

SNR
160

Ing. Silvano Santini
già Direttore Generale delle Miniere e delle Fonti di Energia
Ministero dell'Industria

UNA SINTESI STORICA DELL'INDUSTRIA MINERARIA IN ITALIA

ROMA 1996

1. Le espansioni glaciali	3
2. L'inizio dell'attività mineraria	3
2.1.1. L'Arte Megalitica	4
2.1.2. Le pietre preziose	5
2.1.3. Le argille	5
2.2. I metalli	6
2.2.1. L'Età del bronzo	6
2.2.2. L'Età del ferro	7
3. La prima industria minerometallurgica	7
3.1. Gli Etruschi	7
3.2. I Salassi	10
3.3. La decadenza etrusca.....	11
3.4. I Romani	11
4. La seconda decadenza mineraria	16
5. La ripresa mineraria	18
5.1. Le consuetudini minerarie fino al Mille e i Codici mi- nerari medioevali	20
5.2. Lo sviluppo minerario medioevale	21
6. La terza decadenza mineraria	25
7. L'innovazione tecnologica	27
7.1. Le scienze della Terra.....	28
7.2. La rivoluzione industriale	31
7.2.1. Le fonti di energia.....	31
7.3. La nuova tecnica mineraria	37
8. L'industria mineraria dall'unità d'Italia alla Prima guer- ra mondiale	39
8.1. La legislazione mineraria	39
8.2. La terza ripresa mineraria.....	40
9. L'industria mineraria fra le due guerre	49
9.1. La legislazione mineraria	49
9.1.1. La legge mineraria del 1927	50
9.2. La situazione mineraria nel dopoguerra e la crisi del 1929	51
9.3. L'autarchia e lo sviluppo minerario.....	52
I disastri minerari.....	58
Le innovazioni tecnologiche.....	59

10. Dal dopoguerra alla crisi energetica	60
10.1. La legislazione mineraria	60
10.2. L'immediato dopoguerra e lo sviluppo minerario	61
10.2.1. Il mineroenergetico	64
10.2.2. Il minerometallurgico	67
10.2.3. Il minerochimico.....	72
10.2.4. Il minerindustriale	73
10.2.5. Il settore marmifero	74
10.3. L'industria mineraria e la CEE.....	75
11. La crisi energetica	75
11.1. Generalità.....	75
11.2. La ripresa del mineroenergetico	76
12. La quarta decadenza minerometallurgica	80
12.1. Stato dell'industria estrattiva nei primi anni '70.....	80
12.2. Il deterioramento minerometallurgico.....	81
12.3. Il nuovo assetto minerario del dopocrisi	83
12.4. Provvedimenti legislativi	84

La storia dell'Industria Mineraria affonda le radici negli albori della civiltà, in quanto questa ha potuto svilupparsi solo grazie ai mezzi messi a disposizione da questa industria, che si può dire nata insieme all'uomo e ha quindi seguito la sua evoluzione attraverso i secoli.

Pertanto è necessaria una premessa in cui brevemente vediamo come si presentava la Terra e in particolare l'Italia in cui comparve l'Uomo, soprattutto per descriverne l'ambiente in cui dovette muoversi. Per poi illustrare la necessità di procurarsi i mezzi per sopravvivere, dando quindi luogo alla nascita dell'industria mineraria.

1) *Le espansioni glaciali*

La durata dell'era Quaternaria, è senza dubbio incomparabilmente più breve delle ere geologiche precedenti, ma riveste un'importanza straordinaria perché è l'epoca dell'Uomo.

In quel tempo la superficie terrestre aveva un aspetto simile all'attuale, ma per effetto delle quattro espansioni glaciali, le terre emerse erano più vaste di adesso.

Infatti il livello del mare risultava più basso per la gran quantità d'acqua sottratta per evaporazione e fissata sui continenti

sotto forma di ghiaccio. Le oscillazioni climatiche ebbero forti riflessi sulla vegetazione e sulla fauna, sia marina, sia continentale.

In questo ambiente così difficile, ma senz'altro migliore dei precedenti che avevano fatto da cornice alle ere più antiche, comparve l'Uomo, insieme a un notevole sviluppo dei Mammiferi.

2) *L'attività mineraria inizia con la civiltà umana*

L'Homo Sapiens è apparso stabilmente sulla Terra 25 millenni fa. L'uomo era necessariamente nomade, soprattutto per sfuggire alle invasioni glaciali. Aveva dovuto migrare verso sud per evitare l'inesorabile avanzata del freddo.

Nel Paleolitico Superiore, utilizzando le caverne e gli anfratti naturali quali rifugio, gli uomini ancora presenti nelle zone più fredde si riunirono in tribù e furono in grado di resistere e sopravvivere alle glaciazioni.

Si può dire che già in quei primordi, ha inizio l'attività mineraria insieme con la civiltà. In quanto la razza umana per evolversi nel mondo animale aveva bisogno di mezzi che poteva trarre dall'ambiente che la circonda.

Le prime operazioni di caccia

dell'uomo del Paleolitico, venivano effettuate facendo rotolare grosse pietre dall'alto di un pendio, allo scopo di uccidere o ferire grossi animali selvatici.

Questa tecnica però già imponeva l'apertura di cave per la fornitura di grossi macigni. Queste pietre rotolando, si frantumavano riducendosi in schegge aguzze. Perciò si cercò di ripetere l'operazione con la spaccatura per ottenere schegge di dimensioni adatte a essere impugnate.

L'uomo disponeva allora di una sola forma di energia meccanica, la sua forza fisica, ma coi primi strumenti meccanici cominciò ad accrescerne la potenza.

Vibrata è il primo centro operativo italiano per la lavorazione di pietre

L'uomo inventa le lame di selce che vanno via via perfezionandosi. Fra il diciottesimo e il quattordicesimo millennio, perfeziona la tecnica della scheggiatura. In Italia il più attivo centro industriale era un gruppo di villaggi in provincia di Teramo, alla foce del fiume Vibrata.

Qui giungevano le prime zattere a remi, cariche di selci, ossidiane, diaspri, pietre verdi. Venivano dalla Calabria, dalle isole Eolie, dalla Sardegna. Queste materie prime erano cedute in

cambio di prodotti lavorati: accette, raschietti, e oggetti di ornamento, confezionati con conchiglie e denti di animali.

Vibrata però non fu l'unico centro italiano della civiltà di quell'epoca: villaggi simili si sono trovati anche presso Molfetta, Siracusa, nel bresciano e nel reggiano.

Per lo sviluppo di questa civiltà preistorica non c'era però bisogno di pietre qualunque, ma di pietre speciali, in particolare pietre dure: stava perciò nascendo la Ricerca Mineraria.

Il preistorico era un minatore libero e con la sua intuizione risaliva i corsi d'acqua, scrutando i loro greti dove si mescolavano residui di roccia trasportati a valle dall'impeto delle acque, ad altre rocce in posto. E lo scopo di quella ricerca era di individuare la provenienza di quelle pietre che potevano andar bene alla sua necessità.

La prima sostanza minerale ovunque adoperata fu la selce piromaca conosciuta poi come pietra focaia, che è una varietà di calcedonio, dai colori rossastri o anche nerastri. Inizialmente fu rinvenuta e raccolta nei detriti alluvionali recenti.

Dalle rocce che la contengono, generalmente calcaree, nelle quali è racchiusa sotto forma di nuclei, l'uomo la strappò dalla matrice che l'avvolgeva: nasceva così l'Industria Mineraria.

In Italia ci sono miniere preistoriche sparse negli Appennini, in Sardegna e alle isole Lipari. La coltivazione della selce avveniva a prezzo di sforzi inauditi, con frequenti sacrifici di vite umane, come testimoniano scheletri di minatori rinvenuti sotto gallerie crollate.

In queste miniere la disgrega-

zione della roccia procedeva con il fuoco, seguita da forti getti d'acqua.

In seguito alla selce piromaca si aggiunsero il diaspro e l'ossidiana. Il primo è frequente nell'Appennino, come varietà compatta microcristallina di quarzo impuro e colorato. La seconda (chiamata anche vetro vulcanico) è contenuta nelle vulcaniti, specialmente alle Lipari e in Sardegna.

Compare l'uso della Giadeite (silicato di sodio e alluminio) di colore generalmente verde, e della Nefrite (così chiamata perché se ne facevano amuleti contro le malattie renali): è una roccia verde o verde grigio che si trova soprattutto nell'Appennino Ligure.

Una nuova tecnica insorge nel Neolitico con la levigazione delle pietre: prelude all'età dei marmi.

2.1.1. *L'arte megalitica*

Nel tardo Neolitico (2-3 millenni A.C.) si sviluppò l'arte Megalitica, che utilizzava grandi macigni disposti in modo da significare il culto dell'uomo per la divinità. I più appassionanti misteri che l'archeologia deve ancora scoprire sono quelli riguardanti l'origine e il significato dei colossali templi in pietra di Stonehenge (Inghilterra) e di Carnac (in Bretagna, Francia).

Gli antichi uomini che li edificarono, al di fuori di queste opere e di alcuni attrezzi in selce non hanno lasciato tracce della loro Storia.

Anche in Italia, presso Bisceglie, in Puglia, esistono monumenti megalitici. Essi sono simili a grossi tavoli in pietra, detti

Dolmen, probabilmente usati come rozze celle mortuarie.

Nel tardo Neolitico può farsi rientrare l'Arte Megalitica egiziana, sulla quale non è certo il caso di soffermarsi (basti pensare alle piramidi), quella Assira e Babilonese, a partire dal IV millennio A.C.

Sono opere in pietra di grandiosità tale da lasciare sbigottito il turista moderno, non solo per l'estetica e l'eleganza delle strutture architettoniche, ma soprattutto per la perplessità che desta come tali monoliti possano essere stati estratti, trasportati e innalzati da uomini di quelle antiche civiltà. Sono grandiosi templi innalzati in onore degli Dei o del Faraone, considerato di origine divina.

In particolare la pietra in cui venivano tagliati gli obelischi era la Sienite, cosiddetta perché si estraeva dalle cave di Syene (l'attuale Asswan), di colore rossiccio.

L'arte megalitica ebbe un notevole sviluppo anche in Sardegna circa due millenni A.C., quando nell'isola prosperava la civiltà nuragica, cosiddetta dal nome con cui venivano chiamate le loro torri - fortezze (Nuraghi).

Il Nuraghe ha l'aspetto di un imponente torrione tronco conico, formato da grandi blocchi di pietra, grezzi o talvolta squadretti, posti l'uno sull'altro senza legante. Nell'interno si trova uno spazioso ambiente coperto da una cupola ottenuta ad aggetto, cioè con i massi della fila superiore leggermente sporgenti su quelli della fila inferiore, fino a giungere alla chiusura della volta.

Il Nuraghe raggiunge talvolta un diametro di 10 metri e un'al-

tezza dai 15 ai 20 metri. Normalmente è a due piani, posti in comunicazione da una scala ricavata nello spessore della muraglia.

Era un'abitazione fortificata: la sua stessa mole, imponente e robusta, e la presenza di feritoie sono i caratteri propri di una costruzione difensiva.

Quasi tutti i 7.000 Nuraghi della Sardegna si trovano in posizione dominante, in modo che da ognuno di essi se ne potessero scorgere almeno altri due, cui chiedere soccorso, mediante segnali luminosi, in caso di pericolo per l'invasione di pirati.

I Nuraghi, come già detto sono costruiti con blocchi di pietra sovrapposti, senza cementante. Solo uno, il Nuraghe Melas, circa 8 km a Nord di Guspini, presenta fra i massi un legante, malta di calce aerea.

Questo straordinario fatto su un solo Nuraghe, fa supporre che i costruttori abbiano potuto trovare nelle vicinanze di Guspini calce viva o spenta di origine naturale, trovata al contatto fra il calcare sedimentario e il basalto effusivo presente nella zona. La venuta basica cioè può aver cotto il calcare trasformandolo in calce viva, parte della quale, ben isolata da ogni contatto con acqua e aria, si mantenne finché l'uomo non la scoprì e non la utilizzò.

L'uso sistematico della calce aerea risale però al V secolo A.C. in Grecia, presso i Liguri e gli Etruschi; quello segnalato da parte dei Nuraghi è il primo esempio del suo impiego che la Storia ricordi.

Con i Nuraghi, i Sardi poterono difendersi dalle incursioni dei Liguri e degli Etruschi e succes-

sivamente dai Fenici. Nulla però poterono successivamente contro la potenza dei Cartaginesi prima e dei Romani poi.

2.1.2. *Le Pietre Preziose*

All'alba del Neolitico gli uomini già distinguevano alcune pietre brillanti o vivacemente colorate alle quali attribuivano poteri magici. In tal modo verso la fine della Preistoria, queste pietre speciali divennero la prima moneta di scambio fra le popolazioni nomadi e le stabili comunità agricole.

Nelle antichissime civiltà i lapislazzuli, l'ossidiana, la corniola, le agate, i diaspri erano tagliati o incisi a forma di sfere perforate, sigilli, amuleti, tazze, fiori e figurine zoomorfe.

Fin da epoche remote anche l'ambra ebbe grande importanza, nel Paleolitico, come gemma magica e nel Neolitico come gemma ornamentale.

L'ambra, per frizione si elettrizza attraendo pezzetti di carta, frammenti di foglie secche e di paglia. Il termine elettricità deriva appunto dal nome greco dell'ambra, *electron*, perciò le isole del Baltico da cui in origine l'ambra veniva estratta furono chiamate Isole Elettridi.

Il diamante invece, conosciuto in India fin dal II millennio, sarà usato come gemma solo quando, dopo il periodo romano, si riuscì a lavorarlo, tecnica alquanto difficile per la sua straordinaria durezza.

2.1.3. *Le Argille*

Furono attivamente ricercate e utilizzate in epoca remota per la

loro plasticità, per la proprietà di assorbire i grassi e per la capacità impermeabilizzante.

La prima utilizzazione dell'argilla fu appunto per impermeabilizzare i cesti di vimini per il trasporto dell'acqua. Probabilmente scaldando l'acqua in questi recipienti l'uomo si accorse che l'argilla induriva con il fuoco e così con l'uso del fuoco fu possibile costruire recipienti incombustibili di terracotta.

Prima che l'uomo arrivasse alla costruzione di questi recipienti, l'acqua poteva essere contenuta solo in borse di pelle e il suo riscaldamento era possibile immergendo nel liquido ciottoli di pietra riscaldati al fuoco: fu in questo modo che l'uomo arrivò ad avere l'acqua calda.

Circa 2.500 anni A.C., forse in Egitto, apparve lo strumento che doveva rimanere fondamentale nella storia della ceramica: il tornio. Sempre nella stessa epoca gli Egiziani adottarono il primo rivestimento a smalto che aprì grandi possibilità d'impiego a questo materiale.

La cottura delle argille risolse anche importanti problemi di natura domestica, ma nell'industria l'argilla fu impiegata solo nell'età del Bronzo e del Ferro, quale rivestimento refrattario dei primi forni metallurgici.

Iniziava anche l'epoca dei laterizi, ampiamente utilizzati nelle costruzioni civili, specialmente all'epoca romana. Ricordiamo che la città di Roma fu anche chiamata Città Lateritia.

Il primo impiego dei laterizi ebbe luogo presso gli Egiziani, dove gli Ebrei ridotti in schiavitù, erano condannati al lavoro nelle cave per impastare argilla con paglia per farne mattoni, cotti al calore solare.

2.2. I Metalli

Nell'era Eneolitica fu la scoperta dei metalli che consentì agli uomini di produrre utensili e armi meno rozze e di tipi più svariati.

Questo avvenimento è tanto importante da indicare l'inizio di una nuova Età nella storia dell'Uomo.

Ricordiamo che raramente i metalli si trovano puri in natura. Ciò accade solo per alcuni di essi, come per l'oro, l'argento e talvolta il rame, perché meno aggrediti dagli agenti chimici (metalli nativi).

Comunemente invece i metalli si trovano in combinazione con altri elementi, formando cioè i loro minerali.

Così l'uomo iniziò dapprima a ricercare e ad estrarre quei metalli che si trovavano puri, e quindi le prime miniere furono d'oro, argento e rame, che furono i primi metalli conosciuti. Essi sono alla base delle civiltà dell'Egitto e delle altre medio orientali. Queste ebbero una evoluzione più rapida per effetto del clima temperato esistente in quell'epoca in tali regioni.

Circa 3 millenni A.C. l'uomo si accorse che dalle rocce poste attorno a un focolare era colato qualcosa che, raffreddandosi, solidificava di nuovo. Pensò allora che sarebbe stato possibile dare a quella sostanza ancora fusa, una forma che, raffreddandosi nuovamente, si sarebbe conservata per sempre: iniziava così la tecnica della Fonderia.

Dopo aver cominciato a lavorare i metalli nativi, insufficienti per le necessità quotidiane, l'uomo cominciò a cercare e a trattare anche i loro minerali.

Per la ricerca mineraria si praticava il metodo classico di risalire il greto dei corsi d'acqua per individuare le zone d'origine dei giacimenti minerali.

Si costruirono forni rivestiti in argilla refrattaria per estrarre il rame dalla Cuprite (ossido di rame), producendo così asce, seghie, coltelli, ecc., colando il rame in appositi stampi d'argilla.

2.2.1. L'Età del Bronzo

Contemporaneamente allo sfruttamento delle miniere di rame iniziò lo sfruttamento delle prime miniere di Cassiterite (ossido di stagno), all'epoca assolutamente mancanti nel bacino del Mediterraneo.

Apparvero così le prime armi in Bronzo (che è appunto una lega di rame e stagno) e contemporaneamente si sfruttarono le prime miniere di galena argentifera per l'estrazione dell'argento e, in subordine, del piombo. Nacque così una nuova tecnica: la Metallurgia.

I primi minerali a essere conosciuti nell'Età del Bronzo furono dunque la Cuprite e la Cassiterite, così chiamata perché ritrovata, la prima volta, nelle antiche isole Cassiteridi, al largo delle coste della Cornovaglia.

All'inizio i forni metallurgici non erano altro che pozzetti circolari rivestiti di refrattario e muniti di un foro per il tiraggio. Il minerale veniva tritato e immesso nel forno con fondente calcareo a strati con carbone di legna. Raggiunta la temperatura necessaria, il metallo si raccoglieva al fondo del pozzetto sotto forma di massello metallico.

In età preistorica furono sfrut-

tate numerose miniere cuprifere nell'Algherese, nell'Ogliastra, nelle Baronie e nel bacino dell'Alta valle del Flumendosa, nella miniera di Funtana Raminosa, in territorio di Gadoni, dove sono stati trovati i segni di una tragedia mineraria antica: lo scheletro di un minatore morto per infortunio in un pozzo.

I minerali cuprifere affioravano nel territorio sardo, ma incerta è la provenienza dello stagno, scarso nell'Isola. È probabile che lo stagno fosse ottenuto dal commercio dei metalli che dalla più remota età si esercitava fra i popoli del Mediterraneo.

Per sfruttare gli affioramenti mineralizzati, quegli antichissimi minatori aprivano ampie cavità e gallerie, avendo per arnesi solo picconi e punteruoli di pietra. Per l'abbattimento della roccia in miniera veniva usato il fuoco che arroventava la roccia, che era poi disgregata con getti d'acqua fredda e abbattuta a colpi di piccone.

L'attività commerciale nel bacino del Mediterraneo e oltre fu esercitata dai Fenici. Non sembra che questi siano mai stati minatori, ma solo grandi navigatori e commercianti di metalli.

I Fenici si stabilirono in quella sottile striscia di terra compresa fra i monti del Libano e il mare e cominciarono a percorrere tutte le coste del Mediterraneo, commerciando qualsiasi merce, ma soprattutto metalli.

Oltrepassando lo stretto di Gibilterra, giunsero fino alle Isole Cassiteridi, presso le coste della Cornovaglia, per procurarsi lo stagno. E probabilmente questo stagno era ceduto ai metallurghi del Mediterraneo in cambio di altra merce.

2.2.2. L'Età del Ferro

Mentre per la riduzione dei minerali di rame e di stagno, avvenuta nell'età del Bronzo, sono sufficienti temperature al massimo di 1.000 C, per la riduzione degli ossidi di ferro (limonite, ematite, magnetite, ecc.) occorre almeno una temperatura di 1.500°C.

L'uomo conosceva certamente il ferro, ma non ebbe modo di poterlo utilizzare, appunto per la sua alta temperatura di fusione. Per ottenere questa temperatura infatti sono necessari forni molto più efficienti e questa grande innovazione tecnologica richiese moltissimo tempo di prove e riprove.

Ciò spiega perché l'uomo riuscì a produrre il ferro soltanto nel secondo millennio A.C., mentre le lavorazioni del rame e dello stagno risalgono ad almeno 1.500 anni prima.

Per produrre il ferro erano usati forni di argilla a misura d'uomo, impastata con stoppie dove si mettevano legna di pino alternata a strati di minerale e fondente. Il forno aveva un'apertura laterale dove si metteva il minerale e una inferiore per l'areazione, mentre un'apertura superiore era per il tiraggio e lo sfogo dei fumi.

L'alta temperatura che occorre per fondere il ferro non ha mai permesso agli antichi di ottenere ferro fuso. Essi dovevano accontentarsi di scaldare il minerale che, perdendo ossigeno, diveniva ferro quasi puro (spugna di ferro).

Questa imperizia fu provvidenziale: infatti la completa fusione avrebbe trasformato il minerale in ghisa, che gli antichi non avrebbero potuto utilizzare

per la fabbricazione di utensili e di armi.

Ma gli uomini non si resero subito conto che la scoperta del ferro costituiva un'arma nuova per l'arte bellica. I primi popoli che con il ferro forgiarono armi, vinsero molte battaglie, perché nessuno poteva resistere ai loro assalti: le lance del duro metallo non si spuntavano contro gli scudi e le corazze del nemico, ma ne foravano il tenero bronzo.

Con questa grande innovazione tecnologica che dette inizio a una nuova età, l'Età del Ferro, era nata la Siderurgia, quando l'intera popolazione del Mondo allora conosciuto non raggiungeva ancora i 50 milioni di abitanti.

3. La prima industria minerometallurgica

L'attività mineraria si è sviluppata lentamente nel corso dei millenni seguendo l'evoluzione della popolazione per numero e per esigenze.

Agli albori dell'epoca storica, l'accresciuta popolazione doveva necessariamente trasformare questa attività artigianale o familiare, come era stata fino ad allora, in industriale, soprattutto per l'impulso dato dall'industria siderurgica.

Otto secoli A.C. la popolazione della Terra può valutarsi intorno ai 70 milioni di abitanti.

In quell'epoca, nelle pianure costiere della Toscana, giunsero per via mare, genti straniere provenienti dall'Asia Minore. Poco a poco queste genti asiatiche si estesero nei territori vicini arrivando in Umbria, nel Lazio, raggiungendo verso Nord la Val-

le Padana e verso sud la Campania.

3.1. Gli Etruschi

Cominciò così la storia degli Etruschi, il popolo più misterioso d'Italia.

Gli Etruschi non scelsero per caso la Toscana, come loro primo insediamento quando arrivarono nella penisola italiana. Vi furono attratti dai suoi giacimenti minerali e da quelli di ferro della vicina isola d'Elba, giacimenti che avrebbero rappresentato la loro maggiore ricchezza.

Essi furono i concorrenti dei Fenici e li sostituirono nel commercio marittimo in Toscana, in Sardegna e altrove per argento, ferro, rame, piombo e stagno.

A differenza dei Fenici però, gli Etruschi furono provetti minatori e metallurghi: verticalizzando l'industria mineraria con la metallurgia e con l'esportazione dei prodotti finiti verso altri paesi del Mediterraneo, guadagnando sull'enorme valore aggiunto dei prodotti finiti, divennero famosi per la loro straordinaria ricchezza.

In particolare valorizzarono i giacimenti minerali di tutta la Toscana, ricca di minerali metalliferi e di ferro. Il fatto più straordinario fu la scoperta di minerali di stagno (Cassiterite) presso l'attuale Campiglia Marittima, facendo in tal modo crollare, almeno in questo settore, la potenza economica dei Fenici che approvvigionavano di stagno il bacino del Mediterraneo, trasportando l'importantissimo metallo dalla lontana Cornovaglia.

Numerosi furono i giacimenti scoperti e coltivati dagli Etru-

schì, alcuni dei quali ripresi e coltivati fino ai nostri giorni.

Fra i minerali di rame, presenti nelle rocce ofiolitiche (Liguria e Toscana) importanti furono gli affioramenti cupriferi di Montecatini Val di Cecina, nel Volterrano e fra i minerali di rame e piombo argentifero i giacimenti del Massetano di Serrabottini nord (detto delle Bruscoline), e di Serrabottini Sud (dove è stata scoperta una necropoli con sepolcreti di epoca Villanoviana), di Castel Borello, Poggio Montierino, Castellaccia e Niccioleta e del Campigliese, nella valle del Temperino e nel monte Calvi (detto Buca del Ferro).

Fra i minerali di mercurio, allora utilizzati insieme alle ocre rosse come sostanze coloranti, quelli della regione del monte Amiata, nelle miniere del Siele e del Cornacchino, dove sono state trovate lucerne etrusche in terracotta, mazze e cunei di pietra in gallerie armate con legname d'abete (oggi le foreste in questa regione non sono più di abeti, ma di castagni e faggi).

Importantissima fu anche la lavorazione degli Etruschi nelle miniere di ferro dell'Isola d'Elba. Tutti i giacimenti affioranti furono coltivati per diversi secoli dagli Etruschi i quali estesero le loro coltivazioni in profondità, finché fu possibile approfondirle sotto il livello idrostatico con i mezzi allora disponibili.

L'attacco dei giacimenti era effettuato con cunicoli che partivano dagli affioramenti. Essi presentano andamento sinuoso conformemente alla giacitura delle vene più ricche in minerale, raggiungendo anche notevoli profondità (Metodo Etrusco).

Imponenti scavi furono effet-

tuati nel Campigliese e nel Massetano.

Nel Campigliese, nella zona della Valle del Temperino, data l'elevata compattezza della roccia incassante, costituita da silicati ferrocalfiferi (Ilvaite), furono scavate in sotterraneo camere enormi, lasciando pilastri a sostegno del tetto nelle parti povere o sterili del giacimento.

Nella zona di Monte Valerio, la Cassiterite era concentrata in vene di minerale puro e molto ricco (Massello) contenute entro una formazione ematitica affiorante. Gli Etruschi scavavano il minerale lungo queste vene mediante stretti cunicoli, lasciando in posto le parti sterili o scarsamente mineralizzate. La coltivazione assunse perciò un aspetto caratteristico per le innumerevoli camere di modeste dimensioni osservabili nel pendio del monte, tanto che la zona mineraria fu denominata le Cento Camerelle, nome che conserva tuttora.

Nel Massetano, nella zona di Serrabottini (nome che indica una coltivazione con una selva di pozzi affiancati), il minerale veniva estratto lungo le vene colonnari più ricche in rame che normalmente si presentano oblique rispetto all'immersione dei filoni quarzosi che le ospitano. Perciò si osservano pozzi subverticali del diametro di circa un metro, rivestiti con muretti a secco nelle zone franose, che potevano raggiungere anche notevoli profondità. L'estrazione del minerale era fatto con il solito sistema di operai a catena che si passavano di mano in mano il corbello o la borsa di pelle riempita di minerale.

Lo sterile proveniente dalle escavazioni era scartato e si-

stemato a scarica nel sotterraneo stesso, mentre i minerali estratti subivano una ulteriore cernita a mano all'esterno della miniera per separare le parti ricche da quelle povere o sterili che venivano poste a scarica a bocca di miniera.

I minerali di rame, stagno e piombo argentifero erano dunque arricchiti con sola cernita manuale e venivano inviati ai forni fusori per l'estrazione metallurgica dei relativi metalli. Le calamine (minerali ossidati di zinco) non erano conosciute, come non era conosciuto lo zinco, perciò erano scartate perché all'epoca non utilizzabili, mentre le galene avevano notevole pregio per l'elevato contenuto in argento.

In quel tempo i metalli conosciuti erano sette e, secondo le fantasiose teorie degli antichi Greci, provenivano dall'influsso dei sette pianeti, come il Sole per l'Oro, la Luna per l'Argento, Marte per il Ferro, Mercurio per il Mercurio, Giove per lo Stagno, Venere per il Rame e Saturno per il Piombo.

Lo zinco non era conosciuto, ma i fonditori dell'antichità conobbero l'arte di fabbricare l'ottone (lega di rame e zinco), ottenuto forse per caso fin dal X secolo A.C. e che gli antichi chiamarono Oriccalco.

Oggetti di Oriccalco sono stati trovati in Palestina e nell'Europa centrale. Anche nel Tirreno, a nord dell'isola di Carloforte, sono state trovate verghe di età nuragica in lega di rame con il 14% di zinco.

L'Oriccalco si diffuse dal Medio Oriente, dove per la prima volta fu prodotto, a tutto il mondo che in quell'epoca possedesse un barlume di progresso.

Non si hanno tuttavia notizie che gli Etruschi abbiano fabbricato l'Oricalco, né che abbiano conosciuto lo zinco, ma si giungerà fino al XVI secolo prima che il metallo così comune nei minerali fosse diffusamente conosciuto e al XIX secolo prima che fosse industrialmente utilizzato, nonostante che molto di esso venisse prodotto da secoli in India e in Cina.

Nel Campigliese, in località Madonna di Fucinaia, esistono forni fusori nei quali si trattava la Calcopirite (dal nome greco del rame, Calcos, della Calcide nell'Eubea) della vicina miniera del Temperino. Già eravamo ad uno stadio avanzato della metallurgia del rame che permetteva di trattare un minerale povero come la Calcopirite (solfuro di rame e di ferro), dopo il probabile esaurimento dei minerali più superficiali e molto più pregiati come la Cuprite e la Calcosina (solfuro di rame).

Gli Etruschi furono esperti metallurghi dell'argento, ricavato dai giacimenti di Montieri e di Massa; anche in Sardegna, nello stesso periodo, Cartaginesi e Fenici si interessarono attivamente ai minerali di piombo argentifero, i primi come ricercatori e minatori, come commercianti ed esportatori i secondi.

L'argento era utilizzato per coniare monete e trarne oggetti preziosi, mentre il piombo era usato come sottoprodotto nella fabbricazione di tubazioni, ancore e lastre per la carenatura delle navi.

Le coltivazioni sotterranee, dopo un certo tempo, furono ostacolate dalle profondità raggiunte che crearono seri problemi per il notevole lavoro necessario all'estrazione del minerale

e soprattutto per l'eduazione delle acque.

L'eduazione, come l'estrazione, veniva effettuata in salita, secondo il Metodo Etrusco, portando a giorno sia il minerale estratto sia l'acqua edotta dalla miniera mediante squadre di operai disposti a catena che si passavano di mano in mano in corbelli o cesti carichi di minerale e recipienti pieni di acqua, con il ritorno dei vuoti in discesa.

L'eduazione fu un problema che ostacolò le coltivazioni delle miniere di Massa e della Sardegna, ma non creò gravi problemi nelle miniere del Campigliese, dove il livello idrostatico e abbastanza profondo, e dell'Elba dove le coltivazioni procedevano a cielo aperto.

Come già osservato, la coltivazione delle miniere metallifere, senza nessun lavoro preparatorio, iniziava dagli affioramenti con stretti cunicoli che si allargavano dove la vena mineralizzata si ingrandiva. Nelle parti friabili del giacimento si usavano picconi e punteruoli per l'abbattimento della roccia, mentre nelle parti più compatte si ricorreva all'arroventamento della roccia con il fuoco e conseguente suo sgretolamento con getti di acqua fredda.

Non risultano particolari accorgimenti per la ventilazione dei sotterranei che avveniva per diffusione. Non esistevano processi di arricchimento del minerale se non la cernita manuale. La metallurgia era rudimentale tanto che in epoca recente ne sono riutilizzate le scorie.

Anche le miniere di ferro furono intensamente coltivate dagli Etruschi: le coltivazioni iniziarono nel Campigliese, nella

zona di Monte Rombolo e di Monte Spinosa, e solo successivamente nell'Isola d'Elba.

Il nome Elba deriva da Ilva che ricorda il possesso delle miniere da parte degli Ilvates, una etnia ligure, i quali, probabilmente, iniziarono a coltivare giacimenti superficiali di minerali di rame di cui oggi non appare traccia nell'Isola, ma tali coltivazioni sono documentate da abbondanti cumuli di scorie cupriferi nei dintorni di Marciana Marina.

I Greci, poi, chiamarono l'Elba con l'appellativo di Aethalia, la Fuliginosa, a causa dei fumi dei forni fusori accesi di notte, onde pareva che la costa orientale dell'Isola fosse tutta un incendio.

Gli Etruschi svolsero nell'Isola intensa attività mineraria, come attestano i cumuli di scorie ad elevato tenore in ferro in varie zone.

La metallurgia del rame, piombo, argento e stagno era insediata nelle immediate vicinanze delle miniere, in particolare di rame, il cui trattamento, date le modeste produzioni di metallo, era effettuato da numerose società ed anche da lavoratori isolati. Ma ben diverso è il discorso sulla siderurgia etrusca, anch'essa, in un primo momento, collocata in prossimità delle miniere di ferro del Campigliese e di quelle ben più importanti dell'Isola d'Elba. La Fuliginosa dei Greci e l'apparente incendio sulle coste orientali dell'Isola, confermano questa tesi.

Mentre però alla metallurgia bastavano modeste quantità di carbone di legna e di materiali fondenti, date le produzioni non rilevanti di minerali metalliferi, per la siderurgia occorreva gran-

de quantità di combustibile e le foreste elbane, le miniere energetiche degli Etruschi, erano in esaurimento. Inoltre, il trasporto della Spugna di ferro dall'Isola verso il continente, nella città di Dicearchia, era soggetto alle in-gordige dei pirati stanziati nella Corsica, cosicché gli Etruschi pensarono di sospendere il trattamento siderurgico all'Elba e di trasferirlo a Populonia, trasportando, con navi mineraliere, il minerale di ferro al golfo di Baratti, presso Piombino.

Populonia era una località baricentrica rispetto alle miniere elbane e alle miniere del Campigliese.

Le prime fornivano un minerale a ganga prevalentemente silicea, le altre a ganga calcarea e quindi i difetti dell'una erano compensati dai difetti dell'altra.

Populonia era ricca di foreste ancora intatte e nelle sue vicinanze erano reperibili i minerali necessari alla siderurgia, calcari come fondenti e argille come refrattari. Inoltre, il golfo di Baratti permetteva il trasporto marittimo del ferro in tutti i porti del Mediterraneo.

Lo sviluppo siderurgico diede inizio ad una continua guerra alle foreste che durerà per millenni fino all'utilizzo industriale del carbon fossile. La lavorazione del ferro, a differenza di quella di altri metalli, non poteva essere effettuata da società o da lavoratori indipendenti, ma richiedeva un'organizzazione accentrata. Perciò fu deciso l'accentramento siderurgico a Populonia dove giungevano i minerali di ferro dell'Elba, del Campigliese e delle altre zone dell'Etruria.

In un primo momento i forni fusori erano elementari e rudimentali e la mescolanza dei mi-

nerali elbani con quelli campigliesi non si dimostrò adatta per ottenere rendimenti adeguati. Infatti, i cumuli di scorie ferrifere etrusche di Baratti, riutilizzate oltre duemila anni dopo, avevano tenori in ferro molto elevati, il che dimostra le deficienze della siderurgia di quei tempi. Il prodotto di fonderia, più che ferro metallico, era una Spugna di Ferro, cioè un minerale peridotto che i fabbri, sparsi nei vari porti del Mediterraneo, riuscirono ad utilizzare.

In un secondo tempo, anche a Populonia sorse l'industria delle seconde lavorazioni che tanto lucro aveva recato ai fabbri del Mediterraneo, in particolare a quelli della città di Dicearchia che i Romani chiamarono Puteoli e che poi divenne Pozzuoli.

Gli Etruschi non impiegarono il marmo ma lavorarono il travertino e il macigno come pietre da costruzione e impiegarono gli alabastri di Volterra per anfore e urne cinerarie.

Essi furono anche esperti nell'arte ceramica: per la verniciatura delle ceramiche artistiche pare si avvalessero del borace dei lagoni dell'attuale Larderello, senza conoscerne la natura.

Anche la gioielleria etrusca raggiunse una tecnica molto elevata; gli orafi importavano l'oro dall'Oriente allo stato greggio e in parte anche dalle zone alpine dove i Salassi, abili minatori, esercitarono in quei secoli una miniera d'oro la cui coltivazione si protrasse fin quasi all'inizio dell'era volgare.

3.2. *I Salassi*

La prima miniera d'oro di cui si hanno dettagliate notizie per

merito di Teresio Micheletti, ingegnere minerario, nel suo libro «L'immensa miniera d'oro dei Salassi», è quella della Bessa, scoperta e coltivata dai Salassi in quel di Vittimuli, in agro Verellese, dal IV secolo A.C. fin quasi all'inizio dell'era volgare.

Il giacimento aurifero era contenuto nei depositi morenici risalenti alla seconda glaciazione (Glaciazione di Mindel), costituiti da una frammistione di materiali fini, contenenti pagliuzze d'oro (in origine costituivano probabilmente sabbie aurifere coinvolte poi nella morena), e di altri materiali lapidei costituiti da grosse pietre (Pietroni).

Il metodo di coltivazione adottato dai Salassi fu quello del dilavamento di questo materiale morenico mediante forti innondazioni provocate dalle acque della Duria, incanalate con un'opera gigantesca della lunghezza di 100 km fino alla zona della morena in cui si immettevano a grande velocità.

Data la compattezza del deposito morenico, ormai consolidato nel corso di centinaia di millenni, l'acqua da sola non era in grado di disgregare il materiale, per cui i minatori Salassi pensarono di ricorrere al subissamento. Scavavano serie di lunghe gallerie affiancate, disposte sfalsate anche a due o più piani sovrapposti, armandole nella formazione morenica abbastanza friabile con archi in pietra inseriti nella volta in precedenza, a mò di marciavanti, delimitando così la striscia di morena da coltivare.

Successivamente, procedendo in ritirata, provocavano mano mano il crollo contemporaneo delle gallerie, demolendo i piedritti delle armature in pietra da

distanza di sicurezza mediante funi: in tal modo avveniva il crollo per subissamento della striscia di morena da coltivare.

Ottenuto il franamento, i Salassi inviavano sul materiale disgregato acqua a grande velocità il cui impeto trascinava a valle il materiale; regolando appositamente il flusso della corrente, riuscivano a separare il fino aurifero mediante apposita grigliatura ed a scaraventare a discarica i pietroni sterili nelle zone a valle.

Il fino in sospensione all'acqua subiva un processo di arricchimento facendolo passare su letti di ulice (un frutice simile al rosmarino) o su letti di pelle di animali (Vello d'Oro), oppure su tavolati con scanalature trasversali, in modo che le pesanti scaglie d'oro venissero trattenute.

L'ulice aveva nei confronti delle pelli il vantaggio di poter essere bruciato dopo essiccazione, cosicché l'oro era facilmente recuperabile dalle ceneri.

Il materiale fino poteva contenere al massimo un grammo di oro per metro cubo e la coltivazione, durata almeno quattro secoli, si dimostrò redditizia in quell'epoca, tanto da fornire una produzione stimata in 120 tonnellate di oro con una media annua di 300 chilogrammi.

3.3. La decadenza etrusca

La massima potenza degli Etruschi fiorì dal VI al IV secolo A.C. concomitante alla lavorazione minerometallurgica, tanto che nel V secolo l'Etruria cominciò a coniare monete, prima usando semplici pezzetti di bronzo e di rame, poi monete vere e proprie. La moneta di Populonia, per esempio, aveva il

martello e le tenaglie nel rovescio e la testa di Vulcano nel diritto ad indicare il carattere minerometallurgico della Città. Seguirono poi monete in argento e in oro.

La maggiore ricchezza degli Etruschi era rappresentata dalle miniere metallifere; esse però, nella loro plurisecolare attività, si erano approfondite anche oltre i 100 metri e l'eduzione delle acque divenne ostacolo insormontabile per la lavorazione dei filoni cupriferi, specialmente nel Massetano.

Le ricche vene di Cassiterite delle Cento Camerelle si erano esaurite e le miniere dell'Elba furono sospese, come attesta lo stato di abbandono di Populonia.

Gli Etruschi, con la loro organizzazione, avevano bonificato le Maremme con varie canalizzazioni rendendo possibile la costruzione di numerose città.

La crisi mineraria provocò lo spopolamento delle città marittime, per cui la malaria infestò in quelle regioni già fiorenti durante il benessere minerario.

La potenza degli Etruschi fu soprattutto economica, ma a causa della loro organizzazione politica, consistente soprattutto nell'estrazione e nella lavorazione dei metalli e nella loro commercializzazione, non pensarono mai di organizzarsi come grande potenza militare: perciò essi furono assoggettati dai Romani.

Le coltivazioni minerarie proseguirono invece in Sardegna sotto la dominazione cartaginese per l'estrazione di galene ad alto contenuto in argento.

Proseguì ancora la coltivazione delle miniere d'oro del Vercellese, finché i Salassi non furono sottomessi dai Romani.

3.4. I Romani

In epoca romana gli eventi politici fecero dell'Italia una nazione dedita più all'agricoltura che all'industria mineraria.

La prima rivoluzione industriale promossa dagli Etruschi aveva predisposto l'abbandono da parte dei Romani delle miniere di stagno e di rame dell'Etruria, le prime per esaurimento delle vene ricche di Cassiterite, le seconde per l'ostacolo causato dal livello idrostatico.

Le miniere di ferro dell'Isola d'Elba, nonostante le fantasiose e ingenui teorie di scrittori greci e latini sulla miracolosa rigenerazione dei minerali estratti, furono abbandonate alla fine del periodo repubblicano (509-31 A.C.). Anche i giacimenti minerari di oro, già coltivati dai Salassi nel Vercellese, passati poi ai pubblicani dopo la sottomissione dei Salassi, erano prossimi all'esaurimento.

I Salassi, sfuggiti alla schiavitù romana, si erano rifugiati in Val d'Aosta, in quel di Cogne, dove svilupparono la ricerca e la coltivazione dei minerali di rame, di ferro e di piombo argentifero.

Il governo repubblicano, nella sua saggezza politica, non aveva interesse a sviluppare l'attività mineraria in Italia, bensì nelle varie provincie che, man mano, passavano sotto il suo dominio, per cui le miniere italiane furono trascurate. Potendo disporre delle grandi risorse minerarie delle provincie occupate e sottomesse, non era conveniente ricercare e coltivare miniere in Italia, evitando così di sottrarre braccia all'agricoltura che costituiva il fondamento economico e morale della so-

cietà romana, società contadina del popolo e sfrenata sete di dominio dei potenti.

Tuttavia, in epoca repubblicana la Gallia Cisalpina e la Sardegna non erano incluse nell'Italia amministrativa, per cui quelle regioni ebbero notevole impulso minerario.

Una legge censoria per le miniere di oro del Vercellese proibiva ai pubblicani di tenere al lavoro più di 5.000 uomini. Tali precauzioni erano adottate dal governo per evitare ammassamenti di schiavi per motivi di sicurezza nazionale, specialmente in Italia dove era consentito il lavoro minerario solo se ritenuto indispensabile per l'estrazione di minerali non rinvenibili altrove.

In verità, le miniere metallifere italiane erano state intensamente sfruttate nei secoli trascorsi, per cui fu ritenuto conveniente coltivare solo nuove zone alle quali gli Etruschi non avevano pensato e approvvigionare l'Urbe di metalli ricavati al di fuori dei confini dell'Italia amministrativa.

In epoca romana furono perciò effettuate coltivazioni minerarie in Sardegna e nell'Italia del nord per argento, piombo argentifero, rame, oro e ferro di pregiata qualità, che potevano configurarsi come minerali di interesse nazionale, altrimenti da importare anche da province lontane.

Nell'Italia centro-meridionale e nella Sicilia furono sviluppate coltivazioni di marmo, di sale e di zolfo, nonché di minerali di interesse locale, da impiegare solo in prossimità dei luoghi di estrazione, quali materiali da costruzione, come le argille per laterizi, le sabbie, le pietre da co-

struzione, la pomice e la pozzolana.

Filoncelli quarzosi con oro visibile furono coltivati in Valsesia, in Val d'Ossola e in Vallanzasca (Pestarena) nelle falde del Monte Rosa. Nella Gallia Cisalpina iniziò la pesca dell'oro nelle alluvioni di quasi tutti gli affluenti di sinistra del Po e nel fiume Gorzente in Alessandria.

Minerali di rame furono estratti in Val d'Aosta nelle miniere di Ollomont, Champ de Praz e Saint Marcel; galena argentifera nella zona di Courmayer e minerali di ferro nella miniera di Cogne.

Attività minerarie romane di minerali di ferro si riscontrano nel Bergamasco (a Clusone sembra esistesse una fabbrica di armi e un'armeria) e nel Bresciano, in Val Trompia e in Val di Scalve, presso Bovegno, dove il minerale di ferro manganeseifero poteva fornire ferri al manganese di notevole resistenza, tanto da poter essere impiegati nella fabbricazione di attrezzi rurali e di armi di alta qualità, con le quali le popolazioni locali vinsero molte battaglie e crearono serie difficoltà alle legioni romane.

Anche nel Calisio (Trentino), e nella Val di Brosso (Piemonte), furono effettuati importanti scavi minerari.

Le miniere di ferro elbane, dopo l'assoggettamento dell'Etruria, furono coltivate solo saltuariamente per lo scarso interesse che queste miniere presentavano rispetto a quelle esistenti nei territori conquistati, molto più ricchi di risorse minerarie e decentrate nei luoghi dove stanziavano gli eserciti.

Mentre in Toscana le esauste miniere, dopo l'intenso lavoro

dei minatori Etruschi, rimanevano abbandonate e allagate, in Sardegna fervevano ancora lavori minerari per l'estrazione delle galene argentifere.

I nomi Argentara, Plumbaria e Gennargentu caratterizzano l'Isola per la sua ricchezza in argento, ed altri nomi come Metalla, Ferraria, Logudoro attestano che la Sardegna fu, in tempo romano, campo di intensa attività mineraria.

Tracce di lavorazioni minerarie romane sono evidenti nelle formazioni calcaree dell'Iglesiente entro l'area del cosiddetto Anello Metallifero, come a Monteponi, Malacalzetta, Planu Dentis, Valle dello Spirito Santo (Metalla, dove sorge il tempio di Antas a nord di Iglesias), Masua, San Giorgio, San Giovanni e Barega. Sono nomi noti a tutti i tecnici minerari in quanto quelle miniere sono state coltivate fino ai tempi nostri. Notevoli coltivazioni si notano nelle miniere dell'Argentiera, distanti sedici chilometri da Porto Torres.

I Romani ignoravano l'esistenza dei ricchi giacimenti argentiferi del Sarrabus, mentre le ricerche si sviluppavano nell'Ogliastra e nella Barbagia, presso Lula, nella miniera di Sos Enattos ancora oggi in attività.

Avanzi di forni fusori per piombo si osservano in numerosi punti dell'Iglesiente misti a frammenti di calamine, scorie che in epoca recente furono rifiuse nella fonderia di Masua.

L'esportazione dei metalli dalla Sardegna avveniva, come in epoca cartaginese, dal porto di Sulcis, chiamato anche Plumbaria, nell'Isola di Sant'Antioco. L'istmo artificiale congiungente l'isola di Sardegna all'isola di

Sant'Antioco fu costruito dai Cartaginesi quando per primi scoprirono in ambedue giacimenti minerari e vollero sfruttarli.

Il nome di Logudoro fa supporre che i Romani abbiano esplicito nell'Isola attività di ricerca di minerali auriferi, ma ciò non è confermato da documenti storici.

Dall'ultimo secolo del periodo repubblicano, Roma, era il principale mercato dei sette metalli allora conosciuti. I Romani, avendo limitato in Italia le produzioni minerarie ai giacimenti più redditizi o non reperibili altrove, si approvvigionavano di materie prime dalle varie provincie occupate.

Le provincie romane minerariamente più importanti furono l'Iberia, la Gallia, la Bretagna, l'Illiria, la Penisola Balcanica e l'Asia Minore.

Lo stagno della Spagna alimentò il consumo di Roma nell'ultimo periodo della Repubblica e nel primo Impero, poi il metallo di Giove riprese ad essere commercializzato dalle Isole Cassiteridi, forse per esaurimento delle miniere spagnole.

Famosa per la produzione di rame fu l'Isola di Cipro, tanto che i Romani chiamarono il metallo di Venere col nome di Cuprum, da cui il simbolo.

Il Cinabro, solfuro di mercurio, proveniente dall'Iberia, era usato come medicinale e, per il suo colore rosso vivo, come sostanza colorante. Ma si hanno notizie secondo le quali i Romani usavano il mercurio anche per l'estrazione dell'oro dal minerale grezzo delle miniere (amalgamazione).

Nelle miniere della Gallia fu intensamente coltivato il piombo argentifero, lasciando in posto le

calamine sotto forma di pilastri sterili.

I Romani, nei loro stanziamenti nella Bretagna del nord, usarono il carbon fossile per il riscaldamento delle terme e per la fusione del ferro e del piombo.

L'industria dei marmi si sviluppò nelle cave dell'Attica e, in modo particolare in Egitto con la coltivazione delle famose cave di Sienite e di Porfido dalle quali provenivano numerosi obelischi che abbellirono molte piazze dell'Urbe. Dall'Asia Minore venivano importati i marmi di Jrapoli impiegati nei sarcofagi e da città presso Tebe, chiamata Alabastro, provenivano le Onici. L'Alabastro (Onice Gessoso) era riservato alle statue delle divinità e dei componenti la famiglia imperiale. Celebri furono anche i marmi dell'Arabia per il loro splendore e la loro levigatezza.

La coltivazione dei giacimenti metalliferi seguiva ancora il Metodo Etrusco senza nessun concreto miglioramento tecnico, per cui i pozzi erano allineati secondo la direzione in cui più abbondante era la mineralizzazione.

I problemi principali che avevano limitato l'attività mineraria, estrazione, eduazione e ventilazione, rimasero pressoché al punto cui erano pervenuti gli Etruschi e i Salassi.

Le coltivazioni romane avvenivano a cielo aperto (esempio importante è documentato dalle miniere elbane), in sotterraneo mediante pozzi (Putei) o gallerie (Fossae) e, nelle alluvioni stannifere e aurifere, mediante il sistema di abbattimento idraulico già praticato nelle miniere della Bessa.

Per la ventilazione dei sotter-

ranei profondi e comunicanti fra loro, dove il flusso dell'aria avveniva naturalmente, si ricorreva all'accensione di fuochi al basso dei pozzi di riflusso e all'esecuzione di camini in prolungamento dei pozzi stessi.

Per l'eduazione (qualche decina di metri di prevalenza) si ricorse all'impiego di ruote a calpestio e viti di Archimede azionate a mano giorno e notte, sistemi particolarmente usati in Iberia.

Non si hanno notizie circa l'uso delle gallerie di scolo se non per modestissimo sviluppo e per brevi profondità.

La necessità di evitare frane, le difficoltà di ventilazione e di eduazione, nonché la mancanza assoluta di cognizioni giacimentologiche, imponevano l'apertura di numerosi pozzi a breve distanza fra loro. Per sostenere il tetto degli scavi più ampi si lasciavano in posto grossi pilastri naturali nelle zone sterili e si faceva ricorso a puntelli e armature in legname. In rocce friabili si ricorreva anche alla tecnica del franamento del tetto dopo che il minerale era stato estratto. L'abbattimento delle rocce più compatte si praticava ricorrendo al fuoco.

La Metallurgia non fece progressi rispetto a quella praticata dagli Etruschi in Toscana e dai Cartaginesi in Sardegna.

Prima del trattamento metallurgico i minerali venivano arricchiti a bocca di miniera con cernita a mano, triturati e lavati in appositi bacini per separare il minerale pesante dalla ganga più leggera (Metodo Idrogravimetrico). Poi, se il minerale era un ossido (Cuprite, Cassiterite, Ematite) passava direttamente ai forni di riduzione, se invece

era un solfuro (Galena argentifera, Calcopirite, Pirite), subiva prima un processo di arrostitimento per liberarlo dallo zolfo e poi passava ai forni di riduzione.

La metallurgia del rame e dello stagno era abbastanza semplice date le basse temperature di fusione dei due metalli. I Galli impararono persino la tecnica di stagnare il rame e il ferro così da renderli difficilmente distinguibili dall'argento e della saldatura dell'argento fatta con lo stagno.

La metallurgia del ferro, certamente molto diffusa in epoca romana, era più difficile per le alte temperature occorrenti; la fusione di certi minerali di ferro, come la Magnetite e l'Oligisto, era così imperfetta che le scorie contenevano elevatissime concentrazioni di ferro, tanto da essere riutilizzate in epoca recente. La metallurgia del ferro era effettuata in prossimità delle miniere o in zone ricche di foreste o dove fosse possibile disporre di carbon fossile, come in Bretagna; la disseminazione di scorie in più punti della Gallia fa supporre che si facesse impiego di fornaci mobili per rendere più agevole il rifornimento di lingotti di ferro sgrassati agli eserciti dislocati nelle varie province romane.

La metallurgia del piombo era dedicata all'estrazione dell'argento, trascurando il metallo di Saturno che aveva valore solo di sottoprodotto. L'argento era ottenuto mediante il processo della Coppellazione, facendo ossidare il piombo sotto forma di Litargirio (ossido di piombo) che poi veniva sottoposto a nuova fusione per il recupero del piombo in esso contenuto.

La metallurgia del mercurio

consisteva nella sublimazione del metallo contenuto nel Cinabro, facendolo condensare in un alambicco dove, per raffreddamento, si condensava e prendeva l'aspetto che lo caratterizzava.

L'estrazione dell'oro dalle pagliuzze alluvionali avveniva per fusione da cui si ottenevano direttamente lingottini d'oro, ma l'oro racchiuso entro ganghe quarzose (oro da giacimenti primari) già i Romani riuscirono a recuperarlo con il metodo dell'amalgamazione ricorrendo al mercurio.

I centri metallurgici in Italia, oltre Pozzuoli, erano a Capua, Nola e Brindisi.

Nella città di Aquileia, allora appartenente alla provincia dell'Illiria, fiorì un'industria metallurgica per la fornitura di quasi tutti i paesi danubiani. La metallurgia del ferro, del rame e dell'argento vi era talmente sviluppata da far chiamare Aquileia la Puteoli dell'Italia settentrionale. L'importanza metallurgica fu tale da permettere di batter moneta nella zecca fondata da Diocleziano nel 298.

La valorizzazione dei marmi iniziò fin da epoca repubblicana ma si sviluppò enormemente durante l'Impero (31 A.C.-476).

Di origine etrusca fu il porto di Luni, all'inizio utilizzato per la spedizione del metallo del le miniere dell'Argentiera, presso Serravezza; ma in epoca romana Luni divenne il centro dell'industria dei marmi apuani, noti col nome di Marmi Lunensi.

L'ultimo secolo della Repubblica ed i primi due dell'Impero segnarono il periodo di maggiore prosperità per l'industria dei marmi, profusi nella costruzione

di templi, terme, colonnati, archi, acquedotti, non solo nell'Urbe, trasformatasi da lateritia in marmorea, ma nelle varie città dell'Impero.

Nelle cave, l'abbattimento era praticato mediante cunei posti a breve distanza fra loro che staccavano pareti di roccia secondo i piani di stratificazione; centinaia di scalpellini provvedevano poi a riquadrare i marmi.

Il trasporto dei giganteschi blocchi dalle cave al poggio di caricamento veniva effettuato col vieto metodo dell'abbrivio, cioè provocandone il rotolamento o lo scivolamento in ripide discariche di scaglie di marmo, dette ravaneti.

Il trasporto dei blocchi al porto di Luni era effettuato a mezzo di buoi con carri romani, mentre il trasporto alla Capitale veniva effettuato con facilità via mare mediante navi lapidarie che risalivano poi il corso del Tevere.

Anche il granito del Monte Capanne, nell'isola d'Elba, fu impiegato dai Romani prima che ne fosse importato dall'Egitto, insieme ad altre pietre da costruzione come il travertino e i tufi vulcanici laziali.

Travertino fu estratto nell'Umbria, nel Lazio presso Tivoli (Lapis Tiburtinus, donde il nome), in Toscana e nelle Marche. È un ottimo materiale da costruzione perché leggero e resistente agli agenti atmosferici. Con travertino furono costruiti i maggiori monumenti di Roma, come il Colosseo, il Castel Sant'Angelo, San Pietro ed altri monumenti di grande importanza.

All'epoca di Tiberio, quando la popolazione stabile sulla Terra poteva contare 125 milioni di abitanti, una grande voce si levò

dalla Montagna: VOI SIETE IL SALE DELLA TERRA! ... VOI SIETE LA LUCE DEL MONDO!...

Ma questa voce non fu ascoltata dai potenti, anzi il «Sale della Terra», gli uomini, specialmente quelli che avevano abbracciato la fede cristiana, furono uccisi o trascinati come schiavi nelle miniere metallifere o in quelle di sale e di zolfo. Essi erano soltanto uomini «dannati ad metalla», non liberi minatori ...

Il lavoro degli schiavi nelle miniere era particolarmente triste come saltuariamente descrivono alcuni autori latini: «Essi (gli schiavi) procurano grandi proventi ai padroni, ma muoiono in gran numero consunti dalle fatiche, senza riposo e frustati dai sorveglianti. Essi scavano monti procedendo a lume di lucerna per molti mesi senza vedere il giorno. Le gallerie spesso rovinano e li seppelliscono improvvisamente. Essi spezzano i grandi massi col fuoco e con l'aceto e quelli che il vapore o il fumo non affoga, portano fuori, sulle spalle, pietroni staccati e infranti. E così al buio l'uno di mano in mano ne carica l'altro e gli ultimi soltanto vedono la luce».

È forse per un senso d'imbarazzo o di vergogna che gli scrittori latini, uomini di elevati sentimenti, non fanno menzione nei loro testi delle miniere e poco delle condizioni di lavoro dei perseguitati.

Moltitudini di schiavi faticarono nelle miniere sarde, vi soffrirono e vi morirono per strappare alle viscere della Terra i suoi tesori profondi. Le Città di Antas e di Plumbaria sorsero per quell'attività. Le scorie abbandona-

nate presso le miniere romane furono riprese un secolo e mezzo fa per il recupero del piombo e dell'argento; e tra le scorie fu trovata anche una sbarra di piombo con l'iscrizione «Imperatore Cesare Augusto» a indicare che fu fusa sotto il suo dominio ed era naturalmente di sua pertinenza come tutti i prodotti del sottosuolo.

Fatto veramente straordinario fu la deportazione nelle miniere sarde del servo Callisto che, nella sua giovinezza, aveva abbracciato la fede cristiana ma, scampato alla schiavitù, divenne Papa col nome di Callisto I (210-223) e del suo secondo successore San Ponziano anch'egli divenuto Papa (230-238).

Anche le miniere di zolfo e di sale della Sicilia sono poco ricordate dagli antichi scrittori. Pare strano, perché zolfo e sale erano minerali importanti in epoca romana e la Sicilia è molto ricca di questi minerali.

La coltivazione dei giacimenti di zolfo in Sicilia è però documentata da una serie di reperti epigrafici, le così dette Tabulae Sulphuris, tavolette in terracotta riferibili al secondo e terzo secolo dell'era volgare, rinvenute nelle zone solfifere. Su di esse veniva colato lo zolfo fuso che, solidificando, portava scritta la marca del produttore con il nome impresso nelle tavole in negativo; ma quegli stampi di terracotta ci dicono anche che le Sulphurarium Fodinae siciliane, nelle quali erano deportati i «dannati in calcarium et in sulphurarium», appartenevano all'Imperatore. Infatti, si trovano incisi in queste tavolette nomi di imperatori i quali, proprio in quell'epoca, avevano ordinato le persecuzioni contro i cristiani.

In epoca preistorica gli uomini erano dunque minatori liberi e provetti e non pare fosse stato necessario l'impiego di macchine umane, cioè di schiavi sfruttati fino alla morte.

Ma nei grandi Imperi del passato, dall'Egiziano all'Assiro, al Persiano e soprattutto al Romano, che accumulò enormi ricchezze con lo sfruttamento degli uomini e con le rapine (botino di guerra), nei quali gli uomini liberi non trovavano altra possibilità di emergere se non nell'arte bellica, si lasciava agli schiavi il peso di ogni fatica.

In epoca antica ed anche in altre epoche della Storia, in mancanza di energia si ricorreva all'energia umana. Un'industria pesante come quella mineraria richiede notevole impiego di energia meccanica in limiti di tempo assai ristretti (cioè di potenza) ed è per tale motivo che si fece ricorso a gran numero di schiavi, in un lavoro avverso alla natura umana. ENERGIA è dunque sinonimo di LIBERTÀ, mancata per millenni, da quando iniziarono le prime lavorazioni industriali ad elevata intensità produttiva, finché l'Umanità non riuscì ad affrancarsi con l'impiego sempre più razionale delle fonti energetiche idrauliche e minerali.

I grandi Imperi dell'antichità utilizzarono molti schiavi, in gran parte prigionieri di guerra e sovversivi in religione, per azionare i remi delle loro navi, in un lavoro cioè in cui purtroppo l'opera dell'uomo era allora insostituibile, ma talora, più per malvagità che per necessità, poiché tale lavoro sarebbe stato più adatto per l'animale che non per l'uomo, per girare le macine dei mulini per le granaglie e per i

minerali, giungendo pure a farne oggetto di spettacolo cruento.

Tutte le grandi opere minerarie, dall'estrazione dei marmi a quella dei metalli, fatte da uomini liberi come gli Etruschi, i Nuraghi e i Salassi o da schiavi sotto le dinastie imperiali, dotati di soli picconi e del fuoco per la disgregazione della roccia, di leve e di funi di canapa per l'estrazione dei monoliti e di rulli per il loro trasporto, ci lasciano ammirati per la loro grandiosità, tanto da far pensare al lavoro non di uomini, ma di Giganti.

4. *La seconda decadenza mineraria*

La caduta dell'Impero Romano d'Occidente determinò in Europa uno stato di sgomento e di prostrazione generale. Il crollo dell'Impero derivò da fenomeni di carattere sociale dovuti alla pressione di selvatiche ed aggressive tribù (Unni), in cerca di cibo e di bottino, che scorrazzavano fra i confini delle due grandi civiltà: quella Romana d'Occidente e quella Cinese d'Oriente, dal Limes Romano alla Grande Muraglia Cinese. La pressione degli Unni scacciò le popolazioni locali determinando la grande alluvione barbara verso Occidente.

I nuovi dominatori, dagli Eruli ai Goti, dai Longobardi ai Franchi, con le loro invasioni nel mondo latino avevano trasformato l'Europa, in particolare l'Italia, in una necropoli dove non esistevano leggi ma solo il desiderio di distruggere tutto senza costruire niente. Nei territori occupati si era stesa una

coltre di apatia dove le popolazioni cercavano solo di sopravvivere. È evidente che questa situazione non poteva far pensare all'industria ma a difendersi dagli invasori che cercavano di procurarsi, per quanto loro possibile, compensi personali (rapine) per i sacrifici cui erano stati chiamati a combattere.

Le provincie di Gallia e di Spagna e quelle danubiane, che avevano fornito all'Urbe le maggiori ricchezze, erano in balia dei barbari; i tesori della stessa Roma furono saccheggiate, per la prima volta dai Goti di Alarico e poi dai Vandali di Genserico.

L'industria mineraria fu fiorente fino ai primi due secoli dell'era volgare ma declinò nel terzo secolo raggiungendo un decisivo regresso alla fine del quarto. Il declino minerario anticipa quello dell'Impero: ogni industria, infatti, in particolare quella mineraria, richiede sicurezza politica ed il suo sviluppo dipende dall'intensità dei traffici e dall'efficienza delle industrie trasformatrici a valle. In tutti i tempi l'industria mineraria è sempre stata la prima a cedere e l'ultima a riprendersi.

La caduta dell'Impero ridusse fortemente le richieste dell'antica Capitale che era stata il più grande mercato di metalli, di marmi e di pietre preziose. Anche l'edilizia si era arrestata, anzi la distruzione di Città da parte dei barbari impediva il mantenimento in essere delle cave di qualsiasi genere.

Il rapporto domanda/offerta di materie prime minerarie calava continuamente, per cui le miniere furono neglette come pure le industrie trasformatrici a valle.

Solo l'Impero Romano d'Oriente sopravvisse per circa mil-

le anni senza però riuscire nell'ambizioso progetto della conquista dell'Occidente. Tuttavia, Giustiniano, sotto l'influenza della Regina Teodora, riformò la vecchia legislazione con il Corpus Juris Civilis che rappresentò, nel mondo greco, la continuità dell'Impero Romano. Ma ormai il mondo latino era separato geograficamente e politicamente dal mondo greco per cui quelle leggi vennero a conoscenza dei latini solo nei secoli successivi.

Gli Arabi avevano invaso la Spagna portando un soffio di nuova civiltà nel bacino del Mediterraneo.

Questa situazione durò per tutto l'Alto Medioevo fino alla proclamazione del Sacro Romano Impero (800) che, attraverso il Feudalesimo, pur basato su un contesto di ordinamenti sociali ingiusti e su un'economia generalmente arretrata, riportò una legge con la quale ogni attività cominciò a riprendere vigore.

Alla morte di Carlo Magno (814) seguì una rissa fra i suoi successori: in questa anarchia feudale non era possibile ricondurre all'unità un paese che in tre secoli aveva subito invasioni che l'avevano devastato, imbastardito e ridotto ad una piazza d'armi.

In Germania si ricostituiva invece il Sacro Romano Impero Germanico ad opera degli Ottoni.

In cinque secoli, dalla caduta dell'Impero Romano al Mille, l'Italia aveva cambiato quattro volte padrone e, alla morte di Ottone III, era un coacervo di piccoli potentati locali senza più una Capitale, ma con una dozzina di capoluoghi in continua lotta fra loro.

In questo contesto di confusione politica, la storia mineraria europea presenta pagine bianche.

Solo dopo il Mille, quando la popolazione poteva contare quasi 300 milioni di abitanti, si ebbero sensibili segni di risveglio.

Infatti, a cavallo fra l'XI e il XII secolo la civiltà del Medioevo può dirsi giunta al suo apogeo, apogeo del Papato e dell'Impero.

I due partiti politici, i Guelfi e i Ghibellini, erano in lotta in Germania per la successione all'impero, ma la successione alla Casa di Franconia fu attuata in favore degli Svevi che, dopo aver pacificato il conflitto in Germania, cercarono di porre fine alla indisciplina dei Comuni italiani in lotta fra loro perché partigiani di una parte e dell'altra.

Le Città italiane si ridestano a nuova vita e riescono persino, nelle loro discordie, a coalizzarsi contro l'Imperatore, tanto che, dopo la battaglia di Legnano, il Barbarossa fece questa dichiarazione alla Pace di Costanza del 1183: «Noi, Federico I, Imperatore dei Romani, concediamo alle Città della Lega Lombarda di formare esercito e di fortificarsi. Non faremo dimora non necessaria nelle Città e nelle Diocesi».

La Pace di Costanza rappacificò il Barbarossa con i Comuni, con il Papa, con il Re di Sicilia e con Venezia, facendo esercitare quei diritti che di fatto essi avevano già acquisiti.

I Comuni acquistarono perciò personalità giuridica e poterono sviluppare intensa attività legislativa, anche nel settore minerario.

La supremazia del papato sull'Impero apre la concezione di un grande mondo cristiano che diede inizio ai primi tentativi di liberare il Santo Sepolcro. Motivi strategici indussero il Papa e gli Imperatori ad iniziare le Crociate.

Le Repubbliche Marinare, già padrone del Mediterraneo Occidentale, poterono estendere i loro traffici anche in quello Orientale. Le Crociate si svolsero nelle otto tornate dal 1096 al 1270, concomitanti alla ripresa mineraria. Il Barbarossa partecipò alla II Crociata e vi morì nel 1190 solo per aver fatto un bagno nelle fresche acque di un fiume.

Il nipote del Barbarossa, Federico II di Svevia, Imperatore e Re di Sicilia, promosse lo sviluppo di ogni scienza e di ogni arte, ma non sembra siasi occupato di arte mineraria, salvo esercitare i diritti di regalia sovrani.

La tragica fine degli Svevi, avvenuta nel 1269, portò al predominio degli Angioini che persero il potere in seguito ai tumulti del lunedì santo del 1282 (Vespri Siciliani), cosicché la Sicilia veniva costituita in Repubblica indipendente sotto la dominazione degli Aragonesi che più tardi raggiunsero nuovi successi strappando la Sardegna ai Pisani ormai in crisi.

L'invasione della Spagna da parte degli Arabi, introdusse in Europa l'uso dei mulini idraulici ed eolici.

Ma il vero balzo in avanti nella diffusione del mulino idraulico si ebbe dall'XI al XIII secolo, periodo questo che può considerarsi della «Rivoluzione Energetica Medioevale».

Fu proprio per mancanza di

energia che nel corso della Storia aveva avuto origine la schiavitù: quando l'energia animale non poteva essere impiegata, si ricorreva all'energia umana. Questa Rivoluzione segnò pertanto l'inizio della fine della schiavitù.

Nel territorio francese si è calcolato che nell'XI secolo fosse in funzione più di 10.000 mulini idraulici che raddoppiarono nel secolo successivo. Stime accurate indicano che la potenza erogata dai mulini idraulici installati in Francia alla fine dell'XI secolo era compresa fra 40.000 e 60.000 CV: per produrre una potenza equivalente con energia muscolare sarebbe stato necessario il lavoro di un quarto della popolazione del Regno.

Tenuto conto che questi dati corrispondono alla situazione stabilitasi contemporaneamente in molte altre nazioni europee, si può senz'altro affermare che un'ondata di energia senza precedenti si riversò sui popoli del continente.

Grazie al diffuso impiego delle camme e di ingranaggi, anche complessi, l'energia idraulica trovò sempre più larga diffusione nei cicli produttivi delle varie industrie.

Ma nell'industria mineraria fu più difficile l'introduzione dell'energia idraulica perché l'ubicazione della miniera è obbligata dal giacimento. Era senz'altro possibile deviare i corsi d'acqua mediante canali verso la miniera, sfruttare il salto idraulico e restituire l'acqua di scarico al corso d'acqua a valle. Ma tali opere erano costose e perciò l'uso di ruote idrauliche imponeva la vicinanza della miniera al corso d'acqua.

Altra disponibilità di energia fu

offerta dal XIII al XIV secolo dai mulini a vento, anche orientabili, particolarmente in Francia, Inghilterra, Paesi Bassi e Germania. Questi mulini furono poco diffusi in Italia sia perché poco battuta da venti costanti e dotata di larga disponibilità di piccoli corsi d'acqua con correnti veloci, adatti a muovere ruote idrauliche, sia perché il gelo raramente poteva bloccare le acque impedendo l'uso della ruota idraulica, come invece accadeva frequentemente nelle regioni del nord Europa.

La combinazione mulino a vento mulino idraulico completò la rivoluzione del sistema energetico medioevale, tanto che la ripresa demografica ed economica dell'Europa a partire dall'XI secolo è certamente da porsi in relazione a questa accresciuta potenzialità energetica.

In questo contesto politico ed energetico, tutte le Città dell'Europa occidentale riuscirono ad ottenere l'autonomia municipale: il commercio e l'industria ebbero uno sviluppo vertiginoso, un'autentica esplosione che portò alla formazione di banche e di compagnie commerciali, allo scambio di merci e di notizie, alla creazione di vie commerciali. Sorgeva un'economia monetaria, s'incrementava il benessere, si accresceva la grandezza e la ricchezza delle Città contro le vecchie leggi feudali.

Per le esigenze di guerre continue, l'Europa visse quella che è stata definita una vera e propria «Seconda Età del Ferro». Dal tempo di Carlo Magno, infatti, gli eserciti, con le loro spade, lance, elmi, corazze e bardature dei cavalli, si basavano integralmente sull'impiego del metallo di Marte.

La produzione siderurgica richiedeva grandi quantità di combustibile che fu il carbone di legna, prodotto col procedimento antichissimo delle cosiddette carbonaie.

Lo sviluppo siderurgico accrebbe l'utilizzazione delle foreste, fin da epoca etrusca considerate miniere energetiche, tanto che il Medioevo è considerato il periodo di continua guerra alle foreste.

Le grandi foreste dell'Europa centro-settentrionale, ricche anche di minerali di ferro, furono depauperate, particolarmente in Francia e in Inghilterra. Ma non esistevano alternative: il carbon fossile era guardato con sospetto dai fonditori per le sue impurità (lo zolfo soprattutto) e dai fornai perché inquinava i prodotti alimentari. Persino nel riscaldamento domestico veniva rifiutato.

A partire dal XV secolo, la diffusione sempre più massiccia delle armi da fuoco condusse ad uno sviluppo straordinario dell'attività siderurgica e delle fusioni in bronzo, ma purtroppo mancavano ancora alternative alla legna e al carbone di legna come combustibili. L'alleanza fra carbon fossile e ferro avverrà solo dopo tre secoli, quando Abram Darby, in Inghilterra, mise a punto i primi processi di raffinazione del carbone. Fino a quel momento, la crescita impetuosa della produzione siderurgica e la distruzione delle foreste procedettero parallele.

Uno dei randi profeti della nuova età del ferro, Giorgio Agricola, nella sua enciclopedia mineraria, aveva riconosciuto, già a metà del Cinquecento, la minaccia per i boschi costituita dall'industria siderurgica.

La distruzione forestale nell'Europa centro-settentrionale fu tale che le grandi lavorazioni siderurgiche, verso la fine del Cinquecento, furono spostate in Svezia e, in Russia, ricche di foreste vergini e di minerali.

5. La ripresa mineraria

Nei secoli dopo il Mille, l'oro, l'argento, il rame e il ferro attirarono di nuovo l'interesse dei Feudatari e dei Comuni nei cui territori furono rivalutate le miniere italiane che, per l'appunto, erano state trascurate dai Romani.

Anche l'esportazione di moneta, determinata dalle Crociate nel XII secolo, favorì la ripresa mineraria dei metalli: Repubbliche marinare e Comuni italiani diedero nuovo impulso alle miniere, non solo, ma si rese necessaria una legislazione per incentivare e disciplinare lo sfruttamento minerario.

L'abbandono delle miniere da parte dei Romani nell'Italia amministrativa, rese possibile la ripresa con mezzi tecnici e concezioni senz'altro più evoluti che nel passato, perciò il risveglio minerario si verificò in numerosi distretti minerari dislocati in varie parti d'Italia.

Conosciuti erano soltanto i soliti sette metalli, ma per l'oro non si hanno notizie di importanti coltivazioni. Da notare che le coltivazioni di oro, avvenute nella Gallia Cisalpina, erano proseguite in epoca romana, perciò, dopo intenso sfruttamento, quelle miniere non ebbero possibilità di ripresa. Di conseguenza, anche il mercurio, dai Romani impiegato per l'amalgamazione dell'oro, servì solo come medi-

cinale ed il cinabro come sostanza colorante, mentre le miniere di stagno del Campigliese erano praticamente esaurite.

I quattro metalli coltivati in Italia in età medioevale furono perciò il rame, il ferro e soprattutto l'argento ed il piombo come sottoprodotto.

I distretti minerari principali furono quelli del Calisio (kalisberg secondo la dizione tedesca) per l'argento; di Bergamo per l'argento e il ferro; di Brescia per il ferro; di Montieri per l'argento; di Massa Metallorum per l'argento, il rame e il ferro; di Siena per l'argento e il rame; di Villa di Chiesa (Iglesias) per l'argento e il piombo; dell'Isola d'Elba e di Brozzo per il ferro; della Repubblica di Venezia per il piombo; della Sicilia per lo zolfo, il sale e il petrolio.

Nei sistemi di abbattaggio, gli strumenti di lavoro non segnarono progressi rispetto a quelli impiegati nel passato, sia per l'uso del fuoco, sia per gli attrezzi necessari all'abbattimento della roccia.

Il progresso fondamentale sta invece nella concezione dei sistemi di coltivazione: nel caso di giacimenti di piccola consistenza, non c'era altro che seguire il Metodo Etrusco, anche con l'uso di pozzi binati per motivi di ventilazione, di cui numerosi sono esempi medioevali; ma per i grandi giacimenti si pervenne al concetto delle Gallerie di Ribasso che potevano servire sia all'estrazione del minerale, non più in salita ma in discesa facilitata dalla gravità, sia all'educazione spontanea delle acque. Si osservano alcuni esempi del genere in epoca medioevale ma tali opere non solo erano costose per quei tempi ma spesso di

impossibile realizzazione per le difficoltà di scavare in roccia compatta gallerie anche di modesta lunghezza, col solo piccolissimo. Il metodo diverrà di ordinaria esecuzione più tardi, con l'uso degli esplosivi e la perforazione meccanica della roccia, tecnica questa che nel XIX secolo rivoluzionerà le coltivazioni minerarie.

Altra innovazione tecnologica fu il metodo di coltivazione per gradini rovesci con ripiena al piede realizzata con gli sterili di miniera: in tal modo migliorarono i rendimenti e la sicurezza delle lavorazioni, in quanto nei cantieri con rocce friabili e franose i minatori si trovavano costantemente a breve distanza dal tetto dello scavo che poteva essere controllato agevolmente. In rocce molto compatte si procedeva per vuoti, con eventuali pilastri abbandonati.

Ma i principali progressi tecnici si registrarono nella estrazione del minerale, nell'educazione delle acque e nella ventilazione dei sotterranei.

La Rivoluzione Energetica Medioevale introdusse la meccanizzazione in tutti i settori industriali ed anche nel settore minerario quando la disponibilità di energia idraulica era prossima alle miniere.

Le tecniche usate sono a nostra conoscenza attraverso le suggestive illustrazioni di Agricola (*De Re Metallica* - Basilea 1556).

La centrale energetica della miniera era la grande ruota idraulica colpita di sopra o di sotto (generalmente di sotto).

Ingegnosi congegni per l'inversione del moto di rotazione permettevano l'estrazione del minerale e la successiva discesa

del mastello vuoto. Non si osservano sistemi di estrazione a doppio effetto (mastello carico in salita e mastello vuoto in discesa) perché non si erano concepiti sistemi di guidaggio anche per la ristrettezza dei pozzi.

Altrettanto ingegnosi sistemi a camme trasformavano il moto rotativo della ruota idraulica in alternativo per l'azionamento di pompe a pistoncini, anche disposte in serie, per l'educazione da pozzi profondi.

Nella ventilazione dei sotterranei si notano soffianti a mantice azionati da ruote idrauliche.

Ove l'energia idraulica non era disponibile, si faceva ricorso a grandi ruote a calpestio, utilizzando l'energia umana (ordine di potenza: 2-3 cv).

Nei sistemi di arricchimento del minerale ebbe notevole sviluppo il metodo idrogravimetrico con tavole fisse e crivelli.

Nel Medioevo Romano si ritorna a concepire la libertà mineraria, non più a totale favore del Feudatario e dell'Imperatore ma a favore della collettività; non più lavoro di schiavi ma di minatori liberi e provetti che nel corso dei secoli ricostruirono pian piano le vecchie tradizioni minerarie che si erano spente nell'Alto Medioevo e che ora ricominciano vigorose, tanto che le città minerarie ebbero notevole sviluppo in ricchezza e prosperità.

Vengono chiamati esperti minerari tedeschi dalla Sassonia e dalla Boemia che, per primi, rivalutarono le loro miniere.

Data la ricchezza delle lavorazioni, nacque un contenzioso fra proprietari dei fondi, Vescovi e Comuni e spesso le miniere costituirono il pomo della discordia che generò guerre fra

Stati vicini per possesso delle miniere, specialmente di rame e di argento necessarie a batter moneta.

Nel XIII e nel XIV secolo, l'industria mineraria assunse importanza tale che i vari distretti minerari italiani legiferarono in materia mineraria, sia per quanto riguarda il diritto di escavazione, sia per la sicurezza delle lavorazioni (polizia mineraria), essendo spesso le miniere molto vicine fra loro e coltivate da Società diverse o da diversi soggetti indipendenti.

5.1 *Le consuetudini minerarie fino al mille e i codici minerari medioevali*

Fin dalle sue origini, l'attività mineraria sorse non appena l'uomo acquistò coscienza che i minerali non sono tutti identici ma dotati di proprietà e caratteri diversi, adatti ad usi diversi.

Si venne anche a conoscenza che una determinata pietra o minerale non si trova mai per caso o dovunque ma è localizzata entro certe aree: da ciò la prima nozione di giacimento minerario e la tendenza a circoscriverne i limiti.

Il Diritto Minerario sorse per dirimere il contenzioso fra proprietà mineraria e proprietà fondiaria quando comparvero in Europa le prime popolazioni agricole. Industria e Agricoltura furono le prime attività necessarie allo sviluppo dell'Umanità ma furono spesso in contrasto fra loro.

La scoperta dei metalli assegnò poi una posizione di privilegio ai minatori ed ai metallurghi, mentre diminuiva l'interesse per i minerali litoidi.

È pur vero che base primordiale del Diritto Minerario è la scoperta del giacimento: il minerale appartiene a chi lo ha ricercato, lo ha scoperto e lo coltiva. Ma tale concezione, durante i millenni di attività mineraria, urtava contro gl'interessi della proprietà fondiaria e generava continui conflitti con i minatori.

Durante l'Impero di Occidente, le miniere erano considerate parte del fondo. Il diritto romano precostantiniano considerava il prodotto della miniera come un frutto del fondo talmente diffusa era la convinzione che i minerali potessero riprodursi naturalmente dopo un certo periodo di abbandono; pertanto il diritto romano rimase rigidamente legato al sistema fondiario, cioè al principio giuridico dell'accessione.

Ma dopo Costantino, allo scopo di consentire l'escavazione dei marmi e dei metalli a prezzi accessibili per ingrandire il fasto delle città romane, l'ordinamento giuridico fondiario si affievolisce, tanto che coloro che coltivavano giacimenti in proprietà privata dovevano corrispondere la decima al fisco, la decima al proprietario del fondo e la parte restante a se stessi (Legge Cuncti), regola questa introdotta nel Codice Giustiniano valido per tutto il territorio dell'Impero. Le leggi riportate nel Codice Giustiniano si occupano principalmente dell'oro, per l'accresciuto impiego che di esso si faceva per le corone, le vesti e l'ornamento dei palazzi, e dei marmi per il desiderio di estenderne l'impiego. Divenne il Sovrano l'organo che concedeva la facoltà di aprire miniere o cave anche in terreni privati (Sistema giuridico regalistico).

Nell'Iberia, l'appartenenza delle miniere al fisco imperiale è documentata, per la prima volta, dalle Leggi Provinciali dettate dalle bronzee Tavole ai Aljustrel risalenti al secondo secolo dell'era volgare, secondo le quali al fisco era riservata la vendita dei pozzi. Le Tavole regolano i diritti di escavazione, i servizi per la popolazione mineraria, il trattamento dei minerali e la metallurgia, nonché le norme di sicurezza delle lavorazioni (polizia mineraria).

Secondo le Leggi Provinciali, chiunque poteva occupare un'area libera o un pozzo o un gruppo di pozzi abbandonati dietro pagamento di una tassa, purché tenesse viva la miniera sotto pena di decadenza.

Le nozioni del diritto rimasero oscure dalla caduta dell'Impero Romano d'Occidente fino alla fondazione del Sacro Romano Impero.

In epoca feudale, la classificazione dei minerali era ripartita in tre categorie: minerali preziosi, come oro, argento e gemme; di media qualità, come rame; piombo, ferro, allume, zolfo e marmo; infimi, come pietre comuni, sabbie e argille. I primi appartenevano al Sovrano e nulla era dovuto ai proprietari del fondo; per i secondi il proprietario era preferito purché pagasse la decima al fisco oppure, se dava la miniera in concessione a terzi, osservasse le regole della Legge Cuncti; gli infimi erano in disponibilità dei privati che dovevano richiedere al Sovrano solo il semplice permesso di scavo.

Nel diritto feudale, dunque, la proprietà del sottosuolo per i minerali di prima e di seconda categoria non spettava ai privati ed

anche per le miniere che si trovavano nei fondi allodiali era l'Imperatore che concedeva il godimento al feudatario, ma il dominio restava al Sovrano (Sistema giuridico di Regalia Sovrana); l'investitura non attribuiva al feudatario la proprietà del sottosuolo minerario ma solo riferiva a lui quelle funzioni legislative ed esecutive che erano il vero contenuto del cosiddetto diritto di regalia.

La Pace di Costanza del 1183 permise ai Comuni italiani di legiferare in campo minerario ed i vari Codici medioevali risentirono indubbiamente l'influenza del diritto provinciale romano.

Gli statuti minerari comunali presuppongono ovviamente un'attività mineraria già sviluppata e ordinata giuridicamente. In essi si ritrova, in generale, consacrato il principio della libertà mineraria con il quale le miniere non ancora scoperte e anche quelle scoperte ma abbandonate, potevano essere da chiunque occupate; l'occupazione, seguita da continua lavorazione, faceva acquisire la proprietà della miniera.

Gli statuti attribuivano a chiunque il diritto di scavo con l'obbligo del risarcimento del danno al proprietario del fondo o assegnando ad esso una parte del valore del prodotto minerario (il settimo o il decimo), a condizione che i lavori di coltivazione non venissero sospesi, nel qual caso incorrevano motivi di decadenza.

I Codici stabilivano regole precise sui rapporti di vicinanza, dato che le miniere erano spesso una accanto all'altra, e norme di polizia mineraria, soprattutto per la disciplina dell'uso del fuoco, ancora usato per disgre-

gare la roccia, che si poteva compiere solo in certe particolari contingenze e a determinate condizioni.

Gli Statuti minerari più noti sono quelli del Calisio (Codex Wangianus del vescovo Wanga di Trento) per il Trentino; di Bovegno e della Val Trompia per il distretto di Brescia; di Brosso, di Bergamo e della val di Scalve. Ma i Codici più importanti e completi sono quelli di Massa Metallorum (Ordinamenta Super Arte Fossarum Rameriae et Argenteriae Civitatis Massae) al quale fecero riferimento gli Statuti di Siena, di Montieri e dell'Isola d'Elba, e quello sardo, il Breve di Villa di Chiesa, iniziato sotto la dominazione pisana del Conte Ugolino e completato sotto la dominazione aragonese.

Lo spirito generale che informa i vari Codici minerari si basa sul presupposto che il giacimento minerario è *res nullius*, per cui la proprietà della miniera si acquisisce in quanto la si lavora e finché la miniera rimanga viva (Sistema giuridico Industriale).

I reati di furto minerario (facile era rubare l'argento nelle fonderie) erano severamente puniti con il carcere in caso di mancato pagamento di una multa e se il valore della cosa rubata era rilevante, il reo poteva essere condannato anche al taglio della mano.

Le vicende del diritto minerario si svolsero fra i contrasti che insorgevano fra Comuni e Vescovi per la giurisdizione sulle miniere che dapprima si cercò di affievolire con transazioni ma che infine condussero alla creazione di uno stato di fatto in favore delle comunità cittadine.

Solo in Sicilia non si ebbero Statuti Comunali ma rimasero in vigore le consuetudini risalenti ai tempi dei Normanni del Conte Ruggero.

5.2 Lo sviluppo minerario medioevale

Codici e sviluppo minerario si svolsero concomitanti, tanto che la legislazione mineraria fu dovuta all'impulso minerario e questo si accentuò con la certezza del diritto.

La prima ripresa mineraria iniziò nell'Europa Centrale dove si coltivavano i grandi giacimenti di galena argentifera e di tetraedrite (detta anche Freibergite), di rame, di stagno e di ferro dei Monti Metalliferi dell'Erzgebirg, nei dintorni sassoni (Freiberg e Anneberg), nella Slesia e in Alsazia.

In Boemia, Moravia e Ungheria sorsero fiorenti città fondate dai minatori sassoni, come Kuttemberg e Iglau, dove il Re di Boemia Venceslao I emanò forse il più antico codice minerario.

Scomparsi i barbari, l'Arte mineraria e la Metallurgia pervennero in Italia da esperti chiamati dalla Sassonia e dalla Boemia che portarono seco anche le maestranze, come attestano numerosi termini tecnici tedeschi italianizzati e questo gergo teutonico minerario fu introdotto persino nei Codici. Sotto la guida di questi esperti d'oltralpe, si svilupparono le miniere argentifere del Trentino (Calisio), di ferro della Val di Fiemme, d'oro della Val di Non e di rame del Fersina. Le coltivazioni minerarie interessarono le vene di galena argentifera: il piombo era considerato un prodotto di scarso valore che tuttavia trovò impiego nella copertura di edifici

pubblici, come il tetto del Duomo di Trento e dei Piombi di Venezia.

In Alto Adige iniziarono le coltivazioni a Pfunderberg ed a Schneenberg (Monteneve) per argento, oro, rame e ferro.

Anche in Sardegna riprese l'attività mineraria per argento nella zona di Villa di Chiesa: la città di Iglesias fu fondata dai Pisani del Conte Ugolino (la miniera di Campo Pisano, tuttora in attività, ricorda quell'epoca).

Nel distretto minerario di Massa Metallorum, ricco di argento e di rame, le miniere ripresero splendidamente e Massa (la Cittadella d'Argento) divenne il centro di quella regione mineraria, come Popolonia era stata per l'Etruria, tanto da meritarsi il nome di Freigerg d'Italia.

La storia mineraria di Massa comincia attorno all'anno Mille quando qualcuno, per caso, ritrovò nella zona le miniere di argento dimenticate per oltre dieci secoli, da quando i Romani cancellarono ogni reminiscenza della tradizione mineraria etrusca.

Era il periodo delle Crociate e del parallelo risveglio dei flussi commerciali con il Sud e l'Oriente dove la valuta pregiata era ancora, e soltanto, l'oro. L'Europa, al contrario, dopo la riforma carolingia dell'anno 800, usava per la monetazione esclusivamente l'argento.

La scoperta di questo metallo nell'Alta Maremma fece esplodere una vera e propria «febbre dell'argento», per destinare il metallo alla monetazione in una fase dell'economia internazionale in cui la prorompente ripresa dei traffici commerciali esaltava la circolazione e la domanda di valuta.

Da questo momento ebbe inizio un'azione silenziosa che esploderà un secolo dopo con una «invenzione giuridica» (Codice Minerario) di straordinaria carica innovativa perché, per la prima volta nella Storia dell'uomo, spezza in due quel grande monolite intoccabile (usque ad infera, usque ad sidera) che era il diritto di proprietà.

Si tratta di una «Lex Mineraria» che consente coltivazioni minerarie anche nel terreno altrui, perché la miniera è una cosa viva ed è di chi la mantiene in vita col proprio lavoro. Se l'attività finisce, la miniera torna ad essere soltanto sottosuolo, materia inerte fagocitata di nuovo dal potere del superficario.

Questo concetto giuridico, dopo sette secoli, costituirà la vigente legislazione mineraria.

All'Isola d'Elba proseguì la coltivazione dei minerali di ferro, coltivati anche a Cogne, Brosso e Traversella.

Nella Valli lombarde si sviluppò la coltivazione delle miniere di siderite (carbonato di ferro) nella Val Trompia e nella Val Camonica, nella Val di Scalve, nella Val Seriana e in Valsassina, per cui la siderurgia acquistò altissima fama europea con le officine di armi di Brescia.

La Repubblica di Venezia sviluppò le sue miniere di rame nella Valle Imperina presso Agordo e di mercurio in Vallalta.

In Sicilia gli Arabi diedero impulso ai giacimenti di zolfo, impiegati nella viticoltura ed anche nella fabbricazione della polvere da sparo.

Tutte le miniere citate sono note ai tecnici minerari: fra alterne vicende (fortuna e crisi ricorrenti) esse sono state colti-

vate fino a qualche decennio orsono ed alcune sono ancora in produzione.

In quell'epoca strana e fortunata, due grandi maestri hanno tramandato la tecnica mineraria e metallurgica in uso dal XIII al XVI secolo: il tedesco Giorgio Agricola, nome latinizzato di George Bauer, e il senese Vannuccio Biringuccio.

Agricola, il primo autore di *Arte Mineraria*, filologo addottorato alla celebre Scuola Medica di Padova, espone nel suo *De Re Metallica* in XII volumi, tradotto in lingua toscana dal fiorentino Michelangelo Florio, tutte le conoscenze di *Arte Mineraria* e di *Preparazione dei Minerali* che costituì per secoli l'unica guida tecnica.

Questo libro, con le sue illustrazioni, mostra i metodi di estrazione del minerale, molto lontani dai metodi più recenti ma anche molto lontani da quelli praticati dagli Etruschi e dai Romani.

Si notano pozzi verticali esterni ed anche interni con verricelli a mano a bocca di pozzo per la discesa e la risalita dei minatori e per l'estrazione del minerale; fornelli di passaggio muniti di scale; discenderie a notevole pendenza con funi a corrimano che i minatori percorrevano in discesa scivolando col sedere protetto ripiegando fra le gambe quella specie di frac di cui i minatori appaiono dotati nelle illustrazioni; gallerie orizzontali per il carreggio del minerale fino ai pozzi attuato con vagonetti in legno spinti dai minatori; uso del fuoco nelle camere di coltivazione; disaggio delle fronti di abbattimento; quadri in legname per l'armamento delle gallerie, ricerche rabdiche

per la scoperta di nuove vene mineralizzate; cernita manuale del minerale effettuata da manodopera femminile; arricchimento dei minerali per via idrogravimetrica ed uso di crivelli a mano per l'arricchimento dei fini; arrostimento (roste) dei minerali (certamente solfuri) presso i pozzi; metallurgia, specialmente del piombo argento, e molte altre tecniche che rimasero valide fino all'epoca della Rivoluzione Industriale.

Ma le illustrazioni di Agricola mostrano anche i sistemi di meccanizzazione delle miniere dell'epoca, conseguenti al grande sviluppo energetico, che differenziano nettamente questa coltivazione dalle precedenti.

Grandi descrizioni sono dedicate all'estrazione, con argani, e all'eduazione, con pompe a pistone, azionati con ruote a calpestio o con ruote idrauliche. Sono descritti anche sistemi di ventilazione con mantici azionati a mano e con energia idraulica.

Si può senz'altro affermare che lo sviluppo energetico avvenuto nel Medioevo abbia stimolato la domanda di materie prime e che lo stesso impiego energetico abbia adeguato l'offerta alla domanda determinando il rapido sviluppo minerario.

Ma anche i problemi sui gas tossici ed esplodenti furono affrontati dall'Agricola. Egli riferisce su questi gas che sovente si accumulano nelle miniere anche se le sue descrizioni sono piene di fantasticherie tipiche dell'epoca. Egli scrive infatti: «cosa da non mettere in dubbio è la notizia del demonio a forma di cavallo il quale nella miniera di Anebergo uccise con il suo alito mortale dodici minato-

ri; e quella di un demonio che nella miniera di Snebergo fraccassò al suolo un lavorante dopo averlo alzato fino al punto più alto di quella gran concavità».

Il travisamento di una emanazione di gas tossico ad Anebergo nel soffio di un demonio a forma di cavallo e di uno scoppio di grisù nella miniera di Schneeberg (Monteneve) fa presumere che a riferire ad Agricola il fatto sia stato qualche superstite ancor sotto la scossa della terrificante avventura.

Che siano stati i minatori, curati da Agricola per principio di asfissia o di avvelenamento o resi ebbri dalla lunga permanenza in ambiente poco aerato, a credere a quelle fantasticherie non fa meraviglia, ma ne desta il fatto che a quella suggestione abbia partecipato anche un intellettuale ed umanista lucido e cauto come appunto fu l'Agricola e come quattro secoli orsono, in pieno Rinascimento, tali credenze fossero ancora diffuse.

L'uso del fuoco e le esplosioni di grisù che si verificano sovente nel miniere, indussero i minatori, probabilmente fin dal Medioevo, ad invocare Santa Barbara come loro protettrice. Il Suo martirio avvenne nel IV secolo ma le prime notizie vennero divulgate con scritti imprecisi latini risalenti al VII e poi al IX secolo: il rogo che si spense, il fulmine che incenerì lo scellerato padre, destarono nei minatori, un senso di profonda venerazione per questa giovinetta Patrona, da tutti noi festeggiata il 4 dicembre.

Dalle descrizioni fatte dall'Agricola, le miniere di quei tempi coltivavano giacimenti molto ricchi in metallo, ma la produ-

zione era certamente modesta, in rapporto all'entità della popolazione e alle sue esigenze. Le coltivazioni delle parti ricche dei giacimenti allora coltivati, anche di modesta consistenza, potevano avere lunga durata. Perciò presso le miniere sorgevano villaggi di minatori che alloggiavano nelle modeste baracche con le loro famiglie.

Lo stesso merito di Agricola spetta al Biringuccio per i suoi studi sulla ricerca mineraria e soprattutto sulla metallurgia, contenuti nella sua opera *De La Pirotecnica*, libri X, edita in Venezia nel 1540.

Nel settore della ricerca mineraria, Biringuccio suggerisce e conferma di esaminare i depositi sedimentati nel letto e nelle rive dei fiumi (metodo sempre seguito e sul quale, attualmente, è fondata la geochimica), le loro sabbie, le tinte dei minerali, le spaccature delle pietre, il dorso e le cime delle montagne, l'aspetto dei monti che deve essere arido, il colore e la sechezza della poca erba che vi si rinviene, lo scaturire di molta acqua di sapore minerale che d'estate è freddissima e tiepida d'inverno.

Biringuccio sembra aderire alla accreditata convinzione che tutti i monti dai quali l'acqua scaturisce abbondantemente sono pure abbondanti di minerali (teoria questa suggerita da motivi psicologici per il semplice fatto che molte miniere del passato furono abbandonate per l'ostacolo dovuto alle acque sotterranee).

Egli suggerisce inoltre di raccogliere il maggior numero possibile di segnali, interrogare i pastori e coloro che abitano da lungo tempo nelle zone indizia-

te (in sostanza di procedere alla raccolta dei Dati e della Documentazione, come consigliamo ancora oggi).

Trovata la miniera con i suddetti metodi (che potremmo definire di «Ricerca di Base») occorre accertare la consistenza e il tenore del giacimento, (in una operazione che oggi chiamiamo di «Ricerca Operativa») e calcolare il valore complessivo del giacimento prima di dare inizio all'impresa.

In lui era la convinzione dei minatori dell'epoca, cioè che il minerale profondo dentro il monte è migliore di quello rinvenuto in superficie (affermazione valida solo se si raffronta il minerale affiorante, ossidato o alterato, con quello un pò più profondo non attaccato dagli agenti chimici, ma l'esperienza afferma invece proprio il contrario, cioè che il minerale spesso impoverisce con la profondità).

Biringuccio afferma autorevolmente che la miniera deve essere aperta alla base del monte e non dagli affioramenti come facevano gli antichi (Metodo Etrusco) i quali, attratti dall'immediato guadagno e dalla facilità di attacco delle manifestazioni superficiali, cavavano all'in giù a guisa di pozzi seguendo la mineralizzazione anche fino a grandi profondità, anziché all'in sù a guisa di fornelli. La tecnica suggerita dal Biringuccio (Gallerie di Ribasso) è preferibile per poter edurre l'acqua (non solo, ma anche per facilitare l'estrazione del minerale in discesa mediante fornelli di getto, sfruttando la forza di gravità). E consiglia l'armamento delle gallerie con archi di pietra o con legname (quadri) o con puntelli (butte).

Biringuccio fa anche una rapida descrizione di alcuni giacimenti italiani: cita lo zolfo delle Isole Eolie, dell'Etna, di Pozzuoli, del territorio di Roma (Quarto della Solforatella), del Monte Amiata, ma non fa alcun accenno alle miniere della Romagna, benché iniziate nel XIV secolo, ed a quelle della Serie gessoso solfifera siciliana, forse perché miniere profonde, perciò allora incoltivabili. Egli dice che lo zolfo si estrae dalle cave all'aperto per evitare il gran caldo e l'insopportabile odore. Lo zolfo allora era impiegato soltanto come medicinale, per l'imbiancatura della lana e per la polvere delle artiglierie.

Anche il Vetriolo (solfato ferroso, verde, e solfato di rame, azzurro) si deve coltivare all'aperto a causa dei suoi malfici e insopportabili odori. E cita il Vetriolo di Bagnorea, detto Vetriolo Romano, e quello toscano di Massa, di Travale, di Monterotondo M.mo, di Bagni di San Filippo, di Sovana, di Santa Fiora e di Volterra.

Del mercurio dice: è chiamato argento vivo perché somiglia di colore all'argento ed è cosa mobile e difficilmente si mortifica; si genera comunemente in una pietra bianca mortigna, ovvero in un'altra bianca simile a calcina (formazioni caolinizzate) e ancora se ne trova in un masso rosso scuro (Cinabro)».

Del piombo, «metallo imperfetto e lebroso e poco fisso come apparentemente dimostra per la facil sua liquabilità», non cita alcuna miniera italiana.

Dell'argento ricorda la miniera di Schio in Vicentina e la miniera di Monte Avanza (Forni Avoltri) nella Catena Paleocarnica, nella quale egli stesso lavorò,

dove il minerale conteneva elevate percentuali di argento (Tetraedrite?).

Del rame non indica alcuna miniera, limitandosi a dire che l'Italia è ricchissima di rame e a deplorare l'ignavia dei ricercatori. Infatti, all'epoca di Biringuccio, le miniere di rame di Massa erano già in crisi o sospese.

Dell'antimonio, definito vigorosamente «un mostro infra li metalli, una sconciatura minerale» (forse perché velenoso e in certi casi curativo), ricorda le miniere di Siena (le Cetine presso Rosia) e dell'Amiata in cui l'antimonio e coevo al mercurio.

È proprio nel Grossetano che questo nuovo metallo ebbe il suo nome: pare che nei paraggi di Cerreto Piano, in un convento di monaci medioevali, si adoperassero stoviglie e posate di un metallo estratto e trattato sul luogo. Inesplicabilmente i monaci deperivano senza alcuna logica spiegazione per cui si sospettò che fosse colpa di quel metallo. Da quel momento, il mostro infra li metalli, la sconciatura minerale, fu considerato un metallo nefasto. E poiché la c, in Toscana è una consonante muta, il metallo fu chiamato Antimonio, mentre avrebbe potuto essere chiamato Stibio, probabilmente conosciuto anche dai Romani col nome Stibium, da cui il simbolo.

Dell'oro afferma che in Italia non è mai stata trovata alcuna miniera (dimenticandosi dei Salsassi) per quanto egli ritenga che ne esistano negli affluenti di sinistra del Po.

Le miniere di ferro citate sono quelle della Val Camonica, della valle di Boccheggiano, dove Biringuccio lavorò in quelle

fonderie, e dell'Isola d'Elba delle quali elogia la bontà del minerale e la facilità di escavazione e di fusione. E riferisce anche lui, come già avevano riferito gli antichi, che il ferro dell'Elba rinascesse nei luoghi donde era stato cavato, opinione accettata anche dall'Agricola da cui forse ebbe luogo il termine «coltivazione delle miniere» considerando il minerale come un frutto della terra.

Nel suo *Pirotecnia*, Biringuccio tratta soprattutto della preparazione e della fusione dei minerali, dei metalli e delle leghe.

Da alcune sue osservazioni sulla fabbricazione del ferro, si rilevano le caratteristiche dovute alla presenza del manganese nei minerali di ferro delle Alpi Lombarde che diedero grande rinomanza agli acciai impiegati nella fabbricazione delle famose armature milanesi, per cui il prodotto venne chiamato «Acciaio di Milano».

Tale tipo di acciaio veniva fabbricato ancora col metodo Catalano del bassofuoco del quale Biringuccio ha lasciato una efficace descrizione. Questa tecnica fu tanto perfezionata che, nelle Valli Lombarde, la costruzione e la condotta del bassofuoco costituirono il cosiddetto processo alla bergamasca o alla bresciana, tenuto segreto per lungo tempo.

Il bassofuoco si perfezionò fino a dare masselli di ferro anche di mezzo quintale che, depurati dalle scorie con la martellatura a caldo, fornivano il ferro malleabile.

Fonderie per il ferro erano dislocate nelle valli lombarde, in Val d'Aosta e in Toscana, ma il minerale diverso da quello elbano, del quale il Biringuccio ave-

va elogiato la buona qualità, aveva bisogno di forni capaci di dare temperature molto più elevate, per cui vennero costruiti i primi forni a manica con soffianti ad energia idraulica. Mentre però con i bassofuochi si otteneva direttamente il ferro (acciaio al manganese), nei forni a manica il ferro non era più malleabile e risultava fragile, tanto che inizialmente fu chiamato ferraccio. Esso non era altro che ghisa, all'epoca senza alcuna utilizzazione. Ma dopo attenti studi si riuscì, rifondendo il ferraccio in un bassofuoco fortemente soffiato, ad ottenere di nuovo il ferro malleabile. Questo processo, detto di fabbricazione indiretta del ferro malleabile, divenne la base della siderurgia moderna e fu una delle più grandi innovazioni tecnologiche del Rinascimento.

La produzione della ghisa nei forni a tino presentava il grande vantaggio di un processo continuo, mentre il bassofuoco era un processo intermittente, per cui, poco a poco, venne abbandonato.

Verso la metà del XVI secolo, l'industria della fabbricazione della ghisa e del suo affinaggio si affermò nel Bresciano e furono proprio i tecnici bresciani che la introdussero in Toscana.

I primi forni a tino per la fabbricazione della ghisa furono fatti costruire da Cosimo I dei Medici nel 1540 a Isola Santa in Garfagnana e a Pracchia nelle montagne pistoiesi.

Egli promosse anche le ricerche di argento e di rame in Toscana, nella zona di Montieri e dell'Argentiera (Bottino) presso Serravezza, nelle miniere di Massa, e nelle miniere di mercurio di Ripa e di Levigliani in

Serravezza, note solo per aver fornito nel Rinascimento il colorante rosso per le miniature dei libri ecclesiastici.

La metallurgia dell'argento avveniva fondendo il minerale in forni non molto dissimili da quelli utilizzati dai Romani. Si trattava di forni a riverbero di modeste dimensioni, impiegati per minerali ricchi (galene molto argentifere e tetraedriti), o per minerali più poveri, di forni a mantice (forni a manica) con soffianti idrauliche: in una prima fase avveniva la riduzione del minerale a metallo, liberandolo dallo zolfo e dalle scorie, mentre nella seconda fase si otteneva l'argento partendo dal piombo argentifero mediante il processo della Coppellazione che si concludeva con la rottura dell'ultimo velo di litargirio (Lampo d'argento).

La metallurgia del rame non ebbe innovazioni importanti rispetto a quella adottata nel passato.

6. La terza decadenza mineraria

La grande avventura mineraria italiana ed anche europea si concludeva per cause diverse e concomitanti.

Una causa determinata fu certamente l'esaurimento delle vene metallifere più ricche, mentre l'approfondimento delle coltivazioni, come già in epoca etrusca, aveva impedito di proseguire le lavorazioni a causa del solito ostacolo insormontabile delle acque e dell'impoverimento dei giacimenti con la profondità.

Altri giacimenti allora noti erano incoltivabili per l'estrema du-

rezza della roccia per la quale il fuoco ed il solo piccone non erano sufficienti.

L'esercizio delle miniere, con l'estendersi dei lavori, diventava tanto oneroso che svaniva la convenienza economica, per cui si determinava l'abbandono dei lavori. La manodopera disertava, determinando il rapido spopolamento delle Città, vissute prima in una situazione di grande floridezza economica.

Ma anche altre cause possono aver giocato un ruolo altrettanto importante: le grandi pestilenze seguite poi da quelle del 1630, spopolarono l'Europa e contribuirono ad aggravare la crisi mineraria.

La conquista del Nuovo Continente da parte degli Spagnoli, che in quell'epoca dominavano in Sardegna, creò una psicosi ottimistica per le ritenute favolose ricchezze di oro, argento e pietre preziose del Nuovo Mondo, per cui le miniere sarde furono tra le prime ad entrare in crisi.

Anche il continente italiano, dal Trattato di Cateau Cambresis del 1559 al Trattato di Utrecht del 1713, rimase sotto la dominazione spagnola ed è da ritenere ormai dimostrato come la crisi delle attività minerarie agli inizi dell'evo moderno sia direttamente connessa alla progressiva attenzione della Spagna nei confronti delle appena scoperte terre americane dalle inaudite ricchezze.

Le prime miniere metallifere ad entrare in crisi furono quelle del distretto di Massa Metallorum: tutta la Toscana fu colpita da una lunga e tragica sequela di pestilenze e nelle maremme impaludate la malaria spopolava le campagne, causa concomi-

tante al propagarsi della malaria.

L'attività mineraria per l'estrazione dei minerali di rame e di argento si era arrestata per l'ormai basso prezzo di quei metalli ed a causa delle zone impaludate della Maremma.

Una lapide del 1658, conservata presso la miniera di Fenice Capanne, documenta che Papa Alessandro VII concesse in perpetua enfiteusi al Granduca di Toscana Ferdinando II le due Ferriere dell'Accesa, presso Massa Marittima, ed in affitto per trent'anni i boschi e il fondo di esse con la lega della Marsigliana e di Campo alla Lite. Ciò significa che ogni interesse minerario nella zona si era ormai spento.

Con lo spopolamento delle zone minerarie, si creò uno stato di desolazione e di abbandono, durato oltre il XVIII secolo, come attesta la «Relazione di alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana» del Targioni Tozzetti, nel 1742. La tradizione mineraria si spense rapidamente e Massa Metallorum divenne Massa di maremma: con i suoi superbi monumenti divenne un povero paese come tanti altri sparsi nelle cosiddette Colline Metallifere. Le miniere di argento di Montieri furono abbandonate e mai più riprese, quelle di rame di Massa, di Campiglia e di varie zone del Senese (Roccastrada) furono anch'esse sospese, ma riattivate nel XIX secolo.

Nel corso del XVI secolo anche le miniere del Calisio furono completamente abbandonate per l'esaurimento delle parti più ricche delle vene argentifere e per il crollo dei prezzi dell'argento che, in grande quantità,

veniva introdotto dal Nuovo Mondo con la facilità dei trasporti con galeoni a vela.

In Sardegna, nel XV secolo, sotto il governo catalano-aragonese, il declino minerario si tramutò in inattività quasi assoluta che perdurò fino a quando l'Isola passò a far parte del Regno Sabauda (1720).

Diverso fu il caso delle miniere di ferro del Bergamasco (Val di Scalve, Val Seriana e Val Brembana), dove il minerale era di ottima qualità, e del Bresciano (Val Trompia) dove il ferro continuò ad essere impiegato nella fabbricazione delle armi, anche con la fusione di bocche da fuoco, cioè in lavori giganteschi per quell'epoca. Queste coltivazioni si sono protratte fino ai giorni nostri, insieme alle miniere dell'Isola d'Elba, uniche in Toscana che continuarono le coltivazioni. Lì sorsero le prime aziende del ferro (Magone) con il compito di regolare la vendita e l'economia del minerale di ferro.

Nella Valle di Brosso continuò la coltivazione delle miniere ferri-ferre di Brosso e Traversella che furono coltivate fino all'epoca della Rivoluzione Francese e poi riaperte anch'esse fino ai giorni nostri.

Anche la Repubblica di Venezia, servendosi di maestranze tedesche, coltivò le sue miniere fino alla caduta della Repubblica avvenuta nel 1797 (Trattato di Campoformio), per cui le miniere passarono al Demanio austriaco. È da ricordare la miniera di solfuri misti di Valle Imperina (Agordo) che iniziò le sue coltivazioni fin dal 1483, proprio durante l'inizio del periodo di crisi mineraria.

In Sicilia, nel XV secolo, pare venisse fabbricata la polvere pi-

rica con l'impiego dei minerali di zolfo. Anche miniere metallifere sembra siano state coltivate nei Peloritani insieme ad altri minerali come l'allume, lo zolfo e minerali di oro e di argento. Il petrolio per uso medicinale veniva estratto dai dintorni di Agrigento e di Petralia. Scarse notizie si hanno delle miniere siciliane fino ai primi decenni del XVIII secolo, quando l'esercizio minerario fu assunto direttamente dal governo.

Nelle residue miniere attive si sviluppò l'uso dell'energia idraulica (ruote idrauliche installate nelle attività prossime ai corsi d'acqua) che poteva provvedere all'eduazione delle acque, all'estrazione del minerale e all'alimentazione di energia per le soffianti a mantice nei connessi impianti metallurgici.

La decadenza delle plurisecolari, o addirittura millenarie, miniere metallifere classiche (rame, argento, piombo e oro) fu quasi completa in Italia e in Europa e fu dovuta all'intenso sfruttamento delle parti facili da coltivare a tenori in metallo più elevati.

Cenni di ripresa si ebbero in Italia, come nel resto di Europa, dalla prima metà del XIX secolo dopo lo sviluppo scientifico e tecnologico.

Negli antichi distretti minerari la ripresa fu ritardata a causa della secolare inattività, per cui la tradizione mineraria si era spenta, ad eccezione delle miniere di ferro dell'Elba e delle Alpi.

Fu lo sviluppo nel campo delle Scienze della Terra, iniziato nella seconda metà del XVIII secolo, che permise lo studio razionale dei giacimenti minerari e delle rocce incassanti, dando alla ricerca mineraria nuovo impul-

so, per cui furono scoperti nuovi giacimenti minerari od ampliata la consistenza di quelli noti.

Lo sviluppo industriale si evolse alla fine del XVIII secolo grazie alla Rivoluzione Industriale che permise all'Europa di sviluppare ogni tipo di industria: nacque l'industria pesante, cosicché si svilupparono enormemente la Siderurgia e la Metallurgia, per cui i giacimenti di ferro e di altri metalli e soprattutto i giacimenti di carbon fossile attrassero l'interesse degli industriali e degli Stati. Ma l'industrialismo minerario, per sua stessa natura, si affermò solo verso la metà del XIX secolo quando si ebbe una vertiginosa ripresa mineraria in Europa e in altre parti del mondo.

Rinacque allora l'interesse per le miniere con l'introduzione delle innovazioni tecniche del tempo, l'adozione delle gallerie di ribasso per la ricerca, la coltivazione e l'eduazione delle acque, che permisero di raggiungere livelli più profondi di quelli già coltivati dagli antichi minatori, nonché di introdurre le prime mine nell'abbattimento della roccia, usate per la prima volta nelle miniere della Transilvania verso il principio del XVIII secolo ed in Sardegna nel 1744.

Gli esplosivi (polvere nera) stentarono comunque ad essere usati nelle miniere per la mancanza della tecnica della perforazione della roccia, per cui l'uso del fuoco era ancora considerato l'unico mezzo possibile e conveniente.

7. *L'innovazione tecnologica*

Il grande sviluppo minerario europeo, culminato a cavallo fra

il XIII e il XIV secolo, portò alla codificazione di norme legislative in materia mineraria ed alla formulazione di cognizioni tecniche mai prima di allora affrontate, pubblicate dal Biringuccio e dall'Agricola nel campo della metallurgia e dall'arte mineraria. Ma nel campo della giacimentologia le cognizioni scientifiche erano ancora vincolate al retaggio delle vecchie concezioni ed ai pregiudizi.

In pratica le Scienze della Terra (Mineralogia, Paleontologia e Geologia) nascevano solo verso la fine del XVIII secolo, dopo il risveglio scientifico preludente la Rivoluzione Industriale, i cui benefici effetti si fecero sentire, nel campo minerario, solo verso la metà del XIX secolo.

La Giacimentologia era legata allo sviluppo delle tre discipline geologiche, per cui gli antichi lavori minerari procedevano senza alcun indirizzo scientifico che non permise mai, nel passato, d'individuare e circoscrivere esattamente i giacimenti conosciuti in affioramento e che invece furono poi delimitati con metodi di ricerca fondati su basi scientifiche. Perciò, gli antichi minatori erano costretti a seguire le vene mineralizzate come un filo conduttore, coltivando via via le parti più ricche e lasciando a noi posteri le parti più povere o quelle che essi non erano riusciti ad identificare o a coltivare.

Unico sistema di ricerca adottata dai minatori del XV secolo era basato sulla Rabbdomanzia, come attesta un'interessante illustrazione di Agricola che mostra un rabbdomante al lavoro con la propria verga.

Come per la ricerca delle acque sotterranee, così per i de-

positi metalliferi si fece ricorso solo all'opera di quei sensitivi, chiamati appunto raddomanti, i quali, se non mistificatori, altro non erano che soggetti dotati di facoltà psichiche di percezione sottratte ai sensi normali.

Nel XVII secolo, in piena decadenza mineraria, si hanno notizie sull'uso della verga della quale si servivano i minatori italiani nelle miniere del Calisio, mentre i minatori tedeschi portavano in miniera, sul cappello o nella cintura, dei ramoscelli d'albero che servivano loro per seguire i filoni e le masse metallifere.

Ma lo sviluppo minerario si ebbe solo con l'uso delle tecniche che seguirono le discipline geogiacimentologiche e geofisiche.

7.1. *Le scienze della terra*

Mineralogia, Paleontologia, Geologia e Giacimentologia furono le scienze che permisero il rilancio della ricerca e delle coltivazioni minerarie.

– La Mineralogia iniziò con Aristotele e con il suo discepolo Teofrasto che poi successe alla sua Scuola.

La proprietà che già colpì gli osservatori dell'epoca fu la perfezione e l'eleganza delle forme che i minerali spesso presentano: poliedri isolati o riuniti in gruppi e non di rado così vari di aspetto anche nello stesso esemplare, che faceva allora sembrare disperata la causa di chi volesse sottoporli ad un'esauriente analisi morfologica.

Tali forme geometriche naturali furono dette Cristalli, dal nome di origine greca che voleva

significare Ghiaccio, in principio conferito al quarzo, Cristallo di Rocca, che gli antichi supponevano formato di acqua solidificata e indurita, senza voler con ciò riferirsi alle forme poliedriche del minerale.

È solo con Plinio II Vecchio che, nel primo secolo, troviamo il primo accenno alle osservazioni dell'interessante fenomeno morfologico.

Notevoli furono anche i lavori del filosofo persiano Avicenna e di Alberto Magno, quando in quei tempi e per tutto il Medioevo, i minerali erano considerati sostanze dalle virtù magiche, come attesta la letteratura dei primi secoli.

I primi studi scientifici di mineralogia iniziarono nel Rinascimento, in particolar modo con Agricola, considerato, per i suoi studi di mineralogia e di arte mineraria, il Padre della mineralogia, della metallurgia e della geologia scientifica. Lo stesso onore di Agricola merita Biringuccio, benché gli storici della Scienza abbiano spesso ignorato il suo nome.

Rilievi cristallografici di indubbio valore si ritrovano successivamente nei lavori del Guglielmini e soprattutto in quelli del medico danese Nicola Stenone, accademico del Cimento, che enunciò la sua legge: «nei vari cristalli di un medesimo minerale gli angoli diedri omologhi hanno valore costante e caratteristico».

Ma il vero fondatore della Cristallografia come scienza fondata su basi matematiche fu, nel XVIII secolo, l'abate francese Renato Hauy il quale si diede tutto allo studio di quella geometria, ignaro della bufera che passava sulla Francia alla fine

del secolo quando fu imprigionato nei giorni del Terrore. Egli enunciò la celebre legge: «Le forme, sia semplici che composte, nelle quali cristallizza un dato minerale hanno tutte lo stesso grado di simmetria, cioè tutte fanno parte dello stesso sistema. Ogni minerale cristallizza di regola nelle forme di un dato sistema, ciò che ne costituisce un carattere specifico». Per esempio, tutte le forme sia semplici (cubo, ottaedro regolare ...) che composte sotto cui si rinvengono cristallizzate la Galena sono tutte riferibili ad uno stesso sistema, cioè al Sistema Monometrico.

– La Paleontologia, o scienza dei fossili, si sviluppò insieme alla Mineralogia ed inizialmente fu denominata Orittografia dal Soldani nel 1780, ma l'incontro tra i fossili e la scienza è stato tardivo e travagliato.

Agli albori della scienza, i fossili erano correttamente interpretati da Xenofane come resti di organismi un tempo viventi. Xenofane era giunto alla conclusione che il mare, in lontana età, doveva aver sommerso la Terra ed anche Pitagora aveva accettato il ritrovamento di conchiglie come segno che le pianure e le montagne, un tempo, erano sommerse.

Tutte queste concezioni s'infransero contro il muro di Aristotele e soprattutto dei suoi seguaci che non seppero, o non vollero, prendere in considerazione scientifica i fossili. I seguaci dell'Ispe Dixit ebbero buon gioco per secoli, negando ai fossili persino l'esistenza: essi, dicevano, sono scherzi di natura. E si dovette attendere il 1508 perché Leonardo facesse le stesse considerazioni di Xeno-

fane e che altri Greci avevano fatto duemila anni prima.

I fossili, perciò, continuarono per secoli ad essere mescolati a minerali, concrezioni, reperti archeologici e trattati con essi alla rinfusa. La stessa parola fossile significò oggetto scavato, nulla di più.

La Paleontologia nacque nel 1780, ma già Stenone, nel XVII secolo, aveva messo in evidenza il ruolo dei fossili quali testimoni delle antiche età della Terra.

– La Geologia, come scienza della storia della Terra e della natura dei terreni (come essi si sono formati, come si comportano i fiumi, quale sia l'origine dei ghiacciai e come si siano formate le coltri rocciose e i minerali in esse contenuti), deriva dagli studi di Mineralogia e di Paleontologia.

L'interesse per la Geologia, oltre che per lo studio dei giacimenti minerali, nacque dai grandi cataclismi che da sempre hanno funestato il nostro Pianeta, come le alluvioni, i terremoti e le eruzioni vulcaniche. Il suo interesse nacque anche con la scoperta di splendidi cristalli, strane pietre e fossili curiosi.

Non deve destare meraviglia se la storia della Geologia è largamente cosparsa di ingenue interpretazioni dei fenomeni naturali.

Nel Rinascimento, per esempio, nonostante la Teoria Copernicana fosse già divulgata, la Terra si credeva ancora al centro dell'Universo, perciò gli astri dovevano lanciare raggi di calore convergenti verso il suo centro, come i raggi di una ruota, ragion per cui il centro della Terra era considerato il punto più ardente dell'Universo.

In quel tempo c'era però chi riteneva fantastiche quelle considerazioni: Agricola, per esempio, considerava il calore della Terra come effetto della combustione di giacimenti minerali ubicati sotto le bocche dei vulcani. Ma alla fine del '700, già si sapeva che la temperatura del sottosuolo non dipende da un fenomeno di combustione locale limitato ai soli terreni vulcanici, ma aumenta spontaneamente dovunque in ragione della profondità (gradiente geotermico, in media 3° C ogni 100 metri di profondità). La crosta terrestre era già considerata come il prodotto del raffreddamento del Pianeta incandescente, non contraddicendo l'ipotesi di Laplace.

Fra i vari gruppi di geologi si svilupparono tre particolari correnti: i Nettunisti, seguaci del mineralogista tedesco Werner, i Plutonisti, guidati dal geologo scozzese Hutton, e i Diluvianisti, guidati dal naturalista svizzero Scheuchzer.

I primi ritenevano che tutte le rocce fossero precipitazioni e depositi formati progressivamente dall'acqua che ricopriva il nostro Globo, i secondi ritenevano però che le rocce granitiche e basaltiche fossero il risultato di una cristallizzazione di materia, già sì allo stato liquido, ma senza aver nulla a che fare con l'acqua ed i suoi sedimenti.

Fu il tedesco Rudolf Raspe, il grande sballone del secolo, (basti pensare che egli è l'autore delle Avventure del Barone di Munchausen) che diede il colpo di grazia alla Scuola di Werner, concludendo sulla natura vulcanica di quelle rocce e costringendo i Nettunisti a battere in ritirata.

Ad opera di Scheuchzer si sviluppò la Scuola dei Diluvianisti che cominciò col definire i fossili come resti di ossa umane appartenute a quella razza maledetta distrutta dal Diluvio.

Questa Scuola voleva anche spiegare la posizione degli enormi massi erratici che si riscontrarono negli Stati Uniti, nel Canada e nel Nord Est d'Europa, che non potevano essere autoctoni ma trasportati da lontano per qualche evento straordinario. Si immaginò allora che durante il castigo di Dio cui sopravvissero soltanto gli ospiti dell'Arca di Noè, la Terra si fosse arrestata e che le acque si fossero proiettate in avanti con violenza tale da trasportare a grande distanza gli enormi blocchi. Ma questi blocchi furono attentamente osservati e si mostrarono completamente lisci e levigati alla base, come fossero stati trascinati da lontano per lungo percorso senza aver cambiato mai di posizione; e si convenne di ammettere che quei blocchi enormi fossero stati trascinati e logorati dai ghiacci e poi gettati a riva dalle acque del mare, pensando agli iceberg. Solo nel XIX secolo sorse l'idea che quelle formazioni non fossero altro che depositi morenici, trasportati cioè dai ghiacci terrestri che, durante le quattro glaciazioni quaternarie, potessero trovarsi in altre zone del Globo e che poi, poco a poco nel corso dei tempi, si fossero gradualmente ritirati.

Alla fine del '700, la Geologia cominciava perciò a muovere i suoi primi passi e ad imporsi come Scienza della Terra.

Un parametro che sfuggiva alla mente dei primi geologi era la

cognizione del tempo geologico. L'evoluzione della specie, le formazioni geologiche, il trasporto dei depositi morenici, le dislocazioni tettoniche (pieghe e faglie), la formazione dei giacimenti minerari, avvengono in tempi estremamente lunghi. Azioni blande, protratte per tempi estremamente lunghi, producono effetti tali che la mente dei primi geologi non poteva concepire: per spiegarli doveva ricorrere a fantasticherie di cui la preistoria geologica è piena.

La Geologia, superate le prime difficoltà in ordine al tempo geologico, si evolse splendidamente nel XIX secolo portando un contributo determinante nel campo della ricerca mineraria e della coltivazione delle miniere moderne.

Si svilupparono anche affascinanti teorie che giustificarono, in seguito, l'esistenza di giacimenti minerari in certe zone del Globo piuttosto che in altre. Infatti, a cavallo fra il XIX e il XX secolo, si svilupparono due Teorie importantissime: la Migrazione dei Poli di Schiapparelli e la Deriva dei Continenti di Wegener.

— La Giacimentologia è stata la scienza più lontana ad acquisire una visione coerente e realistica sulla genesi dei giacimenti minerari, di come essi si siano formati ed in quali circostanze e formazioni geologiche sono contenuti.

Basti pensare che le prime nozioni veramente scientifiche di geologia si ebbero solo alla fine del XVIII secolo, per cui le teorie scientifiche di giacimentologia non poterono che svilupparsi oltre la metà del secolo successivo, concomitanti alla Rivoluzione Industriale.

Se si considera che in pieno

Rinascimento, ancora influenzato dalla stravaganza degli alchimisti, erano ancora diffuse, in certi ambienti, le credenze degli antichi secondo le quali i sette metalli conosciuti erano generati sulla Terra per effetto delle emanazioni provenienti dai sette corpi celesti, si può facilmente immaginare quanto lontana fosse la giacimentologia da concezioni rigorosamente scientifiche.

Unica notizia positiva in questo periodo si ha per merito del medico tedesco Paracelso che, nel confezionare medicine, in dissenso con le concezioni alchemiche del tempo, usò oltre i sette metalli tradizionali anche l'Antimonio (rammentato anche dal Biringuccio) che fu l'ottavo metallo di cui si venne a conoscenza.

Evidentemente, con queste teorie, diffuse nel mondo della cultura prima dell'avvento del metodo scientifico iniziato alla fine del XVII secolo, ed alle ingenue teorie geologiche ancora in uso alla fine del secolo successivo, la Giacimentologia aveva ancora grandi passi da compiere.

Fu solo agli inizi del XIX secolo che si cominciò a classificare i giacimenti minerari secondo la loro genesi e si riconobbe che essi potevano essersi formati per effetto del magmatismo, oppure per sedimentazione.

— Si pensò allora che i giacimenti di concentrazione magmatica si fossero formati quando il minerale utile costituiva elemento accessorio della roccia ad essa contemporaneo: può pertanto mancarvi o esservi presente in quantità ed in condizioni variabilissime; può aver subito concentrazioni parziali o

totali; può venir meno da un momento all'altro, per cui le coltivazioni di tali depositi saranno sempre incerte.

Si pensò anche che per questo tipo di deposito fosse lecita la presupposizione che le concentrazioni avessero avuto luogo in prossimità del contatto della roccia eruttiva con le rocce incassanti (infatti, in una soluzione salina omogenea, la soluzione diviene più concentrata nelle parti più fredde della massa, verificandosi una diffusione degli elementi dalle parti più calde - magma - alle parti più fredde - rocce incassanti). E questo magma induce nelle rocce incassanti cambiamenti di struttura e di composizione che vennero compresi sotto la denominazione di fenomeni di contatto.

Ma si pensò anche che dal magma liquido potessero sprigionarsi, durante la solidificazione, sostanze liquide o gassose (agenti mineralizzatori) che, sotto la pressione delle rocce sovraincombenti, potevano penetrare nelle rocce incassanti inducendo sostituzioni chimico-molecolari accompagnate spesso da formazioni di minerali metallici. Se le soluzioni acquistavano grande mobilità, avrebbero potuto trasportarsi a maggiore distanza, anche fuori della zona di contatto. Si cominciò a pensare perciò ai cosiddetti giacimenti di estrazione magmatica.

Queste mineralizzazioni primarie, se rimobilizzate dalle acque sotterranee circolanti, rese più aggressive dalla elevata temperatura e pressione, nonché dai gas acidi (come l'acido carbonico), avrebbero favorito la riprecipitazione, sotto forma filoniana, dei minerali entro fratture, oppu-

re la loro fissazione per reazione chimica di scambio al contatto di formazioni sedimentarie.

In un primo momento la giacimentologia si occupò dei giacimenti metalliferi, essendo gli altri giacimenti, in particolare di carbone e di petrolio, non ancora utilizzati industrialmente.

7.2. La rivoluzione industriale

Per millenni l'uomo ha ricavato l'energia meccanica necessaria alla sua industria nel modo più facile e conveniente, cioè per mezzo degli animali e degli schiavi.

Il progresso umano è stato lentissimo nel corso dei millenni per la mancanza di energia, anzi senza che l'uomo sapesse che cosa fosse l'energia o senza sapere utilizzarla come lavoro meccanico.

Un modesto progresso energetico si ebbe solo nel Medioevo, forse per merito degli Arabi, quando si cominciò a sfruttare l'energia idraulica ed eolica per azionare mulini o altre rudimentali macchine.

Il calore prodotto dalla combustione fu usato solo per riscaldamento, ma gli uomini non sapevano ancora che quella energia termica avrebbe potuto essere trasformata, almeno in parte, in lavoro meccanico.

Ma dopo la Restaurazione del 1815, quando la popolazione stabile poteva contare quasi 1.000 milioni di abitanti, iniziava un moto di rivoluzione economica, sociale, politica e spirituale. Specialmente l'Inghilterra si mantiene costantemente alla testa delle nazioni dominando col suo prestigio e la sua ricchezza. È il grandioso progresso di quel-

le applicazioni pratiche dei risultati della Scienza alla vita economica che costituisce la caratteristica dei tempi moderni in confronto dei secoli passati.

Una tappa importantissima fu l'introduzione della macchina a vapore, applicata alla fine del XVIII secolo e perfezionata dall'inglese Giacomo Watt con l'introduzione del condensatore. Come la ruota idraulica promosse la rivoluzione energetica medioevale, così la macchina a vapore promosse la rivoluzione industriale del XIX secolo.

L'uomo comincia a porsi il problema energetico la cui unica fonte era stata, nel passato, la legna o il carbone di legna. La raccolta del legname per ardere e per le costruzioni, portò alla distruzione di intere foreste. In Francia, nel 1789 (prima della Rivoluzione), il consumo di legna era di 20.000 t annue, 200.000 t in tutta Europa.

Le prime macchine a vapore lavoravano con rendimenti bassissimi, perciò, nel campo della Fisica Classica, iniziano gli studi di Termodinamica da parte di scienziati inglesi, tedeschi e francesi i quali, sotto la spinta del Positivismo, porteranno un contributo decisivo al settore energetico.

Fu il tedesco Robert Mayer che, nel 1842, dimostra come il calore non sia altro che una forma di energia (Energia di Seconda Specie) ed estende il principio della conservazione dell'energia a tutti i processi nei quali viene ceduto o assorbito calore. È il Primo Principio della Termodinamica, in base al quale l'inglese Giacomo Joule accertava in 427 Kgm l'equivalente meccanico della caloria.

Al tedesco Clausius e all'in-

glese Lord Kelvin, sulla scorta degli studi del francese Carnot, è dovuto, nel 1850, il Secondo Principio della Termodinamica, secondo il quale non è possibile convertire totalmente in lavoro meccanico (Energia di Prima Specie) una data quantità di calore.

Se dunque il Primo Principio afferma l'equivalenza fra lavoro e calore, il Secondo limita o sminuisce il Primo e stabilisce una netta e sostanziale differenza fra l'uno e l'altro.

Iniziano gli studi sui Cicli Termodinamici sulla scorta dei risultati del Carnot, riportati nella celebre opera del 1824, «Riflessioni sulla potenza motrice del fuoco», che servirono meravigliosamente non solo a migliorare gli accorgimenti tecnici per ottenere maggiori rendimenti nelle macchine a vapore ma soprattutto a preparare le basi per la migliore utilizzazione dei motori a combustione interna.

Non è da meravigliare se gli scienziati che fondarono la Termodinamica furono inglesi, tedeschi e francesi: i loro Stati, infatti, erano i più ricchi di giacimenti minerari di carbon fossile; questo combustibile risolse la crisi energetica dell'epoca, determinando nell'economia un vero salto di qualità.

Nei paesi che l'adottarono per primi, avendone la maggiore disponibilità, come l'Inghilterra, la Francia e la Germania, si avviò la Rivoluzione Industriale e nacque la civiltà contemporanea.

7.2.1. Le fonti di energia.

– Il carbon fossile fu la prima fonte energetica che venne utilizzata nell'industria. Esso si tro-

va in giacimenti minerali dislocati in tutto il mondo, ma le fortunate nazioni che posseggono i maggiori giacimenti erano situate tutte, all'epoca della formazione del carbone, nelle zone equatoriali: URSS, USA, Inghilterra, Germania, Polonia, Francia settentrionale, Giappone, Belgio, Sud Africa, Australia, ed il loro insieme forma un allineamento lungo una fascia regolare che avvolge tutta la Terra, allineamento che appare perfetto se si considera, secondo la Teoria di Wegener, la posizione della Pangea nel periodo carbonifero. Tenuto conto che le foreste carbonifere dovevano essere di tipo equatoriale, questo allineamento rappresenta la posizione della fascia equatoriale terrestre nel periodo carbonifero quando, nel corso della sua migrazione, il Polo Nord si trovava in mezzo all'attuale Pacifico. L'Italia non si trovava nel periodo carbonifero su quell'allineamento, perciò i suoi giacimenti carboniferi sono tutti di basso rango (ligniti più o meno calorifiche e torbe).

L'impiego del carbon fossile è antichissimo: i primi ad usarlo furono i Cinesi due millenni A.C. per il riscaldamento domestico e per la fabbricazione della polvere pirica. In Europa, l'uso del carbone inizia 3.000 anni più tardi, anche se i Romani ne fecero qualche tentativo in Bretagna per il riscaldamento delle terme e per la fusione dei metalli.

La produzione europea cominciò nei piccoli bacini superficiali francesi quando il carbon fossile fu usato nel riscaldamento domestico e in alcune operazioni di forgiatura dei metalli, che si completò, agli inizi

del XIX secolo, con la scoperta del coke.

In questo secolo si intensificò la coltivazione delle miniere di carbone in Inghilterra che, in breve, riuscì a fornire il 90% della produzione mondiale di carbone da vapore e da coke.

L'impiego del vapore non era come quello dell'energia idraulica subordinato al condizionamento assoluto del luogo e delle risorse locali. Una macchina a vapore può essere installata ovunque sia possibile procurarsi carbon fossile a prezzo ragionevole. In Inghilterra il carbon fossile abbondava ed era diffusamente impiegato fin dalla fine del XVIII secolo: una rete di vie navigabili, espressamente creata, permetteva di trasportarlo ovunque con poca spesa, per cui nel suo complesso, il paese era destinato a divenire una terra privilegiata, più di ogni altra adatta allo sviluppo industriale.

I minatori inglesi vanno collocati in testa per i sacrifici sofferti nelle miniere di carbone (rischio mortale, sfruttamento brutale, disagi e sofferenze fisiche) ai quali, per primi, era toccato il calvario destinato anche ai minatori dei bacini carboniferi tedeschi, francesi e belgi.

Per lungo tempo, nella coltivazione delle miniere di carbone, l'uomo potè fare affidamento solo sulla sua forza e sul suo coraggio. Negli anni della Rivoluzione Industriale, per fronteggiare il grisù, sempre in agguato nei pozzi, si ricorreva al «penitent», un uomo avvolto in sacchi bagnati, con una candela accesa issata su una lunga pertica, correndo gravissimi rischi, faceva esplodere il pericolosissimo gas.

Nelle stesse miniere, al fine di ridurre i rischi, per fare un pò di luce si usava l'acciarino, una sorta di rudimentale strumento che, azionato da un fanciullo accanto al minatore, sprigionava scintille.

Numerosi disegni e stampe d'epoca ci hanno trasmesso le immagini di donne piegate sotto il carico di pesanti ceste che si arrampicavano su larghe e ripide scale a pioli e le immagini di fanciulli che camminavano carponi in stretti e bui cunicoli spingendo carelli di carbone. In talune miniere, sprovviste ancora di macchine a vapore, per sollevare il carbone dal fondo dei pozzi si usavano capaci ceste tirate su da argani a cavalli. Delle stesse ceste si servivano i minatori per salire o scendere; ma più spesso essi facevano il viaggio con una gamba infilata in un cappio della corda del montacarichi, a grappoli: i ragazzi sedevano sulle ginocchia degli uomini o semplicemente si afferravano alla corda con mani e piedi.

Frequenti erano esplosioni ed incidenti gravi di notevoli proporzioni con centinaia di morti e feriti in una situazione di lavoro che differiva da quella medioevale solo per il febbrile aumento delle produzioni.

La produzione di carbone inglese passava da 10 Mt nel 1800 al 225 Mt nel 1900 ed era ancora destinata ad aumentare negli anni successivi fino a toccare il massimo nel 1913.

Ma nel frattempo, anche altri bacini carboniferi erano entrati in esercizio e l'Inghilterra, nel 1913, perdeva il monopolio del carbone. Infatti, la Germania produceva 220 Mt di combustibili fossili (compresa la lignite), gli Stati Uniti 517 Mt di carbone,

la Francia 41 Mt, il Belgio 23 Mt e l'Olanda 2 Mt.

Insieme allo sfruttamento dei bacini carboniferi erano coltivati i giacimenti di ferro con impressionante sviluppo della Siderurgia negli Stati Uniti, Inghilterra e Germania.

Il carbone non servì soltanto per essere combusto tal quale, ma agli inizi dell'800 cominciarono i primi esperimenti per la sua distillazione. Si pensò di riscaldare il lintantrace in assenza dell'aria e dalla sua distillazione si produssero gas illuminante, catrame e coke; dalla distillazione del catrame si ottennero poi il benzolo, il fenolo, l'analina, la naftalina e l'antracene che vennero utilizzati nell'industria chimica come carburanti, solventi, coloranti e deodoranti, in una enorme quantità di applicazioni.

Fino al 1920, il carbon fossile rimase la fonte energetica principale per tutti i paesi industrializzati insieme alla vecchia energia idraulica. Ma verso la fine del XIX secolo, con l'introduzione del motore a scoppio, si affermarono altre fonti di energia ben più importanti del carbone.

— Il petrolio è conosciuto fin da epoca assai remota.

Già Marco Polo aveva testimoniato sui fuochi che ardevano nella grande provincia di Persia: «è una fontana ove surge tanto olio in tanta abbondanza che cento navi se ne caricherebbero alla volta; ma egli non è buono da mangiare ma si da ardere; è buono da rognare e ad altre cose; e vengono gli uomini molto dalla lunga per quest'olio; e per tutta quella contrada non s'arde altro olio».

La raccolta del petrolio agli affioramenti ebbe inizio ovunque

in epoche molto remote, dando luogo al commercio di oli veramente pregiati.

Famoso nell'antichità, come medicinale, fu l'olio bituminoso di Agrigento, chiamato Olio di Sicilia, che sgorgava nel mare e veniva raccolto con pannocchie di canna, spugne e cenci.

Il petrolio era conosciuto anche dagli Egizi che da esso ricavano pece cui immergere le bende impiegate per fasciare le mummie. I Romani lo adoperavano come lubrificante e gli indiani d'America per curare malattie e ferite. Ma le proprietà medicinali del petrolio furono riconosciute valide nel Medioevo romano e nel Rinascimento: nel *Chronicon* di Giovanni de Mussis del XIV secolo si legge: «esistono in diocesi di Piacenza alcune fonti e pozzi che producono olio petronico efficace contro molte malattie» e in un manoscritto del 1464, Francesco Ariosto, il padre del Poeta, riferisce sulle manifestazioni petrolifere del Monte Zibio nel modenese dove si cavava olio di sasso detto Olio di Santa Caterina, famoso in tutto il mondo per le sue virtù medicamentose. L'efficacia terapeutica del petrolio è ricordata nella letteratura da autori affidabili come Aldrovandi, Spallanzani, Boccia e il geologo Stoppani. Anche fino a pochi decenni orsono, il petrolio appare come linimento in prescrizioni dermatologiche, utilizzato contro i parassiti della pelle e le larve delle zanzare, o indicato per lozioni contro la caduta dei capelli.

Ma bisogna giungere al secolo XIX per trovare uno sfruttamento industriale del petrolio, quando in America qualcuno si accorse che, una volta purifica-

to, il petrolio bruciava nelle lampade con luce molto chiara e luminosa. La scoperta si deve ad un certo Sam Kier, venditore ambulante di petrolio per usi medicinali. Egli aveva distillato il petrolio per il caratteristico sgradevole odore: fu così che ottenne il Kerosene, mentre la parte più pesante costituiva un ottimo lubrificante.

Dunque, il petrolio poteva soddisfare alle esigenze della nuova industria dell'illuminazione. La prospettiva di ingenti guadagni spinse i pionieri americani ad accaparrarsi le terre dove si trovavano i giacimenti, cercando di raccogliere il petrolio schiumandolo dalla superficie delle acque su cui galleggiava. Poi nel 1859, per merito di Edwin L. Drake, fu trovato un sistema più pratico e redditizio, quello che, perfezionato e potenziato, è usato ancora oggi: la trivellazione.

Fino all'inizio del XX secolo, la maggior parte del petrolio veniva adoperato per la produzione di kerosene per illuminazione e da questo veniva estratto anche un altro prodotto, la benzina, usata soltanto come smacchiatore. Ma la benzina divenne improvvisamente importantissima con l'invenzione del motore a scoppio (Benz 1879), mentre altri numerosi prodotti venivano ricavati dalla sempre più preziosa materia prima.

Nasceva pertanto la distillazione del petrolio a temperature sempre crescenti in modo che, una alla volta, distillavano le sostanze che lo compongono (distillazione frazionata). Si ricavarono benzina, olio lampante, olio combustibile e coke di petrolio. L'olio combustibile fu subito impiegato, al pari del carbone, per

alimentare le caldaie, mentre il gasolio assunse estrema importanza con l'invenzione del motore Diesel, avvenuta nel 1892.

– Il gas naturale si manifestò con emanazioni infiammabili causate dalla fuoriuscita del gas attraverso fenditure di strato di rocce sedimentarie, dopo aver migrato attraverso formazioni permeabili fino a raggiungere la superficie terrestre. In qualche caso il gas, uscendo attraverso piccole fessure con violenza, ebbe occasione, forse per attrito o per altre cause naturali, di incendiarsi, provocando fuochi naturali.

Il preistorico fu certamente influenzato da questi fenomeni allora inspiegabili che, tuttavia, gli servirono a procurarsi il fuoco. I fuochi naturali, per la loro continuità, vennero considerati come fuochi perpetui ed eterni, probabilmente sacri: perciò divennero, per alcune popolazioni, il simbolo della loro religione. Sacri furono considerati dagli Ebrei e dai Persiani e soltanto segnalati da parte di antichi autori greci, latini, arabi e cinesi. Nel Rinascimento si hanno segnalazioni di Francesco Ariosto nel modenese, di Agricola nell'Appennino toscano e di altri noti scrittori e scienziati dei secoli dal XVI al XVIII.

Il XVIII secolo segna per la Scienza l'epoca della Teoria del Flogisto, epoca di transizione fra le vecchie e stravaganti concezioni alchemiche e la Scienza Chimica.

L'Olandese Van Helmont fu il primo a coniare con il nome di Gas gli aereiformi che all'epoca erano chiamati con il nome fisso di aria seguito da un nome variabile appropriato. Nel ventennio 1756-76, si scoprirono

numerosi gas: Joseph Black scoprì l'aria fissa (anidrite carbonica); Henry Cavendish, l'aria infiammabile (idrogeno); Daniel Rutherford, l'aria flogisticata (azoto); Joseph Priestley, l'aria nitrosa (ossido di azoto), l'aria acida marina (acido cloridrico), l'aria deflogisticata (ossigeno), l'aria alcalina (ammoniaca) e l'aria acida vitriolitica (anidrite solforosa); Wilhem Scheele, l'aria acida marina (cloro) e infine Alessandro Volta, nel 1776, scoprì l'aria infiammabile nativa dalle paludi (metano).

Il Volta non si limitò soltanto alla semplice constatazione dell'infiammabilità della nuova aria che si sviluppa alla superficie delle paludi, ma eseguì la captazione della stessa, la portò in laboratorio, la sottopose alle varie prove di combustione e d'infiammabilità con varie dosi d'aria comune od anche con l'aria vitale o deflogisticata (ossigeno), provocandone l'accensione con la scintilla elettrica (allora l'elettricità stava muovendo i suoi primi passi). Lazzaro Spallanzani, dopo il Volta, studiò a fondo l'aria delle paludi che chiamò Gas Naturale, denominazione divenuta universale.

L'uso del metano risale alla fine del XIX secolo come combustibile per la cottura delle ceramiche, del vetro e della calce e per altri modesti usi, facendo ricorso a limitate reti di metanodotti per collegare i vari pozzi trivellati al luogo d'impiego. La produzione mondiale di metano, dal 1882 ad oggi, risulta continuamente crescente, in modo lineare a modestissima pendenza fino al 1920 e a pendenza più accentuata fino al 1940; poi la produzione aumenta vertiginosamente in modo esponen-

ziale, tanto che nel 1980 ha raggiunto 1.400 miliardi di normal metri cubi, contro i 90 miliardi del 1940.

– I fluidi geotermici furono conosciuti fin da epoca etrusca per l'impiego del borace nella smaltatura delle ceramiche e, nelle epoche successive, per l'estrazione dello zolfo, del vetriolo e dell'allume di cui i mercanti volterrani fecero attivo commercio con le Repubbliche toscane.

Gli uomini hanno sempre provato un senso di sgomento di fronte a quelle manifestazioni naturali che si presentavano come bianchi pennacchi sprigionanti dal terreno in maniera più o meno violenta o gorgoglianti in piccoli bacini naturali, detti Lagoni, nei quali si raccoglievano le acque meteoriche e di condensa del vapore. La zona interessata dal fenomeno dei Soffioni Boraciferi si estende per oltre 200 Km² nell'Alta Maremma toscana, a cavallo delle province di Grosseto, Livorno, Pisa e Siena, nella cosiddetta zona delle Colline Metallifere.

Fu solo nel 1777 che nelle acque di uno di questi Lagoni un farmacista di Pitigliano (GR) delle Spezierie Granducali scoprì quello che allora era chiamato sale sedativo, ossia l'acido boricco. A seguito di questa scoperta, alcune imprese impiantarono rudimentali lavorazioni industriali, ma il vero sfruttamento industriale del fenomeno ebbe inizio nel 1818 ad opera di un profugo della Rivoluzione francese, Francesco De Larderel (da cui il nome Larderello) che si limitò solo all'estrazione dell'acido mediante concentrazione delle acque dei Lagoni in caldaie riscaldate a legna. Il sistema divenne tuttavia antieconomico per l'ele-

vato costo del combustibile, ma nel 1827, con l'ideazione del Lagone Coperto, divenuto poi il marchio di fabbrica della Società Larderello, costituito da un duomo in muratura costruito sopra i crepacci dai quali scaturiva il fluido naturale, fu possibile captare il vapore endogeno e convogliarlo nelle caldaie contenenti le acque boriche, utilizzando il calore stesso del vapore per la concentrazione dell'acido in maniera del tutto economica. E fu il primo esempio di risparmio energetico della Storia.

Sviluppandosi sempre più l'industria dell'acido borico, il vapore captato dai Lagoni Coperti non era più sufficiente alle sempre maggiori richieste, per cui, nel 1828, si pensò di ricorrere all'uso di trivelle a mano per aprire soffioni artificiali. Tali prove diedero risultati lusinghieri ottenendo, da pozzi perforati fino a 20-30 metri di profondità, quantità di vapore con caratteristiche di pressione, portata e temperatura pressoché costanti: furono così gettate le basi di quell'arte mineraria tutta particolare di forare i soffioni.

Nel 1897 vennero accese le prime quattro lampadine elettriche e, nel 1913, inizia, con una centralina da 250 Kw, la prima produzione industriale di energia geotermoelettrica.

L'utilizzazione del calore associato ai soffioni andò sempre più allargandosi e le esperienze acquisite a Larderello furono utilizzate per l'attivazione di numerosi campi geotermici, dalla California, alla Nuova Zelanda ed alla Repubblica Cinese.

– L'uranio è stato conosciuto solo in epoca recentissima, cioè alla fine del XVIII secolo.

Nel 1786, il tedesco Martino

Enrico Klaproth scopriva, con l'ossido di zirconio, altri due elementi ai quali dava poi, non a caso, nomi di pianeti: Titanio e Uranio.

Il Klaproth era tutto preso dalle sue ricerche mineralogiche, quando il suo contemporaneo Herschel individuava il nuovo pianeta Urano. E Uranio il chimico tedesco denominò il nuovo metallo perché scoperto sotto il segno del nuovo astro.

Nonostante il suo nome splendente come quello di Urania, Musa dell'Astronomia, l'Uranio ebbe vita ignota per oltre un secolo.

Prima a trarlo dalla sua mediocrità di sottoprodotto fu Maria Sklodowska Curie, Premio Nobel 1903 insieme al marito Pierre Curie e nel 1911 da sola per la scoperta del Polonio, la cui attenzione, sul finire del 1897 fu attratta, sfogliando le relazioni sugli studi dell'annata, da uno scritto del fisico francese Henry Becquerel, Premio Nobel 1903, che aveva già studiato i sali di uranio. Dopo la scoperta dei Raggi X, fatta nel 1895 da Guglielmo Roentgen, Premio Nobel 1901, il matematico e fisico Henry Poincaré si era posto il quesito se i Raggi simili a quelli X non fossero, per caso, emessi da corpi fluorescenti sotto l'azione della luce; e a sua volta il Becquerel, interessato allo stesso problema, aveva preso in esame i sali di un metallo allora molto raro, l'Uranio. I sali di Uranio emettevano spontaneamente, senza l'azione della luce, raggi di natura ignota: un composto di Uranio, collocato su una lastra fotografica, impressionava la lastra attraverso la carta.

Le constatazioni del Becquerel colpirono la Curie la quale si propose di stabilire la na-

tura delle radiazioni del nuovo elemento. Il cammino dell'esplorazione era completamente nuovo: nessuno aveva ancora approfondito la natura dei Raggi Uranici.

Tra le annotazioni giornaliere dei coniugi Curie per l'anno 1899 si leggono queste parole: «Diverse ragioni ci spingono a credere che la sostanza radioattiva detta Uranio racchiuda in sé un elemento nuovo al quale noi Curie ci proponiamo di dare il nome di Radium».

Così l'Uranio comincia il suo cammino per giungere, un secolo e mezzo dopo la sua scoperta, a dominare il mondo dell'era atomica. Prima della Seconda Guerra Mondiale, l'interesse suscitato dall'Uranio consisteva in massima parte nella piccolissima quantità di Radio che esso contiene: circa un grammo ogni tre tonnellate.

Oggi, da sottoprodotto dell'industria del Radio, l'Uranio è passato in primo piano nella strategia dell'era atomica.

Nell'Uranio naturale (U nat.) è presente l'isotopo Uranio 235 (U 235) nella misura del 7‰ (7 gr di U235 per ogni Kg di U nat.). Dalla fissione di un grammo di U 235 si libera l'enorme quantità di calore di 21.800 Kwh termici, perciò la fissione di un grammo di Unat produce una quantità di calore di 152,6 Kwh termici, pari a 13,4 Kg di olio combustibile. Una centrale elettronucleare da 2.000 MWe (come ad esempio poteva essere quella di Montalto di Castro) avrebbe un consumo di soli 33 Kg/ora di Unat (con l'Uranio arricchito la quantità si riduce notevolmente), contro 440 t/ora di olio combustibile e 533.000 mc/ora di metano.

– L'energia elettrica è il risultato finale dell'uso parziale delle fonti di energia prima descritte.

A prescindere dalle prime sperimentazioni fatte con gruppi turbina-dinamo, l'energia elettrica poté essere impiegata nell'industria solo dopo l'invenzione dell'alternatore e del trasformatore che permisero di trasmettere l'energia alternata a grande distanza mediante reti elettriche di distribuzione.

L'uso industriale dell'energia elettrica ebbe perciò inizio nel nostro secolo con l'energia idroelettrica. Prima del 1895 in Italia non esisteva alcuna industria idroelettrica: l'impianto di Paderno, il primo degno di nota, data solo dal 1906.

La produzione di energia idroelettrica fu di 3,5 Twh nel 1921 (1 Twh = 1 miliardo di Kwh), ma la produzione crebbe notevolmente stabilizzandosi dal 1960 sui 40-45 Twh/anno.

L'energia termoelettrica si è poi sviluppata prodigiosamente sorpassando la produzione idro nel 1965, tanto che nel 1975 raggiunse i 120 Twh.

La produzione nazionale di energia elettrica, nel 1987, è stata di 191 Twh, mentre al 2000 è prevista in 323 Twh (inclusi i consumi per pompaggio) che sarà ottenuta incrementando il consumo di carbone e di metano e diminuendo quello di petrolio. Si prevede un incremento della produzione idro e un notevole impulso geotermoelettrico, mentre per il settore nucleare è previsto un presidio la cui produzione potrebbe raggiungere solo un terzo di quella idroelettrica, in attesa della Terza Rivoluzione Energetica che sarà promossa dalla fusione nucleare.

7.2.2. *Gli Esplosivi*

Grandissima scoperta scientifica che condusse ad applicazioni pratiche immediate fu quella di Alfredo Nobel, chimico svedese che lasciò un reddito annuo di 1.850.000 Corone svedesi destinato a cinque premi annuali (Premi Nobel) per la Fisica, Chimica, Fisiologia, Letteratura e Pace Universale.

Nel 1866 egli scoprì che la farina fossile è capace di assorbire la Nitroglicerina, la quale conserva in tale forma solida le sue proprietà esplosive, pur presentando una sensibilità agli urti notevolmente ridotta. Questa scoperta aprì la strada alla produzione industriale dell'esplosivo a base di Nitroglicerina, preparata per la prima volta dal piemontese Ascanio Sobrero nel 1848, che rivoluzionerà l'abbattimento della roccia nei lavori minerari.

La convinzione che la polvere da sparo fosse in uso in Cina non è suffragata dai resoconti fatti da Marco Polo. A quell'epoca, la polvere da sparo era già conosciuta in Occidente, anche se non ancora impiegata come propellente per le armi da fuoco che comparvero solo dopo il 1320.

Purtuttavia, in Cina erano già note, in quei tempi, miscele contenenti salnitro, zolfo e carbone che presentavano caratteri deflagranti tali da farle chiamare protopolveri. Incerto è se tali composti fossero scoperti dai cinesi o dai mongoli o se, addirittura, notizie degli stessi non fossero pervenute in Oriente dall'Occidente.

Opere ispirate da intenti scientifici compaiono solo nel XIII secolo con i due grandi scienziati

dell'Occidente, Alberto Magno, teologo scolastico, e Ruggiero Bacone, francescano di Oxford. Quest'ultimo, nel suo *Opus Majus*, sembra aver dettato la prima ricetta della polvere nera usando una frase di colore oscuro, forse per il timore di Tribunali ecclesiastici o per altri motivi che non si è riusciti ad individuare; più tardi Berthold Schwartz ideò la prima bocca da fuoco.

In principio la polvere nera fu impiegata nell'arte militare (polvere da sparo), ed i primi esperimenti di impiego nell'arte mineraria (polvere a mina) iniziarono nel Rinascimento, come attestano gli scritti dei senesi Mariano da Siena, detto Il Taccola, Francesco di Giorgio Martini e Vannuccio Biringuccio. Anche Leonardo s'interessò di esplosivi soprattutto da impiegare nell'arte militare.

Dopo la scoperta della polvere nera, la tecnica degli esplosivi non fece progressi fino alla prima metà del secolo XIX; per 600 anni la polvere nera fu dunque l'unica sostanza esplosiva. Notizie sull'uso della polvere nera si hanno nelle miniere della Sardegna nel 1744, ma quest'uso non poteva aver assunto nessuna importanza concreta senza l'impiego sistematico della perforazione della roccia.

Verso la metà del XVIII secolo, con l'avvento della Chimica che soppiantò l'Alchimia, sorse i laboratori con l'uso costante della bilancia nello studio dei fenomeni chimici, cosicché si giunse alla scoperta della Nitroglicerina che Nobel valorizzò perché riuscì ad impiegarla preparando un esplosivo noto col nome di Dinamite.

Il grande impiego della polvere nera si ebbe nello scavo del

Trafo del Frejus, iniziato nel 1853 e terminato nel 1870, quando la Dinamite di Nobel era ancora in fase di sperimentazione.

Per la prima volta nella Storia, la notte di Natale del 1870, minatori italiani e francesi s'incontrarono sotto le Alpi con l'abbattimento dell'ultimo diaframma di roccia del Traforo che collega Bardonecchia a Modane.

Si attuava così il fantastico sogno reso possibile dall'uso sistematico degli esplosivi nello scavo della roccia.

Allo scoppio delle prime mine, il Traforo del Frejus fu definito dalla Gazzetta Piemontese come «l'opera più colossale che il genio umano abbia mai tentato in simil genere ed una delle più utili che abbia immaginato». Questa frase dà perfettamente l'idea della natura dell'opera che prevedeva lo scavo di un tunnel lungo 12 km con una sezione di 65 mq al di sotto delle Alpi, con mezzi che oggi sembrerebbero insufficienti persino nello scavo di un cunicolo di poche decine di metri. Basti pensare che i fori da mina venivano eseguiti a mano, ciascuno da una coppia di minatori armati di sola mazza e barramina, poi caricati con polvere nera.

Solo negli ultimi anni di scavo furono introdotte le prime perforatrici ad aria compressa da parte del Sommier che incrementarono fortemente la velocità di avanzamento della galleria, aprendo grandi prospettive anche all'industria mineraria.

7.3. La nuova tecnica mineraria.

Opere da giganti si susseguirono nel corso dei secoli: mina-

tori armati di solo piccone e del fuoco, di mazza e scalpello, avevano eseguito nel passato giganteschi scavi per estrarre minerali o monoliti dalle profondità della Terra. Ma la Rivoluzione Industriale aveva alleviato la fatica dei minatori per compiere opere più gigantesche che nel passato.

La ripresa mineraria si sviluppò con l'impiego dell'energia diversa da quella umana, con la macchina a vapore, perfezionata nel 1777, per l'estrazione del minerale attraverso pozzi verticali, per l'eduzione delle acque di miniera ed anche per la ventilazione dei sotterranei.

La macchina a vapore fu il meraviglioso strumento, all'inizio ovviamente adottato nelle miniere di carbone e poi via via esteso anche ad altre miniere per la facilità dei rifornimenti del combustibile. Data la sua versatilità, la macchina a vapore si rendeva particolarmente adatta al sollevamento di carichi variabili, come appunto si verifica negli impianti di estrazione.

Non più gli arganetti a mano descritti dall'Agricola, non più pozzi profondi poche decine di metri, ma pozzi molto più profondi serviti da macchine di estrazione che potevano sollevare quantità di minerale enormemente maggiori che nel passato a costi enormemente inferiori.

La Rivoluzione Industriale si affacciò nel campo minerario in ritardo rispetto ad altre industrie meno pesanti e permise l'impiego di macchine a vapore e ad aria compressa prima che nascesse l'elettrificazione, sviluppatesi all'inizio del XX secolo nella forma idro.

La macchina a vapore risolse

egregiamente non solo il problema dell'estrazione ma anche quello dell'eduzione delle acque, in un primo momento per mezzo di mastelli o di skips a riempimento e svuotamento automatico. Ma essa poté considerarsi, in un secondo tempo, anche la centrale energetica della miniera, in quanto il vapore prodotto poté essere impiegato direttamente per l'azionamento di pompe a vapore poste a fondo pozzo, già in uso verso la metà del XIX secolo, per l'azionamento dei ventilatori installati all'esterno per il ricambio dell'aria nei sotterranei, per la meccanizzazione delle officine e degli impianti di arricchimento del minerale.

Mentre la macchina a vapore risolse tutti questi problemi, rimaneva ancora da risolvere quello del trasporto del minerale dai cantieri di coltivazione alla base dei pozzi.

Per secoli si era ricorso al trasporto a ruote con vagoni in legno, come mostrano le illustrazioni di Agricola, o con la cariola che si ritiene inventata da Biagio Pascal nel XVII secolo; questi primitivi mezzi di trasporto potevano percorrere vie sotterranee tortuose ed a pendenza variabile, richiedendo notevole sforzo fisico da parte dei minatori per il trasporto di modesti carichi di minerale.

La grande rivoluzione nel settore dei trasporti sotterranei, fu promossa dal costruttore francese Paolo Decauville (1846-1922), inventore della ferrovia che porta il suo nome. Essa è un tipo di ferrovia portatile a scartamento ridotto (0,40-0,60-0,75 m) con carrelli in ferro ribaltabili, spinti a mano dai minatori con relativa facilità, oppu-

re riuniti in treni composti di numerosi vagoni a trazione animale. La quantità di minerale trasportato e la distanza di trasporto furono fortemente aumentate ed il costo della tonnellata chilometro notevolmente ridotto.

La ferrovia decauville imponeva gallerie regolari in planimetria e soprattutto in pendenza; anzi, la pendenza delle gallerie fu scelta in modo da offrire lo stesso sforzo di trazione sia a carrello pieno (in discesa), verso i pozzi, sia a carrello vuoto (in salita) verso i cantieri. Ne conseguiva anche lo spontaneo scolo delle acque, entro cunette ricavate nelle gallerie, verso i pozzi (o verso l'esterno nel caso di gallerie di ribasso), dove l'acqua poteva essere raccolta in un deposito a fondo pozzo (puisar).

Si imponeva perciò un nuovo disegno della miniera: gallerie di livello in traverso-banco o in direzione partenti dal pozzo principale o da altre vie di accesso al giacimento (discenderie), collegate fra loro da fornelli per il gettito del minerale (o per la ventilazione) in modo da centralizzare il trasporto in una di queste gallerie di livello (in generale la più bassa) che fu appunto chiamata Galleria di Carreggio.

La realizzazione di questo processo di razionalizzazione si rese possibile con l'uso sistematico degli esplosivi che da secoli erano stati impiegati nell'Arte Militare, ma non nell'Arte Mineraria in assenza dei sistemi meccanici per la perforazione della roccia, entrati in uso solo dopo la metà del secolo.

La galleria ferroviaria del Frejus (1853-70) fu scavata ricorrendo alla mazza e barramii-

na per poter impiegare la polvere nera, unico esplosivo disponibile all'epoca. Ma la prima perforatrice ad aria compressa, ideata dal Piatti nel 1853 e realizzata dal Sommelier per lo scavo dell'ultimo tratto del Traforo, segna un'autentica rivoluzione nella Storia delle miniere. Nel contempo, gli studi del Sobrero e del Nobel condussero alla fabbricazione della Dinamite (1867) che, in seguito, soppiantò la polvere nera.

Tali sistemi di scavo permisero di effettuare, con relativa facilità, gallerie di ribasso anche di notevole lunghezza per raggiungere il corpo mineralizzato. Senza queste innovazioni tecnologiche, l'industria mineraria sarebbe rimasta senza futuro.

Le stesse gallerie di carreggio poterono essere utilizzate anche per l'eduzione spontanea delle acque (gallerie di scolo), per l'estrazione del minerale e per la ventilazione.

Celebri, a questo proposito, sono le gallerie di scolo delle miniere argentifere di Freiberg (1876) e del bacino lignifero di Gardanne (1891), gallerie di scolo di eccezionale lunghezza, della sezione di 4-5 mq. Importanti furono anche le gallerie di scolo di Monteponi (1898), nel bacino dell'Iglesiente, e di Fenice Capanne nel Massetano, costruita agli inizi del nuovo secolo.

Dunque, macchine a vapore, aria compressa, binario decauville, perforazione meccanica della roccia, uso sistematico degli esplosivi, promossero la ripresa mineraria nella seconda metà del XIX secolo.

Le lavorazioni minerarie furono approfondite proprio in virtù dei nuovi mezzi resi disponibili

dalla nuova tecnologia. I giacimenti minerari noti da secoli furono ampliati in estensione e in profondità, anche se a tenori inferiori a quelli coltivati dagli antichi minatori, e furono coltivati anche giacimenti che gli antichi non poterono coltivare, o per la presenza dell'acqua o per l'estrema durezza delle rocce.

Tali coltivazioni si resero possibili perché i costi di estrazione subirono riduzioni tali da poter considerare «minerale» ciò che dagli antichi fu considerato «sterile».

Lo sviluppo della giacimentologia permise poi una più esatta delimitazione dei giacimenti e la scoperta di nuovi.

Nel settore dell'arricchimento del minerale si ebbero progressi nelle laverie a mano con l'uso di crivelli non ancora meccanizzati che producevano ingenti quantità di prodotti misti a tenore intermedio. La prima laveria meccanica si ebbe in Sardegna nel 1875, azionata da motrici, nella quale il grezzo veniva classificato ed arricchito con trommel, crivelli e casse a punta: iniziava così il sistema meccanico di arricchimento gravimetrico.

Sempre nella preparazione meccanica dei minerali, fu Quintino Sella, eminente ingegnere minerario, che concepì la geniale idea di utilizzare le proprietà magnetiche dei minerali di ferro ed a lui si deve la prima cernitrice elettromagnetica, utilizzata per la prima volta nella miniera di Traversella.

In seguito, con ulteriori perfezionamenti, le cernitrici si diffusero dovunque con inestimabile vantaggio per l'industria mineraria.

8. *L'industria mineraria dall'Unità d'Italia alla prima guerra mondiale*

8.1. *La Legislazione mineraria.*

Prima del 1927, vigevano in Italia ancora le antiche leggi ereditate dallo Stato Italiano al momento dell'Unità. Mentre lo Stato si era unificato nel 1861, occorre ancora oltre sessant'anni per l'unificazione del diritto minerario. E ciò dipese dai numerosi interessi instauratisi negli ex Stati italiani, politicamente separati fra loro, prima dell'Unità.

Ben tredici legislazioni differenti vigevano in Italia prima dell'Unità. Di esse ne riportiamo un elenco sintetico:

— La legge sardo-piemontese del 20 novembre 1859, n. 3755, emanata a seguito dell'Editto di Carlo Alberto del 30 giugno 1840, era vigente nel Piemonte, Liguria, Lombardia (meno la provincia di Mantova), Sardegna e nelle Marche, e seguiva il sistema giuridico industriale, cioè conferiva al concessionario la proprietà incommutabile della miniera. La legge non si applicava al sale e al salnitro.

— La legge generale montanistica austriaca del 23 maggio 1854, vigente nella provincia di Mantova, nel Veneto e nei territori di Trento, della Venezia Giulia, di Fiume e di Zara, seguiva il sistema regalistico.

— Il Decreto parmense del 21 luglio 1852, vigente nelle province di Parma e Piacenza e nel circondario di Pontremoli (MS), seguiva il sistema giuridico misto, cioè conferiva la concessione governativa solo nel caso di diniego del proprietario del suolo.

— La legge italiana del 9 agosto

1808 (Editto Napoleonico), vigente nelle province di Modena e Reggio, seguiva il sistema demaniale di concessione in cui il proprietario del fondo era preferito purché possedesse i requisiti. La legge proibiva la fabbricazione del sale.

— Il sistema pontificio illimitato, vigente nelle province di Bologna, Ferrara e Ravenna, nel territorio di Pontecorvo (Caserta) e in quello dell'ex Ducato di Benevento, San Leucio, Sant'Angelo e San Marco, seguiva il sistema regalistico con il quale il governo disponeva, per mezzo di concessioni, delle miniere e cave senza alcuna legge speciale, ma con varie bolle e concessioni papali.

— Il sistema pontificio regolato dal R.D. 23 marzo 1865, vigente nella provincia di Forlì, seguiva il sistema industriale in base alla legge del 1859.

— Il sistema pontificio regolato dal R.D. 17 giugno 1872, vigente nelle province di Roma e Perugia, seguiva il sistema industriale in base alla legge del 1859.

— La legge lucchese del 3 maggio 1847, vigente nella provincia di Lucca, meno i territori di Serravezza, Stazzema, Pietrasanta e Barga, nei territori di Montignoso, di Minucciano e di Galliciano e frazioni di Treppignana, Riana e Lupinaia del comune di Fosciandora (MS), seguiva il sistema industriale in quanto la concessione conferiva la proprietà perpetua della miniera.

— Il sistema estense illimitato, vigente nel territorio di Castelnuovo Garfagnana, Fosciandora, meno le frazioni di Treppignana, Riana e Lupinaia, Castiglione, Camporgiano, Vagli Sotto, Aulla, Rocchetta Vara, non era regolato da nessuna legge: le miniere erano di assoluto dominio del Sovrano.

— La legge I febbraio 1751 per le cave di marmo nelle Vicinanze del Carrarese e il Regolamento 14 luglio 1846 per quelle del Massese, confermava la proprietà delle cave di marmo già aperte e conferiva la concessione alle cave da aprire.

— Il Motuproprio granducale 13 maggio 1788, vigente nelle province di Arezzo, Firenze, Grosseto, Livorno (meno l'Isola d'Elba), Pisa, (meno il territorio di Piombino), Siena nei territori di Serravezza, Stazzema, Pietrasanta e Barga (LU) e in quelli di Fivizzano, Calice, Terrarossa e Albiano (MS), aboliva il sistema regalistico ed instaurava il sistema giuridico fondiario.

— Il Sovrano Rescritto granducale 28 ottobre 1856, vigente nel territorio dell'Isola d'Elba e del Principato di Piombino, conserva il sistema regalistico per i minerali di ferro.

— La legge borbonica 17 ottobre 1826, vigente nel Regno delle due Sicilie, in base al Rescritto Sovrano 8 ottobre 1808, integrato dal successivo del 30 aprile 1852, disponeva che le miniere di zolfo non potevano essere aperte senza uno speciale permesso di apertur, dietro pagamento di un diritto di regalia spettante allo Stato. Questa legislazione seguiva il sistema misto, cioè quello fondiario e regalistico.

Fu nello Stato Sardo-Piemontese che, insieme alla ripresa produttiva delle miniere sarde, si ebbe, con l'emanazione delle Regie Patenti del 18 ottobre 1822, una concezione moderna del diritto minerario, basato sul sistema industriale demaniale, confermando che la proprietà del fondo non dava alcun diritto sulla miniera.

Dal 1859 ad oggi ha notevol-

mente contribuito allo sviluppo minerario e dell'Arte Mineraria il Corpo delle Miniere, già precedentemente sorto con la promulgazione, da parte dello Stato Sardo-Piemontese, delle Regie Patenti del 1822 che istituì il Corpo Reale degli Ingegneri delle miniere e il primo Consiglio Superiore delle miniere.

Prima dell'unificazione del Regno, il Servizio minerario era disimpegnato, nei vari Stati della Penisola, da appositi corpi di ingegneri, denominati: ingegneri delle miniere nello Stato sardo-piemontese, commissari montanistici nel Lombardo-Veneto, consultori di miniere in Toscana, ispettori delle solfane e calcaroni in Sicilia.

Dopo l'annessione della Lombardia al Regno, fu promulgata la prima legge mineraria del 1859 che può considerarsi l'atto ufficiale di nascita del Corpo Reale delle Miniere e del Consiglio Superiore delle Miniere.

Con l'unificazione dello Stato si ampliò gradatamente il Corpo delle Miniere del Regno sardo-piemontese con l'assunzione di nuovi ingegneri minerari di grande valore.

Il Corpo delle Miniere si è dunque unificato insieme all'Italia, ma l'unificazione della legislazione mineraria doveva ancora attendere faticosamente 68 anni, cioè fino al 1927, anno in cui fu promulgata la legge, ancora vigente, che costituisce la legge mineraria fondamentale dello Stato.

Parallelamente alla evoluzione mineraria, si modificarono anche i criteri informativi delle leggi di Polizia Mineraria che dettano norme in materia di sicurezza delle lavorazioni.

Infatti, la legge del 1859 dettava

anche norme di polizia mineraria. Nella vigilanza sulla sicurezza delle lavorazioni, gli ingegneri delle miniere finivano per essere i depositari delle regole dell'arte, non codificate ma da suggerire.

Tale normativa sopravvisse per 34 anni, fin quando, con legge 30 marzo 1893, n. 184, il cui Regolamento fu promulgato con R.D. 10 gennaio 1907, n. 152, e con il Regolamento di prevenzione infortuni R.D. 18 giugno 1889, n. 231, fu instaurata una disciplina che, pur avendo di mira le condizioni di lavoro dell'epoca ed applicando quelle che allora erano ritenute le cognizioni tecniche più aggiornate, costituì un sistema giuridico articolato con elasticità ed ampiezza tali da consentire agli Uffici minerari di adottare le misure più aggiornate per la sicurezza delle lavorazioni.

Il segreto di tale nascosta vitalità risiedeva nella disposizione cardine di tutta la disciplina, sancita dall'art. 4 della legge e 14 del regolamento, che lasciava arbitro l'ingegnere delle miniere di adottare i provvedimenti necessari per garantire la sicurezza dei lavoratori e dei terzi. Mentre le norme tecniche sancite dalla legge rimanevano ancorate alla loro rigida dizione letterale, rapidamente invecchiate, i progressi dell'Arte Mineraria suggerivano l'adozione di cautele ognor più efficaci ed aderenti all'evoluzione tecnica in atto.

L'espedito giuridico che la saggezza del vecchio legislatore aveva messo a disposizione del Corpo delle Miniere si rilevava efficace e funzionale. Tale normativa ha dato i suoi buoni frutti per oltre 67 anni, cioè fino al 1959.

Con R.D. 15 dicembre 1867 fu istituito il Comitato Geologico,

staccando la Sezione Geologica già istituita in seno al Consiglio Superiore delle Miniere.

Il Servizio Geologico del Corpo delle Miniere era composto da ingegneri ai quali fu affidato il compito della rilevazione geologica del territorio del Regno. Il Servizio possedeva anche un Laboratorio Chimico per l'analisi dei campioni prelevati, in particolare, dai giacimenti minerari.

Questa struttura amministrativa permise al Corpo delle Miniere la massima efficienza che si completò con la promulgazione della legge mineraria del 1927.

8.2. La Terza Ripresa Mineraria. Il secolo XVIII fu un secolo di preparazione durante il quale non si affermò nessuna ripresa seria e stabile, ma si risvegliarono l'interesse pubblico e le antiche memorie di un'attività millenaria caduta in oblio.

A cavallo fra il XVIII e il XIX secolo, la Rivoluzione Francese e le guerre dell'Impero obbligarono gran numero di emigrati politici a cercare rifugio nei diversi Stati italiani. Taluni, studiosi di geologia, si occuparono di miniere e le descrissero rendendole popolari, destando interesse nell'opinione pubblica. Numerosi termini, tradotti in gergo minerario di denominazioni francesi, ancora largamente usati nel gergo minerario italiano, ne sono testimonianza.

La rinascita avvenne però con estrema lentezza specialmente in Toscana dove il Motu Proprio granducale del 1788 aveva instaurato il regime giuridico fondiario, da cui derivarono pretese eccessive da parte dei proprietari del suolo che ostacolavano ogni ripresa produttiva.

Ma ormai i tempi erano maturi per la ripresa e questa si sviluppò in tutti i distretti minerari italiani a cominciare dai primi decenni del nuovo secolo.

Nella seconda metà del XIX secolo iniziava dunque l'industria mineraria basata sui presupposti tecnici della Rivoluzione Industriale.

Al momento dell'Unità, l'attività mineraria era assai modesta: i settori minerari principali erano quelli dello zolfo, del piombo argentifero, del rame, del ferro, dei combustibili fossili solidi e del salgemma, nonché quello del marmo delle Alpi Apuane.

Modestissima fu la produzione metallurgica di antimonio regolo, di mercurio, di piombo e di argento. Fonderie per il piombo erano in attività a Cogoletto (GE), dove erano inviati i minerali sardi, a Stazzema (fonderie del Bottino - Argentiera, in provincia di Lucca), a Pertusola (SP), per i minerali sardi e toscani, e ad Auronzo (Belluno).

In Sardegna ebbero breve vita le varie fonderie che trattavano, oltre i minerali, anche le antiche scorie argentifere.

La metallurgia dello zinco era completamente assente perché il metallo non aveva avuto ancora una vera e propria utilizzazione industriale.

La manodopera occupata nel settore minerario, escluse le cave, fu di 33.577 addetti, nelle cave di marmo di 8.200 e nel settore metallurgico solo di 399.

Ma l'attività mineraria si sviluppò notevolmente fino all'inizio della Prima Guerra Mondiale.

— Il nuovo Stato unitario considerò, fin dal 1870, la necessità di creare un'industria siderurgica moderna già fiorente nel periodo etrusco e romano e soprattutto

nel Medioevo ma cristallizzatasi per secoli mantenendo i vecchi metodi sino all'Unità d'Italia.

I moderni ritrovati, come la sostituzione del carbone coke, preparato nelle stesse ferriere (coke metallurgico), al carbone di legna, segnarono un vero progresso, onde l'Inghilterra che per prima adottò questa innovazione e che già nel 1806 possedeva 160 forni in piena efficienza, riuscì a conquistare in breve tutti i mercati mondiali ed a rimanere per lungo tempo alla testa delle nazioni produttrici e consumatori di prodotti siderurgici.

L'ingresso della scienza e della tecnologia nelle officine fecero poi mutare radicalmente le cose: il Convertitore Bessemer è del 1856, il Forno Martin Siemens del 1865. I due sistemi con i quali ebbe inizio l'ascesa della siderurgia moderna furono introdotti in Italia nel decennio 1860-70, il primo nella Magona d'Italia di Piombino e il secondo nelle ferriere, sempre di Piombino, dove proseguiva la tradizione di Populonia.

Da allora cominciò la graduale trasformazione della siderurgia nazionale che segnò un lento ma ininterrotto progresso: nel 1902 entrano in funzione gli altiforni di Portoferraio che, insieme a quelli di Piombino, di Follonica e di San Giovanni Valdarno, sostituiranno nel corso del XX secolo le vecchie ferriere nel trattamento dei minerali di ferro.

Il minerale di ferro, nel 1860, proveniva ancora dall'Isola d'Elba, dalle miniere di Rio e di Calamita, l'estrema punta orientale isolana, là dove l'ago della bussola trema e si agita risentendo l'influenza magnetica del monte. Minerale di ferro proveniva anche dalla Maremma toscana (Valdassura, presso Niccioletta), dalla Val

d'Aosta (Cogne) e dalla Sardegna (San Leone e Nurra).

La produzione mineraria, prima totalmente esportata, venne utilizzata negli altiforni esistenti nel Regno.

La produzione elbana è imprevedibile nell'antichità ma nella prima metà del secolo scorso ammontava a sole 7.000 t annue per salire a livelli notevoli all'inizio del nostro secolo. Durante la prima guerra mondiale, la produzione annua elbana salì a 800.000 t per mantenersi poi fra 400 e 600.000 t di minerale di ferro.

La miniera di Cogne fu costretta a sospendere i lavori per quasi mezzo secolo a causa della concorrenza del minerale estero, ma le sue coltivazioni furono riprese nell'immediato dopoguerra.

Ridotta fu l'attività delle miniere sarde e lombarde, limitatissima quella di alcuni giacimenti del Piemonte, della Toscana e della Calabria.

Nel corso della Grande Guerra ebbe inizio anche l'utilizzazione delle sabbie ferrifere che si rinvengono lungo tutte le coste della Penisola ove sfociano fiumi provenienti da zone vulcaniche a lava basica.

— Nella prima metà del secolo XIX assunse importanza la ricerca dei minerali di alluminio, metallo nuovo isolato dal Wohler nel 1827 insieme al berillio.

Nel 1887, il francese Paolo Heroult scoprì il processo elettrico per ottenere allumina dalla quale, con il processo chimico Bayer ed elettrolitico Haglund, si ottenne il metallo.

Si sviluppò pertanto molto rapidamente la ricerca e la coltivazione di quel minerale che per la prima volta fu trovato a Baux in Provenza, da cui il nome di Bauxite.