

QUADERNI DELLA MADDALENA DI CHIOMONTE

- 1 -

**IMPATTO AMBIENTALE DELLE POLVERI DI
URANIO: NEI BALCANI, IN IRAQ, IN
SARDEGNA, MA NON IN VALSUSA**

Massimo Zucchetti

Politecnico di Torino

Giugno 2011

Con contributi di:

*Claudio Cancelli, Gianfranco Chiocchia,
Claudio Scavia,, Enzo Mersi, Lucia Bonavigo*

Martedì 14 giugno 2011, presso la sede decentrata della Maddalena di Chiomonte., alta Valle di Susa, Piemonte, si è tenuta una regolare lezione del mio corso di "Protezione dalle Radiazioni" che tengo di solito al Politecnico di Torino.

Il titolo è stato: "Una lezione di Protezione dalle Radiazioni dal Politecnico alla Maddalena. Impatto ambientale delle polveri di Uranio: nei Balcani, in Iraq, in Sardegna, ma non in Valsusa".

Si è parlato di Uranio e dei suoi effetti sulla salute e sull'ambiente in forma sperabilmente non noiosa, e a tutti i presenti è stata data copia del mio libro sull'Uranio impoverito, nonché un estratto di questa relazione.

Io fui consulente gratuito della Comunità Montana su questo argomento, non molti anni fa: si è parlato anche di cosa significa scavare un tunnel in una zona uranifera come la Valsusa, di radon e di polveri di smarino.

Durante il periodo più buio della dominazione nazifascista del Piemonte, nel 1944, usciva un piccolo periodico clandestino: "L'ora dell'azione". Era l'organo del "Fronte degli intellettuali piemontesi"; un piccolo volantino ciclostilato. Pur rendendomi conto dell'estrema irriverenza del paragone, questo lavoro, che vuole inaugurare una serie di "Quaderni della Maddalena di Chiomonte", si ispira a loro, a quegli intellettuali resistenti che credettero fosse loro dovere passare all'azione. Un intellettuale, se si ritiene tale o aspira ad esserlo, non può restare inerte e deve spendersi in prima persona per le cause che ritiene giuste, anche a costo di finire accerchiato, magari caricato dalla polizia chiamata dagli ex suoi compagni per ristabilire quella che loro chiamano la legalità, ed altro non è che il trionfo con la sopraffazione del pensiero dominante. Resistenza fu allora, resistenza deve essere oggi.

*Massimo Zucchetti
(Tessera ANPI n. 35744)*

Problemi ambientali connessi con l'attraversamento della bassa valle di Susa e della cintura a nord di Torino da parte della nuova linea ferroviaria ad alta capacità

Claudio Cancelli, Gianfranco Chiocchia, Claudio Scavia, Massimo Zucchetti

1. Premessa

Questo contributo cercherà di affrontare il problema dell'impatto ambientale della TAV/TAC con un approccio diverso dall'usuale: partirà infatti da quello che è, secondo noi, il quesito fondamentale a cui occorre rispondere, nel valutare l'impatto ambientale della nuova opera: se essa non modifichi drasticamente la destinazione del territorio, trasformandolo da quello che è attualmente in un corridoio di servizio industriale.

La zona in discussione non è una valle alpina periferica, ove si trovi qualche rara forma di vita, di cui preoccuparsi per conservare il patrimonio delle specie; è parte integrante dell'area metropolitana torinese, da cui deriva la propria vitalità economica. Si tratta, in altre parole, di una zona mista, in cui l'aspetto residenziale gioca un ruolo determinante, e che si regge su un delicato equilibrio di fattori potenzialmente conflittuali.

Si trovano nella zona in questione una ininterrotta serie di piccoli abitati - la maggior parte dei quali è esposto a sud, sulla sinistra orografica della Dora - di buon pregio sia per l'insediamento già esistente, sia per la prospettiva di sviluppo, in previsione di una moderata espansione edilizia o della ristrutturazione e recupero dei centri. Questo aspetto è determinante per l'economia della zona e per il relativo benessere dei suoi abitanti. E' bene avere presente che il numero dei tradizionali insediamenti industriali - spesso legati alla disponibilità di acqua, come i cotonifici e le fonderie - negli ultimi decenni si è fortemente ridotto, e di conseguenza si è ridotta l'offerta di posti di lavoro. Né è ragionevole attendersi, per l'indebolimento dei fattori di localizzazione dell'industria moderna, che la zona possieda alcun particolare destino industriale¹.

Per questo motivo la Comunità Montana e i singoli comuni hanno da tempo elaborato una politica di valorizzazione del territorio che punta sul suo carattere di cerniera tra città e campagna; in altre parole, sui seguenti elementi:

¹ Ci teniamo a ricordarlo perché, tra le tante favole che ci sono state raccontate, forse la più esilarante è quella che prometteva di trasformare con l'alta velocità ferroviaria la valle di Susa nella Silicon Valley d'Europa. Sembra uno scherzo; invece, è veramente accaduto.

- la presenza di verde, la vicinanza di parchi di interesse naturalistico, la felice esposizione, la quiete notturna, la disponibilità di asili e scuole inferiori per un popolo di pendolari relativamente benestanti;
- la potenzialità culturale e ambientale di attività turistica, per cui si sta attrezzando il territorio con una serie di strutture ricettive, quali punti di accoglienza e aree attrezzate, con campagne di promozione di prodotti tipici, con l'organizzazione di feste e fiere paesane etc.

Questo secondo punto non è irrilevante. Nei discorsi dei politici che dall'esterno si sono avvicendati a spiegare la situazione presente e futura del territorio, l'unica forma di turismo presa in considerazione sembra essere quella legata all'industria dello sci. In realtà, la bassa valle possiede un patrimonio di monumenti storici di grande interesse culturale - il circuito delle abbazie medievali, l'impianto romano e i monumenti di Susa, il borgo medievale di Avigliana, ed altri - che può integrare l'offerta turistica complessiva della zona. Inoltre, la bassa valle di Susa offre una forma di turismo familiare più accessibile sotto il profilo del costo, che riscuote successo. Se qualcuno ha dei dubbi, può venire a controllare in occasione di una delle tante sagre locali. Il giro di affari non comporta cifre dell'ordine delle decine di migliaia di miliardi, come le grandi opere costruite con il denaro pubblico, ma è un elemento importante nell'equilibrio economico della zona. Non stiamo ad enumerare le forme di attività che vi ruotano attorno; pensiamo che siano facilmente immaginabili.

Venendo ora al rapporto che intercorre tra l'esistenza di vie di comunicazione e la realtà appena descritta, esso è di natura ambivalente. Per un verso, l'esistenza delle strade statali 24 e 25 e di una linea ferroviaria abbastanza ben servita ha favorito il carattere metropolitano della zona, come è ovvio; basta osservare l'evoluzione degli insediamenti abitativi nell'ultimo secolo, per rendersi conto della connessione tra i due fattori. Il progressivo aumento di traffico, con il conseguente inquinamento chimico e acustico, tende tuttavia ad annullare la vivibilità della zona, e quindi l'insieme dei suoi motivi di decorosa sopravvivenza.

In linea di massima un sistema complesso possiede una certa dose di malleabilità, così che non risulta obbligatorio che esso venga sconvolto dall'inserimento di una grande opera. Ogni intervento tuttavia produce delle trasformazioni, e ogni equilibrio ha dei limiti, al di là dei quali si hanno drastici cambiamenti. Del resto la storia delle

evoluzioni territoriali è piena di clamorosi esempi di degradazioni irreversibili, che alla costruzione di grandi opere sono direttamente connesse. E' meglio quindi uscire dal generico. La configurazione della valle, nel caso di cui stiamo parlando, è già stata modificata dalla costruzione dell'autostrada del Frejus. Una volta aperto il traforo autostradale, la realizzazione dell'autostrada era probabilmente inevitabile, per evitare il permanente intasamento dei centri disposti lungo le due strade statali; ed è anche vero che alcune parti della valle hanno visto migliorare la loro accessibilità. Ma l'autostrada è stata inserita in un fondo valle già oberato da più strade, da una ferrovia, da un fiume. Per effetto dell'inquinamento chimico, del rumore², e dell'ingombro puro e semplice delle infrastrutture, si è formata al centro una fascia di mezzo chilometro, il cui valore residenziale sta rapidamente scomparendo; in questi anni si è potuto cogliere a occhio la trasformazione in atto, la decadenza degli edifici, e la progressiva concentrazione nella fascia dei settori più poveri della popolazione.

Oltre alle cittadine, sono rimasti a caratterizzare la valle come residenziale e turistica i centri addossati ai fianchi delle montagne. Collocati sui versanti, questi centri si trovano parzialmente al riparo dell'inquinamento chimico per il favorevole gioco delle brezze, anche se soffrono dell'attuale livello di inquinamento acustico, rispetto al quale risultano estremamente vulnerabili. E' difficile pensare che domani possano salvarsi da un passaggio continuo di treni pesanti sul fondo della valle, essendo esposti in alto, in una posizione non schermabile con le tradizionali barriere, e con alle spalle pareti di roccia alte un migliaio di metri, in alcuni casi a forma di anfiteatro.

Nella bassa valle esiste anche un grave problema di inquinamento chimico dei terreni. Negli anni '90 del secolo appena trascorso, è stato dato il permesso a una acciaieria di seconda fusione posta al confine tra i comuni di S. Didero e Bruzolo, più o meno a metà della bassa valle, di espandere la sua produzione fino a raggiungere un volume annuo circa dieci volte più alto di quello dei decenni precedenti. L'autorizzazione è stata concessa senza alcuno studio delle conseguenze che si sarebbero avute sui terreni, sulla produzione agricola, e sulla salute della popolazione, in un clima di totale complicità tra azienda, potere politico ed enti di controllo. Il risultato è che al momento attuale l'acciaieria emette più microinquinanti organici clorurati (diossine o diossine-simili) di

² Il livello di inquinamento acustico dovuto alla ferrovia, secondo misure eseguite da ARPA nel 1998 dietro richiesta di alcuni consigli comunali, risultava più alto di quello massimo consentito per legge, addirittura di 13 dB nel periodo notturno, anche nella fascia di pertinenza della infrastruttura. Per comprendere che cosa significhi questo dato, si può riflettere sul fatto che qualora il rientro nei limiti di legge fosse affidato a una diminuzione dei transiti, occorrerebbe dividere il numero dei passaggi per venti. Il che equivale a dire che la ferrovia nel periodo notturno andrebbe chiusa.

quanto farebbero una ventina di megainceneritori moderni che operassero nelle peggiori condizioni previste dalla legge³. Sia pure a fatica, è stato possibile superare il muro di reticenza che ha, a lungo, circondato questo argomento, così che è possibile dare ora un quadro della situazione:

- i terreni circostanti all'acciaieria sono inquinati in misura significativa fino a una distanza di circa 10 km in direzione est e in direzione ovest. La concentrazione di inquinanti va diminuendo con la distanza, fino a confondersi con il livello medio del territorio, ma nella zona centrale è attorno al valore limite consentito per le diossine – lo supera in una zona ristretta – e decisamente al di sopra per quanto riguarda le concentrazioni di policlorodifenili. Queste risultano dieci volte maggiori, sia nel valore medio, sia nel valore massimo, rispetto al resto del territorio piemontese, e nel punto peggiore superano di cinquanta volte il valore massimo di legge⁴.
- la contaminazione dei terreni e del foraggio trova una immediata corrispondenza nella contaminazione dei prodotti agricoli della zona. Dopo un controllo a campione, i prodotti di un certo numero di aziende sono stati destinati ad essere eliminati come rifiuti tossici, in base alla concentrazione misurata di diossine e furani. Il valore di concentrazione è risultato in successivi controlli poco al di sotto del valore che impone l'eliminazione del prodotto – salvo in un paio di aziende - ma rimane nella maggior parte dei casi ben al di sopra del valore che richiederebbe l'intervento dei poteri pubblici al fine di eliminare la sorgente di inquinamento. Tra l'altro, la situazione rimane al limite, perché non viene tenuto conto, nel computo della concentrazione dei microinquinanti, della presenza di policlorodifenili, per un ritardo nella legislazione a cui si sta cercando di porre rimedio in sede europea. La quasi totalità delle aziende agricole della bassa valle (circa 25) sarebbe costretta a chiudere, se nel conteggio del livello di contaminazione dei cibi venissero considerati i policlorodifenili diossina-simili, come è inevitabile che accada in un prossimo futuro;

³ La condizione limite non viene raggiunta quasi mai. Se si prendesse in considerazione il funzionamento reale di un inceneritore efficiente – quello di Brescia, ad es. - si otterrebbe un rapporto tra quantità di microinquinanti emessi dall'acciaieria e microinquinanti emessi dall'inceneritore, pari a qualche centinaio, cfr. Bonura A. et al., *Confronto tra le concentrazioni POP emesse dagli impianti di incenerimento di rifiuti solidi urbani prima e dopo il DM 505/97*, ARPA Lombardia, Dipartimento di Milano, 2003.

⁴ *Indagine sullo stato di contaminazione dei suoli da parte di inquinanti organici nel territorio della valle di Susa*, documento ARPA inviato ai sindaci di Bruzolo e di S. Didero il giorno 8 settembre 2004.

- per quanto riguarda la salute degli abitanti, un'indagine epidemiologica dell'ARPA⁵ mostra un evidente incremento nell'incidenza di gravi malattie – e di conseguenza di mortalità – nella popolazione della bassa valle di Susa. La distribuzione geografica dell'eccesso di mortalità ha struttura coerente, con un massimo accentuato nei comuni immediatamente circostanti l'acciaieria e va decrescendo quando ci si allontani dallo stabilimento, sia in direzione est o in direzione ovest, come la concentrazione di inquinante nel terreno. Dai dati sulle diagnosi ospedaliere si evince che il numero in eccesso delle persone colpite da gravi malattie è compreso tra dieci e venti ogni anno; non si tratta di un problema sanitario di poco conto.

Tra questi dati⁶ e il progetto di una nuova linea ferroviaria in valle di Susa ci sono relazioni di diverso carattere.

- Un legame è immediato. Una volta eliminata o ridotta l'intensità sorgente, l'unico modo per contenere gli effetti negativi della presenza di microinquinanti nel terreno consiste nel lasciarli adsorbiti alle componenti carboniose del suolo, visto che la decontaminazione è di fatto impossibile. I tempi di emivita di queste sostanze si misurano in decenni, ma non essendo solubili hanno una mobilità molto ridotta. Ebbene, tutte le opere all'aperto della nuova linea – i viadotti, i tratti in rilevato, la duplice interconnessione con la vecchia linea, le piattaforme di terra per i binari di stazionamento – sono collocate nella zona di massimo inquinamento dei terreni. Le nubi di polvere che sarà inevitabile sollevare per anni nelle imponenti operazioni di movimento terra, saranno le più tossiche tra quante sono state mai prodotte in un cantiere.
- Il secondo legame è di natura generale. La condizione della valle è già critica e richiederebbe interventi di risanamento, prima che il sommarsi di elementi negativi provochi un tracollo residenziale e agricolo. Non è credibile, per quante banalità vengano dette, che un'opera delle dimensioni della nuova linea ferroviaria risulti compatibile con un programma di risanamento, o anche solo di mantenimento dello stato attuale della valle.

⁵ *Studio epidemiologico geografico descrittivo: stato di salute della popolazione residente nel Comune di san Didero e Comuni limitrofi*, Centro regionale per l'epidemiologia e la salute ambientale, ARPA, dicembre 2004.

I comuni della basse valle di Susa e la Comunità che li rappresenta si oppongono alla realizzazione della Torino-Lyon perché ritengono che la nuova infrastruttura avrà sul loro territorio un effetto devastante, sia in fase di costruzione sia in fase di esercizio, complementare a quello delle infrastrutture che già esistono. Per essere chiari, pensano che essa priverà di valore le zone che si sono fino ad ora salvate e ridurrà a nulla le politiche di sviluppo del territorio perseguite in questi anni.

Occorre dire che qualche anno orsono, quando l'opportunità dell'opera veniva discussa in sedi colte, ma non istituzionali, l'argomento della inevitabile trasformazione del territorio veniva affrontato con una certa libertà. E' solo col nascere dell'opposizione all'opera da parte degli abitanti della valle che esso è stato prudentemente abbandonato. Allora, non si esitava a definire la bassa valle di Susa come un canale plurimodale di trasporto, e si parlava apertamente della necessità di ridisegnarne il territorio. Il problema è che per ridisegnare il territorio occorrerebbe spostare qualche migliaio di persone in qualche altro luogo⁷ - la bassa valle di Susa non possiede valloni laterali abitabili - e inventare per parte di loro una diversa attività economica.

E' nostra opinione che qualsiasi valutazione di impatto debba affrontare questa tematica, che è di rilevanza decisiva per gli abitanti del territorio. In questo contesto, vorremmo che fossero approfonditi alcuni aspetti, che a nostro parere sono preoccupanti.

2. Inquinamento acustico

Il problema del rumore fu il primo ad essere sollevato dalle comunità locali della Val Susa quando, tra la fine degli anni '80 e l'inizio dei '90, si iniziò a parlare di una linea ferroviaria *ad alta velocità* tra Torino e Lione. A quel tempo la soluzione prospettata era quella dei TGV francesi, con treni passeggeri in corsa a 300 km/h tra Torino e Susa sul fondo valle a cielo aperto. Anche se poi, come si vedrà, la tipologia della linea venne modificata, i problemi allora evidenziati restano attuali, in particolare quelli legati alla propagazione del rumore. Per la prima volta, infatti, si proponeva un tracciato di linea ad alta velocità in una valle alpina stretta (dove l'aggettivo "stretta" implica un fondo valle avente una larghezza dello stesso ordine dell'altezza dei monti che lo

⁷ A metà degli anni 90, uno degli scriventi si è sentito proporre da un assessore del Comune di Torino lo studio di un disegno di legge, volto a reperire i mezzi per la ricollocazione di parte degli abitanti.

fiancheggiando). In tali condizioni il rumore è soggetto a riflessioni da parte delle pareti rocciose, creando situazioni di amplificazione geograficamente mutevoli. A ciò si aggiunge il mutevole regime di brezza tipico delle valli alpine e la presenza di forti gradienti termici, sia l'uno che gli altri a regime diurno, che modificano le direzioni di propagazione del rumore per cui, ancora una volta, si generano amplificazioni ed attenuazioni che si sovrappongono alle precedenti, ma mutando di posizione nel tempo. Tutto ciò rende difficile la predizione dell'effettivo impatto acustico e fortemente opinabile l'utilizzo dei codici numerici normalmente impiegati a tal fine in zone di pianura o debolmente collinari. Ma l'aspetto forse più critico di una valle alpina stretta sta nel fatto che un gran numero di frazioni o abitazioni singole sono localizzate sui pendii in posizione elevata rispetto al fondovalle. Per inciso, spesso si tratta di quelle di maggior pregio, sia perché più panoramiche, sia perché più lontane dalle maggiori arterie di comunicazione. Proprio l'essere disposte più in alto della nuova linea ferroviaria le rende meno difendibili dal rumore da questa generato in quanto, se la schermatura offerta dalle normali barriere acustiche è abbastanza efficace a raso e verso il basso, essa lo è molto meno verso l'alto. A meno di costruirle altissime o tali da ricoprire parzialmente la linea, soluzioni ambedue molto costose e non sempre fattibili.

Di fronte alla sempre più insistente richiesta di chiarimenti sulla sostenibilità economica di una linea simile, tuttavia, i proponenti furono costretti ad esplicitare una sua più realistica destinazione d'impiego. Negli anni '90 emerse così l'attuale proposta di una linea a traffico misto, per merci e passeggeri (ma in realtà soprattutto per le prime) designata ora come *ad alta capacità*. Le velocità di esercizio furono drasticamente ridimensionate attestandosi su valori massimi di 130 – 150 km/h per i passeggeri e 100-110 km/h per le merci. In compenso il volume di traffico complessivo previsto al 2030 fu indicato in circa 400 treni/giorno sull'insieme delle due linee, quella esistente e quella nuova, in gran parte treni merci ad elevato tonnellaggio per asse. Nelle zone esposte al rumore di ambedue le linee ciò implica, come una semplice divisione dimostra, una frequenza di passaggio di un treno ogni 2-3 minuti. Anche per queste ragioni il progetto preliminare presentato nel 2003 prevede il passaggio in tunnel per la tratta di nuova linea compresa tra la pianura e Borgone. Restano tuttavia a cielo aperto l'intera zona di notevole pregio residenziale compresa tra Borgone e Bussoleno (comprendente gli abitati di S.Didero e Bruzolo) e l'attraversamento della

paesaggisticamente e culturalmente rilevante Val Cenischia (nonché, anche se esternamente alla Val di Susa, la gronda Nord di Torino, densamente abitata).

Anche se limitatamente alle zone non protette dal passaggio in tunnel, la nuova tipologia di utilizzo modifica notevolmente la questione del rumore per quanto ne riguarda la genesi, mentre la lascia immutata per quanto ne riguarda la propagazione. Mentre la soluzione precedente (treni a 300 km/h) avrebbe infatti comportato un rumore di natura prevalentemente aerodinamica, quella ora proposta (pesanti e lunghi treni merci) riporta alla tradizionale origine meccanica. Vi sono notevoli differenze tra l'emissione prodotta dalle due cause⁸ su cui qui non ci si addentra. Non si può invece non segnalare uno degli aspetti di maggior novità rispetto alle infrastrutture tradizionali che il pesante esercizio pensato per la linea mista comporta, cioè il fatto che il disturbo si caratterizza come una sequenza rapida ed ininterrotta di eventi acustici molto intensi separati da pause di durata estremamente ridotta.

Ancor più grave, tale disturbo sarebbe presente continuamente, sia di giorno che di notte. Per ragioni economiche non è infatti neppure pensabile che una linea come quella progettata venga interrotta nel periodo notturno. In effetti, secondo il modello di esercizio che viene prospettato, essa risulterà in funzione per 22 ore su 24, le due che mancano essendo dedicate alla manutenzione. Vi sono state proteste, qualche volta violente, attorno alle nuove linee passeggeri ad alta velocità in molte parti del mondo; ma questa situazione è una novità assoluta (per esempio, le linee TGV francesi hanno una interruzione notturna tra le 23 e le 7) che prospetta un problema dalle conseguenze più radicali di quelle consuete. E' noto che le abitazioni inquinate da rumore solo nel periodo diurno perdono valore (vi sono modelli econometrici che stimano, sia pure in modo approssimato, il loro deprezzamento percentuale in funzione dei decibel aggiunti). Non si può dire altrettanto, tuttavia, di una abitazione esposta ad un alto livello di rumore nel periodo notturno. Ove non si riesce a dormire, non si può vivere. Il valore di mercato dell'abitazione viene in questo caso ridotto a nulla.

Il problema è grave anche in termini generali, perché investe la normativa vigente, secondo la quale l'intensità dell'inquinamento acustico si valuta in termini di Livello Medio Equivalente (Leq), in sostanza di un valore medio energetico sull'arco di tempo

⁸ Chiocchia G., *Il problema del rumore nei treni ad alta velocità*, Le Strade, n. 1294, 1993

considerato (il giorno o la notte). Così facendo tutte le specificità legate all'andamento temporale del rumore scompaiono, picchi e pause sono cancellati e l'intera emissione è trattata alla stregua di un disturbo di intensità costante con valore compreso tra gli effettivi minimi e massimi. Il fatto che le legislazioni utilizzino il Leq per l'imposizione dei valori di soglia dipende da numerose cause, non ultime la praticità di procedimenti standardizzati di misura e la riduzione ad un unico parametro numerico che permette facili confronti. Ma il fattore più plausibile è probabilmente quello storico, che fa sì che il Leq – non insensato per valutare disturbi acustici caratterizzati da decorsi abbastanza uniformi nel tempo (come i rumori prodotti da fabbriche o autostrade) o intensi ma separati da lunghe pause (come il rumore delle tratte ferroviarie tradizionali) – continui ad essere utilizzato anche nelle situazioni completamente nuove che sono emerse negli ultimi decenni. Il fatto è che questo utilizzo è improprio in contesti come quello in oggetto.

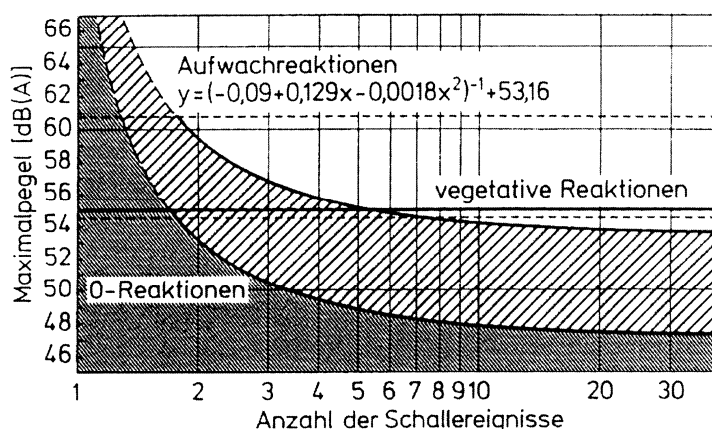
In effetti, a partire dagli anni '80 hanno iniziato ad apparire articoli e testi, principalmente in ambito psicoacustico, in cui l'uso del Leq è stato messo sotto accusa. La tematica è affrontata frontalmente nel recente testo di Kalivoda e Steiner⁹ che riporta anche un'ampia bibliografia al riguardo ed evidenzia come, in particolare per rumori fortemente variabili, questo procedimento sia problematico e debba essere considerato alla stregua di una grossolana approssimazione.

Oltre a ciò nel Leq vengono ignorati tutti i contributi di rumore il cui livello è inferiore di 10 dB a quello dominante. Pause di silenzio, essenziali per la rigenerazione psicologica e sensoriale dei soggetti esposti, possono quindi essere rimpiazzate da eventi sonori il cui livello si colloca 10 dB al di sotto dei rumori dominanti senza che il Leq ne sia influenzato. Eppure la letteratura è ricca di ricerche che documentano sia manifestazioni di stress psicologico delle popolazioni esposte a rumori elevati ed intermittenti, sia patologie extra-uditriche (quindi non direttamente legate al danno acustico), tipicamente cardiocircolatorie, gastroenteriche e neuro-endocrine. Da tutti questi studi emerge che *non i valori medi equivalenti, ma i livelli di picco degli eventi acustici sono la componente essenziale per le reazioni psicologiche e fisiologiche delle persone esposte a disturbi acustici frequenti e variabili nel tempo*. Ciò è anche dimostrato dal fatto che l'inclusione dei livelli di picco nelle indagini sulle popolazioni

⁹ Kalivoda M.T., Steiner J.W. (Hrsg.), *Taschenbuch der angewandten Psychoakustik*, Springer, 1998

migliora grandemente la correlazione tra le misure acustiche e il disturbo come viene percepito¹⁰.

Impressionanti anche sono i danni che un'eccessiva esposizione al rumore può produrre nei bambini in età scolare. La vasta letteratura sull'argomento non fa sostanziale distinzione tra rumori intermittenti e continui. Le patologie, di natura principalmente cardiocircolatoria, gastroenterica e neuro-endocrina, sono numerose e ben documentate. Di particolare interesse sono quelle relative allo sviluppo mentale dei bambini che crescono in zone esposte a livelli di rumore tali da disturbare sensibilmente la comunicazione. In questo caso è ragionevole ritenere che l'intermittenza del rumore, impedendo la comprensione completa di frasi delle quali si intendono alcune parti ed altre no, possa giocare un ruolo molto importante. Si citano al riguardo gli studi di Cohen¹¹, condotti in prossimità dell'aeroporto di Los Angeles (in presenza quindi di livelli di rumore intermittenti e fortemente discontinui), che mostrano importanti danni motivazionali e cognitivi negli scolari.



Ma il problema più importante è probabilmente quello del disturbo del sonno. Se non nelle normative, almeno nella più qualificata letteratura scientifica i valori di soglia notturni per il risveglio indotto dal rumore sono differenziati a seconda della tipologia di questo. Se esso è uniforme e privo di specificità evidenti si può effettivamente

¹⁰ Kalivoda M.T et al., op. cit.

¹¹ In particolare:

- Cohen S., Evans G.W., Stokols D. et al., *Behavior, health and environmental stress*, Plenum Press, 1986
- Cohen S., Glass D.C., Singer J.E., Apartment noise, auditory discrimination and reading ability in children, *J. Exp. Soc. Psychol.*, 9, 1973, pp. 407-422
- Cohen S., After effects of stress on human performance and social behavior: a review of research and theory, *Psychol. Bulletin*, 88, 1980, pp. 82-108

impiegare il livello acustico equivalente Leq. Se invece il rumore è intermittente, allora il parametro fondamentale è una combinazione tra i livelli di picco ed il numero complessivo di eventi durante il periodo notturno¹². Un fondamentale contributo a tale riguardo è stato fornito da Griefahn¹³ che, sulla base di una raccolta di dati estratti da numerosi studi, costruì un diagramma (qui ripreso dal citato testo del Kalivoda) sulle cui ascisse è riportato il numero di eventi durante il periodo notturno e sulle ordinate i livelli di picco di tali eventi a cui corrispondono determinate reazioni. L'area più scura è quella in cui non si registra alcuna reazione di disturbo, mentre in quella tratteggiata si manifestano reazioni di tipo vegetativo. Il limite superiore di queste ultime, tuttavia, è la soglia del risveglio (*Aufwachreaktionen*): come si vede essa decresce rapidamente all'aumentare del numero di eventi. Il grafico si ferma a circa 40 eventi / notte, ma l'esercizio previsto per la doppia linea (tradizionale e AC) Torino – Lyon ne prevede più di cento (valore approssimato per difetto). Per la curva del risveglio il Griefahn fornisce anche un'interpolazione algebrica (riportata nel grafico): inserendovi il valore di 100 transiti /notte si trova che i loro livelli di picco non devono superare 53 dB (tale valore appare con evidenza visiva anche come asintoto orizzontale della curva del risveglio).

Le protezioni acustiche da predisporre sulla Torino – Lyon (barriere o altro) dovranno quindi essere in grado di *abbattere sotto la soglia dei 53 dB non i livelli medi equivalenti del rumore notturno, bensì i livelli di picco*, se si desidera evitare il ripetuto (e rapidamente definitivo) risveglio dei residenti. Se perfino il primo obiettivo (imposto sui Leq) è assai impegnativo, il secondo è probabilmente impossibile, a meno di ricorrere a coperture integrali della linea. Uno studio condotto dal Politecnico di Torino per la Comunità Montana Bassa Valle Susa e Val Cenischia¹⁴ ha infatti evidenziato (in assenza di barriere acustiche e sulla base di un modello di esercizio ipotizzato, ma molto simile a quello successivamente indicato dai proponenti l'opera) livelli di picco compresi tra 75 e 80 dB(A) separati gli uni dagli altri da periodi di quiete non più lunghi di 4 o 5 minuti (ma spesso assai più brevi) per un ricettore situato alla distanza di 643 m dalla linea storica e di 425 m dalla linea AC in posizione leggermente elevata rispetto ad

¹² Vallet M., Sleep disturbance, Ch. 5 of: Nelson P.M. Ed., *Community effect of noise*, Butterworth, London 1986,

¹³ Griefahn B., Research on noise and sleep: present state. In: Berglund B., Lindvall T. Eds, *Noise as a public health problem*, Vol.5, Swedish Council for Building Research, Stockholm, 1990, pp. 17-20

¹⁴ Chiocchia G., Cancelli C., Clerico M., *Studio dell'inquinamento acustico nella Bassa Valle di Susa*, Contratto di ricerca tra la Comunità Montana Bassa Valle di Susa e Val Cenischia ed il Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale del Politecnico di Torino, 2002

ambidue. Ricettori più prossimi all'una o all'altra linea saranno esposti a livelli di picco assai maggiori. Le protezioni acustiche dovrebbero quindi essere in grado di garantire abbattimenti del rumore superiori a 40 dB, un compito che davvero appare superiore alle loro attuali prestazioni.

Non si può infine dimenticare che normalmente il problema del rumore si manifesta associato ad un disturbo da vibrazioni. La predizione di questo è difficile, in quanto l'efficacia della trasmissione delle vibrazioni dalla sorgente ferroviaria fino agli abitanti dipende da numerosi e variabili fattori quali la natura del suolo (roccioso, sabbioso, argilloso ...), il tipo di costruzione degli edifici, l'altezza del piano a cui si trova l'abitazione ecc... A ciò si aggiunge che l'organismo umano non reagisce negativamente a tutte le frequenze, ma particolarmente a quelle basse comprese tra 1 e 100 Hz. Diverso è tuttavia il discorso quando si considera l'effetto delle vibrazioni sulla percezione soggettiva del rumore in presenza contemporanea dei due disturbi. In tal caso può notevolmente abbassarsi la soglia di percepibilità del disturbo acustico e elevarsi in compenso quella del disturbo vibratorio, come dimostrato dagli studi di Meloni e Krüger¹⁵. Ciò spiega, tra l'altro, la curiosa rarità delle proteste contro le vibrazioni anche là dove le basse frequenze di queste ultime le lascerebbero prevedere: essendo normalmente le vibrazioni associate a rumore, infatti, la protesta dei residenti si concentra su quest'ultimo proprio in quanto effetto dominante, anche perché rafforzato dall'altro.

A conclusione di quanto esposto, è evidente che nelle condizioni previste per linea ad alta capacità Torino – Lione la zona di forte impatto acustico non può essere stimata tra i 100 e i 200 metri per lato, come nella maggior parte dei casi di pianura. Le valutazioni che conducono a queste stime, oltre ad essere basate sull'uso del Leq come parametro di giudizio, si avvalgono di codici di calcolo che non tengono conto degli effetti tipici delle valli alpine. Basti pensare che nella propagazione del suono a raso un forte contributo all'attenuazione proviene dall'interferenza col terreno e dall'effetto di schermo che gli oggetti adiacenti alla linea esercitano nei confronti di quelli più lontani. Né l'uno né l'altro effetto possono essere invocati a favore di centri come S. Didero, Bruzolo, S. Giorio, Chianocco, in parte Bussoleno e Borgone, collocati in posizioni

¹⁵ Meloni T., Krüger H., Wahrnehmung und Empfindung von kombinierten Belastungen durch Lärm und Vibration, Z. Lärmebekämpf. 37, 1990, pp. 170-175

elevate sui declivi a lato del fondovalle. Quanto all'attenuazione con la distanza, fino a che questa è paragonabile alla lunghezza del treno (quindi anche fino a 2 km) l'intensità sonora diminuisce di soli 3 dB ogni volta che raddoppia. Soltanto a distanze maggiori l'attenuazione inizia a procedere in ragione di 6 dB per raddoppio.

Un appunto finale riguarda i dati di emissione che è corretto utilizzare nella valutazione dell'impatto acustico. I valori normalmente assunti dai proponenti l'opera, infatti, fanno riferimento a condizioni ottimali di esperimento e vengono giustificati con l'affermazione che le nuove linee saranno mantenute nelle stesse ottimali condizioni e che saranno percorse soltanto materiale rotabile di nuova concezione e quindi assai meno rumoroso dell'attuale. E' difficile credere che questa previsione possa essere rispettata. L'impresa, del costo di decine di miliardi, si propone di strappare 40 milioni di tonnellate per anno di merci a percorsi ferroviari alternativi o ad altri mezzi di trasporto. La costruzione sarà addossata all'erario e la stessa gestione della linea probabilmente dovrà essere sovvenzionata. Che in tali condizioni si possa negare il permesso di transito a convogli in non perfette condizioni o siano eseguibili i costosi lavori di manutenzione e il rapido ricambio del materiale rotabile necessari per tenere sotto controllo l'emissione acustica, sembra onestamente da escludere. Ciò anche perché l'influenza dei costi di manutenzione sul bilancio di esercizio diviene rapidamente esiziale quando il funzionamento dell'impianto si avvicina a un ciclo continuo, come nella linea in questione. Lo stato di manutenzione del materiale risulterà quindi mediocre, una situazione in cui l'intensità dell'emissione acustica e vibratoria può crescere di un ordine di grandezza (circa 10 dB) rispetto ai valori caratteristici del materiale nuovo¹⁶.

3. Attività di scavo e cantiere

Lo scavo di molti chilometri di galleria pone il problema del trasporto e della messa a deposito della roccia estratta (smarino).

A tale riguardo occorre distinguere tra le soluzioni proposte da LTF per la tratta internazionale e da RFI per la tratta nazionale.

¹⁶ Barsikow B., King III W.F., Die Schallabstrahlung des Hochgeschwindigkeitszuges Intercity Experimental (ICE) der Deutschen Bundesbahn, Fortschritte der Akustik, Proc. DAGA 1987, pp. 209-212

La tratta internazionale prevede la costruzione di due gallerie del diametro di circa 10m e di lunghezza superiore ai 50km (tunnel di base) e di due gallerie dello stesso diametro e di lunghezza pari a circa 12km tra Venaus e Chianocco.

Supponendo che solo metà dello smarino estratto dai tunnel di base sia da smaltire in Italia e un coefficiente pari a 1.4 di aumento del volume della roccia in seguito a scavo, si ottiene una stima del materiale da smaltire pari a circa 6 milioni di m³.

La società LTF propone di mettere a deposito tale volume di smarino alla Carrière du Paradis, sita al passo del Moncenisio a più di 2000m sul livello del mare. A tale scopo si prevede la costruzione di un nastro trasportatore sul fondo valle di diversi chilometri di lunghezza e di una teleferica per collegare il nastro al Moncenisio. L'impatto ambientale e paesaggistico di queste opere è evidente, come pure l'assurdità dal punto di vista energetico, di far fare a 6 milioni di m³ di materiale un dislivello di più di 1500m.

La tratta nazionale prevede lo scavo di due gallerie di circa 20km per un totale di circa 4.4 milioni di m³ di smarino. Di questi il progetto preliminare prevede lo stoccaggio in valle di soli 0.8 milioni di m³, in quanto si ipotizza che 3.6 milioni di m³ possano essere riutilizzati.

In particolare si prevede che 3.2 milioni di m³ siano riutilizzabili per ricavare inerte per le opere in calcestruzzo. Tale ipotesi è estremamente ottimistica, in quanto la roccia deve possedere specifiche caratteristiche per poter essere trasformata in inerte adatta al confezionamento del calcestruzzo. Occorre a questo punto costruire anche uno scenario pessimistico, che non preveda riutilizzo del materiale e che indichi con precisione dove mettere a deposito i 4.4 milioni di m³ di smarino (la valle non presenta siti adatti a tale scopo) e dove estrarre i 3.2 milioni di m³ di inerte per le opere in calcestruzzo (nuove cave in valle?).

In definitiva il problema del deposito dello smarino rimane per il momento insoluto sia per la tratta internazionale che nazionale (si tratta in totale di un volume di circa 10 milioni di m³ equivalente a quello di una piramide di base pari a un ettaro e di 3000m di altezza).

4. Presenza di materiali pericolosi: amianto

Nel gennaio 2003 un'equipe di geologi del centro di Geotecnologie dell'Università di Siena ha svolto, per conto di RFI, un'indagine finalizzata alla ricerca di amianto nelle

rocce della bassa valle, con prelevamento di 39 campioni in 29 punti di osservazione, ubicati in superficie nel territorio compreso fra Grange di Brione e Condove. In circa la metà dei campioni esaminati è stata riscontrata la presenza di amianto in diverse forme. Occorre ricordare come l'amianto possa essere contenuto nella formazione delle Pietre Verdi non in modo diffuso ma si localizzi in zone di frattura o di faglia. Ciò significa che la stima del suo quantitativo può avvenire solo dopo la costruzione di un accurato modello geologico, che permetta di conoscere l'ubicazione di fratture e faglie in profondità. In ogni caso, a causa delle incertezze relative alle previsioni geologiche, sarebbe possibile valutare la quantità di amianto intercettato dalle gallerie solo al momento dello scavo delle gallerie stesse.

Anche in assenza di un tale modello geologico, RFI ha valutato l'estrazione di materiale roccioso che può contenere amianto: il volume previsto è di 1.150.000 metri cubi (per avere un'idea si pensi ad un grattacielo di base 50 per 50 alto 460 metri). E' previsto che circa la metà (500.000 mc) di questo materiale venga stoccato in località Tetti S. Mauro (Almese); dal progetto non viene garantito alcun piano di sicurezza che possa impedire la dispersione di fibre d'amianto durante le fasi di scavo, trasporto e stoccaggio. La necessità di esaminare tutta la roccia estratta comporterà la sua messa a deposito in ambiente sigillato da cui il verranno prelevati i campioni da portare a esaminare in laboratori specializzati, con ritardi enormi nei tempi di esecuzione delle operazioni di scavo. Il trasporto e la messa a deposito dovranno tenere in conto i venti da Ovest anche violenti che spazzano spesso la valle

Tra le malattie causate dall'amianto, il mesotelioma, tumore maligno della pleura, è sicuramente la più grave. Si manifesta dopo 15-20 anni dall'inalazione di particelle di amianto, ma ha una mortalità del cento per cento e conduce a morte in media entro nove mesi dalla diagnosi. Non esiste esposizione sicura, cioè non esiste una soglia di esposizione al di sotto della quale l'amianto sia innocuo. Nella nostra provincia si verificano ogni anno 5 decessi per mesotelioma ogni 200.000 abitanti: è una percentuale molto più alta rispetto a quella nazionale. Nel caso di una prolungata esposizione ambientale, come quella che dovrebbe derivare dalla movimentazione di più di un milione di tonnellate di rocce contenenti amianto, i casi di questa malattia potrebbero aumentare di molto.

5. Presenza di materiali pericolosi: uranio

In questa ultima parte vogliamo occuparci di alcuni problemi di radioprotezione relativi alla realizzazione dell'alta velocità, connessi in particolare con il passaggio del traforo in formazioni geologiche con presenza di minerale d'uranio, in Valle di Susa e nelle valli vicine. Qui, la ricerca di giacimenti minerari uraniferi iniziò già alla fine degli anni cinquanta- primi anni sessanta¹⁷. Negli anni settanta, la zona fu oggetto di ricerca da parte dell'Agip per le sue potenziali caratteristiche uranifere¹⁸. Studi più recenti sono quelli svolti dall'ARPA di Ivrea (Agenzia Regionale Protezione Ambiente), effettuati in zona nei vari cantieri dell'AEM nel 1997. Le misurazioni effettuate hanno riscontrato una concentrazione di attività nelle rocce che – sebbene assai contenuta – può essere comunque rilevante ai fini radioprotezionistici.

Il Radon e i suoi figli - generati dalla serie dell'Uranio 238 - sono responsabili per circa 1.2 mSv/anno di fondo naturale, ed in particolare per circa il 75% dell'irraggiamento interno e per circa il 50% di quello totale, che risulta essere di circa 2.4 mSv/anno¹⁹.

I gas radioattivi liberati durante il decadimento delle famiglie dell'Uranio e del Torio (Radon 220, Radon 222) vengono introdotti nell'organismo principalmente per inalazione. Il decadimento dell' ^{238}U è responsabile della produzione del ^{226}Ra che decade α , dell'isotopo ^{222}Rn ; l' ^{235}U dà origine a ^{220}Rn e ^{232}Th dà origine a ^{220}Rn . Il Radon produce a sua volta isotopi metallici radioattivi, di cui i più importanti sono: ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , ^{214}Bi , ^{210}Po , la cui reattività chimica li porta a legarsi con il pulviscolo atmosferico che, una volta inalato dall'uomo, si fissa alle mucose polmonari. I delicati tessuti si trovano allora in immediato contatto con gli isotopi radioattivi emettitori di particelle α . Essi perciò, depositati sulle superfici dell'apparato

¹⁷ Si veda ad esempio:

[1] G. Borello, "Permesso di ricerca Rocca d'Ambin per minerali di uranio e torio in alcuni comuni della Valsusa", Diverse Relazioni per Somiren SpA. e Agip SpA Attività Minerarie. S. Donato Milanese (MI) 1959/1960.

[2] Sergio Lorenzoni, "Studio geo-petrografico del versante italiano del Massiccio d'Ambin". Consiglio Nazionale delle Ricerche, Centro Nazionale per lo Studio Geologico e Petrografico, Società Cooperativa Tipografica, Padova, 1965, in particolare: pp.79-80. <http://www.legambientevalsusa.it/Images/uranio-amianto/cnr65.jpg>

[3] Stefano Zucchetti, *Studio Geo-minerario delle zone radioattive nel deposito di Traversella, (Torino)*, L'Industria Mineraria, anno XI, 2, 1960, pp.887-909.

[4] Stefano Zucchetti, *Uranium-Bearing Bodies in the Ore Deposits of Travesella (Italy)*, Economic Geology, vol. 56, n.8 (1961) pp. 1469-1471.

[5] Stefano Zucchetti, *Primi risultati ottenuti nella studio della mineralizzazione radioattiva del deposito di Traversella (Torino)*. Rendiconti della Società Mineralogica Italiana, anno XVII (1961) pp.599-604.

[6] Stefano Zucchetti, *Su una zona uranifera con allanite nel deposito di Traversella (Torino)*. Rendiconti della Società Mineralogica Italiana, anno XVIII (1962) pp. 3-10.

¹⁸ Emilio Pacchiarotti, "Relazione Geomineraria e Programma dei lavori relativi al permesso di ricerca per minerali di uranio e di torio denominato Rocca d'Ambin", AGIP S.p.a., S. Donato Milanese, 15 aprile 1977.

¹⁹ C. Polvani, *Elementi di radioprotezione*, ENEA, Roma, 1987.

respiratorio, particolarmente nell'area tracheobronchiale, causano assorbimento di radiazioni.

L'esposizione alle radiazioni ionizzanti è fonte di rischio per gli esseri viventi. Esso è proporzionale alla dose assorbita, ma è anche strettamente legato al tipo di radiazione incidente e alla radiosensibilità dei vari organi e tessuti irradiati. La pericolosità della radiazione, intesa come potenzialità di indurre un danno ai tessuti biologici, sono di tipo ritardato. Per questi ultimi non è definibile una dose soglia: hanno la caratteristica di causare comunque un aumento della probabilità di comparsa del danno, e non della sua entità. Sono questi gli effetti cui è legata l'inalazione di radon e dei suoi prodotti di decadimento, per i quali il rischio connesso è appunto lo sviluppo di danni ritardati, nella fattispecie, l'insorgenza di neoplasie a carico dell'apparato respiratorio.

In questa parte del lavoro ci si interessa al rischio da Radon per inalazione in ambienti chiusi²⁰. Alla luce di quanto detto, nasce la necessità di stimare la possibile concentrazione di radon all'interno del tunnel di cui si prevede la costruzione, al fine di verificare che le dosi assorbite dagli individui durante la permanenza nel tunnel si mantengano al di sotto dei livelli di azione fissati dai decreti legislativi di riferimento. Prima necessità è allora la conoscenza del dato di concentrazione d'uranio nelle rocce, o quanto meno del suo valore massimo. Il progetto della realizzazione in una zona caratterizzata da minerale d'uranio di un doppio tunnel della lunghezza di 52 Km rende necessaria una campagna di misurazione e rilevazione delle concentrazioni di Uranio mediante carotaggi a profondità e distanze adeguate, per potere valutare l'effettiva dose in cui potrebbero incorrere gli utenti dell'opera in esame. A questa andrebbe aggiunta una valutazione dei meccanismi di trasporto del Radon (e progenitori) attraverso le acque sotterranee.

Del rischio radiologico a cui sono esposti i lavoratori bisogna tenere conto con attenzione: anche se venisse confermata una presenza considerevole di gas radon nelle gallerie, essa non costituirebbe di per sé una prova della presenza nelle immediate vicinanze di grossi quantitativi di uranio, perché, come ricordato, il radon può compiere tragitti non trascurabili a partire dal luogo in cui è stato prodotto e raggiungere quindi

²⁰ I rischi da inquinamento indoor da gas radon sono da imputare principalmente ai prodotti di decadimento che, essendo metalli pesanti, tendono a legarsi al corpuscolo aereo; per questo motivo si fa spesso differenza tra rischi per fumatori e per non fumatori. Infatti il particolato aspirato durante il fumo si lega con particelle attive ed irradia i polmoni provocando dei danni biologici.

concentrazioni elevate in zone dove è scarsa la ventilazione. Così come anche la presenza di concentrazioni modeste di uranio nelle rocce non porta a escludere elevate concentrazioni di radon nei locali, radon che può essere stato prodotto altrove e successivamente trasportato. Sebbene i lavoratori dei cantieri di un tunnel convenzionale (e non di una miniera d'uranio) possano a prima vista non sembrare, esposti a particolare rischio radiologico legato alla presenza di minerali di Uranio, il radon può costituire un effettivo pericolo, in base alle osservazioni fatte sulla sua mobilità e in assenza di accorgimenti atti ad evitarne l'accumulo.

I valori riportati dalle varie misurazioni di radioattività in vari siti della zona non sono tali da poter essere trascurati in linea di principio, in quanto, sebbene alcuni valori rilevati siano bassi, il tipo di attività costruttiva che si prevede abbia luogo può causare esposizioni non trascurabili, specie per quanto riguarda i lavoratori addetti alla costruzione dell'opera. Alla luce di quanto stabilito dai decreti 230/95 e 241/2000²¹, particolare attenzione va posta nei confronti dei lavoratori.

Va garantito il rispetto dei limiti d'azione posti di:

- 500 Bq/m³;
- 3 mSv/y;

Obiettivo di questa parte del lavoro è il calcolo della dose impegnata da un individuo presente a vario titolo nella galleria indicata. Per ottenere questi risultati si utilizzerà un codice di calcolo fornito dal DOE americano, RESRAD²².

Si è deciso di analizzare più nel dettaglio un caso specifico, caratterizzato da valori di concentrazione di attività di Uranio pari a 0.0265 Bq/g. Questo valore pare verosimile, in particolare il valore di concentrazione si riferisce alle misurazioni condotte dall'AEM durante i sopralluoghi all'interno di una galleria di servizio, posta poco distante da

²¹ Per quanto riguarda il radon il campo di applicazione della normativa si limita solamente ai locali adibiti ad attività lavorative e rimangono escluse le abitazioni civili chiarendo espressamente il fatto che una collaboratrice domestica non è equiparata a lavoratore dipendente. Il Decreto legislativo 26/05/2000 n° 241 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 31/08/2000), è integrazione del precedente Decreto Legislativo n° 230 del 17/03/1995 in materia di radiazioni ionizzanti. Il decreto in questione ha recepito la direttiva 96/29 Euratom del 13/05/1996 in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.

²² Questa, le precedenti versioni, i manuali d'uso e gli altri codici RESRAD sono disponibili all'indirizzo <http://web.ead.anl.gov/resrad>. Il codice permette di procedere a valutazioni parametriche che evidenzino l'importanza, in particolare, di ventilazione e concentrazione di radionuclidi, al fine di mantenere le dosi all'uomo al di sotto dei limiti scelti. L'uso del programma prevede che la caratterizzazione del sito contaminato avvenga attraverso l'inserimento di valori numerici per numerosi parametri (porosità del terreno, permeabilità, spessore ed estensione dello strato contaminato, ecc...). Il calcolo della dose tiene conto delle diverse vie d'esposizione. Per l'esposizione al radon vengono considerati dei parametri di inalazione tra cui i più importanti sono la durata dell'esposizione e il tempo per cui si rimane all'interno della struttura considerata per il calcolo. Per quest'ultima bisogna inserire le dimensioni e la profondità dal livello del suolo.

Venaus e dall'abitato di Exilles²³. Si tratta di un valore estremamente contenuto, se si pensa che la media mondiale di concentrazione di U nelle rocce è stimata essere 0.025 Bq/g.

In corrispondenza di questi valori, la quantità di dose assorbita a causa della permanenza all'interno del tunnel supera la soglia d'intervento in assenza di inadeguata ventilazione²⁴, arrivando in particolare ad un valore di dose efficace equivalente di circa 197 mSv/y, assolutamente non realistico, data l'assenza totale di ventilazione. L'abbattimento della dose sotto i due valori critici è assicurato dai valori di ricambio d'aria indicati in tabella:

soglia	3 mSv/y	1 mSv/y
<i>Air exchange</i> necessario (1/h)	0.374	0.868

Tabella.

Valori di air exchange sufficienti ad abbattere la dose sotto i valori soglia.

Un altro scenario di possibile rischio è la dispersione di polveri radioattive provenienti dal materiale di smarino. Tuttavia risultati²⁵ ottenuti appositamente mediante il codice GEN II²⁶ confermano come la fase di deposito del materiale possa dare, dal punto di vista radioprotezionistico, minori rischi rispetto alla fase estrattiva o di perforazione. Se applichiamo i coefficienti di rischio del ICRP, si ha che per ogni mille tonnellate di materiale rilasciato sotto forma di polveri, occorrerebbe esporre circa 46000 persone alla dose individuale così causata per avere un evento grave (tumore) in più rispetto alla

²³ Lettera dell'ARPA Piemonte, Dipartimento Subprovinciale di Ivrea, a Legambiente, su "Risultati analisi campione di roccia", a firma Mauro Magnoni e Giampaolo Ribaldi Ivrea, 9.10.1997, rif. 1372/IR 93, prot. n.3065. Reperibile al sito: <http://www.legambientevalsusa.it/Images/uranio-amianto/arpa.jpg>. ARPA Piemonte, Dipartimento Subprovinciale di Ivrea, "Relazione tecnica sul problema della radioattività in Val di Susa". Relazione n. 193/IR (1998); trasmessa al Prefetto di Torino, alla Regione Piemonte e all'ARPA Piemonte Dip. Grandi Rischi, con lettera dell'ARPA Piemonte, Dipartimento Subprovinciale di Ivrea, a firma Giampaolo Ribaldi del 19.2.1998, rif. IR/49, prot. 1798.

²⁴ Come citato, il calcolo è condotto riferendosi sempre ad uno scenario che prevede un orario di 1500 ore lavorative l'anno, per un totale di 11400 m³/y inalati, massa inspirata per ogni inalazione 0,0001 g/m³, frazione di tempo passata al chiuso sulla zona contaminata 0,17 e considerando che la durata dell'esposizione sia di un solo anno.

²⁵ Si può ipotizzare che una unità di massa – per esempio una tonnellata – di materiale sia dispersa dagli agenti atmosferici a seguito della risospensione di polveri da un deposito a cielo aperto. Mediante il codice di diffusione e calcolo di dose GEN II è possibile stimare la dose ad un individuo della popolazione che abbia la ventura di trovarsi nelle vicinanze del punto di rilascio. La dose impegnata è massima alla minima distanza, considerata pari a 500 m, ed è pari a 0,36µSv, una quantità piccola, che cresce in maniera direttamente proporzionale alla massa dispersa; con una tonnellata, essa scende al disotto del decimo di µSv se la distanza è superiore al chilometro. E' importante notare come soltanto il 5% di questa dose sia dovuta al ²³⁸U vero e proprio, mentre il resto sia da imputarsi ai suoi prodotti di decadimento (principalmente ²³⁰Th = 44% e ²²⁶Ra = 34%).

normalità: si può quindi definire – se le quantità sono non superiori a quest’ordine di grandezza – come irrilevante questo rischio. Si parla, ovviamente, soltanto del rischio da radiazioni dovuto alla presenza di polveri di uranio, nulla dicendo di asbesto, particolato o altri materiali pericolosi

Ritornando alla dose da Radon in ambienti chiusi durante la fase di perforazione, possiamo concludere quanto segue:

- I risultati cui si giunge sono d’interesse perché danno un’indicazione dell’ordine di grandezza delle dosi ricevute dal gruppo critico, che risulta essere costituito dai lavoratori addetti allo scavo del tunnel.
- Il problema del rischio da radon è sottolineato dalla normativa vigente; anche in presenza di piccole concentrazioni di precursori del gas (cioè di uranio), negli ambienti sotterranei si possono avere dosi non trascurabili: infatti, i livelli di azione posti dal D.Lgs. 241/2000 sono stringenti, e anche in ambienti nei quali non si abbia presenza diretta di minerali di uranio, essi possono risultare difficili da rispettare. In presenza di quantità piccole di minerale di Uranio, il problema relativo alla presenza del gas viene accentuato. Particolare attenzione va posta nei confronti della possibile dose cui incorrono i lavoratori: va garantito il rispetto dei limiti d’azione che sono posti a 500 Bq/m^3 (concentrazione di Radon in aria del tunnel) oppure 3 mSv/y (dose da radiazione per i lavoratori addetti)
- Si è cercato di evitare l’utilizzo di dati non confermati o apparentemente esagerati, sia sulle concentrazioni dell’elemento che sugli effetti del radon sulla salute, attenendosi invece prudentemente – per le prime - a misurazioni di concentrazione effettuate da parti terze in tempi non sospetti, come ad esempio quelle AEM per la galleria di Venaus.
- I risultati ottenuti smentiscono i timori più gravi, evidenziando come vi siano mezzi a disposizione per ridurre il rischio da radon negli scenari considerati: basta ovviamente esserne consapevoli e porli in essere affrontandone il costo.
- D’altra parte, gli stessi risultati mettono in evidenza come il rischio da esposizione da radon nell’ambiente sotterraneo considerato non sia trascurabile: abbiamo a che fare con una pratica di rilevanza radioprotezionistica, secondo la Legge vigente.

²⁶ B.Napier et al., GENII, The Hanford Environmental Radiation Dosimetry Software System, PNL-6584, Pacific Northwest Laboratories, USA, 1990. Versione FRAMES (2005).

- Vi sono situazioni probabili nelle quali la presenza di Radon nel tunnel può superare le concentrazioni stabilite dalla Legge come livello di azione, o, in altre parole, nelle quali l'esposizione dei lavoratori possa risultare superiore al livello di azione.
- Ad esempio: concentrazioni molto basse di Uranio (pari a circa 26 Bq/kg, tali da far definire la roccia in questione di trascurabile radioattività) provocano concentrazioni di Radon nel tunnel tali che – per non superare il limite di dose per la popolazione o lavoratori non esposti stabilito dalla Legge – sarebbe necessario ricambiare almeno ogni ora circa l'intero contenuto di aria del tunnel.
- Va evidenziato come queste evenienze (lavoratori soggetti a rischio da radiazioni ionizzanti, e quindi da classificare come professionalmente esposti), o anche i mezzi atti ad evitarle (bonifica della galleria con ricambi forzati di aria, limitazione della permanenza, etc.) provocherebbero difficoltà nella gestione del rischio connesso e una grande lievitazione dei costi di gestione dell'opera.
- Queste valutazioni – come è pratica normale degli Studi di Impatto Ambientale - vanno effettuate prima di intraprendere qualunque azione di scavo, oltretutto in quanto si è evidenziato come proprio i lavoratori addetti all'opera siano la categoria più esposta al rischio.

6. Conclusioni

Per concludere, torniamo a discutere il problema della conservazione o meno del carattere attuale del territorio della valle, con alcune considerazioni di massima. Molto di più non è possibile fare, perché l'informazione che deriva da una valutazione di impatto eseguita sul progetto preliminare – una linea su una carta – invece che su quello esecutivo, è quasi inesistente. Si riduce a qualche affermazione di principio, a delle banalità generiche – se vi sarà una variazione eccessiva nel livello di rumore rispetto a quello preesistente, si possono adottare delle barriere più o meno alte, etc. In realtà, la legge obbiettivo ha cancellato, oltre che ogni possibile controllo sull'appropriazione del denaro pubblico, anche la valutazione dell'impatto sull'ambiente.

A tutt'oggi né gli scriventi, né i sindaci dei Comuni interessati, sono riusciti a capire se nella piana di Bruzolo vi sarà o meno una fascia di binari di stazionamento²⁷, collocati

²⁷ Inizialmente previsti e disegnati da Alpetunnel, sono stati fatti sparire e ricomparire a chiacchiere più volte, a seconda dell'opportunità. Nell'ultima versione di RFI, che tuttavia non ha giurisdizione sulla

su un rilevato di terra della lunghezza di 3km, che dovrebbe iniziare a raso all'estremità ovest e finire una ventina di metri sul piano di campagna all'estremità est. Questa specie di diga, disposta di fronte a un grande bacino impluvio, renderebbe disastroso il deflusso delle acque nei periodici episodi di alluvione a cui è soggetta la zona, il che è argomento di qualche importanza.

Comunque, venendo ai dati globali, attualmente passa in valle di Susa circa un terzo di tutto il traffico merci che attraversa le Alpi, da Ventimiglia fino all'estremo est. Sembra che non basti. Lunardi ha dichiarato in un paio di occasioni che l'obiettivo commerciale da realizzare con la nuova opera è quello di catturare almeno un terzo di tutto il traffico merci che dai porti atlantici, da Lisbona ad Amburgo, si muove verso i paesi dell'Europa orientale. Se si traccia un arco tra Lisbona e Amburgo, si ottiene una linea di una lunghezza di circa 2000, 2500 km. Concentrare un terzo del traffico che attraversa questa linea, diretto verso i paesi dell'est, in un corridoio incassato tra i monti, cfr. fig. aaa, della larghezza di un paio di km, senza sacrificare tutte le altre funzioni, non è neppure pensabile. Quello che si progetta è una specializzazione del territorio, che esclude tutto il resto.

Non è il caso di prendere sul serio Lunardi; il ministro spara grosso, perché vuole sostenere la redditività di un'opera, alla cui realizzazione è interessata l'azienda di famiglia²⁸. E' tuttavia inevitabile che la nuova linea attragga traffico da altri percorsi, saturando un territorio già in condizioni critiche per altri motivi.

L'impatto sul territorio della valle di Susa dei cantieri, dei depositi, del movimento terra nella fase di costruzione, sarà il più alto fra quelli di cui siamo a conoscenza. I cantieri di Folkestone e Sangatte, ai due estremi del tunnel sotto la Manica, sono stati cantieri estesi ma compatti, collocati attorno agli sbocchi della galleria. Altrettanto si può dire del cantiere del Gottardo nel lato italiano, ancora aperto; nel cantiere del Gottardo, ad es., il trasporto del materiale di risulta è affidato ad un nastro trasportatore della

tratta internazionale, vanno considerati sostituiti da un paio di binari di stazionamento lunghi solo 700 metri. L'esistenza o meno di un fascio di binari adatti ad accogliere treni merci di lunghezza superiore a 2000 metri ha tuttavia conseguenze sul modello di esercizio e sulle previsioni di gestione finanziaria del tunnel di base. Se dovessimo prendere sul serio sia i documenti scritti elaborati dalle varie Commissioni della Conferenza Intergovernativa, sia le assicurazioni ricevute a voce dai nostri interlocutori italiani, dovremmo concludere che il funzionamento del tunnel di base sarà caratterizzato da un ingresso in batteria di treni merci lunghi più di 2000 metri dal lato francese, e da un'uscita alla spicciolata di treni lunghi 700 metri sul versante italiano. I cosiddetti tavoli tecnici di confronto si sono svolti tutti in questa atmosfera da circo.

²⁸ Rocksoil.

lunghezza delle centinaia di metri, mentre il trasporto dall'esterno di materiale da costruzione segue assi lineari.

In valle di Susa si troverà non solo lo sbocco italiano del tunnel di base tra Italia e Francia (52km), ma anche imbocco e sbocco del tunnel di Mompantero e Chianocco (12km), con relativa traversa all'altezza di Foresto, e del tunnel tra Borgone e Grange di Brione (23km), con tre finestre nel tratto intermedio, cfr. fig. bbb. Come conseguenza di questo insieme di opere di scavo, si troveranno sul territorio della bassa valle – su una striscia di terreno larga un paio di km e lunga circa 40, tralasciando la gronda attorno a Torino, che ha caratteristiche diverse - più di una decina di cantieri e una quindicina di depositi di materiale di scavo, dispersi un po' ovunque. I siti saranno tra loro connessi in vario modo, per camion ovviamente, ma anche per mezzo di due nastri trasportatori della lunghezza di 3 e 8 km, per non parlare del nastro trasportatore e della teleferica prevista per collegare lo sbocco di Venaus con la Carrière du Paradis, a 2000 metri di altezza. E' del tutto evidente che lo schema del trasporto di materiale avrà le caratteristiche di una rete e investirà l'insieme del fondovalle.

Si possono stimare alcune conseguenze di tutto questo movimento di mezzi e di terra. Per quanto riguarda l'inquinamento dovuto alla combustione delle macchine da cantiere e dei motori dei mezzi di trasporto, la valutazione più semplice consiste nel confrontarlo con quello dovuto al passaggio dei camion sull'autostrada, che basta già a provocare situazioni critiche²⁹. Sulla autostrada passano al momento attuale circa 4000 camion/giorno; ci si può rendere conto con un semplice calcolo che un tale flusso giornaliero comporta che si trovino in movimento contemporaneamente, sui 40km del fondovalle, un centinaio di camion. Il numero di mezzi in moto tra i cantieri e le discariche, tra i cantieri e i posti di produzione del cemento, oppure all'interno dei cantieri stessi, non può che essere dello stesso ordine di grandezza; come minimo assommerà a diverse decine. E poiché una macchina in regime transitorio inquina di gran lunga più di una macchina in moto a velocità costante, l'effetto di questo composito movimento risulterà equivalente, più o meno, a un raddoppio dei passaggi dei camion sull'autostrada, per una decina di anni, o probabilmente per un tempo più lungo. Niente male, quando si rifletta che una delle motivazioni più sbandierate dai

²⁹ Nelle fasi di alta pressione invernale, le centraline di controllo vicino all'autostrada rilevano regolarmente concentrazioni di polveri sottili che superano i valori di intervento previsti dalla legge; senza che si abbia alcun intervento, come è ovvio.

fautori della nuova infrastruttura è quella di salvare gli abitanti della valle, che lo vogliano o meno, dagli effetti nocivi del particolato emesso dai TIR³⁰.

Vi è inoltre il problema che il materiale estratto può contenere sostanze pericolose, in particolare amianto, la cui presenza è certa nelle rocce ove verrà scavato il tratto di galleria tra Grange di Brione e Borgone. Su questo argomento manca uno studio *ad hoc* e noi non vogliamo improvvisare. Ci limitiamo a osservare che le affermazioni sulla perfetta gestibilità di questa sostanza pericolosa sono a un tempo ovvietà – si può dire altrettanto di qualsiasi materiale, fosse anche plutonio – e mistificazione. Perché qui non si tratta di bonificare un sito, dove la presenza della sostanza nociva è certa e l’obiettivo da realizzare è la sua rimozione in condizioni di sicurezza. Nel nostro caso l’obiettivo è quello di divorare centinaia di metri cubi di roccia ogni giorno, all’interno della quale può o no trovarsi fibra di amianto; occorrerebbe valutare quali sono le probabilità di disperderne una parte nell’ambiente, e con quali conseguenze. Si tratta di un tema che andrebbe affrontato in termini di analisi del rischio, dopo aver fissato il numero di morti nei prossimi trent’anni che si considera accettabile, e in base a questo numero occorrerebbe individuare le modalità di lavoro e un protocollo di controlli, tale da rendere improbabile che il numero venga superato. Non è stato fatto niente di simile. Infine, sarebbe necessario tener conto dei problemi connessi con la produzione e il trasporto degli inerti necessari per il calcestruzzo. Tuttavia, ci sembra che gli elementi fino ad ora ricordati siano sufficienti a chiarire la prospettiva della bassa valle: per un paio di decine di anni, a andar bene, si avrà tra Venaus e Grange di Brione una tale commistione di abitati, cantieri, discariche, che i trentamila abitanti avranno l’impressione di vivere in un cantiere unico, per di più frequentemente spazzato da venti violentissimi. Che il tutto possa procedere con regolarità ci sembra da escludere, tanto più che la nube di polvere che avvolgerà spesso la valle sarà legittimamente sospettata di contenere sostanze fortemente nocive. Vi saranno proteste, iniziative legali, blocchi di cantiere e scontri. Se nonostante questo, l’opera andrà avanti per la complicità delle forze politiche, per l’asservimento degli enti di controllo, per l’aiuto delle truppe antisommossa, accadrà che il settore benestante della popolazione tenderà a spostarsi da altre parti, innescando un processo di impoverimento progressivo della zona, dai lineamenti ben noti. La bassa valle di Susa perderà sia il carattere residenziale sia quello turistico, da scampagnata fuori porta, che la caratterizza. Noi pensiamo che prima o poi

³⁰ In realtà, secondo l’unico studio serio svolto sull’argomento, Setec- Economie: *Previsione del traffico merci senza vincoli di capacità*, giugno 2000, la nuova linea diminuirà il passaggio di camion in misura irrilevante.

anche il processo di costruzione della linea finirà coll'impantanarsi nell'inevitabile situazione di attrito. L'esito più probabile è che accadano l'una e l'altra cosa, così che le conseguenze di questo progetto devastante, portato avanti dai suoi promotori nel più totale disprezzo dei fatti tecnici e dei diritti altrui, sarà duplice: l'aver distrutto l'equilibrio di un territorio ove vivono decine di migliaia di persone, e l'aver aperto un pozzo senza fondo per i conti pubblici. E' anche vero che i promotori e i loro soci saranno divenuti più ricchi.

(DAL MODELLO ALTIMETRICO DIGITALE - SETTORE CARTOGRAFICO REGIONE PIEMONTE)

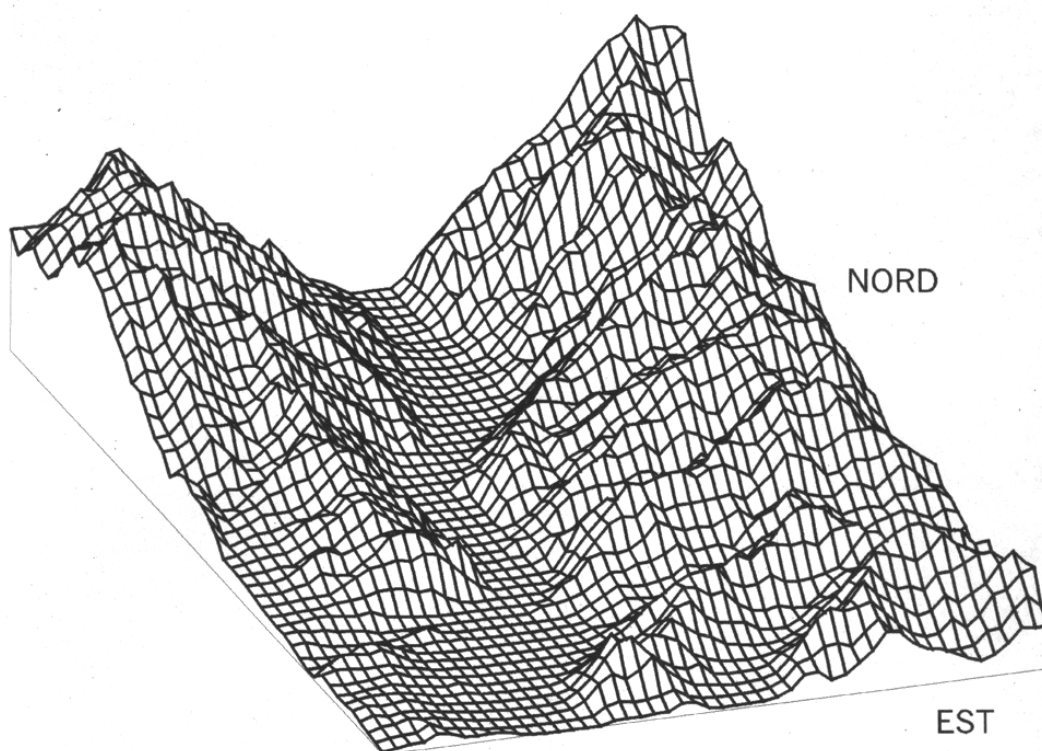


Figura 1 – Orografia della Bassa Valle di Susa: una valle stretta

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] C. Polvani, *Elementi di radioprotezione*, ENEA, Roma, 1987.
- [2] E. Mersi, M. Zucchetti, *Tesi di laurea: Problemi di radioprotezione e misura di Radon ambientale*, II Facoltà di Ingegneria, Politecnico di Torino.
- [3] Douglas G. Brookins, *Il problema del radon nelle abitazioni*, ed. C.E.L.I.D, Faenza, 1991.
- [4] M. Moroni, *Effetti sulla salute del radon e degli altri inquinanti indoor*, Il sole 24 ore, Milano, 2002.
- [5] *Decreto Legislativo del Governo n° 230 del 17/03/1995*, doc. 395B0230.900 di Origine Nazionale e pubblicato su : Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 136 del 13/06/1995.
- [6] *Decreto Legislativo del Governo n° 241 del 26/05/2000*, doc. 300B0241.000 di Origine Nazionale emanato dal Presidente della Repubblica e pubblicato su : Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 203 del 31/08/2000.
- [7] A.L. Vergine – E. Giroletti, *Radiazioni ionizzanti, protezione di lavoratori, pubblico e pazienti*, ed. Esselibri, 2000.
- [8] C. Yu, A.J. Zielen, J.-J. Cheng, D.J. LePoire, E. Gnanapragasam, S. Kamboj, J. Arnish, A. Wallo III,* W.A. Williams,* and H. Peterson*, *User's Manual for RESRAD Version 6*, Environmental Assessment Division, Argonne National Laboratory, United States Department of Energy, available electronically at <http://www.doe.gov/bridge>, 2001.
- [9] Robert D. Nininger, *Minerals For Atomic Energy*, D. Van Nostrand Company, Inc. New York, 1954.

APPENDICE

Rassegna di lavori riguardanti la presenza di minerali radioattivi nelle Alpi Occidentali e in Val di Susa

Nell'ambito del lavoro di tesi condotto da E. Mersi⁵⁸ sui problemi di radioprotezione e misura di radon -citata nei riferimenti bibliografici- è stata svolta una ricerca relativa agli studi condotti dal 1959 ad oggi a testimoniare la presenza di minerali d'Uranio in Val di Susa. In particolare nel testo citato sono stati commentati e riprodotti in appendice i seguenti documenti:

[1] G. Borello, *“Permesso di ricerca Rocca d'Ambin per minerali di uranio e torio in alcuni comuni della Valsusa”*, Diverse Relazioni per Somiren SpA. e Agip SpA Attività Minerarie. S.Donato Milanese (MI) 1959/1960.

[2] Sergio Lorenzoni, *“Studio geo-petrografico del versante italiano del Massiccio d'Ambin”*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Centro Nazionale per lo Studio Geologico e Petrografico, Società Cooperativa Tipografica, Padova, 1965, in particolare: pp.79-80.
<http://www.legambientevalsusa.it/Images/uranio-amianto/cnr65.jpg>

[3] Daniele Ravagnani, *“I giacimenti uraniferi italiani e i loro minerali”*, Gruppo Mineralogico Lombardo, Museo Civico di Storia Naturale, Milano, 1974, in particolare p.49 e segg.

[4] Emilio Pacchiarotti, *“Relazione Geomineraria e Programma dei lavori relativi al permesso di ricerca per minerali di uranio e di torio denominato Rocca d'Ambin”*, AGIP S.p.a., S. Donato Milanese, 15 aprile 1977.

[5] Articoli su diversi giornali nel periodo 1977-1981:

⁵⁸ Enzo Mersi (Relatore M. Zucchetti), *Tesi di laurea: Problemi di radioprotezione e misura di Radon ambientale*, II Facoltà di Ingegneria, Politecnico di Torino, 2004.

“C’è l’Uranio in Valsusa. L’Agip ha già chiesto la licenza per sondaggi in 9 Comuni. Il giacimento maggiore fra Bardonecchia e Ulzio”. Gazzetta del Popolo, 5-8-1977, pag.1. Reperibile al sito: http://www.legambientevalsusa.it/Images/uranio-amianto/art_popolo77.jpg

“Proteste in Val Susa, la Francia vuole scavare Uranio sul confine”, La Stampa, Cronaca di Torino, articolo a firma g.dolf., data imprecisata (1981).

“Anche il rischio Uranio per la nostra Valle?. Richiesti dalla Società Francese Minatome nuovi permessi per proseguire la ricerca di giacimenti di uranio nella zona Lago del Moncenisio, Denti D’Ambin, Niblè, Punta Sommeiller. Rischi per il territorio italiano”. La Valsusa – Settimanale della Valle di Susa e Val Sangone, 1981, data imprecisata, pag.1. Reperibile al sito: http://www.legambientevalsusa.it/Images/uranio-amianto/art_valsusa81.jpg

[6] Lettera dell’ARPA Piemonte, Dipartimento Subprovinciale di Ivrea, a Legambiente, su “Risultati analisi campione di roccia”, a firma Mauro Magnoni e Giampaolo Ribaldi Ivrea, 9.10.1997, rif. 1372/IR 93, prot. n.3065. Reperibile al sito: <http://www.legambientevalsusa.it/Images/uranio-amianto/arpa.jpg>

[7] ARPA Piemonte, Dipartimento Subprovinciale di Ivrea, *“Relazione tecnica sul problema della radioattività in Val di Susa”*. Relazione n. 193/IR (1998); trasmessa al Prefetto di Torino, alla Regione Piemonte e all’ARPA Piemonte Dip. Grandi Rischi, con lettera dell’ARPA Piemonte, Dipartimento Subprovinciale di Ivrea, a firma Giampaolo Ribaldi del 19.2.1998, rif. IR/49, prot. 1798.

Un’ulteriore esame ha portato ad identificare questi altri lavori:

[8] Stefano Zucchetti, *Studio Geo-minerario delle zone radioattive nel deposito di Traversella, (Torino)*, L’Industria Mineraria, anno XI, 2, 1960, pp.887-909.

[9] Stefano Zucchetti, *Uranium-Bearing Bodies in the Ore Deposits of Travesella (Italy)*, Economic Geology, vol. 56, n.8 (1961) pp. 1469-1471.

[10] Stefano Zucchetti, *Primi risultati ottenuti nella studio della mineralizzazione radioattiva del deposito di Traversella (Torino)*. Rendiconti della Società Mineralogica Italiana, anno XVII (1961) pp.599-604.

[11] Stefano Zucchetti, *Su una zona uranifera con allanite nel deposito di Traversella (Torino)*. Rendiconti della Società Mineralogica Italiana, anno XVIII (1962) pp. 3-10.

Nel presente lavoro, sono stati utilizzati ai fini del calcolo i valori riportati dalle misure condotte dall'ARPA, quindi si è fatto riferimento alla relazione tecnica [7], per cercare di evitare l'utilizzo di dati potenzialmente inaffidabili sulle concentrazioni dell'elemento.

In sostanza, emerge una letteratura ampia sulla presenza di minerali uraniferi nella zona, e relativa anche ad anni nei quali (1959-1960) il tema delle radiazioni ionizzanti non era considerato. In particolare, per quanto riguarda il rischio da radon, i primi esperimenti su animali sono stati compiuti nel 1951. Il danno all'uomo è stato confermato solo alla metà degli anni sessanta, grazie ai noti rilevamenti epidemiologici tra i minatori di uranio.

Più recentemente, è da rilevarsi l'attività di ricerca di minerali uraniferi nella zona alla fine degli anni '70.