTANO, S. RAIMONDO, M. GENTILE, G. ESPOSITO, T. GENTILE, I. FERRARA, C. CRESCENZO, M. PALMIERI, F. CUOMO, S. DE FILIPPO, G. LETTIERI, M. PISCOPO, L. MONTANO, *Could Kallikrein-Related Serine Peptidase 3 Be an Early Biomarker of Environmental Exposure in Young Women?*, in «Int. J. Environ. Res. Public Health» [2021], 18, p. 8833. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168833>.

P. ANDREASSI, S. LORENZETTI *The role of human semen as an early and reliable tool of environmental impact assessment on human health*. Full Chapter, in *Final Book Title & ISBN: Spermatozoa – Facts and Perspectives*, 978-1-78923-171-7. In *TechOpen*, June 13th 2018. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.73231>.

³⁸ E. CARLSEN, A. GIWERCMAN, N. KEIDING, N.E. SKAKKEBAEK, *Evidence for decreasing quality of semen during past 50 years*, in «BMJ» [1992], 305, 609-613, DOI: 10.1136/bmj.305.6854.609.

³⁹ H. LEVINE, N. JØRGENSEN, A. MARTINO-ANDRADE et al., *Temporal trends in sperm count: a systematic review and meta-regression analysis*, in «Hum Reprod Update», [2017]; 23(6): p. 646-59.

⁴⁰ P. SENGUPTA, S. DUTTA, E. KRAJEWSKA-KULAK, *The Disappearing Sperms: Analysis of Reports Published Between 1980 and 2015*, in «Am J Mens Health» [2017] Jul; 11(4): 1279-1304. DOI: 10.1177/1557988316643383.

L. MONTANO, F. DONATO, P.M. BIANCO, G. LETTIERI, A. GUGLIELMINO, O. MOTTA, I.M. BONAPACE*, M. PISCOPO*, *Semen quality as a potential susceptibility indicator to SARS-CoV-2 insults in polluted areas*, in «Journal. Environmental Science and Pollution Research», May [2021], pp. 1-10 DOI 10.1007/s11356-021-14579-x.

⁴¹ H. LEVINE, N. JØRGENSEN, A.M. ANDRADE, J. MENDIOLA, D.W. DERRI, M. JOLLES, R. PINOTTI, S.H. SWANNA, *Temporal trends in sperm count: a systematic review and meta-regression analysis of samples collected globally in the 20th and 21st centuries*, in «Human Reproduction Update», 2022, pp. 1-20, <https://doi.org/10.1093/humupd/dmac035>.

di per sé una maggiore sensibilità agli stress ossidativi per ridotta presenza di enzimi antiossidanti a causa del minor spazio citoplasmatico e presenza di acidi grassi polinsaturi di membrana, bersagli elettivi dei radicali liberi dell'ossigeno⁴². C'è da aggiungere, inoltre, che se il seme risulta estremamente sensibile alle *noxae* ambientali⁴³ diversi studi mostrano una relazione fra infertilità maschile, patologie croniche, comorbidità e addirittura mortalità, indicando una sua utilità come *marker* ottimale non solo di esposizione ambientale, ma anche indicatore di salute generale⁴⁴.

Sulla base di questa duplice funzione di sensore della qualità ambientale e di indicatore di salute generale, il Progetto di Ricerca *EcoFoodFertility*, studio di biomonitoraggio umano integrato⁴⁵ partito dalle importanti problematiche ambientali e sanitarie della cosiddetta "Terra dei Fuochi" in Regione Campania ed oggi esteso in diverse aree ambientali critiche non solo d'Italia,

⁴² L. SÉGUREL, M.J. WYMAN, M. PRZEWORSKI, *Determinants of mutation rate variation in the human germline*, in «Annual Review of Genomics and Human Genetics» (2014); 15:47-70 (5); J.P. BLUMENSTIEL, *Sperm competition can drive a male-biased mutation rate*, in «Journal of Theoretical Biology», Dec 7, (2007); p. 249(3):624-632; R.J. AITKEN, Z. GIBB, M.A. BAKER, J. DREVET, P. GHARAGOZLOO, *Causes and consequences of oxidative stress in spermatozoa*, in «Reproduction, Fertility, and Development», (2016);28(1-2): pp. 1-10. DOI: 10.1071/RD15325.

⁴³ L. MONTANO, P. BERGAMO, M.G. ANDREASSI, S. LORENZETTI, *The role of human semen as an early and reliable tool of environmental impact assessment on human health*. Full Chapter in Final Book Title & ISBN: *Spermatozoa – Facts and Perspectives*, 978-1-78923-171-7. In *TechOpen* June 13th 2018 <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.73231>; P. BERGAMO, M.G. VOLPE, S. LORENZETTI, A. MANTOVANI, T. NOTARI, E. COCCA, S. CERULLO, M. DI STASIO, P. CERINO, L. MONTANO, *Human semen as an early, sensitive biomarker of environmental exposure of healthy men living in highly polluted areas: a pilot biomonitoring study of trace elements in blood and semen and relationship with sperm quality and RedOx status*, in «Reproductive Toxicology», (2016), p. 66: 1-9. *Reprod Toxicol.* 2016 Dec; 66: 1-9; L. MONTANO, *Reproductive biomarkers as early indicators for assessing environmental health risk*, in «C. Toxic Waste Management and Health Risk», BenthamScience Publishers eBook eISBN 978-981-14-5474-5 (2020) <https://www.eurekaselect.com/185279/chapter>; L. MONTANO, E. CERETTI, F. DONATO, P. BERGAMO, C. ZANI, G.C.V. VIOLA, T. NOTARI, S. PAPPALARDO, D. ZANI, S. UBALDI, V. BOLLATI, C. CONSALES, G.C. LETER, M. TRIFUOGGI, A. AMORESANO, S. LORENZETTI, *Effects of a Lifestyle Change Intervention on Semen Quality in Healthy Young Men Living in Highly Polluted Areas in Italy: The FASt Randomized Controlled Trial European Urology Focus* (2021), <https://doi.org/10.1016/j.euf.2021.01.017>.

⁴⁴ P. CAPOGROSSO, E. VENTIMIGLIA, L. BOERI, W. CAZZANIGA, F. CHIERIGO, F. MONTORSI, A. SALONIA, *Male infertility as a proxy of the overall male health status*, in «Minerva Urol Nefrol», (2018) Jun; 70(3): 286-299.

⁴⁵ L. MONTANO, L. IANNUZZI, J. RUBES, C. AVOLIO, C. PISTOS, A. GATTI S. RAIMONDO, T. NOTARI, *EcoFoodFertility – Environmental and food impact assessment on male reproductive function*, in *Andrology* 2 (Suppl.2):69, 2014; L. MONTANO, *Progetto di Ricerca EcoFoodFertility*. In «Inquinamento Ambientale – aspetti normativi e giuridici» UTET 2016. Fondazione Veronesi; L. MONTANO, *EcoFoodFertility Project – from the crisis to the model – A new model for environmental impact assessment and for primary prevention in risk areas*, 2017 Lambert Academic publishing; A. ZONA et al., *Sentieri Project: Epidemiological study of residents in national priority contaminated sites*. A. ZONA, et al, *Fifth report*, in *Epidemiol Prev*, 2019; 43 (2-3) Suppl 1:1-208. DOI: 10.19191/EP19.2-3. S1.032 Rapporto Progetto Sentieri 2018.

ha utilizzato il modello seminale proprio per meglio individuare un possibile nesso fra inquinamento territoriale e aumentata incidenza di malattie cronicodegenerative registrate nel corso degli ultimi decenni. D'altronde è noto che se l'inquinamento è diffuso a livello globale, ci sono differenze anche importanti in termini di contaminazione territoriale fra paesi, all'interno dello stesso paese o delle stesse regioni, in relazione a grado di urbanizzazione e/o intensità di attività produttive, industriali e/o agricole che espongono la popolazione residente ad una maggiore pressione ambientale e, di conseguenza, ad una maggiore incidenza per diverse patologie cronicodegenerative e o riproduttive, rispetto a popolazioni in cui la pressione ambientale è minore. A tal proposito, in Italia, proprio lo studio SENTIERI (studio epidemiologico dei residenti nei 45 siti contaminati a priorità nazionale/regionale per le bonifiche, SIN/SIR) dell'Istituto Superiore di Sanità, è stato il primo che ha tracciato, in più rapporti, un bilancio sulla valutazione dei livelli di rischio (mortalità e morbidità) nelle comunità che vivono vicino a siti inquinati riconoscendo che, l'esposizione ad agenti ambientali, svolge un ruolo importante sulla salute pubblica in queste aree. L'informazione sui livelli di esposizione ad agenti inquinanti è, pertanto, fondamentale per valutare, gestire il rischio salute da fattori ambientali e di conseguenza per valutare, per quanto possibile, il rischio biologico espresso in termini di probabilità di raggiungimento del potenziale nocivo nelle condizioni di esposizione a determinate sollecitazioni chimiche e/o fisiche. Il monitoraggio ambientale in un certo contesto spaziale e temporale consente di valutare l'esposizione attraverso la misura delle concentrazioni ambientali di determinate sostanze chimiche o di suoi derivati, ma il rischio salute viene poi estrapolato e comunque elaborato a posteriori e, di solito, a livello di popolazione e in contesti residenziali ad alta pressione ambientale, con strumenti statistico-epidemiologici. Infatti, la valutazione del profilo di rischio salute a livello di popolazione nelle aree ambientalmente critiche viene valutata con indicatori statistici (SMR – rapporto standardizzato di mortalità, SIR – rapporto standardizzato di Incidenza e SHR – rapporto standardizzato di ospedalizzazione), mettendo a confronto i casi osservati del fenomeno in esame con quelli attesi sulla base della distribuzione del fenomeno nella popolazione di riferimento e correggendo gli indicatori calcolati per età e deprivazione, permettendo di definire in generale eccessi di rischio per diverse patologie.

Il ruolo alle esposizioni ambientali viene pertanto considerato, ma solo in termini di possibile concausalità, perchè le caratteristiche metodologiche dello studio, l'inadeguata e insufficiente disponibilità di informazioni sulle caratteristiche spaziali e temporali dei processi di contaminazione e del loro possibile disallineamento rispetto agli eventi sanitari, non rendono possibile

la stima dell'entità dell'esposizione ambientale in termini, appunto, spaziali e temporali, né di valutare l'estensione dell'area contaminata e la dimensione, pertanto la stima è probabilistica e mai conclusiva. Importanti quindi sono i limiti degli studi descrittivi o ecologici di epidemiologia ambientale, senza considerare che, la dimensione "temporale" nella valutazione/gestione dei rischi sanitari nelle aree a maggiore pressione ambientale con una forte attenzione al futuro delle comunità, appare estremamente importante sia dal punto di vista etico che scientifico per poter agire e prevenire danni successivi. Avere la possibilità di indagare in maniera fisicamente più ravvicinata la relazione fra contaminante esterno ed interno identificando meglio anche la sorgente di esposizione individuale rappresenta un passaggio in più nella valutazione del rapporto Ambiente-Salute e quindi nel calcolo cumulativo del rischio applicabile non solo in ambito di esposizione professionale, ma anche in quello residenziale.

Il biomonitoraggio umano integrato, come strumento per la valutazione dell'esposizione individuale e dell'associazione tra inquinanti e danno precoce con la ricerca di indicatori biologici in tessuti o fluidi corporei (indagando anche sulla suscettibilità genetica individuale), specie in aree contaminate o intorno a sorgenti puntuali di inquinamento, si dimostra essere un prezioso completamento, se non un superamento del processo di stima dell'esposizione basata su misure ambientali, costituendo un approccio fondamentale nella caratterizzazione e nella gestione del rischio per la salute. Il biomonitoraggio umano, in sostanza, misura direttamente non solo la quantità di una sostanza chimica nel corpo di un individuo, ma anche indicatori biologici o *biomarkers* che rappresentano delle risposte a determinati fattori di stress endogeni o esogeni, anche se bisogna sempre considerare che bioaccumulo, escrezione, metabolismo, assorbimento di tali sostanze e risposte dei *biomarkers* possono variare da soggetto a soggetto, in relazione alle caratteristiche genetiche del singolo individuo che regolano per esempio attraverso specifici polimorfismi le sue capacità di detossificare gli inquinanti o riparare i danni prodotti⁴⁶.

Ad ogni modo, quando si raccolgono e analizzano dati di biomonitoraggio umano e si attua una importante selezione del campione secondo rigidi criteri che ne assicurino per quanto possibile l'omogeneità campionaria, "l'inquinamento personale", ciò rispecchia maggiormente la reale esposizione

⁴⁶ P. CHIARELLA, P. CAPONE, R. RENATA SISTO, *The Role of Genetic Polymorphisms in the Occupational Exposure*. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.86975>; N. DENG, H. ZHOU, H. FAN, Y. YUAN, *Single nucleotide polymorphisms and cancer susceptibility*, in «Oncotarget», [2017], Vol. 8, [No. 66], pp. 110635-110649; G. MEENU, K. FARZEEN, *A Review on Epigenetic Inheritance of Experiences in Humans*, in «Biochem Genet» [2021] Nov 18. DOI: 10.1007/s10528-021-10155-7. Online ahead of print.

complessiva dell'individuo a quel determinato inquinante. Considerare quei Sistemi Organo-funzionali "Sentinella" che appaiono essere più sensibili alle modificazioni endogene ed esogene e che prima di altri subiscono gli effetti, come l'apparato riproduttivo maschile, la cui risposta è meglio verificabile e misurabile attraverso la valutazione di specifici biomarcatori di effetto, rapidamente e precocemente responsivi di una condizione di *stress* funzionale o strutturale prima che si manifesti il danno clinico, può rappresentare un passo importante nella valutazione temporale e quindi più ravvicinata possibile, del rapporto causale o anche concausale. Che questo danno sia espresso come danno seminale e quindi pregiudizio già importante sul fronte riproduttivo, come comorbidità con altro danno d'organo, o come predittore di danno maggiore in futuro (se si considera la qualità del seme come indicatore di salute generale), è valutazione che rimanda al contesto dell'accertamento del danno. È dunque importante sottolineare la possibilità che si ha, con la valutazione dei biomarcatori seminali, sia *standard* che, ancor meglio, biomolecolari del sistema riproduttivo (Sistema Organo Sentinella), di verificare la prossimità fra insulto ambientale e modificazione funzionale o strutturale in un rapporto causale o concausale più stretto.

Il progetto di ricerca *EcoFoodFertility*, studio di biomonitoraggio integrato focalizzato sull'apparato riproduttivo maschile, rilevatore precoce di danno ambientale, analizzando i biomarcatori riproduttivi ed in particolare, il liquido seminale, rispetto ad altri fluidi (sangue, urine per es.) fornisce informazioni più accurate sul potenziale rischio salute presente e futuro a livello individuale e anche di popolazione. Tutto ciò apre ad un cambio di prospettiva nello studio della valutazione del rischio salute applicabile sia per categorie esposte professionalmente in relazione a contesti spazialmente circoscritti come i luoghi di lavoro, sia a livello di popolazione per fattori di nocività ambientale in area vasta e quindi residenziale. Peraltro, per quest'ultima, non vi sarebbe la necessità di avere grandi numeri (ordine di diverse migliaia con costi elevati) per la stima delle differenze di rischio salute in popolazioni sottoposte a diverse pressioni ambientali, come normalmente si usa negli studi di epidemiologia classica, ma di valutazioni con criteri capaci di ridurre al minimo i fattori confondenti attraverso la selezione di piccole coorti (ordine di alcune decine o poche centinaia con costi minori) nelle diverse aree territoriali composte da soggetti omogenei per età, indici di massa corporea, stili di vita (non fumatori, non bevitori e non esposti professionalmente) per una valutazione più accurata del potenziale rischio salute legato a fattori di tipo residenziale ed oltretutto permettendo con il sistema di biomonitoraggio umano individuale una stima del rischio scientificamente più valida perché basata su dati biolo-

gici, biomolecolari, tossicologici che più rispecchiano lo stato di salute degli individui in relazione al territorio in cui vivono.

L'impianto progettuale di *EcoFoodFertility* ed i suoi risultati pubblicati negli ultimi anni che indicano nel seme un precoce e sensibile indicatore di esposizione ambientale e dunque una fonte importante di informazioni per la ricchezza di biomarcatori di esposizione e di effetto in relazione a determinati insulti può declinarsi in un innovativo modello di studio per la valutazione del nesso di causalità in ambito giuridico e/o medico-legale, considerando proprio la più ravvicinata e meglio verificabile relazione fra insulto (fonte: inquinante singolo o miscela di inquinanti, rilevabile nel fluido seminale) e danno prodotto (modificazione dei parametri *standard* e/o biomolecolari nel seme) facilitando anche l'identificazione della sorgente.

Ovviamente se i "biomarcatori riproduttivi" possono rappresentare il punto focale per una più ravvicinata valutazione del danno ambientale alla salute e quindi rientrare come strumenti utili all'identificazione del rapporto causa-effetto, il danno alla fertilità come danno primario, dovrà essere considerato in termini anche di qualificazione e quantificazione tabellare.

Infatti, il danno prodotto alla fertilità è un danno grave, in quanto l'incapacità procreativa già di per sé rappresenta per il soggetto una condizione fortemente impattante in termini sociali e psicologici, ma anche di pregiudizio per la salute generale, atteso che evidenze sempre più numerose indicano nella qualità seminale un indicatore di salute generale e quindi la scarsa qualità seminale e l'infertilità maschile come spia precoce di patologie silenti e/o comunque prossime a manifestarsi in età più avanzata e, addirittura, per i danni epigenetici trasmissibili attraverso i gameti (epimutazioni gametiche) alla progenie⁴⁷.

2.1. Sintesi dei principali studi effettuati in Italia nell'ambito del Progetto *EcoFoodFertility*

Nel primo studio di biomonitoraggio umano secondo il protocollo del progetto *EcoFoodFertility* condotto su 222 maschi sani omogenei per età, indici di massa corporea e stili di vita (non fumatori e non bevitori abituali), equamente distribuiti fra l'area Nord della Provincia di Napoli (Terra dei Fuochi), ad

⁴⁷ O. CAUWENBERGH, A. DI SERAFINO, J. TYTGAT, A. SOUBRY, *Transgenerational epigenetic effects from male exposure to endocrine-disrupting compounds: a systematic review on research in mammals*, in «Clin Epigenetics» [2020] May 12; 12(1): 65. DOI: 10.1186/s13148-020-00845-1; K. SUZUKI, *The developing world of DOHaD*, in «J Dev Orig Health Dis.» [2018] Jun; 9(3): 266-269. DOI: 10.1017/S2040174417000691; A. SOUBRY, *POHaD: why we should study future father*, in *Environ Epigenet.* 2018 Apr 26; 4(2): dvj007. DOI: 10.1093/eep/dvj007. eCollection 2018; T.S. HORAN, A. MARRE, T. HASSOLD, C. LAWSON, P.A. Hunt, *Germline and reproductive tract effects intensify in male mice with successive generations of estrogenic exposure*, in «PLOS Genetics». <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1006885> July 20, 2017.

alto inquinamento ed un'area non inquinata nell'Alto Medio Sele, in provincia di Salerno, furono riscontrate differenze statisticamente significative con più metalli pesanti nel sangue e soprattutto nel seme, alterazioni dell'equilibrio delle difese antiossidanti e detossificanti nel liquido seminale e non nel sangue, ridotta motilità spermatica, aumentato danno al DNA degli spermatozoi e maggiore allungamento dei telomeri spermatici e non in quelli leucocitari. Tali differenze indicavano una condizione seminale tutta sfavorevole a carico dei residenti della Terra dei fuochi rispetto a quelli provenienti dall'area dell'Alto-Medio Sele⁴⁸, indicando per la prima volta come il liquido seminale fosse nei confronti del sangue un sensibile e precoce indicatore di esposizione ambientale. Ancora, in uno studio pubblicato a marzo 2018 furono confrontati 327 campioni di liquido seminale di maschi omogenei per età, provenienti dall'area ad alto inquinamento ambientale della Regione Puglia (lavoratori ILVA di Taranto e residenti di Taranto), area ad alto inquinamento della Regione Campania (residenti in Terra dei Fuochi) e aree a più bassa pressione ambientale (Palermo, ed Alto medio Sele nel Salernitano), misurando i livelli di PM₁₀, PM_{2.5}, Benzene, nelle diverse aree e verificando come il parametro seminale più sensibile ai tassi di inquinamento atmosferico risultò essere il DNA spermatico. I livelli di frammentazione eseguiti con due tecniche (SCD e Tunel test) erano significativamente maggiori di circa il 30% nei maschi provenienti da Taranto e Terra dei Fuochi rispetto a quelli di Palermo e dell'area salernitana⁴⁹. Un altro lavoro pubblicato sull'analisi del rapporto protammine/istoni negli spermatozoi (proteine fondamentali per il buono stato del patrimonio genetico) di ragazzi della Terra dei Fuochi in confronto con ragazzi dell'area dell'Alto medio Sele nel Salernitano, dimostrò un'alterazione di tale rapporto e del legame al DNA di queste proteine nell'84% nei ragazzi di Terra dei Fuochi rispetto a quelli dell'Alto medio Sele, scoprendo, fra l'altro, un nuovo meccanismo di danno ossidativo al DNA⁵⁰. A tale lavoro ne è seguito un altro pilota che ha aperto uno scenario preoccupante sugli effetti transgenerazio-

⁴⁸ P. BERGAMO, M.G. VOLPE, S. LORENZETTI, A. MANTOVANI, T. NOTARI, E. COCCA, S. CERULLO, M. DI STASIO, P. CERINO, L. MONTANO, *Human semen as an early, sensitive biomarker of environmental exposure of healthy men living in highly polluted areas: a pilot biomonitoring study of trace elements in blood and semen and relationship with sperm quality and RedOx status*, in «Reproductive Toxicology», [2016]. 66: 1-9. i. 2016 Dec; 66: 1-9; C. VECOLI, L. MONTANO, A. BORGHINI, T. NOTARI, A. GUGLIELMINO, A. MERCURI, S. TURCHI, M.G. ANDREASSI, *Effects of highly polluted environment on sperm telomere length: a pilot study*, in «Int. J. Mol. Sci.» [2017], 18, p. 1703 24.

⁴⁹ L. BOSCO, T. NOTARI, G. RUVOLO, M.C. ROCCHERI, C. MARTINO, R. CHIAPPETTA, D. CARONE, G. LO BOSCE, L. CARRILLO, S. RAIMONDO, A. GUGLIELMINO, L. MONTANO, *Sperm DNA fragmentation: an early and reliable marker of air pollution*, in «Environ Toxicol Pharmacol», [2018] Mar; 58: 243-249 25.

⁵⁰ G. LETTIERI, G. D'AGOSTINO, E. MELE, C. CARDITO, R. ESPOSITO, A. CIMMINO, A. GIARRA, M. TRIFUOGGI, S. RAIMONDO, T. NOTARI, F. FEBBRAIO, L. MONTANO, M. PISCOPO, *Discovery of the Involvement in DNA Oxidative Damage of Human Sperm Nuclear Basic Proteins of Healthy Young Men Living in Polluted Areas*, in «Int J Mol Sci.» [2020] Jun 12; 21(12): E4198. DOI: 10.3390/ijms21124198 26.

nali già in corso valutando due coppie padre/figlio sempre delle due aree, dove danni seminali maggiori e i sistemi enzimatici antiossidanti e disintossicanti, risultarono meno efficienti nella coppia padre/figlio residente in terra dei fuochi rispetto all'altra coppia padre/figlio nell'Alto Medio-Sele⁵¹. Nel febbraio 2021 è stato pubblicato il primo dei lavori di un *Trial* Clinico Randomizzato multicentrico, finanziato dal Ministero della Salute all'ASL Salerno (Studio FAST, Fertilità, Ambiente, Alimentazione) (3) con la partecipazione dell'Istituto Superiore di Sanità, delle Università di Brescia, Milano, Napoli, del CNR e dell'ENEA su circa 350 giovani maschi sani dai 18 ai 22 anni, non fumatori, non bevitori, non esposti professionalmente e omogeni per indici di massa corporea di tre aree ad alto inquinamento d'Italia: Brescia-Caffaro, Valle del Sacco nel Frusinate ed Area Nord di Napoli⁵². Questo primo studio sugli indici di fertilità ha evidenziato importanti rischi riproduttivi nella popolazione giovane sana di queste aree, dove almeno un parametro seminale risultava alterato nella maggioranza dei casi, con il dato della motilità progressiva media degli spermatozoi inferiore rispetto ai parametri fissati dal manuale dell'OMS. Quest'ultimo dato è particolarmente preoccupante visto che il rigido protocollo di studio selezionava "i migliori", peraltro giovanissimi, nonostante ciò il *trial* clinico ha dimostrato, che la dieta mediterranea con buona parte di prodotti bio insieme ad una moderata attività fisica riusciva a migliorare gli indici di fertilità maschili nel gruppo di intervento rispetto a quello di controllo. A questa pubblicazione sempre sulle stesse tre coorti di giovani sono state osservate differenze statisticamente significative nel contenuto di metalli da mettere in relazione più alle condizioni ambientali di residenza, che agli stili di vita individuali, inoltre, tali differenze erano più rilevabili nel seme che nel sangue, confermando il liquido seminale come bio-accumulatore, precoce e sensibile indicatore di esposizione ambientale⁵³. Altri due lavori sui composti organici volatili (VOCs) nelle matrici sangue, urine e seme su gruppi di giovani di due aree ad alto impatto ambientale (Terra dei Fuochi e Valle del Sacco) ha dimostrato ancora come il liquido seminale a differenza delle altre due matrici sia

⁵¹ G. LETTIERI, F. MARRA, C. MORIELLO, M. PRISCO, T. NOTARI, M. TRIFUOGGI, A. GIARRA, L. BOSCO, L. MONTANO, M. PISCOPO, *Molecular Alterations in Spermatozoa of a Family Case Living in the Land of Fires. A First Look at Possible Transgenerational Effects of Pollutants*, in «Int J Mol Sci.» [2020] Sep 13; 21(18): 6710. DOI: 10.3390/ijms21186710. PMID: 32933216; PMCID: PMC755519930 27.

⁵² L. MONTANO, E. CERETTI, F. DONATO, P. BERGAMO, C. ZANI, G.C.V. VIOLA, T. NOTARI, S. PAPPALARDO, D. ZANI, S. UBALDI, V. BOLLATI, C. CONSALES, G.C. LETER, M. TRIFUOGGI, A. AMORESANO, S. LORENZETTI, *Effects of a Lifestyle Change Intervention on Semen Quality in Healthy Young Men Living in Highly Polluted Areas in Italy: The FAST Randomized Controlled Trial European Urology Focus* [2021], <https://doi.org/10.1016/j.euf.2021.01.017> 28.

⁵³ A.D. NUNZIO, A. GIARRA, M. TOSCANESI, A. AMORESANO, M. PISCOPO, E. CERETTI, C. ZANI, S. LORENZETTI, M. TRIFUOGGI, L. MONTANO, *Comparison between Macro and Trace Element Concentrations in Human Semen and Blood Serum in Highly Polluted Areas in Italy*, in «Int J Environ Res Public Health» [2022] Sep 15; 19(18): 11635. DOI: 10.3390/ijerph191811635.

capace di accumulare queste sostanze ed essere un ottimo indicatore di inquinamento ambientale anche per queste sostanze⁵⁴. In relazione all'impatto del COVID-19 nelle aree a rischio è stato pubblicato un lavoro che indica nella qualità seminale un potenziale indicatore di suscettibilità agli attacchi del SARS-CoV-2, ribadendo come il seme possa rappresentare un indicatore di salute generale complessivo di una determinata popolazione in rapporto allo stato di contaminazione ambientale⁵⁵. Questi lavori, insieme ad altri in corso, sembrano indicare l'affidabilità del liquido seminale come *marker* sensibile e precoce di Salute Ambientale, potenziale strumento di valutazione di impatto ambientale per la misura del rischio salute non solo di tipo riproduttivo, ma generale per le attuali e anche per le future generazioni, in base alle recenti evidenze sugli effetti transgenerazionali (epigenetica/gametica) e utile strumento per i *policy makers* per la sorveglianza sanitaria e per l'avvio di percorsi innovativi di prevenzione in particolare nelle aree a maggiore rischio ambientale. Di recente, anche sul versante femminile è stato pubblicato un lavoro condotto su donne nelle due aree campane (Terra dei Fuochi Versus Area Sele) dove è stato osservato come la Kallikreina 3 (conosciuta più comunemente come PSA) dosato con *kit* ultrasensibili possa rappresentare un biomarcatore precoce di effetto di inquinamento ambientale. In sintesi, nelle donne residenti in Terra dei Fuochi è stata evidenziata una scarsa oscillazione del PSA nelle tre fasi del ciclo mestruale, con valori in assoluto più alti e con un picco opposto in fase ovulatoria rispetto alle ragazze residenti nell'area del salernitano⁵⁶. Al momento oltre che nelle due aree campane (Terra dei fuochi e Alto-Medio Sele) a Brescia e Valle del Sacco nel Frusinate, sono stati effettuati campionamenti anche a Modena, Vicenza, Taranto e Huelva in Andalusia e sono programmati altri campionamenti in altre aree d'Italia e d'Europa.

⁵⁴ V. LONGO, A. FORLEO FERRAMOSCA, T. NOTARI, S. PAPPALARDO, P. SICILIANO, S. CAPONE, L. MONTANO, *Blood, urine and semen Volatile Organic Compound (VOC) pattern analysis for assessing health environmental impact in highly polluted areas*, in «Environmental Pollution», Available online 24 May 2021, 117410. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117410> 29; A novel human biomonitoring study by semiconductor gas sensors in Exposomics: investigation of health risk in contaminated sites. V. LONGA, A. FORLEO, A.V. RADOGNAA, P. SICILIANO, T. NOTARI, S. PAPPALARDO, M. PISCOPOG, L. MONTANO, S. CAPONE, *Environmental Pollution* Volume 304, 1 July 2022, 119119. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119119>.

⁵⁵ L. MONTANO, F. DONATO, P.M. BIANCO, G. LETTIERI, A. GUGLIELMINO, O. MOTTA, I.M. BONAPACE, M. PISCOPO, *Semen quality as a potential susceptibility indicator to SARS-CoV-2 insults in polluted areas*, in «Journal. Environmental Science and Pollution Research», may 2021, 1-10. DOI: 10.1007/s11356-021-14579-x; L. MONTANO, F. DONATO, P.M. BIANCO, G. LETTIERI, A. GUGLIELMINO, O. MOTTA, I.M. BONAPACE, M. PISCOPO, *Air pollution and COVID-19: a possible dangerous synergy for male fertility*, in «Int. J. Environ. Res. Public Health» [2021], 18, x. <https://doi.org/10.3390/xxxxx>.

⁵⁶ S. RAIMONDO, M. GENTILE, G. ESPOSITO, T. GENTILE, I. FERRARA, C. CRESCENZO, M. PALMIERI, F. CUOMO, S. DE FILIPPO, G. LETTIERI, M. PISCOPO, L. MONTANO*, *Could Kallikrein-Related Serine Peptidase 3 Be an Early Biomarker of Environmental Exposure in Young Women?*, in «Int. J. Environ. Res. Public Health» [2021], 18, p. 8833. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168833>.

3. Il problema dell'accertamento del nesso causale: gli *standard* probatori della causalità civile

Gli *standard* probatori utilizzati nei processi civili per risarcimento danni nei Paesi di *common law* possono essere: “*Greater weigh of the evidence*”, “*More likely than not*”, “*Actual belief*” oppure “*Balance of probabilities*”, quest’ultimo usato in Inghilterra e in alcuni Stati del Commonwealth, ma in modo da renderlo sostanzialmente analogo al “*More likely than not*”⁵⁷.

Il primo, chiamato anche “*Preponderance of the evidence*”, si applica confrontando e soppesando le prove addotte dall’attore e dal convenuto a sostegno delle rispettive conclusioni. Vince la causa la parte che adduce prove preponderanti rispetto a quelle della controparte.

Secondo il criterio del “*More Likely Than Not*”, un fatto si considera provato se, dalle complessive prove acquisite nel corso del processo, risulta più probabile che quel fatto sia vero piuttosto che falso. Questo significa stabilire una probabilità superiore a 0,5⁵⁸. Dunque, il “*more likely than not*” si differenzia dalla “*Preponderance of the evidence*” perché il primo non compara la credibilità della tesi del danneggiato con quella del convenuto, ma richiede che la tesi del danneggiato sia più probabilmente vera che falsa⁵⁹.

I due modelli sopra indicati possono portare a conclusioni opposte del giudizio. Infatti, le prove addotte dal danneggiato a proprio favore possono essere più numerose di quelle a favore del convenuto, ma l’intrinseca illogicità delle prime può indurre a concludere che quanto sostenuto dal danneggiato è più probabilmente falso che non vero. Infatti, in base al criterio del “*Greater weigh of the evidence*”, il danneggiato vince la causa se dimostra che la sua versione dei fatti è più probabile di quella del convenuto. Invece, nel criterio del “*More likely than not*”, il danneggiato deve provare che la sua versione dei fatti è più probabilmente vera anziché falsa. Quindi, il livello di probabilità richiesto dal criterio del “*Greater weigh of the evidence*” è più basso di quello corrispondente al “*More likely than not*”⁶⁰.

La differenza di esiti applicativi tra i due modelli appare con ancor maggiore evidenza nei casi in cui esistono più spiegazioni causali dell’evento lesivo. In tale ipotesi, il criterio del “*more likely than not*” non muta: la tesi

⁵⁷ J. LEUBSDORF, *The surprising history of the preponderance standard of civil proof*, in «Florida Law Review» [2015]; 67: 1569.

⁵⁸ J. LEUBSDORF, *The surprising history of the preponderance standard of civil proof*, cit. Come chiarito da A. FIORI, *La causalità nelle malattie professionali*, parte II, in «Riv. it. med. leg.», [2007], 1, p.18, l’indicazione di valori percentuali per indicare la probabilità logica è arbitrario perché non sono calcolabili con metodo scientifico.

⁵⁹ R. BLAIOTTA, *Causalità e colpa: diritto civile e si confrontano*, in *Cass. pen.*, 2009; 49: 78.

⁶⁰ J. LEUBSDORF, *The surprising history of the preponderance standard of civil proof*, cit.

dell'attore dovrà essere più credibile rispetto alla probabilità di tutte le altre spiegazioni causali considerate nel loro insieme, non individualmente. Invece, in base al criterio della *"preponderance of the evidence"*, in presenza di più spiegazioni causali, il livello di probabilità necessario per ritenere provato il nesso causale si abbassa: per l'attore è sufficiente che la propria tesi sia più probabile di ciascuna delle altre spiegazioni causali, anche se non abbastanza credibile da risultare più probabile che improbabile⁶¹.

"The Actual belief standard" indica a chi deve decidere la causa (giurati o giudici, a seconda dei sistemi giuridici) di considerare provato un fatto se esiste nella loro mente l'*"actual belief"* che le prove dimostrano la verità di quel fatto, in quanto superano le prove contrarie alla verità di quel fatto.

Anche questo criterio può portare ad esiti applicativi opposti rispetto al *"Greater weigh of the evidence"*. Ad esempio, se una sola pubblicazione scientifica sostiene la sussistenza del nesso causale tra un evento e un agente lesivo attraverso ricerche non molto attendibili, ma nessuna dimostra l'insussistenza di tale nesso, il criterio del *"Greater weigh of the evidence"* dovrebbe portare ad accogliere la domanda risarcitoria, perché non c'è alcuna prova contraria. Ma in base al criterio dell'*"Actual belief"* si dovrebbe arrivare alla conclusione opposta, perché la scarsa attendibilità dello studio non induce a credere nella sussistenza del nesso causale⁶².

Il *"belief standard"* può essere diverso anche dal *"more likely than not standard"*. Infatti, si può credere che quanto dichiarato da un testimone o da una pubblicazione scientifica è più probabilmente vero che falso e, al contempo, non sentirsi disposto a dire di *"actually believe"* al testimone o agli autori di quella ricerca⁶³.

L'attuale quadro giurisprudenziale italiano sembra mettere insieme questi diversi criteri di accertamento elaborati nel *common law*. Infatti, pur a fronte di un'innegabile tendenza ad arginare la discrezionalità del giudice, il principio del prudente apprezzamento del giudice è tuttora vigente, specie nella prova del nesso causale, dove numerosi sono gli aspetti da considerare nell'ambito del giudizio sull'attendibilità delle evidenze. Ad esempio, una meta-analisi può essere più attendibile di un'altra perché basata su un maggior numero di studi, ma può al contempo esserlo meno perché elaborata da un gruppo di lavoro meno autorevole o perché ha incontrato meno approvazione nella comunità scientifica. Nessun riferimento giurisprudenziale indica al giudice quale aspetto ritenere più importante degli altri. Quindi, in qualche misura, anche l'ordinamento italiano applica il *"belief standard"*: la prevalenza quantitativa

⁶¹ M. TARUFFO, *La prova del nesso causale*, in «Riv. crit. dir. priv.», [2006], 24, p. 130.

⁶² J. LEUBSDORF, *The surprising history of the preponderance standard of civil proof*, cit.

⁶³ J. LEUBSDORF, *The surprising history of the preponderance standard of civil proof*, cit.

delle evidenze a favore dell'attore non esime il giudice dal valutarne l'attendibilità e dal rigettare la domanda se risultano inattendibili, ad esempio per palesi limiti metodologici. Ma certamente non accoglie questo criterio fino alle sue estreme conseguenze. Ad esempio, se le evidenze rendono obiettivamente il nesso causale più probabile che non, il giudice non può rigettare la domanda dichiarando di non credere ancora alla tesi dell'attore. La discrezionalità del giudice non può portare a rinnegare le evidenze⁶⁴.

La giurisprudenza italiana adotta anche i criteri della *"preponderance of the evidence"* e del *"more likely than not"*, ma non alternativamente l'uno all'altro come nel *common law*. La Suprema Corte italiana li fonde in un unico metodo, così formulato: «La regola della "prevalenza relativa" della probabilità, rileva» – quanto al nesso causale, nel caso di c.d. "multifattorialità" nella produzione di un evento dannoso (ovvero quando all'ipotesi, formulata dall'attore, in ordine all'eziologia dell'evento stesso, possano affiancarsene altre) – allorché «sullo stesso fatto esistano diverse ipotesi, ossia diversi enunciati che narrano il fatto in modi diversi, e che queste ipotesi abbiano ricevuto qualche conferma positiva dalle prove acquisite al giudizio», dovendo, invero, essere prese in considerazione «solo le ipotesi che sono risultate "più probabili che non", poiché le ipotesi negative prevalenti non rilevano». Orbene, ricorrendo tale evenienza, vale a dire se «vi sono più enunciati sullo stesso fatto che hanno ricevuto conferma probatoria, la regola della prevalenza relativa» – sempre secondo l'impostazione dottrinale di cui sopra – «implica che il giudice scelga come "vero" l'enunciato che ha ricevuto il grado relativamente maggiore di conferma sulla base delle prove disponibili»⁶⁵. Dunque, questo metodo sembra doversi svolgere in due fasi: il *"more likely than not"* si applica nella fase di selezione delle spiegazioni causali da comparare tra loro, mentre la *"preponderance of the evidence"* consente di decidere il caso.

Sembra possano muoversi obiezioni a quest'approccio. Anche a tacer del fatto che esso assomma le difficoltà ed incertezze applicative dei due mo-

⁶⁴ Anzi, a partire dalla celebre sentenza Cozzini, la Suprema Corte italiana ha indicato ai giudici di merito cosa esaminare per valutare l'attendibilità di una teoria: «gli studi che la sorreggono. Le basi fattuali sui quali essi sono condotti. L'ampiezza, la rigerosità, l'oggettività della ricerca. Il grado di sostegno che i fatti accordano alla tesi. La discussione critica che ha accompagnato l'elaborazione dello studio, focalizzata sia sui fatti che mettono in discussione l'ipotesi sia sulle diverse opinioni che nel corso della discussione si sono formate. L'attitudine esplicativa dell'elaborazione teorica. Ancora, rileva il grado di consenso che la tesi raccoglie nella comunità scientifica. Infine, dal punto di vista del giudice, che risolve casi ed esamina conflitti aspri, è di preminente rilievo l'identità, l'autorità indiscussa, l'indipendenza del soggetto che gestisce la ricerca, le finalità per le quali si muove», oltre ovviamente «alla qualificazione professionale ed all'indipendenza di giudizio dell'esperto» (Cass. pen., sez. IV, 13 dicembre 2010, n. 43786, confermata da Cass. pen., sez. IV, 13 giugno 2019, n. 45935).

⁶⁵ Cass. civ., Sez. III, 6 luglio 2020, n. 13872. Nello stesso senso anche App. Bari, Sez. II, 22 giugno 2022, n. 1011, www.lanuovaproceduracivile.it.

delli, non si vede come possano esservi più spiegazioni causali, ognuna delle quali più probabile che improbabile: se una tesi è più probabile che non, le altre spiegazioni causali sono necessariamente più improbabili che probabili. Infatti, nel *common law*, “*preponderance of the evidence*” e “*more likely than not*” sono criteri alternativi.

Più condivisibile ed agevolmente applicabile appare il metodo di ragionamento probatorio in passato indicato dalla Suprema Corte italiana in applicazione dell'art. 2729 del codice civile, secondo cui la prova di un fatto può essere raggiunta tramite indizi, purché siano gravi, precisi e concordanti. In primo luogo, occorre che il giudice valuti in maniera analitica ognuno degli elementi indiziari per scartare quelli intrinsecamente privi di rilevanza e, invece, conservare quelli che, presi singolarmente, rivestano i caratteri della precisione e della gravità, ossia presentino una positività parziale o almeno potenziale di efficacia probatoria; successivamente, egli deve procedere a una valutazione complessiva di tutti gli elementi presuntivi isolati e accertare se essi siano concordanti e se la loro combinazione sia in grado di fornire una valida prova che magari non potrebbe dirsi raggiunta con certezza considerando atomisticamente uno o alcuni indizi⁶⁶.

Ciò non impedisce il ricorso al criterio probabilistico, ma lo vincola alla rilevanza e alla concordanza delle circostanze di fatto rilevanti. Infatti, «non occorre che l'esistenza del fatto ignoto rappresenti l'unica conseguenza possibile dell'indizio secondo un legame di necessarietà assoluta ed esclusiva, ma è sufficiente che dal fatto noto sia desumibile univocamente quello ignoto, alla stregua di un giudizio di probabilità basato sull’*“id quod plerumque accidit”*. È da escludere, invece, che possa attribuirsi valore probatorio ad una deduzione fondata su dati meramente ipotetici⁶⁷».

3.1. Causalità generale e individuale.

In Italia come nel *common law*, la prova del nesso causale sia in sede penale che civile presuppone la sussistenza della causalità generale e di quella individuale. La prima consiste nell'idoneità di una certa sostanza a produrre la patologia sofferta dal danneggiato. La seconda sussiste quando quella sostanza ha effettivamente fatto ammalare proprio il soggetto che agisce in giudizio o ai suoi casi se egli è defunto⁶⁸. Infatti, la costante giurisprudenza italiana sostiene che l'accertamento del nesso causale non può

⁶⁶ Cass. civ., Sez. I, 13 ottobre 2005, n. 19894.

⁶⁷ Cass. civ., Sez. III, 16 novembre 2005, n. 23079.

⁶⁸ A. FIORI., La causalità nelle malattie professionali, parte II, in «Riv. it. med. leg.», [2007], 1, p. 14; W. O. DILLINGHAM. et. al., *Blueprint for General Causation Analysis in Toxic Tort Litigation*, 54 FED'N. DEF. CORP. COUNS. Q. 21-22 [2003].

essere ancorato esclusivamente alla c.d. probabilità quantitativa o statistica della correlazione tra fattore di rischio ed evento lesivo, ma va verificato, secondo la c.d. probabilità logica, ossia valutando gli elementi di conferma dell'ipotesi e di esclusione di cause alternative, disponibili in relazione al caso concreto⁶⁹.

Nell'accertamento della causalità generale un ruolo di primario rilievo spetta all'epidemiologia. In quest'ambito, una fonte internazionale molto importante è rappresentata dal *Reference Manual on Scientific Evidence*, in quanto si tratta di un testo teorico-pratico elaborato dal *Federal Judicial Center*, agenzia governativa deputata alla ricerca e alla formazione a beneficio dei magistrati statunitensi proprio al fine di fornire loro indirizzi operativi nella gestione di casi civili e penali da decidere in base a prove scientifiche⁷⁰.

La metodologia indicata prende le mosse dal c.d. rischio attribuibile, che corrisponde al concetto di rischio relativo, utilizzato in Italia. Si tratta di un dato che indica il rapporto tra l'incidenza di una patologia nei soggetti esposti e quella nei non esposti ad uno stesso fattore di rischio nel medesimo lasso temporale⁷¹. Se il risultato di questa divisione è pari ad 1, il fattore considerato non influisce sullo sviluppo della malattia. Se è inferiore ad 1, ha un effetto preventivo rispetto all'insorgenza della malattia. Se è pari a 2, gli esposti hanno un rischio doppio rispetto ai non esposti⁷².

Come rileva il *Reference Manual*⁷³, il passaggio dall'osservazione empirica al giudizio di causalità richiede due ulteriori accertamenti. In primo luogo, occorre escludere le tre categorie di errori, ossia il caso, quelli che si verificano nella selezione dei componenti della coorte⁷⁴ o nella raccolta delle informazioni, e associazioni indirette in quanto dovute alla presenza di fatto-

⁶⁹ Cass. civ., 3 gen. 2017, n. 47; Cass. civ., 8 luglio 2010, n. 16123; Cass. civ., S.U., 11 gen. 2008, n. 576; Trib. La Spezia, sez. lav., 10 gennaio 2022, n. 299; Trib. Reggio Emilia, sez. II, 11 aprile 2016, n. 536.

⁷⁰ S. ZIRULIA, *Esposizione a sostanze tossiche e responsabilità penale*, Giuffrè, Milano, 2018, 10.

⁷¹ M.D. GREEN, M. FREEDMAN, L. GORDIS, *Reference guide on epidemiology*, in *Federal Judicial Center and National Research Council, Reference Manual on Scientific Evidence*: Third Edition, 2011, 566 ss.

⁷² S. BARBUTI, E. BELLELLI, G.M. FARA, G. GIAMMANCO, *Igiene*, Monduzzi, Bologna, 1995, 43 s. Volendo esemplificare, il rischio relativo è pari a 2 quando, nella coorte dei non esposti, si verificano 10 casi ogni 100 soggetti considerati, mentre, nella corte degli esposti, 20 persone si ammalano ogni 100. Dunque, poiché 10 persone si ammalano pur non essendo esposte al fattore di rischio, il 50% delle malattie tra gli esposti potrebbe essere attribuito al fattore di rischio.

⁷³ M.D. GREEN, M. FREEDMAN, L. GORDIS, *Reference guide on epidemiology*, cit., 597 ss.

⁷⁴ Ad esempio, se i partecipanti allo studio sono eterogenei riguardo ai fattori di rischio collegati alla malattia in esame, il risultato indicherà un rischio relativo che rappresenta solo un rischio medio del gruppo e non un incremento di rischio uniforme ed applicabile ad ogni individuo.

ri di confondimento⁷⁵. Infatti, l'aumento dell'incidenza della patologia sofferta dall'attore potrebbe essere dovuto non al fattore di rischio di cui si indaga il ruolo causale, ma da una condizione diversa comunemente associata a quel fattore di rischio⁷⁶.

In secondo luogo, è necessario valutare la sussistenza dei cc.dd. criteri di Bradford Hill⁷⁷. Il nesso causale può sussistere nonostante la mancanza di uno o più criteri, ma occorre un'analisi biologica che spieghi il motivo per cui l'assenza di quel criterio non esclude il nesso causale.

Il primo criterio riguarda la relazione temporale tra malattia ed esposizione al fattore di rischio. Se l'attore è entrato in contatto con il fattore di rischio per un lasso di tempo che, in base alla letteratura scientifica, è troppo breve per generare la malattia, non può sussistere il nesso causale⁷⁸.

Il secondo criterio consiste nella forza dell'associazione tra malattia ed esposizione, come cristallizzata nel rischio relativo: quanto più alto è tale dato, tanto più probabile è la sussistenza del nesso causale; tuttavia, anche livelli bassi di rischio relativo non escludono il nesso causale, purché quest'ultimo sia rigorosamente dimostrabile sulla base degli ulteriori criteri⁷⁹.

Il terzo criterio indaga l'eventuale relazione dose-risposta: l'incidenza e la gravità della malattia deve essere compatibile con la quantità di esposizione. Tuttavia, non tutti gli agenti causali presentano una relazione dose-risposta.

Il quarto presuppone la conferma dei risultati dopo la replicazione della medesima ricerca su differenti popolazioni e da altri ricercatori⁸⁰. Se ulteriori ricerche portano a risultati incoerenti rispetto a quelli iniziali, ciò non esclude

⁷⁵ Per gli strumenti utilizzati in epidemiologia al fine di escludere i fattori di confondimento, tra cui *restriction, matching, randomization, crude and adjusted estimates, stratification, standardization and multivariate analysis*, si rinvia a F. FRANCO, A. DI NAPOLI, *Il confondimento: un bias della stima dell'effetto fra una esposizione ed un esito di salute*, in «Giorn. Tecniche Nefrol. Dial.», [2018], 30(3-4), p. 216-218.

⁷⁶ S. BARBUTI, E. BELLELLI, G.M. FARA., G. GIAMMANCO, *Igiene*, cit., 46 s.

⁷⁷ A. BRADFORD HILL, *The environment and disease: association or causation?*, in «Proc R Soc Med.» 1965;58:295-300. Per una parzialmente diversa metodologia si rinvia a M. KUNDI, *Causality and the Interpretation of Epidemiologic Evidence*, in «Environ Health Perspect.» [2006] Jul; 114(7): 969-974.

⁷⁸ Trib. Milano, sez. lav., 8 maggio 2019, n. 951, in De jure, chiarisce che l'esposizione di un soggetto ad una sostanza [o ad un prodotto] non è comprovata dalla semplice presenza della sostanza stessa nell'aria, ma deve essere verificata dal riscontro di tracce biologiche dell'assorbimento nei liquidi biologici].

⁷⁹ Qualcosa di molto simile afferma la costante giurisprudenza, fin da Cass. pen., sez. un. 11 settembre 2001, n. 30328, stabilendo che persino basse percentuali di associazione tra condotta ed evento sono compatibili con la prova del nesso causale prossima alla certezza, se l'istruttoria consente di escludere la sussistenza, nel caso concreto, di spiegazioni causali alternative rispetto alla condotta dell'imputato.

⁸⁰ S. BARBUTI, E. BELLELLI, G.M. FARA., G. GIAMMANCO, *Igiene*, cit., 47, qualificano questo criterio come "consistenza dell'associazione".

automaticamente il nesso causale. Tuttavia, per raggiungere la prova del nesso, diventa necessario dimostrare che i differenti risultati dipendono da motivi che rendono quelle ricerche non abbastanza pertinenti al caso in esame⁸¹.

Il quinto criterio richiede di indagare se l'associazione tra malattia ed esposizione sia coerente con le conoscenze scientifiche attuali. Quanto meno è conosciuto il meccanismo di una malattia, tanto meno questo criterio può essere determinante. Tuttavia, l'incoerenza tra l'osservazione e le conoscenze biologiche, pur non escludendo di per sé il nesso causale, rende necessario che l'osservazione trovi conferma in altri studi.

Logicamente conseguente a questo criterio è quello che verifica la coerenza tra l'associazione e le ulteriori conoscenze rilevanti, ossia diverse da quelle scientifico-biologiche. Ad esempio, sarebbe incoerente riscontrare un aumento di mortalità per tumore al polmone ed una diminuzione di vendite delle sigarette. Per ottenere l'accoglimento della domanda risarcitoria diventa necessario spiegare che tale incoerenza è dovuta a motivi che non rendono improbabile il nesso causale.

Il settimo criterio studia gli effetti della cessazione dell'esposizione. Spesso mancano dati che consentano di indagare quest'aspetto. Tuttavia, quando è possibile dimostrare che l'eliminazione dell'esposizione riduce l'incidenza della malattia, questo rappresenta un forte elemento di conferma della causalità generale.

Infine, occorre considerare la specificità, ossia la correlazione tra esposizione ed una singola malattia o tipo di malattia. Quanto maggiore è il numero di malattie cui è associato un agente, tanto più difficile è dimostrare il nesso causale. Tuttavia, come già visto per gli altri criteri, neppure la mancanza di specificità impedisce in ogni caso di ritenere provato il nesso causale, purché sia ben giustificata con argomenti scientifici. Ad esempio, il fumo di sigarette è associato a molte e differenti malattie, ma ciò non esclude la sua correlazione causale con il tumore del polmone. Infatti, tale varietà di malattie si spiega alla luce della molteplicità di agenti pericolosi presenti nelle sigarette⁸².

Il passaggio dalla causalità generale a quella individuale richiede una doppia indagine, anch'essa indicata dal *Reference Manual*. In primo luogo, è

⁸¹ Anche la Suprema Corte italiana non applica questo criterio in modo rigido. Secondo Cass. pen., sez. IV, 13 giugno 2019, n. 45935, in <https://www.sistemapenale.it/it/scheda/cass-45935-del-2019-amianto-effetto-acceleratore-criteri-selezione-scienza-nuova>, non è indispensabile che la legge scientifica sia accreditata presso la comunità scientifica internazionale, potendo anche trattarsi di una teoria esplicativa nuova o comunque originale, purché «ciascuna delle assunzioni a base della teoria[...]sia verificabile e verificata secondo gli ordinari indici di controllo della attendibilità scientifica di essa e dell'affidabilità dell'esperto», ossia secondo i sopra riportati criteri stabiliti dalla sentenza Cozzini.

⁸² M.D. GREEN, M. FREEDMAN, L. GORDIS, *Reference guide on epidemiology*, cit., 606.

necessario verificare che il danneggiato e le persone sottoposte allo studio presentino caratteristiche simili, anche con riferimento al tempo di latenza e ad altri fattori di rischio⁸³. Ad esempio, i risultati dello studio possono essere inidonei a dimostrare il nesso causale se l'età del danneggiato è maggiore rispetto a quella dei partecipanti allo studio e tale da giustificare di per sé l'insorgenza della malattia oppure è stato esposto ad una dose minore rispetto a quella utilizzata nello studio⁸⁴.

La similitudine tra danneggiato e partecipanti allo studio non è sufficiente a passare dalla causalità generale a quella individuale: non dimostra che, nel caso concreto, l'agente patogeno ha causato la malattia. Infatti, nonostante questa similitudine, si verifica che: a) non tutti gli esposti all'agente patogeno si ammalano; b) altre persone contraggono la stessa malattia pur non essendo esposte a quell'agente patogeno.

Per arrivare alla prova della causalità individuale occorre una seconda indagine (c.d. esclusione dei decorsi causali alternativi), che porti ad escludere, nel caso concreto, che: a) un fattore di rischio diverso dall'agente patogeno abbia causato autonomamente la malattia più probabilmente dell'agente patogeno (se si segue il criterio della *preponderance of the evidence*), oppure b) l'agente patogeno risulti essere causa meno probabile rispetto agli altri fattori di rischio, considerati non individualmente ma nel loro insieme, ossia sommando la probabilità logica di ciascun fattore (se si segue il criterio del *more likely than not*)⁸⁵.

La Suprema Corte italiana, come pure la giurisprudenza statunitense⁸⁶, attribuisce particolare rilevanza probatoria all'esclusione dei decorsi cau-

⁸³ Come rilevano G.A. NORELLI, M. FOCARDI, *Causalità e malattie professionali*, in «Riv. it. med. leg.», (2015), 4, p. 1450, per stabilire se il fattore di rischio ha causato o concausato la malattia, occorre valutare la durata (criterio cronologico), l'intensità (criterio di adeguatezza lesiva) e le modalità (criterio topografico e modale) dell'esposizione.

⁸⁴ Cass. civ., 17438/2012, in Riv. it. med. leg. dir. san., 2013, 3, 1552, nel respingere il ricorso per l'annullamento della sentenza d'appello, rileva che il c.t.u. ha ritenuto più rilevanti gli studi che avevano preso in considerazione elementi più corrispondenti a quelli del caso concreto.

⁸⁵ F. PIRAINO, *Causalità e responsabilità contrattuale (tenzone tra un giudice e un professore). Parte I: La causalità generale*, in «Foro it.», (2022), V, p. 266. Al riguardo, M.D. GREEN, M. FREEDMAN, L. GORDIS, *Reference guide on epidemiology*, cit., 616, si limitano ad affermare che, se l'attore è in grado di escludere altre note cause della medesima patologia, ad esempio genetiche, aumenta la probabilità che il fattore di rischio abbia causato propria la malattia del danneggiato.

⁸⁶ Al riguardo R.R. WEBER, *Has the Daubert decision created a new "pest" for California farm workers involved in pesticide poisoning litigation?*, in «San Joaquin Agricultural Law Review», (2010), 19, pp. 242s., riporta due sentenze d'appello californiane: Jones v. Ortho Pharm. Corp., 209 Cal. Rptr. 467 (Cal. Ct. App. 1985) ha stabilito che «a possible only becomes a 'probable' when, in the absence of other reasonable causal explanations, it becomes more likely than not the injury was a result of its action»; analogamente, secondo Lockheed Litigation Cases, 23 Cal. Rptr. 3d 762 (Cal. Ct. App. 2005), un rischio relativo inferiore a 2 non esclude necessariamente il nesso causale, se «ex-

sali alternativi. Infatti, anche a fronte di bassi livelli di probabilità statistica, il giudice può ritenere provato il nesso causale con elevato grado di credibilità razionale se è possibile escludere con certezza le altre possibili spiegazioni causali dell'evento lesivo⁸⁷.

Tale affermazione delle Sezioni unite penali non può essere intesa nel senso che sia necessario escludere tutti i decorsi causali alternativi teoricamente possibili. Infatti, il dubbio comporta l'assoluzione dell'imputato solo se ragionevole. Di conseguenza, il pubblico ministero deve escludere non tutti i decorsi causali astrattamente possibili, ma solo quelli di cui c'è motivo di sospettare nel caso concreto; non può motivare l'assoluzione sul fatto che la scienza non ha ancora individuato tutte le cause della malattia del danneggiato⁸⁸. Tale conclusione vale a maggior ragione per la responsabilità civile⁸⁹.

pert relies on other factors to show the plaintiff's risk of injury was greater than that of the study subjects or relies on other matters to support the conclusion that causation was more likely than not».

⁸⁷ Cass. pen., sez. un. 11 settembre 2001, n. 30328; G. TRAVAGLINO, *Nessi di causa e prova presuntiva*, in S. PATTI, R. POLI (a cura di), *Il ragionamento presuntivo. Presupposti, struttura, sindacabilità*, Giappichelli, Torino, 2022, 274. Secondo Cass. civ., sez. lav., 5 settembre 2017, n. 20769, in https://olympus.uniurb.it/index.php?option=com_content&view=article&id=17409:cassazione-civile,-sez-lav,-05-settembre-2017,-n-20769-carcinoma-dell-operaio-metalmeccanico-addetto-alla-verniciatura-la-causa-della-malattia-%C3%A8-il-tabagismo-o-l-attivita%C3%83%&Itemid=101, «l'ausiliare nominato dal Giudice può giungere al giudizio di ragionevole probabilità anche in base alla compatibilità della malattia non tabellata con la *noxa* professionale, desunta dalla tipologia delle lavorazioni svolte, dalla natura dei macchinari presenti sul luogo di lavoro, della durata della prestazione lavorativa, e per l'assenza di altri fattori *extra*-professionali, utilizzando, a tale scopo, congiuntamente anche dati epidemiologici, per suffragare una qualificata probabilità». Nello stesso senso già Cass. civ., sez. lav., 10 febbraio 2011, n. 3227, in Foro it., 2011, IV, 1106 ss. Ad integrazione di tale impostazione, Cass. civ., sez. lav., 25 maggio 2004, n. 10042, ripresa da Trib. Bari, sez. lav. 23 novembre 2021, n. 3364, in <https://responsabilecivile.it/il-nesso-eziologico-tra-attivita-lavorativa-e-malattia-professionale/1>, precisa che «il giudizio di compatibilità si differenzia dalla mera possibilità in quanto il primo implica, oltre l'affermazione che la *noxa* professionale può avere causato la malattia, anche la esclusione di ogni altro fattore *extra*-professionale». Dunque, nei casi in cui il rischio relativo è inferiore a 2 e sussiste una spiegazione causale alternativa, come il fumo di sigaretta, la domanda dovrebbe essere rigettata. In tal senso, App. Genova, sez. lav. 13 aprile 2018, n. 56, in De jure; Trib. Venezia, sez. lav., 19 gennaio 2021, n. 29, in De jure: «a fronte di una causa certa di adenocarcinoma – il tabagismo – non soccorrono altre cause certe; come si è detto infatti vi è prova dell'esposizione ma non dell'entità di questa, mentre i criteri di Helsinki richiedono una esposizione qualificata e il rinvenimento di un indicato numero di fibre»; Trib. Taranto, 10 luglio 2018, n. 1575, in De jure: «Quando gli agenti patogeni lavorativi, non dotati di sufficiente efficacia causale, concorrano con fattori extralavorativi dotati, invece, di tale efficacia, è esclusa l'origine professionale della malattia».

⁸⁸ S. ZIRULIA, *Esposizione a sostanze tossiche*, cit., 237 ss.

⁸⁹ Anche in un caso in cui le conoscenze scientifiche sull'eziologia della malattia (neurinoma del nervo acustico) erano molto scarse e gli unici studi sulla pericolosità dell'esposizione a radiazioni non ionizzanti erano stati condotti su animali, App. Torino, Sez. lav., 13 gennaio 2020, in https://olympus.uniurb.it/index.php?option=com_content&view=article&id=21679:corte-di-appello-di-torino,-sez-lav,-13-gennaio-2020,-n-904-uso-prolungato-del-cellulare-e-tumore-alla-testa-nesso-causale-secondo-criteri-probabilistici-del-pi%C3%B9-probabile-che-non&catid=72&Itemid=101.

La dottrina e la giurisprudenza italiane hanno chiarito che l'indicata procedura di esclusione dei decorsi causali alternativi, da un lato, vale solo nei, pur numerosi, casi di malattie multifattoriali, dall'altro, non è ancora sufficiente a provare la causalità individuale. A tal fine è necessario anche escludere che: a) il danneggiato sia stato esposto all'agente patogeno in contesti diversi da quelli di cui deve rispondere il convenuto, ad esempio nell'abitazione del danneggiato o in aziende dove ha lavorato precedentemente, e b) il danneggiato sia stato esposto all'agente patogeno nello stesso contesto lavorativo o abitativo, ma dell'inquinamento devono rispondere soggetti diversi dal convenuto, per la successione di diverse società nella gestione dell'impresa inquinante⁹⁰.

Se l'agente patogeno è talmente diffuso da rendere impossibile escludere gli indicati decorsi causali alternativi, può ancora essere dimostrata la responsabilità del convenuto. Ma occorre dimostrare che, senza l'esposizione dovuta al convenuto, l'evento lesivo si sarebbe verificato «in epoca significativamente posteriore o con minore intensità lesiva»⁹¹.

mid=138#:~:text=di%20Torino%2C%20Sez.,Lav.%2C%2013%20gennaio%202020%2C%20n.,del%20%22pi%C3%B9%20probabile%20che%20non%22, ha riconosciuto il risarcimento sulla base delle seguenti presunzioni: associazione tra tumore raro ed esposizione rara per durata ed intensità alle onde del telefono cellulare; periodo di latenza congruo con i valori relativi a quel tipo di tumore; il fatto che la patologia sia insorta nella parte destra del capo del ricorrente, soggetto destrimane; mancanza di altra plausibile spiegazione della malattia, in realtà dovuta all'insufficienza delle conoscenze eziopatogenetiche.

⁹⁰ S. ZIRULIA, *Esposizione a sostanze tossiche*, cit., 65.

⁹¹ Cass. pen., sez. un. 11 settembre 2001, n. 30328; Cass. pen., Sez. IV, 17 aprile 2020 n. 12353. Come rileva la citata sentenza Cozzini, per stabilire se l'esposizione dovuta al convenuto abbia contribuito ad anticipare la morte, in concorso con le altre esposizioni che non è stato possibile escludere, «sono necessarie, almeno, informazioni cronologiche, ed occorre poter affermare che il processo patogenetico si è sviluppato in un periodo significativamente più breve rispetto a quello richiesto nei casi in cui all'iniziazione non segua un'ulteriore esposizione»; oppure, in alternativa, «devono essere noti i fattori che nell'esposizione protratta accelerano il processo ed essi devono essere presenti nella concreta vicenda processuale». Nello stesso senso già S. ZIRULIA, *Mesotelioma da amianto e prova della causalità individuale: a volte è possibile*, 13 maggio 2020, in https://www.sistemapenale.it/it/scheda/mesotelioma-da-amianto-e-causalita-individuale#_ftnref3. Tale aspetto si pone nel più generale problema delle concause. Normalmente, infatti, le evidenze scientifiche derivano da studi che non sono progettati per indagare il ruolo concausale di un fattore di rischio rispetto ad un altro. In tali ipotesi, difetta un metodo scientifico che consenta di affermare che l'antecedente è condizione necessaria ma non sufficiente dell'evento. Quindi, più che di concausa in senso proprio, si tratta di affermare «che l'attività lavorativa ha caratteristiche biologiche e circostanziali compatibili e convergenti rispetto all'eziologia del danno, muovendo dal riconoscimento di una reale adeguatezza lesiva del lavoro, con il conforto di tempi, sede e modalità di azione, fondata sull'individualità della risposta del singolo, a prescindere dai dati statistici ed epidemiologici, a suffragio della scientificità dell'assunto» [G.A. NORELLI, A. BONELLI, M. FOCARDI, V. PINCHI, *Rigore giuridico ed opportunità sociale nella valutazione della "concausa" di malattia professionale*, in Riv. it. med. leg., 2015, 3, 894 s.s., in particolare 897 s.].

Altro strumento per individualizzare il giudizio causale può essere rappresentato dai marcatori biologici⁹². Ad esempio, la colinesterasi (*cholinesterase*) è un enzima necessario per il funzionamento del sistema nervoso sia degli esseri umani sia degli insetti. Gli organofosfati (*organophosphates*), ampiamente utilizzati come insetticidi in agricoltura, inibiscono la colinesterasi. L'abbassamento dei livelli di colinesterasi, misurabile con l'esame del sangue, può derivare dall'esposizione ad organofosfati e portare a disordini neurologici⁹³.

I progressi della scienza offrono una nuova e ulteriore prospettiva. Attraverso accertamenti di minima invasività, è possibile verificare se la persona presenta caratteristiche genetiche tali da renderla pienamente capace di detossificare l'impatto della sostanza inquinante con l'organismo oppure, al contrario, maggiormente suscettibile a subire l'effetto lesivo della stessa. La suscettibilità individuale può rivelarsi utilissima ai fini della prova della causalità individuale: anche se tanti non si ammalano nonostante la medesima esposizione e tanti altri si ammalano senza contatto con la sostanza inquinante, proprio l'attore si è ammalato a causa di quest'ultima perché meno capace di detossificare il suo effetto lesivo. Quindi, gli accertamenti medici di suscettibilità individuale sembrano porsi come passaggio fondamentale di qualunque elaborato peritale.

Quest'ultimo svolge un ruolo determinante nell'istruttoria dei contenuti in cui, come quello in esame, alle competenze giuridiche si affiancano conoscenze tecniche di altre branche del sapere. La qualità degli elaborati di periti e consulenti tecnici si dimostra indispensabile nella prospettiva sia della correttezza dell'esito del giudizio sia di evitare giudizi irragionevolmente difformi tra casi invece molto simili.

La dottrina giuridica e medico-legale consiglia di strutturare le relazioni in modo da offrire al giudice i seguenti contenuti: a) la parte epigrafica, o preambolo, in cui riportare i dati identificativi del procedimento penale o civile e i quesiti posti dal magistrato al suo consulente o perito; b) la parte narrativa, che descrive lo svolgimento delle operazioni peritali, incluse eventuali osservazioni o istanze avanzate dalle parti o dai loro consulenti, anche ai fini della verifica del necessario rispetto del contraddittorio; c) la parte descrittiva, o analitica, dove esporre, entro il perimetro tracciato dai quesiti del

⁹² S. ZIRULIA, *Esposizione a sostanze tossiche*, cit., 13.

⁹³ S.Y. GANIE, D. JAVAID, Y.A. HAJAM, M.S. RESHI, *Mechanisms and treatment strategies of organophosphate pesticide induced neurotoxicity in humans: A critical appraisal*. *Toxicology*, 2022 Apr 30;472:153181; M. AMIN, M. YOUSUF, M. ATTAULLAH, N. AHMAD, M.N. AZRA, M. LATEEF, I.D. BUNERI, I. ZEKKER, G. EL-SABER BATIHA, S.M. ABDELENIN, M. ZAHDOOR, M. IKRAM, M. NAEEM, *Cholinesterase activity as a potential biomarker for neurotoxicity induced by pesticides in vivo exposed Oreochromis niloticus (Nile tilapia): assessment tool for organophosphates and synthetic pyrethroids*, in *Environ Technol.* 2022 Jan 12;1-9; R.R. WEBER, *Has the Daubert decision created a new "pest" for California farm workers involved in pesticide poisoning litigation?*, cit., 244 ss.

magistrato, le circostanze di fatto che hanno reso necessario l'accertamento tecnico, i dati della documentazione medica e medico-legale legittimamente acquisita in atti, la sintesi di eventuali dati testimoniali nonché le risultanze degli accertamenti direttamente eseguiti dall'ausiliario del giudice, ossia l'esame obiettivo del danneggiato, esami strumentali specialistici e di laboratorio o, nei procedimenti per omicidio o danno da morte, l'esame necroscopico con relative indagini complementari di natura istopatologica, tossicologica, microbiologica, chimica e immunologica; d) la parte valutativa, anche detta "considerazioni medico-legali", che mette insieme i fatti entrati a far parte del processo e i dati tecnico-scientifici per leggerli alla luce delle necessarie nozioni giuridiche e nella prospettiva di fornire il contributo di cui necessita il magistrato; e) la parte conclusiva, per riassumere le risposte ai quesiti oggetto dell'incarico⁹⁴.

Affinché l'apporto tecnico-scientifico sia attendibile in tutti i processi appare necessario standardizzare ad alto livello sia la redazione dei quesiti sia la metodologia peritale nonché la preparazione giuridica dei consulenti. A tal fine, appare opportuno che il Ministero della Giustizia, previo confronto con la Suprema Corte, le associazioni accademiche e professionali dei giuristi e le società scientifiche di area medica, prima tra tutte quella di Medicina legale, elaborino modelli *standard* non solo di quesiti, ma anche di indicazioni operative, ad esempio per richiamare all'aderenza al citato *Reference Manual*, e di nozioni giuridiche che, da un lato, sono indispensabili per evitare fraintendimenti tra il giudice e i suoi ausiliari e, dall'altro, non sempre fanno parte del bagaglio culturale dei consulenti. Ciò senza minimamente pregiudicare l'imprescindibile autonomia del magistrato nell'adeguare i modelli *standard* alle peculiarità dei singoli casi.

4. La qualificazione del danno alla fertilità

In natura, per fertilità si intende la capacità riproduttiva di maschi e femmine. In demografia col termine fertilità si fa riferimento alla capacità biofisiologica posseduta da un individuo o da una coppia di produrre figli, indipendentemente dal fatto che tale capacità venga effettivamente esercitata: è l'attitudine a concepire⁹⁵.

⁹⁴ M. ROSSETTI, *Il danno alla salute*, Cedam, Padova, 2017, 508 ss.; A. FIORI, *Medicina legale della responsabilità medica*, Giuffrè, Milano, 1000, 724 ss.; P. ARBARELLO, N.M. DI LUCA, T. FEOLA, L. MACCHIARELLI, *Medicina legale*, Edizioni Minerva Medica, 2002, 1354 s.

⁹⁵ Per una panoramica di insieme sulle politiche in tema di fertilità v. il Piano nazionale per la fertilità su https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2367_allegato.pdf. Cfr. inoltre <https://>

La fertilità è ricompresa tra i diritti riproduttivi da intendersi quali diritti e libertà legali relativi alla riproduzione e alla salute riproduttiva che possono variare anche di molto a seconda del Paese preso in considerazione.

L'OMS definisce i diritti riproduttivi come i diritti che «si basano sul riconoscimento del diritto fondamentale di tutte le coppie e degli individui a decidere liberamente e responsabilmente il numero, la separazione e la sincronizzazione temporale di nascita dei loro figli e di avere le informazioni e i mezzi per farlo e il diritto di raggiungere il massimo livello di salute riproduttiva. Essi comprendono anche il diritto di tutti di prendere decisioni in materia di riproduzione senza discriminazione, coercizione e/o violenza»⁹⁶.

Quando ricorre l'incapacità oppure la difficoltà a procreare si parla rispettivamente di sterilità e di infertilità; si tratta, infatti, di concetti diversi tra loro anche se continuamente confusi nel linguaggio comune. Si intende per sterilità l'incapacità a concepire, mentre l'infertilità consiste nella impossibilità di portare a termine la gravidanza ed avere figli vivi e sani⁹⁷. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) considera l'infertilità una patologia e la definisce come l'assenza di concepimento dopo 12/24 mesi di regolari rapporti sessuali mirati non protetti⁹⁸.

In medicina si distinguono tre differenti tipi di sterilità: sterilità primaria, riferita a coppie che non sono mai state in grado di concepire; sterilità secondaria, relativa a coppie che dopo una prima gravidanza non riescono a concepire; sterilità idiopatica o inspiegata, per la quale non emergono ragioni fisiche e per la quale si ritiene rilevante la componente psicologica.

L'idea di un diritto alla fertilità ed in generale ad una salute riproduttiva ha cominciato a svilupparsi nel 1968 con la Conferenza Internazionale dei Diritti Umani ed è connesso evidentemente a diritti tutelati oramai da tempo

www.salute.gov.it/portale/fertility/dettaglioContenutiFertility.jsp?area=fertilita&id=4556&lingua=italiano&menu=stilita.

⁹⁶ Il diritto alla salute riproduttiva è riconosciuto come uno dei diritti umani fondamentali dall'ordinamento internazionale, nonché da molti accordi universali: la Conferenza Internazionale delle Nazioni Unite sui diritti dell'uomo, tenutasi a Teheran nel 1968 è stata l'occasione nella quale i "diritti riproduttivi" sono stati per la prima volta presi in considerazione e qualificati come diritti umani; la Conferenza Internazionale delle donne a Città del Messico del 1975 è stata la sede nella quale si parla di "diritti riproduttivi" al femminile, facendo riferimento sia al controllo delle nascite, che alla riproduzione artificiale; durante la Conferenza Internazionale al Cairo nel 1994 venne negoziato, da una delegazione di 179 Stati, il Programma di Azione su Popolazione e Sviluppo dei successivi 20 anni e i temi del diritto alla riproduzione, alla salute sessuale, al diritto ad essere informati e ad avere accesso ai metodi di pianificazione familiare, vengono connessi all'obiettivo della stabilizzazione demografica e dello sviluppo sostenibile.

⁹⁷ R. BAROLETTI, *Cultura riproduttiva. Fertilità e sterilità tra comunicazione e prevenzione*, Franco Angeli Editore, 2011, 39 ss.

⁹⁸ Cfr. su <https://www.iss.it/infertilit%C3%A0-e-pma>.

come – tra i molti – il diritto alla vita, alla salute, alla sopravvivenza, alla libertà, allo sviluppo⁹⁹; fu soltanto con la proclamazione di Teheran¹⁰⁰ che ne venne espressamente riconosciuta l'esistenza. Dunque, il diritto alla fertilità certamente lo si può far rientrare appieno tra gli scenari del Diritto che si aprono al futuro, definiti dalla dottrina il c.d. futuro del Diritto¹⁰¹, che poggiano sulla storia e sui fatti, su ciò che è stato e su ciò che l'esperienza giuridica ha maturato o che ha ancora in atto. In tal senso il diritto alla fertilità risulta tutelato nell'ambito dei diritti umani, ossia di quei beni ed interessi fondamentali collegati alla persona nella varietà e molteplicità delle sue espressioni. Alla luce di tali premesse, emerge chiara la consapevolezza che l'unica strada per proteggere davvero la persona umana è quella di prevenire la lesione dei suoi diritti fondamentali, a partire dal diritto alla salute e ad un ambiente salubre, il tutto calato in una visione ecologica del Diritto e della scienza¹⁰².

Il diritto alla fertilità, nell'ambito del più generale diritto alla integrità sessuale di un individuo rientra, come innanzi specificato, nei diritti inviolabili tutelati dalla Costituzione e di riflesso rientra anche nei diritti del coniuge/convivente¹⁰³. Qualora un soggetto dovesse, quindi, subire un danno biologico che determina infertilità, si configurerebbe anche un danno esistenziale o c.d. dinamico relazionale¹⁰⁴ in grado di provocare un peggioramento della qualità

⁹⁹ L.P. FREEDMAN, S.L. ISAACS, *Human Rights and Reproductive Choice*, in «Studies in Family Planning», vol. 24, n. 1, [1993], pp.18-30.

¹⁰⁰ I diritti riproduttivi cominciarono ad apparire come un sottoinsieme dei diritti umani nella Proclamazione di Teheran del 1968 che afferma «I genitori hanno un diritto umano fondamentale per determinare liberamente e responsabilmente il numero e la distanza del tempo di nascita dei loro figli». Questo stesso enunciato sarà poi ripreso nel 1975 dalla Conferenza Internazionale della Donna delle Nazioni Unite.

¹⁰¹ F. VIOLA, *Il futuro del diritto, Persona y derecho*, 2018, 9.

¹⁰² F. CAPRA, U. MATTEI, *The Ecology of Law. Toward a Legal System in Tune with Nature and Community*, Berrett-Koheler Publishers, Oakland (CA), 2015; T. GROPPI, *Sostenibilità e costituzioni: lo Stato costituzionale alla prova del futuro*, in «Diritto pubblico europeo comparato», [2016], 1, p. 43.

¹⁰³ Si tratta del c.d. danno da rimbalzo che si configura quando il danno alla capacità sessuale e alla fertilità cagionato ad un soggetto colpisce di riflesso il coniuge in quanto viene meno nella coppia la possibilità di avere una famiglia naturale; difatti, il diritto del coniuge ai rapporti sessuali è strettamente e necessariamente connesso con l'uguale diritto dell'altro coniuge il che comporta, evidentemente, che il danno ingiusto cagionato al diritto di uno dei coniugi di avere figli è conseguentemente lesivo dell'uguale reciproco diritto dell'altro coniuge. Sul punto cfr. Cass. Civ., 18 maggio 2017, n. 12470; Cass. Civ., sez. III, 11 novembre 1986, n. 6607. Si tratta, peraltro, di un danno diretto e non riflesso come già in più occasioni precisato da tempo dalla Cassazione. Si veda per tutte Cass. Civ., ord. 8 aprile 2020, n. 7748.

¹⁰⁴ In dottrina vedi sul punto F. BILLOTTA, *Le sentenze di merito dopo le Sezioni Unite del 2008 sul danno non patrimoniale*, in «Resp. civ. e prev.», [2009], 1499; P. STANZIONE, *Il danno non patrimoniale a dieci anni dalle sentenze di S. Martino*, in «Comparazione e diritto civile», [2019], pp. 2 ss. Sembra risultare oramai pacifico che anche in giurisprudenza sia prevalente l'orientamento secondo cui tale tipologia di danno vada generalmente liquidata anche in via autonoma rispetto al danno biologico; sulla scia della sentenza scaturita dallo storico caso Seveso-Cass. Civ., SS.UU. 21

della vita, di pregiudicare la normale evoluzione della persona umana e di conseguenza le stesse condizioni di vita del soggetto danneggiato che si ritrova evidentemente condizionato nelle proprie scelte di vita avendo perso la speranza di poter diventare genitore e di formarsi una famiglia e quindi procreare; tutti aspetti della vita dell'uomo costituzionalmente garantiti. La giurisprudenza fino ad oggi ha ricompreso questo tipo di danno esclusivamente in rapporto alla capacità di avere rapporti sessuali e di riflesso ad una sana fertilità e alla capacità di procreare¹⁰⁵. Tuttavia, è fuori dubbio che anche la sola perdita della fertilità può provocare un danno biologico, in quanto viene meno per l'individuo e per la coppia la possibilità di avere una famiglia naturale e pertanto andrebbe maggiormente tenuto in considerazione dai giudici nelle aule dei tribunali.

Recentemente¹⁰⁶, sono stati individuati nuovi fattori di rischio di infertilità rispetto a quelli da sempre considerati rilevanti quali l'età del soggetto (ed in particolare della donna), il fumo e il peso; si tratta, specificamente, dello stress psicologico, dell'abuso di *alcool* e di caffeina. Quello che sorprende, invece, è che non si parli ancora abbastanza o meglio che se ne parli davvero molto poco della infertilità derivante da inquinamento ambientale e soprattutto della responsabilità degli autori di tale inquinamento provocato dalla spesso consapevole diffusione di sostanze inquinanti e nocive per la salute umana; specifica responsabilità che andrebbe configurata non soltanto, come oggi

febbraio 2002, n. 2515 – che ha fatto da apripista al nuovo *modus operandi* dei giudici sul tema – si vedano a tale proposito le sentenze Cass. Civ., sez. III, 2 febbraio 2007, n. 2311 e Cass. Civ., sez. III, 10 marzo 2016, n. 4673 secondo le quali «la rilevanza del danno esistenziale deve essere autonomamente apprezzata e valutata equitativamente in termini patrimoniali». Cfr. a titolo esemplificativo e non esaustivo Cass. civ., se. III, 18 maggio 2022, n. 15924 su danno alla vita sessuale e alla fertilità a seguito di incidente stradale; Trib. Civ. Napoli, sez. VII, 29 aprile 2022, n. 4183 su disturbi della fertilità da errore medico; Trib. Roma, sez. XIII, 11 febbraio 2016, n. 2782 per lesione della capacità sessuale; Cass. Civ., sez. III, 2 aprile 2021, n. 9202 per la personalizzazione del danno nel caso di perdita della integrità sessuale. Ed ancora, Cass. Civ., Ord. 6 aprile 2022 n. 11227 secondo la quale «in presenza di un danno alla salute, non costituisce duplicazione risarcitoria la congiunta attribuzione di una somma di danaro a titolo di danno biologico, anche personalizzato e di una ulteriore somma a titolo di risarcimento dei pregiudizi che non hanno fondamento medico-legale, perché non aventi base organica ed estranei alla determinazione medico-legale del grado percentuale di invalidità permanente, rappresentati dalla sofferenza interiore».

¹⁰⁵ Cfr. a titolo esemplificativo e non esaustivo Cass. civ., se. III, 18 maggio 2022, n. 15924 su danno alla vita sessuale e alla fertilità a seguito di incidente stradale; Trib. Civ. Napoli, sez. VII, 29 aprile 2022, n. 4183 su disturbi della fertilità da errore medico; Trib. Roma, sez. XIII, 11 febbraio 2016, n. 2782 per lesione della capacità sessuale; Cass. Civ., sez. III, 2 aprile 2021, n. 9202 per la personalizzazione del danno nel caso di perdita della integrità sessuale. Di assoluto rilievo è, inoltre, la recente Direttiva UE 2022/431 del 9 marzo 2022 che modifica la Direttiva 2004/37/CE sulla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da una esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXI/PDF/?uri=CELEX:32022L0431>.

¹⁰⁶ NICE *guideline* su <https://www.nice.org.uk/guidance/cg156> che individua un gruppo di sostanze e di attività di cui è chiaro l'effetto negativo sulla fertilità.

accade, a seguito dell'accertamento dei danni subiti da un soggetto o da una comunità¹⁰⁷, ma che andrebbe invece rilevata in via "preventiva" e precauzionale in tutti i casi in cui venga dimostrato che i livelli eccessivi di inquinamento atmosferico siano in grado di causare danni diffusi alla salute della popolazione che vive nelle aree a rischio con una violazione costante del diritto alla vita e alla salute degli stessi messa a rischio dalla persistente situazione di inquinamento ambientale. Ed in tal senso, probabilmente, nuovi scenari potrebbero essere aperti dalla recente sentenza CEDU del 30 gennaio 2025 sulla responsabilità dello Stato italiano per inazione prolungata su una discarica diffusa che ha messo a rischio la vita dei residenti della Terra dei Fuochi¹⁰⁸ che costituisce, evidentemente, tralaltro una violazione dell'art. 2 della Convenzione europea dei diritti dell'uomo.

5. La quantificazione del risarcimento del danno da sopravvenuta infertilità maschile

Questa sezione esplora la valutazione e la quantificazione del risarcimento del danno da infertilità maschile sopravvenuta, considerando non solo le ripercussioni biologiche, ma anche quelle psicologiche e sociali. L'obiettivo è fornire un'analisi strutturata dei parametri di valutazione del danno, distinguendo tra quelli strettamente medico-legali e quelli relativi al cosiddetto "danno morale".

Nel contesto giuridico italiano, non è stata ancora sviluppata alcuna metodologia per quantificare il danno da infertilità maschile in assenza di perdite anatomiche.

In questo capitolo vengono, quindi, approfonditi i principali parametri di valutazione dal punto di vista medico-legale, con particolare attenzione all'utilizzo dei "barème" medico-legali per stimare la gravità del danno e orientare il calcolo del risarcimento¹⁰⁹.

5.1. Il danno biologico e il danno morale

Per valutare correttamente il risarcimento, è essenziale distinguere attentamente tra il danno biologico e il danno morale, due profili che riflettono

¹⁰⁷ Cfr. Sentt. GdP Mestre, 27 gennaio 2003, n. 1798 e 1 gennaio 2004, n. 27. Si veda, inoltre, da ultimo lo storico caso Ilva su cui è intervenuta la CEDU, sez. I, 24 gennaio 2019 (causa Cordella c/ Italia) condannando l'Italia per i danni alla salute per l'inquinamento prodotto dalla acciaieria.

¹⁰⁸ Cfr. su <https://hudoc.echr.coe.int/eng?i=001-241395>.

¹⁰⁹ La trattazione contenuta in questa sezione (parr. 5) non prende in considerazione le prove dell'esistenza del danno né del rapporto di causalità. Ci si concentra esclusivamente sugli aspetti legati alla quantificazione e liquidazione del risarcimento, partendo dall'assunto che sia stata già dimostrata l'esistenza del danno e il relativo nesso causale.

diversi aspetti dell'infertilità maschile messi in luce e analizzati distintamente dalla recente giurisprudenza della Suprema Corte.

Il danno biologico riguarda le conseguenze funzionali e mediche dell'infertilità, ovvero le lesioni all'integrità fisica della persona. Si tratta di una lesione quantificabile in modo oggettivo attraverso criteri medico-legali. Ad esempio, il danno biologico include la perdita o riduzione della capacità riproduttiva determinata dalla conta spermatica, dalla qualità dello sperma, o dai livelli ormonali.

Il danno morale è, invece, legato alla sfera emotiva e soggettiva della persona. Si tratta di tutti i danni correlati al danno biologico, ma che non sono accertabili attraverso l'indagine medico-legale. Questo danno riflette la sofferenza interiore, lo *stress* psicologico e l'ansia che l'infertilità può causare. Include anche lo stigma sociale che può accompagnare una diagnosi di infertilità e l'impatto negativo sulla qualità della vita e sulle relazioni interpersonali.

Le linee guida medico-legali italiane e internazionali, sebbene forniscano un quadro di riferimento per la quantificazione del danno biologico, spesso risultano insufficienti per valutare la complessità dell'infertilità maschile come condizione autonoma. La maggior parte dei contributi tende sinora a considerare l'infertilità solo in relazione a perdite anatomiche o a disfunzioni evidenti, trascurando le conseguenze psicologiche.

In questa sezione verranno esplorati anche gli aspetti che influenzano il danno morale, come l'età della vittima, lo stato di salute generale, l'esistenza di figli precedenti e l'impatto psicologico dell'infertilità. La sofferenza emotiva, l'ansia e lo stigma sociale sono elementi fondamentali nella determinazione del danno morale, un sottoinsieme del danno non patrimoniale, comunque nettamente distinto dal danno biologico (definito anche come "dinamico relazionale") anch'esso non patrimoniale.

Un ulteriore aspetto importante è l'analisi delle azioni legali risarcitorie che possono essere direttamente intraprese anche dal coniuge o dal *partner* della persona affetta da infertilità. In particolare, queste azioni possono riguardare i danni derivanti dall'impatto della condizione sulla vita del *partner* e la perdita condivisa della possibilità di avere figli biologici. Questo settore è, ovviamente, correlato al solo "danno morale".

5.2. La valutazione del danno da infertilità maschile – Sintesi della metodologia

La valutazione del danno da infertilità maschile si basa su una serie di passaggi che consentono di stimare correttamente sia il danno biologico che quello morale. La metodologia si articola nei seguenti punti:

– Diagnosi medico-legale di sussistenza di un danno biologico: in primo luogo, viene effettuata una diagnosi medico-legale per determinare se sussiste una condizione di danno biologico. Questo include l'accertamento oggettivo di una riduzione o annullamento della fertilità maschile.

– Valutazione del *barème* applicabile al danno biologico permanente: la diagnosi viene confrontata con i *barème* (scale medico-legali) per stabilire l'entità del danno biologico. I *barème* sono strumenti che aiutano a quantificare il danno biologico in termini percentuali.

– Individuazione dei parametri rilevanti: una volta determinata l'applicabilità di un *barème*, è necessario identificare i parametri che possono influenzare la posizione della situazione specifica all'interno del range previsto dalla scala. Questi parametri includono, tra gli altri, l'età del soggetto e lo stato di salute generale.

– Valutazione della percentuale di invalidità biologica: si procede quindi a valutare la percentuale di invalidità biologica, che viene utilizzata per stimare l'impatto fisico dell'infertilità sulla persona.

– Scelta della tabella risarcitoria utilizzabile: la percentuale di invalidità viene poi inserita all'interno di una tabella risarcitoria, che permette di stabilire il risarcimento economico basato sull'età del soggetto, la misura dell'invalidità e altri fattori.

– Calcolo del danno biologico permanente: utilizzando le tabelle risarcitorie, si calcola il danno biologico permanente, tenendo conto della percentuale di invalidità e di altre variabili personali e temporali (ad esempio, il momento storico in cui viene effettuata la valutazione).

– Valutazione del danno non patrimoniale: viene valutata l'esistenza e l'intensità di ulteriori parametri di sofferenza che giustificano il riconoscimento del cosiddetto danno non patrimoniale. Questo include, ad esempio, la sofferenza psicologica e l'impatto sociale della condizione.

– Attribuzione di un valore al danno dinamico-relazionale: si procede poi a determinare la rilevanza di ciascun parametro in una scala che misura il "danno dinamico-relazionale", attribuendo un "peso" specifico ai vari fattori di sofferenza.

– Valutazione complessiva per la personalizzazione del danno: infine, viene effettuata una valutazione dell'incidenza di tutti i parametri rilevanti, per determinare l'eventuale necessità di una personalizzazione del risarcimento, al fine di riconoscere le specificità del caso concreto.

La diagnosi medico-legale (basata su accertamenti e valutazioni obiettive) rappresenta il punto di partenza fondamentale per stabilire l'esistenza di un danno biologico derivante da una riduzione o annullamento della ferti-

lità maschile. L'indagine, poco usuale nella pratica medico-legale, deve essere condotta con particolare attenzione, includendo l'analisi dei seguenti elementi chiave:

- Parametri medici fondamentali: l'indagine medico-legale deve innanzitutto valutare i parametri medici fondamentali per determinare l'entità del danno. Questo include la misurazione della riduzione spermatica (motilità e numero degli spermatozoi), livelli ormonali, e altri dati relativi alla fertilità del soggetto. Questi dati devono essere confrontati con i valori normali di riferimento nella popolazione fertile, per comprendere l'effettiva entità del danno.

- Influenza dell'età: l'età è uno dei principali parametri da considerare. La capacità riproduttiva subisce infatti variazioni con il passare degli anni, con un impatto spesso significativo sulla gravità del danno. L'età può influire anche sulla reversibilità dell'infertilità e, di conseguenza, sul valore del risarcimento. Anche se la capacità riproduttiva maschile è meno influenzata dall'età rispetto a quella femminile, con il passare degli anni possono verificarsi cambiamenti significativi nella fertilità.

- Stato di salute generale e co-morbilità: è essenziale analizzare lo stato di salute generale del soggetto e la presenza di eventuali patologie preesistenti o co-morbilità che possano aver influenzato la fertilità. Malattie croniche o altre condizioni possono peggiorare ulteriormente la condizione di infertilità e incidere sulla valutazione del danno.

- Entità della riduzione spermatica: la riduzione del numero di spermatozoi e la loro motilità sono parametri essenziali per determinare l'effettivo danno biologico. Questi fattori vengono analizzati per capire in che misura la capacità riproduttiva sia compromessa.

- Valutazione prognostica delle cure: la diagnosi medico-legale deve anche considerare le opzioni terapeutiche disponibili e le possibilità di cura. Si deve valutare la durata delle cure, la loro efficacia prevista e i relativi costi. Tale valutazione è importante per determinare se l'infertilità sia reversibile o se possa essere considerata permanente. Una stima realistica sull'efficacia dei trattamenti (ad esempio, una prognosi "più probabile che non") può influenzare in modo sostanziale la quantificazione del danno.

- Quesito diagnostico per la valutazione risarcitoria: infine, il quesito diagnostico deve essere formulato considerando il contesto risarcitorio, tenendo conto delle specificità del caso concreto. La valutazione non si limita ad accertare l'esistenza di un danno biologico, ma dovrebbe estendersi anche alla comprensione del suo impatto sulla qualità della vita del singolo individuo.

- Percentuali di risarcimento: le percentuali minime e massime per il risarcimento del danno sono determinate sulla base di questi parametri. Queste

percentuali rappresentano un punto di partenza per la valutazione economica del danno, ma il risarcimento effettivo può variare a seconda delle circostanze specifiche del caso concreto.

La valutazione medico-legale tiene quindi conto di tutti questi parametri, combinandoli in modo da determinare un'adeguata quantificazione del danno biologico. Gli specialisti utilizzano i valori minimi e massimi dei *barème* in relazione alle caratteristiche specifiche del caso, considerando le influenze delle condizioni personali del soggetto.

5.3. Le fonti dei *barème* medico-legali

La quantificazione del danno da infertilità maschile si basa su diverse fonti e linee guida medico-legali. Questi documenti costituiscono il quadro di riferimento (tecnico e non normativo) per stimare la percentuale di invalidità permanente e determinare, conseguentemente, l'ammontare del risarcimento. Va notato che nella maggioranza dei lavori l'infertilità viene, comunque, ricollegata solo a perdite anatomiche (pene o testicolo) o fisiologiche (come la disfunzione erettile). Ciò implica che, nella prospettiva di queste fonti, il danno biologico è valutato principalmente sulla base di evidenze anatomiche tangibili.

Altre fonti (Ronchi-Mastroroberto-Genovese) forniscono una valutazione per la "*impotentia generandi*", anche in assenza di ripercussioni sulla sessualità o perdite anatomico-funzionali. La percentuale di invalidità per tale affezione varia da 8% al 18% in base all'età e alle ripercussioni psicologiche. Sulla scorta di tali *barème* la tabella di Milano 2024 stima il danno biologico in termini monetari da € 18.679,00 (per l'8%) a € 71.045,00 (per il 18%).

Anche un'altra autorevole *barème* italiana (Bargagna, Canale) considera la sterilità come "impotenza generandi funzionale" autonomamente dalle disfunzioni anatomiche e assegna una percentuale variabile dal 11,5% al 19,5%, con valori economici che vanno da € 33.816,00 fino a € 81.793,00. Il testo non prende in considerazione il danno morale.

La quantificazione dell'infertilità permanente (danno biologico) quindi varia significativamente tra le diverse fonti. Nel *barème* Ronchi, la valutazione dell'invalidità va dall'8% al 18%, mentre nel *barème* Bargagna varia dall'11,5% al 19,5%.

La differenza tra queste valutazioni riflette non solo la variazione dei valori numerici ma anche le diverse prospettive metodologiche. Nel *barème* Ronchi viene preso in considerazione anche l'impatto psicologico della persona lesa, mentre nel *barème* Bargagna il *focus* è esclusivamente fisico.

Quanto al danno morale, come delineato dalla recente giurisprudenza della Corte di Cassazione italiana, questo condivide con il danno biologico la natura di danno non patrimoniale, ma se ne distingue per il *focus* specifico sulla sofferenza soggettiva e interiore. Mentre il danno biologico riguarda la lesione dell'integrità psicofisica, misurabile in modo oggettivo attraverso l'indagine medico-legale, il danno morale comprende l'insieme delle emozioni e degli stati d'animo negativi che derivano dall'evento lesivo, come angoscia, stress emotivo e dolore psicologico.

La quantificazione del danno morale viene valutata con le tabelle risarcitorie di Milano (di maggior frequenza applicativa in Italia), che propongono un sistema a due passaggi per il calcolo del risarcimento del danno "morale":

Primo passaggio: danno morale base: in un primo momento, viene determinato il danno morale come entità strettamente correlata alla lesione fisica. Questo danno è costituito dalla specifica sofferenza interiore correlata alle lesioni fisiche, che non può essere direttamente rilevata con un'indagine medico-legale, ma che deve essere allegata e provata, anche attraverso presunzioni. La quantificazione di questo danno avviene, usualmente, attraverso un incremento percentuale del risarcimento del danno biologico. Le tabelle di Milano stabiliscono che il danno morale "base" incrementi il valore del danno biologico dal 25% al 35%, in base alla gravità dell'invalidità.

Secondo passaggio: ulteriore personalizzazione del danno morale: il secondo passaggio, soggetto a un regime di prova più stringente, prevede la possibilità di ulteriori risarcimenti per il danno morale, in base alle peculiarità individuali del caso concreto. Questo passaggio permette di personalizzare il risarcimento in presenza di circostanze particolarmente gravi o specifiche che aumentano il livello di sofferenza soggettiva rispetto alla media.

Calcolo del risarcimento del danno morale (c.d. "medio") sulla base dei *barème*:

Barème Bargagna: nel caso del *barème* Bargagna, che varia tra 11,5% e 19,5% per l'infertilità senza riferimento al danno morale, il danno morale medio-*standard* viene incrementato del 25% per i livelli più bassi e del 35% per quelli più alti. Per la tabella risarcitoria di Milano del 2024, il risarcimento del danno morale per un uomo di 35 anni con infertilità permanente va da un minimo di € 6.281,00 a un massimo di € 20.360,00.

Barème Ronchi: per il *barème* Ronchi, che attribuisce una percentuale di invalidità compresa tra 8% e 18%, il danno morale viene calcolato su una base incrementale simile, con risarcimenti che variano tra € 4.553,00 e € 18.136,00.

Il danno morale, oltre alla determinazione "base", può essere ulteriormente incrementato in presenza di connotazioni specifiche di sofferenza

psicologica e disagio emotivo. Tra i principali elementi da considerare per una personalizzazione del danno morale vi sono:

Sofferenza psicologica e *stress* emotivo: la sofferenza psicologica derivante dall'infertilità può essere amplificata dalla percezione di esclusione sociale e da sentimenti di inadeguatezza. Questi fattori, insieme alla vergogna sociale spesso associata all'incapacità di procreare, contribuiscono ad aggravare il danno morale.

Aspetti relazionali e familiari: l'infertilità può generare crisi relazionali con il *partner* o il coniuge, influenzando negativamente l'equilibrio della coppia e la qualità della vita familiare. Tali aspetti sono spesso motivo di una personalizzazione del danno morale, soprattutto se la condizione incide in modo significativo sulla stabilità della relazione.

Aspettative culturali e religiose: in alcuni casi, le aspettative culturali e le credenze religiose riguardo alla procreazione possono influenzare la percezione del danno subito. La difficoltà a conformarsi a determinati *standard* sociali può aumentare la sofferenza psicologica e giustificare un ulteriore incremento del risarcimento.

Progetto di vita e desiderio di genitorialità: l'infertilità, impedendo la realizzazione del progetto di vita di diventare genitore, può costituire una ferita profonda nella costruzione dell'identità personale e sociale. La giurisprudenza riconosce che il danno morale legato all'impossibilità di avere figli è un elemento cruciale nella valutazione risarcitoria.

5.4. Riflessioni generali sulla quantificazione del danno da sopravvenuta infertilità maschile

La quantificazione del danno da infertilità maschile è un argomento complesso, che richiede un'analisi multidimensionale per considerare sia gli aspetti biologici sia quelli psicologici e sociali. La sfida principale è sviluppare una metodologia che vada oltre la mera quantificazione fisica del danno e tenga conto della sofferenza soggettiva e delle ripercussioni relazionali e sociali della condizione.

1. Importanza di un approccio multidisciplinare

La quantificazione del danno da infertilità maschile non può essere affrontata in modo univoco o meramente medico. L'interazione tra aspetti medico-legali, psicologici e sociali richiede l'apporto di diversi specialisti, ognuno dei quali contribuisce alla valutazione con competenze specifiche. In questo senso, è fondamentale integrare la prospettiva medico-legale con quella psicologica, per valutare non solo la riduzione della capacità riproduttiva ma anche l'impatto emozionale e relazionale.

2. Il ruolo della personalizzazione del danno

La personalizzazione del risarcimento è un aspetto centrale in questo contesto. Ogni caso di infertilità è unico e deve essere considerato nei suoi dettagli specifici, come l'età del soggetto, la condizione familiare (ad esempio, se il soggetto ha già figli), e le aspettative di vita. Questo approccio personalizzato consente di evitare valutazioni generiche e di riconoscere in maniera più equa il danno subito da ciascun individuo.

3. Utilizzo delle tabelle risarcitorie e loro limiti.

Le tabelle risarcitorie, come quelle del tribunale di Milano, rappresentano uno strumento importante per uniformare la quantificazione del danno e garantire un certo grado di equità. Tuttavia, queste tabelle hanno dei limiti, poiché non possono cogliere appieno la complessità di un danno come quello da infertilità. Il danno morale e il danno dinamico-relazionale sono elementi che richiedono una valutazione che vada oltre la semplice attribuzione di una percentuale di invalidità, riconoscendo l'impatto a lungo termine della condizione sulla qualità della vita e sulle relazioni del soggetto.

4. Proposta di sviluppo di nuovi strumenti di misurazione.

Per superare questi limiti, si potrebbe sviluppare una scala di misurazione più estesa, simile alle scale di Likert, in grado di valutare in maniera rigorosa i delicati aspetti psicologici e sociali del danno da infertilità. Questo tipo di strumento consentirebbe una valutazione più precisa e personalizzata della sofferenza emotiva, tenendo conto di fattori come la percezione di vergogna sociale, le aspettative culturali, e il desiderio di genitorialità. Un lavoro di tal genere viene condotto nel 2024 dall'autore della presente nota in collaborazione con il Prof. Pier Giuseppe Monateri dell'Università di Torino.

5. La necessità di una giurisprudenza che fornisca linee guida.

La giurisprudenza italiana non ha sviluppato precedenti specifici per la quantificazione del danno da infertilità maschile sopravvenuta. Questo comporta incertezza nella valutazione e nella liquidazione del danno, rendendo opportuna una elaborazione su casi concreti che potranno essere sottoposti solo se possa essere impostato un robusto metodo per l'accertamento del rapporto causale.

6. Conclusioni

Il risarcimento del danno alla fertilità da inquinamento ambientale sconta alcune criticità (nell'accertamento della responsabilità e sotto il profilo probatorio) che il presente contributo ha iniziato ad affrontare in una prospettiva analitica.

Il contributo parte da alcuni studi condotti sulle correlazioni tra inquinamento ambientale, alterazioni del liquido seminale e della salute procreativa, attraverso la misurazione diretta di sostanze chimiche nel corpo e dei relativi indicatori biologici (biomarcatori *standard* e biomolecolari) in aree particolarmente inquinate (il progetto nazionale *Ecofoodfertility*). A partire da tali studi, che selezionano le correlazioni depurandole dalle variabili genetiche e dalla rilevanza degli stili di vita, è stata approfondita la possibilità di stabilire un nesso causale, rilevante anche nel giudizio di responsabilità civile, tra contaminazione territoriale, esposizione ambientale e danni alla salute. Le evidenze, rilevabili nello studio, secondo cui la qualità del seme maschile può rappresentare un indicatore precoce e sensibile dello stato di salute generale sono state altresì considerate come elemento per la valutazione del danno alla salute individuale, oltre che di potenziale rischio anche in un'ottica di responsabilità ambientale, responsabilità per la salute pubblica, gestione del rischio sanitario.

Con specifico riguardo al giudizio di responsabilità civile, l'indagine è stata condotta, individuando i passaggi problematici, a partire dall'accertamento del nesso causale, correlati a una serie di fattori:

1) la qualità degli studi disponibili per l'accertamento della causalità generale e individuale (quali componenti di un momento unitario dell'accertamento e non vincolati da gerarchia, art. 2729 c.c.) affinché l'attore possa dimostrare che non solo che vi sia una probabilità rilevante per il diritto che la contrazione della malattia sia dipesa dalla sostanza inquinante, ma che proprio nel suo caso la malattia non si sarebbe altrimenti verificata. È stato evidenziato come l'esclusione di spiegazioni causali alternative non escluda che il nesso causale possa essere provato con elevata credibilità razionale sulla base di studi comprovati e scientificamente avvalorati¹¹⁰. Lo stesso – può argomentarsi – vale nella valutazione delle risultanze statistiche (es. contrazione della medesima malattia da parte degli abitanti di un condominio) unite a studi epidemiologici, tutti indizi concorrenti nella formazione della prova del nesso.

Sia con riguardo al nesso di causalità generale che a quello individuale, si è avanzata la possibile rilevanza di studi basati su piccole coorti sulla base di una comprovata letteratura scientifica e in considerazione dello stato delle conoscenze;

2) la rilevanza di accertamenti genetici che possono evidenziare la suscettibilità individuale di una persona a una sostanza inquinante. Questa

¹¹⁰ Risultato, invero, criticato in dottrina: L.S. VIGORITA, *Concorso di cause ed accertamento del nesso causale nel processo civile: un banco di prova per la regola del "più probabile che non"*, in *Danno Resp.*, 2024, p. 101 ss.

suscettibilità incide sulla dimostrazione del nesso causale: un soggetto può essersi ammalato proprio a causa di una minore capacità di detossificazione rispetto alla sostanza lesiva (polimorfismi). Quale concausa naturale, si tratta di un elemento idoneo a ridurre o modulare il grado di responsabilità del danneggiante, ma non di per sé ad esonerare dall'obbligo risarcitorio se l'azione illecita è stata determinante. L'accertamento dell'eventuale polimorfismo può pertanto essere utilmente esteso nelle perizie medico-legali;

3) la necessità in caso di giudizi di fatto, dov'è possibile un accertamento basato su saperi tecnico-scientifici¹¹¹, di una modellizzazione delle consulenze tecniche che tengano in considerazione non solo la strutturazione dei contenuti già evidenziata dalla dottrina medico-legale¹¹², criteri di accertamento uniformi¹¹³, nonché una chiara evidenziazione degli orientamenti presenti nella letteratura di riferimento, al fine di agevolare la razionalizzazione dei riscontri da parte del giudicante;

4) la possibile esistenza di una pluralità di fattori agenti chimici e fisici in grado di compromettere la salute riproduttiva (patologie o cause di infertilità congenite, età del soggetto, abitudini, peso), la cui presenza potrebbe agire da concausa (artt. 40 e 41 c.p.), ovvero concorso di colpa del danneggiato (art. 1227 c.c.);

5) in caso di una pluralità agenti chimici o fisici in grado di compromettere la salute riproduttiva, l'individuabilità del soggetto o dei soggetti cui è riconducibile la produzione e/o la diffusione della sostanza condiziona la responsabilità (solidale) ovvero la parziarietà (in caso di concorso di colpa del danneggiato).

Quest'ultimo aspetto appare, come anticipato¹¹⁴, problematico, comportando l'individuazione dell'autore dell'illecito, che può esser talora rintracciabile nel titolare di attività industriali pericolose, altre volte in una pluralità di soggetti, come quando si è in presenza di una successione nella titolarità dell'attività o di molteplicità di fonti di inquinamento diverse tra loro per tipo, per la estensione geografica, per sostanze inquinanti rilasciate, per modalità di contatto con gli individui¹¹⁵.

¹¹¹ Tale caratteristica del giudizio di fatto è da sola idonea ad escludere il ricorso alternativo alle massime d'esperienza. Sulla questione sottolineata da F. PIRAINO, *Causalità e responsabilità contrattuale* cit., p. 275 s.

¹¹² V. *supra*, testo successivo alla nt. 91.

¹¹³ V. *supra*, testo successivo alla nt. 21 e nt. 11.

¹¹⁴ V. *supra*, testo corrispondente alla nt. 30.

¹¹⁵ La prima ipotesi, che ha riguardato in Italia il caso ILVA, come si è visto, non ha condotto – si – ad azioni vittoriose. La seconda inquadra, invece, il caso ancor più complesso della c.d. "Terra dei fuochi" su cui la recentissima CEDU, 1^a sez., Cannavacciuolo e altri c. Italia (domanda n. 51567/14), 30 gennaio 2025 (di cui si è avuta notizia in fase di stampa del presente volume, disponibile sul sito <https://hudoc.echr.coe.int>) sentenza-pilota riguardante lo scarico, l'interramento o l'incenerimento di rifiuti, spesso effettuato da gruppi di criminalità organizzata e altri soggetti privati, in un'area in cui è stato registrato un aumento

In tali casi, tuttavia, è possibile risalire agli enti territoriali ovvero ai diversi soggetti tenuti alla bonifica, al monitoraggio, ovvero a coloro che risultano tenuti alla decontaminazione da rifiuti e alla loro imputabilità riconducibile non solo alla stretta violazione della normativa esistente ma a un più generale obbligo di precauzione¹¹⁶.

In tali casi, residua la possibilità di esercitare le azioni civili di risarcimento dei danni, anche in via collettiva, e/o in presenza di insuccesso in altri procedimenti giudiziari (o di loro prescrizione)¹¹⁷.

Infine, dopo aver qualificato il danno alla fertilità, il contributo passa a considerare criticamente gli aspetti legati alla quantificazione e liquidazione del risarcimento.

Esplora i criteri di liquidazione del risarcimento del danno da infertilità maschile sopravvenuta, considerando non solo le ripercussioni biologiche, ma anche quelle psicologiche e sociali, con l'obiettivo di fornire un'analisi strutturata dei parametri di valutazione del danno, distinguendo tra quelli strettamente medico-legali e quelli relativi al cosiddetto "danno morale".

L'impatto socio-demografico che l'infertilità, in via generale, va assumendo nelle società contemporanee impone una sua riconsiderazione non solo nelle valutazioni d'impatto dei rischi causati dall'inquinamento ambientale, ma – come si è provato a fare – anche laddove il danno si sia già verificato.

dei tassi di cancro e dell'inquinamento delle falde acquifere. La CEDU ha accertato che l'Italia ha violato l'art. 2 (diritto alla vita) e 8 (diritto al rispetto della vita privata e familiare) della Convenzione europea dei diritti umani (CEDU) per non aver adottato misure di protezione dallo scarico illegale, dall'interramento e dall'incenerimento di rifiuti pericolosi né aver fornito informazioni al riguardo e richiesto alle autorità italiane di attuare, entro due anni, adeguate misure di riqualificazione ambientale dei territori interessati dal fenomeno.

¹¹⁶ La giurisprudenza di riferimento in questo caso può essere quella relativa al danno da esposizione all'amianto nei casi di neoplasie polmonari in soggetti fumatori. Va, altresì, ricordato come, sebbene in maniera affatto agevole anche in presenza di obblighi specifici (come nel caso dell'inquinamento atmosferico), la P.A. può essere sottoposta al giudizio di responsabilità per l'omessa adozione degli opportuni provvedimenti necessari per la salvaguardia dell'ambiente dall'inquinamento e in tal caso la giurisdizione spetta al giudice ordinario e la pronuncia va basata sul diritto interno. V., da ultimo, sul riparto di giurisdizione, Corte di Cassazione, ordinanza del 23 febbraio 2023, n. 5668, sul diritto applicabile Corte di Giustizia dell'Unione Europea (Grande Sezione, sentenza 22 dicembre 2022, causa C-61/21), entrambe in banca dati «TopLegal24».

¹¹⁷ Per quanto d'interesse, la sentenza CEDU Cannavacciuolo e altri c. Italia, in considerazione dei numerosi studi condotti e dei registri di morbosità e mortalità e della multifattorialità delle attività e sostanze inquinanti (§ 384), ha ribadito non solo l'ascrivibilità allo Stato italiano delle condotte omissive degli enti tenuti alle attività di monitoraggio, bonifica, decontaminazione, ma anche la sussistenza di un obbligo di precauzione (e quindi un criterio d'imputabilità) anche mancando – in quel giudizio – la prova circa la certezza scientifica circa gli effetti precisi che l'inquinamento avrebbe cagionato sulla salute, ma in presenza di un rischio generale noto da molto tempo (si vedano i paragrafi 387 e 388). Né, peraltro, l'obiezione mossa dallo Stato italiano del non esaurimento delle vie interne di doglianza (basato tra l'altro proprio sui profili della responsabilità civile e sulle azioni di classe, tra gli altri) esclude allo stato l'esplorabilità di tali ricorsi interni (sebbene non troppo convintamente dal lato degli attori, v. § 258).