

PAOLO MIGLIORINI

LE PIOGGE ACIDE E LO SCAMBIO INEGUALE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO IN EUROPA

In occasione della Conferenza delle Nazioni Unite su l'Uomo e l'Ambiente svoltasi a Stoccolma nel 1972 un gruppo di scienziati svedesi sottopose all'attenzione dei politici e dell'opinione pubblica i risultati di un'indagine che documentava come, nel corso degli anni '60, le precipitazioni in Europa erano diventate manifestamente più acide, coinvolgendo territori sempre più ampi. Preoccupati per i danni crescenti che le loro foreste e i loro laghi subivano per effetto di piogge acide, verosimilmente prodotte da sostanze inquinanti immesse nell'atmosfera da altri paesi, gli scienziati scandinavi dimostrarono che gli effetti dell'inquinamento « sconfinavano » attraverso le frontiere politiche, e che i micidiali effetti di attività nocive all'ambiente potevano essere risentiti in paesi diversi da quelli dove queste attività si svolgono, a centinaia o addirittura a migliaia di chilometri di distanza.

Le ricerche successive hanno confermato la gravità di questo problema, che dipende essenzialmente dal crescente ricorso all'utilizzazione di combustibili fossili, e che riguarda non solo l'Europa, ma tutta la fascia ad alto tasso di industrializzazione e di urbanizzazione della zona temperata settentrionale (fig. 1). Le piogge acide vengono ormai considerate uno dei tre maggiori problemi ambientali con i quali l'umanità dovrà confrontarsi in futuro, insieme con i livelli crescenti di anidride carbonica e la riduzione dell'ozono stratosferico (1).

Il fenomeno delle piogge acide (2) non costituisce una novità:

(1) E' quanto si desume dal Rapporto decennale sulla situazione dell'ambiente mondiale presentato dall'UNEP nel 1982 alla Conferenza di Nairobi.

(2) La causa principale dell'acidità delle piogge è la conversione dei prodotti di combustione, che sono principalmente anidride solforosa (SO_2) e ossidi d'azoto (NO_x), in acido solforico e nitrico. Questi acidi ricadono successivamente al suolo, disciolti nelle

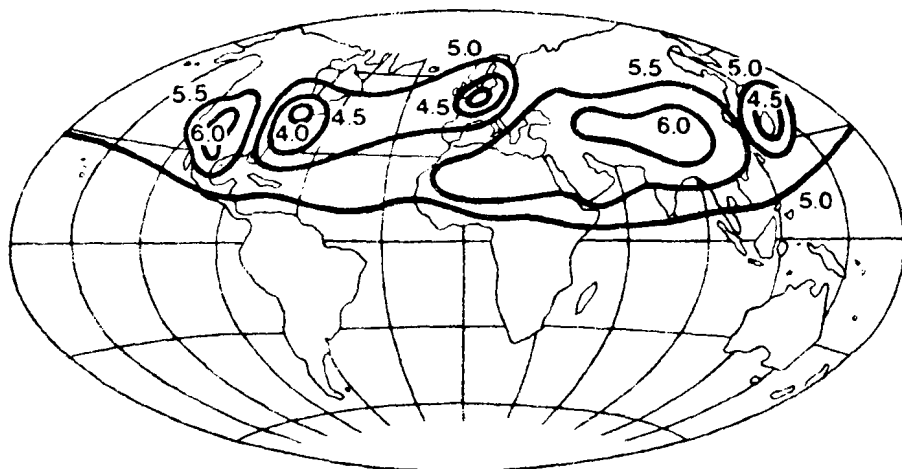


FIG. 1 — L'ACIDITA' DELLE PRECIPITAZIONI NELL'EMISFERO SETTENTRIONALE.

Nelle aree più densamente industrializzate — Europa occidentale, Stati Uniti nord-orientali e Giappone — si registrano i più elevati valori di acidità, con pH generalmente inferiore a 5.

fu scoperto nel 1852 dal chimico inglese R. Angus Smith, il quale osservò che ci doveva essere una relazione fra l'inconsueto grado di acidità da lui riscontrato nelle piogge che cadevano sulla città di Manchester e i cieli sempre più fuliginosi della capitale del cotone. Fino a qualche decennio fa il fenomeno è rimasto prevalentemente circoscritto alle grandi città e alle aree più densamente industrializzate, ma poi le precipitazioni acide hanno cominciato a interessare zone sempre più vaste. In un primo tempo le conseguenze sono passate inosservate, poiché le capacità chimiche e biologiche del suolo e dei corpi idrici hanno permesso l'assorbimento delle sostanze nocive. Ma, via via che tale capacità di assorbire e in parte di neutralizzare gli acidi si è venuta esaurendo, i danni hanno cominciato a diventare visibili. Paradossalmente, il problema si è venuto aggravando proprio da quando sono state introdotte nei vari paesi norme antinquinamento più severe, che hanno indotto alla costruzione di ciminiere sempre più alte (3). In questo modo si è ottenuto lo scopo di ridurre

precipitazioni atmosferiche. L'acidità della pioggia viene misurata in termini di pH, parametro la cui scala, com'è noto, va da 0 a 14. Al diminuire del pH il grado di acidità cresce, in progressione non lineare ma logaritmica. Una precipitazione viene considerata acida se il suo pH è inferiore a 5,6.

(3) Nel 1955 solo due ciminiere negli Stati Uniti superavano i 180 m d'altezza; attualmente ce ne sono 179 la cui altezza supera 150 m, delle quali una ventina raggiungono i 300 m (cfr. A. LABASTILLE, *Acid Rain, how Great a Menace?*, in «National Geogr.», Washington, 1981, pp. 652-680).

il tasso di inquinamento a livello locale, ma in compenso si immettono sostanze inquinanti nelle correnti aeree più forti e più persistenti che spirano ad altezze maggiori, e quindi se ne facilita il trasporto a grandi distanze e la diffusione su vaste aree. Di conseguenza si verifica un trasferimento del carico inquinante in aree o paesi predestinati da fattori meteorologici o geografici a ricevere l'inquinamento.

La distribuzione delle precipitazioni acide è legata essenzialmente alle modalità di trasferimento delle masse d'aria nella troposfera, dove i moti sono particolarmente rapidi e turbolenti, e tendono a convogliare le nubi in direzioni dominanti. In Europa, com'è noto, le correnti aeree sono prevalentemente dirette da SO a NE, e questo spiega il motivo per cui le nubi cariche di minutissime goccioline di acido solforico, dopo essere sparite dai cieli delle Midlands inglesi e della Ruhr, si spostano e si scaricano in parte sulla Scandinavia meridionale, provocando micidiali effetti sugli equilibri dei sistemi ecologici della Svezia e della Norvegia.

L'impatto ambientale dell'aumento dell'acidità delle precipitazioni dipende criticamente dalle caratteristiche delle acque, della vegetazione e del suolo su cui avvengono le precipitazioni. L'effetto più appariscente delle piogge acide si ha attraverso l'interazione con i corpi idrici superficiali. Si è potuto constatare che alcuni ecosistemi d'acqua dolce sono particolarmente sensibili all'apporto di acidità. Dal già citato rapporto dell'UNEP si apprende ad esempio che in circa 5000 laghi della Svezia sono stati riscontrati valori del pH inferiore a 5, per cui si possono considerare biologicamente morti. Nella Norvegia meridionale la situazione è ancora più drammatica: circa l'80% dei laghi ha raggiunto livelli di acidificazione incompatibili con le normali forme di vita. Altri paesi europei in cui si trovano acque dolci fortemente acidificate sono la Danimarca, il Belgio, i Paesi Bassi, il Regno Unito e la Germania Occidentale. Nel Nordamerica le aree più colpite sono il NE degli Stati Uniti (in particolare la regione dei Monti Adirondack, nello Stato di New York) e, in Canada, la Nuova Scozia e l'Ontario. Tutte queste regioni sono accomunate dalla caratteristica di poggiare su substrati rocciosi (graniti, gneiss, arenarie, ecc.) formati da minerali ricchi di silice. In questo caso i suoli — a meno che non abbiano una composizione mineralogica completamente diversa dal basamento roccioso — presentano un'elevata resistenza alla dissoluzione per dilavamento ad opera delle precipitazioni. Di conseguenza le acque superficiali presenti in queste zone sono « leggere », cioè contengono ioni disciolti per dilavamento in quantità molto basse, e quindi sono caratterizzate da una scarsa capacità di neutra-

lizzare aggiunte di acidi o alcali. Laddove invece la rete idrografica superficiale è impostata su suoli ricchi di calcio, le acque sono in grado di « tamponare » le precipitazioni intensamente acide.

Una questione molto dibattuta è quella degli effetti delle piogge acide sulla vegetazione. Ancora non sono stati ben chiariti i processi attraverso i quali le colture agricole o la vegetazione arborea subiscono danni ad opera delle piogge acide. Si ritiene comunemente che gli effetti indiretti, che alterano l'ambiente a livello dell'apparato radicale, prevalgano su quelli diretti, che si esplicano sulle foglie e i rami delle piante (4).

Ingenti danni al patrimonio boschivo sono stati riscontrati nella Germania Occidentale, in Francia, in Polonia, in Cecoslovacchia e in altri paesi. Pare che le foreste della Germania Occidentale siano le più colpite, almeno a giudicare dalle allarmate denunce degli ecologisti e di alcuni scienziati tedeschi, largamente pubblicizzate dai *mass media* (5). Soltanto negli ultimi dieci anni l'8% della superficie boschiva di quel paese sarebbe stata danneggiata, forse irreparabilmente, dai veleni atmosferici. Tuttavia il luogo comune secondo il quale le piogge acide stanno uccidendo la Selva Nera trova scarso credito presso molti scienziati, più propensi ad attribuire il deperimento delle foreste a fattori meteorologici (elevati livelli di ozono, escursioni termiche stagionali insolitamente accentuate) o antropici (pratiche agricole e gestione delle risorse forestali) (6). Del resto le foreste della Scandinavia presentano un quadro molto diverso, e sembrano godere di ottima salute. Tuttavia è probabile che il loro apparente rigoglio sia dovuto all'effetto fertilizzante dell'azoto depositato dalle piogge. Si presume che l'azoto per il momento compensi gli effetti negativi consistenti nella perdita progressiva di elementi nutrienti lisciviati dalle acque acide, quali il magnesio, la cui mancanza potrebbe però, a più o meno lunga scadenza, rivelarsi fatale.

Tra i materiali esposti alle precipitazioni acide i più danneggiati sono i manufatti in pietra calcarea: il calcare, aggredito dall'acido solforico presente nell'atmosfera, si trasforma in solfato di calcio

(4) Normalmente accade che le piante utilizzino quali nutrimenti alcuni ioni (calcio, magnesio, potassio) che si trovano in soluzione nel terreno. Ma le piogge acide, infiltrandosi nel sottosuolo, asportano queste sostanze nutrienti sottraendole alle piante. Bassi valori di pH nelle acque che percolano il terreno, in concomitanza con la presenza di metalli (in particolare l'alluminio) creano una situazione in cui i sottili filamenti radicali attraverso i quali la pianta assorbe la maggior parte del nutrimento possono subire danni irreversibili.

(5) R. WALGATE, *Too late for Black Forest?*, in «Nature», Londra, 1983, vol. 303, p. 742.

(6) K. MELLANBY, *Acid Precipitation and the Black Forest*, in «Nature», Londra, 1983, vol. 304, p. 486.

(gesso) che viene agevolmente dilavato dalla pioggia battente o rimosso dall'azione meccanica del vento. E' per effetto di questo processo che celebri monumenti, statue, ornati di palazzi e chiese secolari si « consumano » irrimediabilmente nel volgere di qualche decennio.

Infine non si può fare a meno di accennare ai danni provocati alla salute dell'uomo, anche se, com'è noto, gli effetti più gravi vengono causati da inquinamenti allo stato gassoso. Gli effetti degli inquinanti acidi disciolti nelle acque di precipitazione sono stati finora poco studiati, ma si tratta per lo più di danni indiretti, derivanti dall'utilizzazione di acque potabili affette da inquinamento acido, che si accompagna con la presenza di metalli tossici (7).

Tentativi di valutare l'entità complessiva dei danni da piogge acide sono stati fatti per iniziativa dell'OCSE e della CEE. Secondo un'indagine dell'OCSE (8), nella quale non tutti i fattori del processo inquinante sono stati presi in considerazione, l'entità dei danni ammonterebbe al 3-5% del PNL dei paesi aderenti all'Organizzazione. Più recentemente, uno studio commissionato dalla CEE ha stimato che l'inquinamento da SO_2 e da NO_x costa alla Comunità una cifra compresa tra 1400 e 4200 milioni di dollari l'anno, senza mettere in conto il danno ai monumenti storici, e calcolando in 20 milioni di dollari il costo del danno alla salute pubblica.

Il quadro della distribuzione delle precipitazioni acide in Europa è ben noto nelle sue linee generali da almeno una decina d'anni, grazie soprattutto a un programma di ricerche sistematiche condotte dall'OCSE fra il 1973 e il 1977 (9). Successivamente la Commissione Economica per l'Europa delle Nazioni Unite ha avviato un nuovo programma (10), che si avvale di una vasta rete di studio della chimica delle precipitazioni, comprendente 70 stazioni in 20 paesi, estesa anche ai paesi dell'Europa orientale e all'Unione Sovietica. Sulla scorta di una ormai lunga serie di dati raccolti, siamo ora in grado di ricostruire una vera e propria matrice dell'inquinamento transfrontaliero (v. tabella), relativa a 26 nazioni europee, compresa l'Unione Sovietica (11). Si sa che la relazione fra le emissioni e i depositi è

(7) C. SORLINI, *Effetti ambientali delle piogge acide*, in « Le Scienze », Quaderni, n. 11, « Carbone e ambiente », Milano, 1983, pp. 79-87.

(8) OECD, *The Costs and Benefits of Sulphur Dioxide Control. A Methodological Essay*, Parigi, 1981.

(9) G. E. LIKENS, R. F. WRIGHT, J. N. GALLOWAY, T. J. BUTLER, *Pioggia acida*, in « Le Scienze », Milano, 1979, n. 136.

(10) ECE, *EMEP: the Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe*, Ginevra, Nazioni Unite, 1981.

(11) N. H. HIGHTON, M. J. CHADWICK, *The Effects of Changing Patterns of Energy Use on Sulphur Emissions and Depositions in Europe*, in « Ambio », Stoccolma, 1982, pp. 324-329.

EMISSIONI E RICEZIONI DI ANIDRIDE SOLFOROSA NEI PAESI EUROPEI (in migliaia di t annue)

L. 1

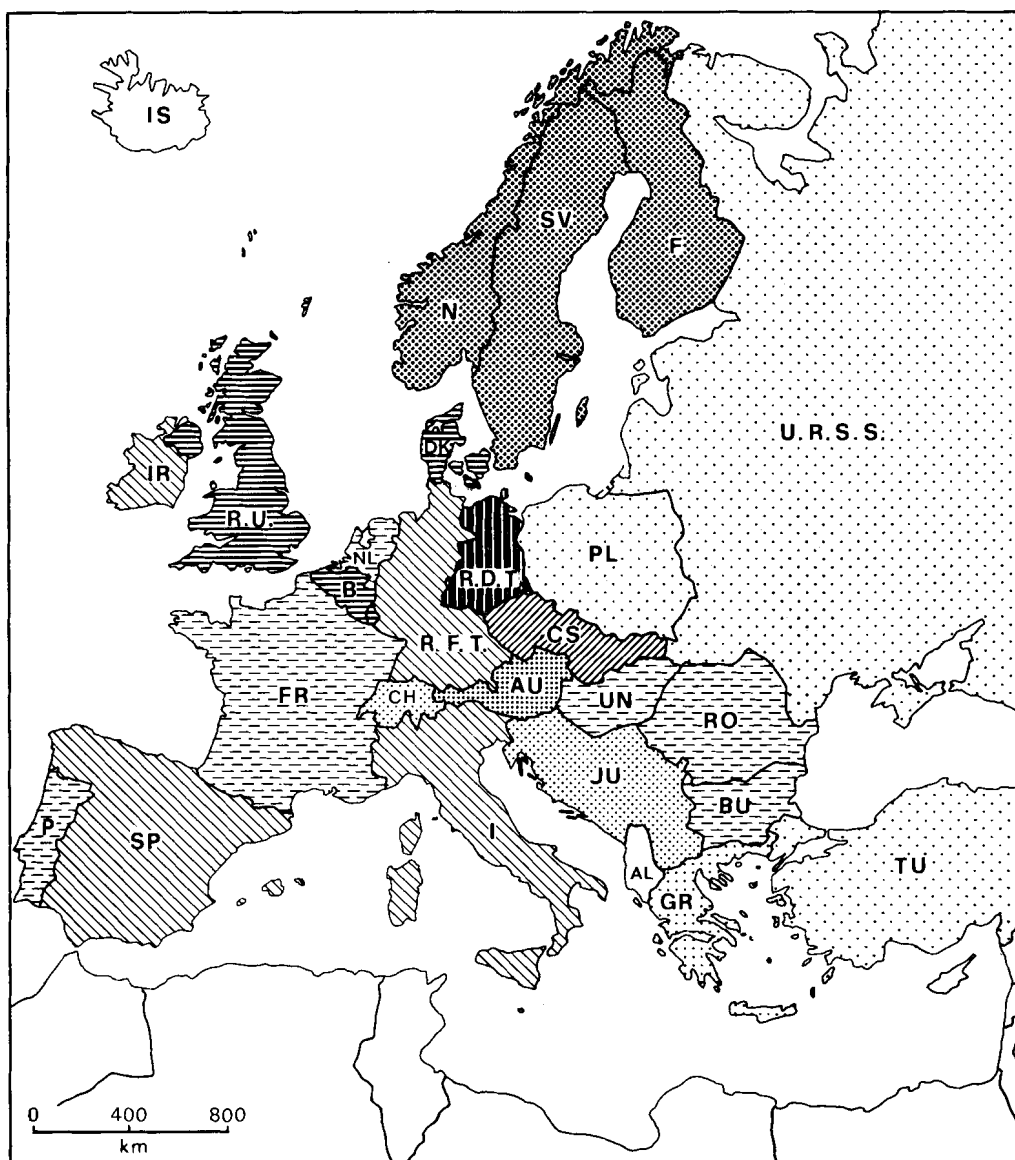
paesi emittenti paesi riceventi	Austria	Belgio	Bulgaria	Cecoslovacchia	Danimarca	Germania R.F.	Finlandia	Francia	Germania R.D.	Grecia	Ungheria	Irlanda	Italia	Lussemburgo	Paesi Bassi	Norvegia	Polonia	Portogallo	Romania	Spagna	Svezia	Svizzera	Turchia	URSS	Regno Unito	Iugoslavia	non identificati e altre aree	totali
Austria	151	9	—	92	—	66	—	39	54	—	33	—	96	—	5	—	23	—	—	6	—	7	—	—	18	19	72	690
Belgio	—	198	—	—	—	50	—	55	5	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41	—	21	380
Bulgaria	—	—	270	21	—	9	—	4	14	10	29	—	14	—	—	—	13	—	98	—	—	—	6	79	5	25	70	667
Cecoslovacchia . .	64	30	4	1.266	6	223	—	88	438	—	157	—	67	—	18	—	170	—	41	13	—	5	—	89	73	29	218	2.999
Danimarca	—	—	—	8	109	23	—	6	28	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—	—	—	—	—	25	—	26	232
Germania R.F. . . .	23	110	—	126	12	1.160	—	211	265	—	14	—	41	7	57	—	32	—	—	19	—	14	—	18	165	8	192	2.474
Finlandia	—	6	—	22	8	31	260	10	43	—	7	—	4	—	5	6	27	—	6	—	37	—	—	270	32	2	132	908
Francia	—	97	—	21	—	203	—	1.232	45	—	—	11	70	6	30	—	7	—	—	201	—	18	—	—	226	3	398	2.568
Germania R.D. . .	—	25	—	146	8	176	—	41	1.117	—	10	—	6	—	16	—	41	—	—	—	—	—	—	18	51	3	62	1.720
Grecia	—	—	60	90	12	6	—	6	7	137	12	—	24	—	—	—	4	—	23	6	—	—	9	24	—	15	84	519
Ungheria	25	—	—	120	—	27	—	14	40	—	448	—	46	—	—	—	37	—	45	—	—	—	—	24	7	42	48	923
Irlanda	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28	—	62	190
Italia	17	6	—	32	—	46	—	104	24	—	25	—	1.357	—	—	—	10	—	8	52	—	16	—	13	20	36	223	1.989
Lussemburgo . . .	—	—	—	—	—	4	—	6	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14
Paesi Bassi	—	47	—	5	—	93	—	29	13	—	—	—	—	—	99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	62	—	26	374
Norvegia	—	12	—	21	16	41	7	21	50	—	5	—	—	—	7	61	18	—	—	—	26	—	—	50	92	1	178	606
Polonia	20	21	5	356	22	165	—	51	478	—	99	—	31	—	17	—	1.012	—	37	6	10	—	—	215	73	22	185	2.825
Portogallo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	72	—	52	—	—	—	—	—	—	70	194
Romania	10	—	53	97	—	33	—	14	58	6	164	—	46	—	—	—	68	—	822	—	—	—	9	301	13	64	144	1.902
Spagna	—	6	—	—	—	41	—	74	9	—	—	—	4	—	7	—	—	35	—	1.121	—	—	—	—	34	—	266	1.597
Svezia	—	15	—	47	44	72	34	29	95	—	12	—	7	—	12	24	55	—	8	—	218	—	—	152	80	4	271	1.179
Svizzera	—	—	—	5	—	27	—	45	7	—	—	—	81	—	—	—	—	—	—	6	—	32	—	—	11	2	41	257
Turchia	—	—	49	13	—	10	—	6	13	29	16	—	22	—	—	—	9	—	35	9	—	—	360	107	—	12	190	880
URSS	41	53	122	496	69	393	168	131	636	32	367	11	161	4	57	15	691	—	587	31	100	7	92	22.674	236	115	264	27.553
Regno Unito . . .	—	20	—	11	—	43	—	53	24	—	—	36	4	—	12	—	4	—	—	11	—	—	—	—	1.545	—	173	1.936
Iugoslavia	41	6	57	99	—	46	—	39	56	9	166	—	224	—	5	—	37	—	74	20	—	—	—	50	15	308	209	1.461
altre aree	38	149	150	276	144	522	101	578	481	117	156	106	765	9	133	34	235	33	216	537	119	21	174	1.416	1.398	120	281	8.309
totali	430	810	770	3.370	450	3.510	570	2.890	4.000	340	1.720	260	3.070	30	490	140	2.500	140	2.000	2.090	510	120	650	25.500	4.250	830	3.906	65.348

Fonte. - EMEP (v. testo).

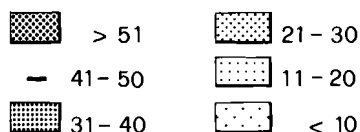
complessa e dipende essenzialmente da fattori meteorologici: i dati riportati nella tabella sono stati ottenuti mediante l'applicazione di modelli che, in base alle condizioni meteorologiche prevalenti nel 1979 e nel 1980, consentono di disaggregare le emissioni e le ricezioni di ogni nazione, rispettivamente per nazione di destinazione e di provenienza. I dati hanno un ampio margine di errore e quindi hanno un valore più che altro indicativo, ma forniscono un quadro molto interessante, dal quale è possibile, tra l'altro, farsi un'idea di chi sono i maggiori responsabili, da un lato, e le principali vittime, dall'altro, del grande scenario europeo delle piogge acide.

Ogni anno le 26 nazioni europee scaricano nell'atmosfera più di 65 milioni di t di SO_2 . Almeno l'85% di queste emissioni proviene da 10 paesi, che possono essere definiti « grandi inquinatori »: URSS, Regno Unito, Repubblica Democratica Tedesca, Germania Federale, Cecoslovacchia, Italia, Francia, Polonia, Spagna e Romania. Tutti questi paesi — tranne l'URSS e la Polonia — sono « esportatori netti » di SO_2 , cioè emettono più anidride solforosa di quanta ne ricevono. Per esempio il Regno Unito produce annualmente 4,2 milioni di t di SO_2 , ma buona parte di questo quantitativo viene sospinto dai venti nei cieli di altri paesi. L'Unione Sovietica invece, pur producendo circa un sesto delle emissioni mondiali di SO_2 (25,5 milioni di t, su un totale valutato a 150 milioni di t) riesce ad « esportarne » solo 2,8 milioni, ma in compenso ne riceve dall'estero 4,9 milioni. In questo caso lo sconfinamento su vasta scala è evidentemente impedito da fattori meteorologici, e cioè dalla posizione « sottovento » del territorio sovietico nei confronti delle correnti occidentali dominanti alle medie latitudini. Possiamo ringraziare il cielo — è proprio il caso di dirlo — per il fatto che i paesi dell'Europa occidentale si trovano « sopravvento » rispetto all'URSS. In caso contrario il problema cui stiamo trattando avrebbe assunto già da tempo una gravità incomparabilmente maggiore. Non c'è dubbio che in questo spiacevole interscambio sono decisamente sfavoriti i paesi dell'Europa Orientale e l'URSS, che « importano » complessivamente dai dieci paesi della Comunità un quantitativo di anidride solforosa (2,6 milioni di t annue) di gran lunga superiore a quello scaricato al di qua della cortina di ferro (965.000 t).

Fra gli « importatori netti » figurano anche i paesi scandinavi che versano, com'è noto, in una situazione particolarmente critica. Ciò dipende non tanto dalla quantità assoluta di SO_2 che si deposita sul territorio dei tre stati (2.096.000 t annue, per quasi tre quarti proveniente d'oltre confine, corrispondenti a un carico medio di 1,9 t



Paesi "importatori netti"



Paesi "esportatori netti"

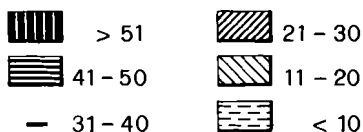


FIG. 2 — L'INTERSCAMBIO DI ANIDRIDE SOLFOROSA NELLA REGIONE EUROPEA
(in kg pro capite/anno).

per km²) (12), quanto dal fatto che alcuni fattori sfavorevoli — distribuzione delle precipitazioni, morfologia (13), e soprattutto la ridottissima capacità delle acque superficiali di contrastare la progressiva acidificazione — concorrono a rendere particolarmente vulnerabile l'ecosistema di quelle regioni.

Il quadro complessivo dell'interscambio di SO₂ nella regione europea è rappresentato nella fig. 2, nella quale i saldi positivi o negativi del bilancio emissioni-ricezioni sono espressi in kg pro capite. Introducendo questo parametro risulta che i tedeschi orientali sono i maggiori inquinatori dell'Europa, e forse del mondo, con una produzione media di 239 kg di SO₂ per abitante, 146 dei quali ricadono al di là dei confini nazionali.

I forti scompensi che caratterizzano il quadro dell'interscambio evidenziano gli ostacoli che si frappongono a una politica coordinata di riduzione delle emissioni. I grandi inquinatori hanno evidentemente scarso interesse ad aderire a un programma concertato, dato che per loro i costi sarebbero proporzionalmente più alti e i benefici proporzionalmente più bassi.

Così ad esempio il Regno Unito è restio a prendere provvedimenti, adducendo a pretesto il fatto che « la comunità scientifica internazionale non è ancora in grado di dirci con sufficiente precisione dove, quando e in che misura ridurre le emissioni se si vuole ottenere una prestabilita riduzione delle deposizioni acide in un determinato luogo » (14). Anche l'Italia non sembra preoccuparsi eccessivamente del problema, almeno a giudicare dalla politica perseguita dichiaratamente dall'ENEL, in base alla quale le nuove centrali termoelettriche a carbone devono essere « relativamente snelle, senza grandi necessità di infrastrutture di trasporto, che non siano navi e porti, e senza

(12) A titolo di confronto, il territorio italiano riceve quantitativi unitari 3-4 volte superiori: 1.989.000 t annue, per circa un terzo provenienti dall'estero, con un carico medio di 6,6 t/km² (ma l'Italia, a differenza dei paesi scandinavi, riesce a scaricare fuori dei confini un quantitativo quasi altrettanto ingente: 1.713.000 t).

(13) Sul gradiente di acidità delle precipitazioni influisce sensibilmente la morfologia del territorio: il maggior apporto di acidità si riscontra nelle regioni montuose — dove le precipitazioni sono più intense — e in particolare sui versanti battuti dal vento (com'è il caso delle coste montuose della Norvegia meridionale) provenienti da regioni che sono importanti fonti di emissione.

(14) T. BEARDSLEY, *Acid Rain: What Cost, What Benefit?*, in «Nature», Londra, 1983, vol. 303, p. 633. Dal punto di vista scientifico è pressoché impossibile definire una soglia al di sotto della quale il danno sia nullo, per la complessità dei meccanismi innescati in natura dall'inquinamento e per le scarse conoscenze che si hanno sul sinergismo dei vari inquinanti. Ma l'individuazione di questa soglia è un falso problema, come è stato concordemente riconosciuto dagli esperti in occasione di un'importante Conferenza sull'Acidificazione svoltasi a Stoccolma nel 1982 (cfr. SWEDISH MINISTRY OF AGRICULTURE, *The 1982 Stockholm Conference on Acidification of the Environment, Proceedings*, Stoccolma, 1982, pp. 122). In quella sede fu ribadita la necessità di ridurre comunque le emissioni: ne risulterà « un decremento dei depositi variabile da luogo a luogo, ma in complesso approssimativamente proporzionale al tasso di riduzione ».

tante preoccupazioni di desolforazione » (15). Questa disinvoltura appare tanto più rischiosa se si tiene conto del fatto che l'Italia è un paese nel quale le emissioni sono destinate ad aumentare fortemente, almeno stando alle previsioni del Piano Energetico Nazionale, che prevede un massiccio ricorso al carbone negli anni a venire.

Altri paesi appartenenti alla categoria degli esportatori netti appaiono più sensibili a questo problema, come la Germania Federale, dove già dal 1974 tutte le nuove centrali devono essere munite di dispositivi per la desolforazione tecnologicamente avanzati e dove il governo, incalzato dal partito dei « Verdi », si è prefisso l'obiettivo di ridurre del 50% le emissioni di SO_2 nel corso del decennio 1982-1992 (16).

Nei paesi nordici — principali vittime dell'inquinamento transfrontaliero — il problema è motivo di grave preoccupazione (17) e l'obiettivo di arginare e contrastare i micidiali effetti dell'acidificazione costituisce il tema dominante delle politiche ambientali nazionali. La Svezia, per esempio, dove i depositi superano le emissioni di 2,3 volte, ha adottato provvedimenti che dovrebbero ridurre le emissioni interne del 29% nei prossimi 20 anni. Tuttavia si dà per scontato che il deposito di SO_2 sul territorio svedese non solo non diminuirà, ma aumenterà del 7% nello stesso arco di tempo, se anche i paesi vicini non adotteranno misure analoghe.

E' forse il caso di precisare che per paesi vicini non si devono intendere solo quelli confinanti. L'estrema mobilità degli inquinanti chimici, che si ritrovano talvolta a più di 1000 km di distanza dal luogo di emissione, implica una dimensione del tutto nuova del tradizionale concetto di « vicinato »; di conseguenza sono cambiati o stanno cambiando i tradizionali concetti di cooperazione con le altre nazioni.

Data questa situazione, si capisce come siano stati proprio i paesi nordici — impotenti a proteggersi unilateralmente — a prospettare nelle sedi internazionali la necessità e l'urgenza di un impegno comune per far fronte a questo problema (18).

Un primo passo avanti fu fatto in occasione della Conferenza di

(15) IEFE, *Energia, una transizione difficile*, Milano, Angeli, 1983.

(16) S. TOOZE, *European Pollution: West Germany takes the Lead*, in « Nature », Londra, 1984, vol. 307, pp. 308-309.

(17) Come testimonia anche l'abbondante letteratura ufficiale prodotta di recente sull'argomento. Cfr. in particolare: SWEDISH MINISTRY OF AGRICULTURE, *Acidification Today and Tomorrow*, Stoccolma, 1983, pp. 231; ID., *Acidification, a Boundless Threat to our Environment*, Stoccolma, 1983, pp. 40; THE SWEDISH FORESTRY ASSOCIATION, *Acid Rain*, Stoccolma, 1982, pp. 31.

(18) G. VEDOVATO, *Consiglio d'Europa e cooperazione transfrontaliera*, in « Boll. Soc. Geogr. Ital. », 1979, pp. 15-30.

Stoccolma sull'ambiente (1972), nella cui risoluzione finale furono recepiti alcuni principi fondamentali, come la necessità di evitare che le attività svolte in uno Stato abbiano ripercussioni dannose sull'ambiente di altri Stati (art. 21), nonché l'importanza della cooperazione internazionale ai fini di « controllare efficacemente, ridurre e eliminare effetti nocivi all'ambiente risultanti da attività condotte in tutte le sfere, sì da salvaguardare la sovranità e gli interessi di tutti gli Stati » (art. 24). Dopo la Conferenza di Stoccolma la questione dell'inquinamento transfrontaliero dell'aria e dell'acqua ha cominciato a comparire sempre più di frequente nell'agenda dei lavori di importanti consessi internazionali. L'Atto finale della Conferenza sulla Sicurezza e la Cooperazione in Europa svoltasi a Helsinki nel 1975 contiene una risoluzione che impegna i 35 paesi partecipanti a intrattenere più stretti rapporti di cooperazione in materia ambientale, e ad avviare programmi — coordinati dalla Commissione Economica per l'Europa delle Nazioni Unite — inerenti al monitoraggio e alla valutazione del trasporto a lunga distanza degli inquinamenti (Programma EMEP), nonché alla valutazione di impatto ambientale. Successivamente, nel 1979, si tenne a Ginevra una riunione sulla Protezione dell'Ambiente, patrocinata dall'ECE. Vi parteciparono i ministri di 33 paesi che firmarono la « Convenzione sull'inquinamento transfrontaliero a grande distanza » (*Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*) accogliendo in sostanza le proposte dei cinque paesi del Consiglio Nordico.

La Convenzione è stata successivamente ratificata da quasi tutti i paesi firmatari, tra i quali i paesi membri della CEE, ed è entrata formalmente in vigore nel marzo 1983 (19). Anche il Consiglio dei Ministri della Comunità Economica Europea l'ha adottata ufficialmente (20). La Convenzione stabilisce il principio che il problema va affrontato agendo sulle fonti di emissione, e che queste emissioni devono essere progressivamente limitate, ricorrendo alle tecnologie più efficaci e economicamente giustificabili. In pratica si tratta del primo

(19) Il primo paese in ordine di tempo a ratificare la Convenzione è stato l'Unione Sovietica; sono seguite le ratifiche dei paesi scandinavi e poi via via quelle degli altri, non senza ritardi e tentennamenti, dovuti a resistenze più o meno scoperte dei Parlamenti di alcuni paesi, sintomo di perduranti egolismi nazionalistici. L'Italia ha aderito alla Convenzione il 15 luglio 1982, insieme agli altri paesi membri della CEE.

(20) Com'è noto, la CEE fin dal 1973 è attivamente impegnata sul fronte della politica ambientale (M. PINNA, *La Comunità Europea di fronte al problema della difesa dell'ambiente*, in « Boll. Soc. Geogr. Ital. », Roma, 1979, pp. 59-102). Nel quadro del terzo programma quinquennale per l'ambiente 1982-86 sono state introdotte alcune importanti misure che, se attuate, dovrebbero contribuire nel lungo periodo al raggiungimento degli obiettivi della Convenzione, e precisamente: graduale introduzione di una legislazione comunitaria relativa alle emissioni da fonti stazionarie; priorità agli studi sui possibili problemi ambientali legati al crescente ricorso al carbone; analisi approfondita dei problemi legali, finanziari e tecnici connessi con l'inquinamento transfrontaliero.

strumento legale a livello regionale che riflette il comandamento « non inquinare il tuo vicino », espresso nel principio 21 della Carta di Stoccolma. I paesi firmatari si sono impegnati a scambiarsi informazioni sulle rispettive strategie e politiche concernenti il controllo dell'inquinamento atmosferico, ad armonizzare le loro legislazioni e a coordinare i rispettivi programmi di ricerca(21).

Si può dire che, con l'entrata in vigore della Convenzione, l'ecologia è assunta a dignità diplomatica. Ora che disponiamo di questo importante strumento di cooperazione internazionale si può guardare al futuro con più ottimismo? Forse è presto per poter dare una risposta a questo interrogativo, ma i più recenti sviluppi stanno a indicare che non c'è da farsi troppe illusioni sull'efficacia di questo strumento. Basterà citare due casi. Nel gennaio di quest'anno il Congresso degli Stati Uniti (paese firmatario della Convenzione in quanto membro dell'ECE) ha stanziato 55 miliardi di dollari per la ricerca sulle piogge acide, ma ha stabilito di soprassedere per il momento all'adozione di provvedimenti concreti. Questa decisione ha esasperato il governo canadese, paese che maggiormente risente dell'inquinamento transfrontaliero nel Nordamerica (22). In Europa almeno sette proposte di risoluzione presentate al Parlamento Europeo sulla lotta contro le piogge acide (l'ultima delle quali, presentata l'8 dicembre 1983, vagheggia una riduzione del 50% dei principali agenti dell'inquinamento atmosferico nella CEE nell'arco dei primi cinque anni, e una nuova riduzione del 50% durante i cinque anni successivi) (23), non si sono finora tradotte in direttive o in atti legislativi, né tanto meno in programmi d'azione.

Eppure dovrebbe ormai essere chiaro a chiunque che ci dev'essere un impegno da parte di tutti a lavorare con tutti gli altri, e a passare senza indugi all'azione, se si vuole evitare ciò che potrebbe rivelarsi a lungo andare un danno irreversibile all'ambiente e alle sue risorse, nonché una fonte di seri conflitti tra regioni vicine e lontane.

(21) Ricco di implicazioni geografiche è in particolare l'art. 5 della Convenzione, che sottolinea l'opportunità di consultazioni tra paesi sottovento e sopravvento. Con ciò implicitamente si riconosce che sui paesi sopravvento gravano maggiori responsabilità, per cui una strategia intesa a ridurre i depositi nelle aree ecologicamente fragili non è detto che debba vincolare tutti i paesi a ridurre le loro emissioni nella stessa proporzione. Una strategia efficace, a livello regionale, potrebbe ad esempio consistere nel favorire l'impiego del carbone a basso tenore di zolfo nei paesi sopravvento, nel caso in cui le disponibilità di carbone BTZ importato siano limitate.

(22) T. BEARDSLEY, *Acid Rain: Canada must act Alone*, in «Nature», Londra, 1984, vol. 307, p. 679; *Relations with Canada: Alarums and Diversions*, in «The Economist», Londra, 1984, pp. 37-39.

(23) Il testo di questa proposta di risoluzione e delle relative motivazioni, nonché i testi delle proposte presentate in precedenza, sono riportati nel *Documento di seduta* del Parlamento Europeo, n. 1-1168/83, Bruxelles, Comunità Europee, 1983, pp. 77.

LES PRÉCIPITATIONS ACIDES ET L'ÉCHANGE INÉGAL DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE EN EUROPE. — L'augmentation progressive du recours aux combustibles fossiles s'est traduite, à partir de la moitié de ce siècle, dans une considérable augmentation de la teneur d'acidité des précipitations dans la zone la plus fortement industrialisée et urbanisée de l'hémisphère boréal. En Europe, les pays les plus affectés par cette forme particulière de pollution atmosphérique sont les pays scandinaves et ceux de l'Est, qui reçoivent une quantité de dioxyde de soufre supérieure à leurs propres émissions. D'autres pays, au contraire, parmi lesquels l'Italie, sont exportateurs nets de pollution. Dans le but d'éviter que ce phénomène se traduise dans une catastrophe écologique et devienne motif de graves conflits entre les différents pays il est nécessaire de promouvoir une étroite collaboration à niveau international qui ne se borne pas à des énonciations de principe mais se traduise dans des programmes d'action immédiate.

ACID RAIN AND THE UNEQUAL EXCHANGE OF ATMOSPHERIC POLLUTION IN EUROPE. — The continuous growth of coal and fuel consumption during the last decades has brought to an impressive increase of acid precipitations within the most densely populated and industrialized regions of the northern hemisphere temperate belt. In Europe, the areas most severely affected by this particular kind of atmospheric pollution are the Scandinavian and the Eastern countries, which receive amounts of sulphur dioxide larger than their own emissions. Other countries, on the contrary, are net pollution exporters. In order to avoid an ecological catastrophe and serious conflicts between the different countries, which may arise from this situation, an effective international abatement policy should be agreed upon, which can only be achieved through co-operative efforts involving the entire European region.

Roma, Dipartimento di Studi Geoeconomici, Statistici, Storici per l'Analisi Regionale dell'Università «La Sapienza».