

SULLO

# STUDIO MINERALOGICO DELLE SABBIE

E

SOPRA UN MODO DI RAPPRESENTARNE I RISULTATI

APPUNTI DEL SOCIO

Francesco Salmojrighi



MILANO  
TIPOGRAFIA DEGLI OPERAI (SOCIETÀ COOP.)  
*Corso Vittorio Emanuele 12-16*

—  
1904

**Preliminari.** — Fino dal 1892 accennai all'importanza che avrebbe uno studio di dettaglio delle diverse conoidi della alluvione lombarda, per lo scopo di rischiararvi gli avvenimenti tuttora oscuri o controversi del nostro quaternario (1). Ma in realtà non me ne occupai, fino a che nel 1898 ebbi la fortunata occasione di apprendere dal prof. Ettore Artini la tecnica dello studio microscopico delle sabbie ed i caratteri diagnostici della loro composizione mineralogica. All'esimio collega ed amico professò per ciò ed esprimo qui la mia vivissima gratitudine.

Dopo d'allora ho esaminato molte sabbie di fiumi e lidi italiani e principalmente di alluvioni lombarde, e mi sono esteso anche a quelle isolabili da rocce clastiche e calcaree, prequaternarie. Su queste ultime pubblicai anzi recentemente una nota (2); ma, prima di affrontare altri problemi, credo conveniente di premettere in questo scritto alcune considerazioni sullo studio delle sabbie e specialmente sul metodo, che ho adottato per esprimerne i risultati.

**Studio delle alluvioni.** — Il geologo che studia un'alluvione ha il compito di indagare e di determinare: 1° le *condizioni fisiche della sua formazione*, quindi se è fluviale, glaciale, marina, se subì influenze chimiche, eoliche, ecc.; 2° il

---

(1) SALMOJRAGHI, *Osserv. geol. su alcuni pozzi recentemente perforati nella provincia di Milano*. Rend. Istit. lomb., XXV, Milano, 1892.

(2) SALMOJRAGHI, *Osserv. miner. sul calcare mioc. di S. Marino (M. Titano)*, ecc. Rend. Istit. lomb., XXXVI, Milano, 1903.

*tempo di formazione*, che è limitato, per le nostre alluvioni, al lasso geologicamente breve dal pliocene superiore all'attuale, e comprende quindi tanto il *diluvium*, che l'*alluvium*; 3° la sua *provenienza*, ossia qual è l'area di denudazione che ne forni i materiali.

Per i primi due problemi soccorre l'osservazione di tutte le circostanze litologiche, tettoniche e topologiche, che sono osservate per gli stessi scopi anche in altri terreni. Inoltre per ciò che riguarda il tempo di formazione intervengono proficuamente: la *paleofitologia* (diatomee) e in qualche caso la *paleontologia* (mammiferi e molluschi quaternarii) e la *paletnologia* (avanzi dell'industria umana). Ma è evidente che questi due problemi devono avvantaggiarsi della soluzione del terzo. È quindi colla ricerca della provenienza, che lo studio di un'alluvione può essere iniziato: e di essa soltanto mi sono occupato.

Per le alluvioni giacenti in forma di prismoide lungo una valle ad andamento semplice e di non grande ampiezza, o di conoide allo sbocco, la provenienza dal bacino della valle è ovvia.

Ma il problema diventa difficile, se per contro si tratti di una valle ampia, ramificata a monte, nella quale il prismoide alluvionale può avere attinto elementi, non solo dal bacino della valle in cui giace, ma anche dalle valli contigue, durante le fasi glaciali e attraverso selle depresse, o quando si tratti di una grande pianura alluvionale, formata dalla giustaposizione di diverse conoidi, o infine, di alluvioni pervenute al mare ed ivi cadute in balia di onde o correnti.

In tali casi i criterii per risolvere il problema della provenienza sono da ricercarsi nei rapporti che devono esistere fra i materiali di un'alluvione e le rocce affioranti nel bacino che l'ha fornita, rapporti *chimici*, *mineralogici* e *petrografici*, rispettivamente per i tre elementi, che, secondo le dimensioni, costituiscono qualsiasi alluvione, cioè: *limo*, *sabbia* e *ghiaia*, comprendendo in quest'ultima anche il ciottolame.

Il *limo* che talora è l'elemento prevalente (alluvioni argillose), o più spesso, se l'alluvione è sabbiosa o ghiaiosa, vi si isola in lenti o strati di argille o marne, sempre è commisto alla sabbia ed alla ghiaia (derivi in questo caso da deposizione originaria o da susseguita parziale decomposizione degli altri elementi), il limo, dico, non può essere studiato che per la

sua composizione chimica. Ma questa ha scarso valore; le percentuali che essa dà dei soliti componenti: silice, allumina, calce, potassa, soda, magnesia, ossidi di ferro, ecc., rimangono cifre mute. Tutt'al più, e solo in qualche caso, la prevalenza o l'assenza di alcuni di essi possono consentire qualche induzione sulla natura del bacino donde il limo proviene.

Per contro sarebbe esauriente allo scopo proposto lo studio macroscopico o microscopico dei *ciottoli* delle ghiaie, che, tranne spettino ad alluvioni parzialmente ferrettizzate, si prestano ad una completa individualizzazione petrografica anche mediante sezioni sottili e quindi ad un confronto sicuro colle rocce in posto. Ma il metodo è laborioso, anche perchè non tutte le rocce dei singoli bacini sono petrograficamente note; non è poi applicabile alle alluvioni esclusivamente sabbiose od argillose.

Con minore certezza, ma con maggiore rapidità si può ricorrere alla determinazione mineralogica della *sabbia* a mezzo del microscopio. La sabbia è sempre presente in qualsiasi alluvione; o la compone tutta, o vi si intercala in forma di strati o lenti o è commista alla ghiaia, nè manca all'argilla, che dà sempre mediante la levigazione dei granuli otticamente riconoscibili.

**Studio delle sabbie.** — Ora, ammesso un rapporto fra le rocce di un bacino e la sabbia alluvionale che ne deriva, la composizione mineralogica di questa rispecchierà in certo modo la natura litologica di quello; ed essendo gli affioramenti di un bacino entro certi limiti di tempo costanti, anche la composizione mineralogica della sabbia sarà parimenti costante; ed infine, poichè in generale ciascun bacino si differenzia per speciali rocce, anche le rispettive sabbie saranno parimenti differenziate; sicchè in conclusione l'esame mineralogico di una sabbia potrà nella maggioranza dei casi condurre alla designazione del bacino e quindi alla soluzione del problema proposto. E ciò sta anche quando le rocce affioranti non sono petrograficamente conosciute, poichè in generale sarà possibile per un dato bacino determinare la caratteristica mineralogica delle sabbie che con certezza ne derivano, per applicarla a quelle che per la loro giacitura presentano dubbii di provenienza.

“ Ogni sabbia di fiume (scrive Artini) ha, in un determinato punto del corso di questo, una media composizione normale, un po' oscillante, naturalmente, ma nel suo complesso abbastanza

costante perchè un osservatore sperimentato possa facilmente riconoscerla „ (1).

Tutti i minerali, che abbiano una sufficiente coesione e l'acqua non sciolga con facilità, possono trovarsi nelle sabbie; ma abitualmente vi si trovano soltanto i *componenti di rocce*, e questi sono pochi di numero. Anzi se di sabbie provenienti da bacini diversi si esprimesse la composizione mineralogica col semplice elenco dei minerali che rispettivamente vi si trovano, può sembrare a prima vista che tutte si assomiglino. E infatti i minerali di rocce intrusive e di scisti cristallini rinvenibili nelle sabbie derivate da bacini scolpiti nell'arcaico o nel paleozoico, si ritrovano parimenti in quelle di bacini secondarii o terziarii, se appena in essi sono presenti rocce clastiche: arenarie o pudinghe, alluvioni antiche o morene. Ma gli stessi minerali non fanno difetto nelle sabbie di bacini esclusivamente formati di rocce calcaree od argillose; perchè i calcari e le argille li ebbero, quando si deposero, di prima o di seconda mano da rocce cristalline o da rocce clastiche preesistenti. Per ciò quarzo, ilmenite e magnetite, granato, zircone, tormalina si rinvengono in tutte le sabbie e in generale hanno poco valore per caratterizzarle.

Ma può darsi che qualche specie minerale o qualche varietà di specie sia presente od assente nelle rocce di un dato bacino; ecco quindi un primo carattere importante per le sue sabbie. Inoltre in ragione del diverso sviluppo degli affioramenti nei bacini, le proporzioni dei componenti delle corrispondenti sabbie potranno essere diverse. Ecco un altro carattere altrettanto importante.

Lo studio di una sabbia quindi comprende due ricerche, quella della *composizione mineralogica*, con particolare attenzione a tutte le varietà di colore, forma, alterazione dei componenti e quella delle *proporzioni dei componenti* stessi, o almeno di alcuni di essi.

### **Fattori influenti sulla composizione delle sabbie e sulla proporzione dei componenti.** —

Sono molteplici e devono tenersi presenti nelle due ricerche sopradette :

a) Anzitutto le proporzioni mutano secondo le condizioni di luogo e di tempo in cui la sabbia fu deposta nell'alveo di un fiume.

---

(1) ARTISI, *Intorno alla composizione mineralogica delle sabbie di alcuni fiumi del Veneto*, ecc., pag. 5, Padova, 1898.

A questo proposito Artini (1) distinse per le sabbie del Ticino tre principali varietà e cioè:

1° *Sabbia fina o di golena*, deposta dalle grandi piene nei boschi e nelle golene (ove l'acqua ha minore velocità) ed è formata degli elementi fini e leggeri e cioè più facilmente trasportabili, non da elementi rotolati ma sospesi, quindi laminette di mica, subordinatamente di clorite, con sproporzione tra la larghezza di queste e il diametro dei granellini degli altri minerali, che sono principalmente quarzo, feldspati alterati e anfiboli in rare pagliuzze, con scarso granato, quasi affatto mancante la magnetite.

2° *Sabbia grossolana*, frequente nell'alveo propriamente detto, con varia grossezza, non mai finissima e passante alla ghiaia, dove la corrente ha maggior velocità, povera di miche, ricchissima di quarzo, dopo cui in proporzione relativamente esigua vengono in ordine di abbondanza feldspati, anfiboli, epidoto, magnetite, granato, sillimanite, staurolite, cianite, ecc., essendo caratteristica la relativa scarsità del granato, in generale molto subordinato agli anfiboli ed all'epidoto, ed essendo assai più scarsi rutilo e zircone.

3° *Sabbia pesante o sabbia riccu*, dove le acque operarono una specie di levigazione naturale, analoga a quella dei cercatori d'oro, giocando in mezzo ai ciottoli delle grosse ghiaie, formata di elementi pesanti, oro, granato, magnetite e ilmenite, poi in ordine di frequenza anfiboli, staurolite, epidoto, scarsissima di quarzo.

Questi tipi, che ammettono fra di loro dei passaggi, si ritrovano in tutti i fiumi ad alveo ghiaioso e sabbioso come il Ticino.

Così sui lidi esposti al battito delle onde le sabbie si arricchiscono di minerali pesanti dopo una mareggiata e si presentano talora, anche ad occhio, molto diverse da quelle che susseguono a periodi di mare calmo o mediamente agitato.

b) In secondo luogo la composizione e la proporzione dei componenti possono variare per le sabbie di uno stesso fiume prelevate in punti diversi lungo il suo corso. I minerali teneri come il talco, alterabili come i felspati o solubili come la calcite decrescono da monte a valle o spariscono; nello stesso senso aumenta la proporzione dei minerali aventi qualità opposte e fra essi in prima linea il quarzo. Ciò venne già osservato da D'Achiardi per le sabbie dell'Arno (2). Altre variazioni lungo il

(1) ARTINI, *Intorno alla compos. miner. delle sabbie del Ticino*. Giorn. di min., crist. e petrog., II, 3, Pavia, 1891.

(2) D'ACHIARDI A., *Guida al corso di litologia*, pag. 246, Pisa, 1888.

corso di un fiume dovute a tributari o ad affioramenti di rocce speciali (es.: il Vulture per le sabbie dell'Ofanto) sono così ovvie che non occorre specificarle.

c) Il tempo, in senso geologico, può essere un altro fattore di variazione. Basta rammentare il processo di formazione di tutti i materiali clastici per l'azione dell'atmosfera e delle acque, che gradatamente denuda affioramenti superficiali, altri dapprima nascosti ne scopre, si esercita a preferenza laddove gli scoscienti e le frane sono favoriti dalla natura delle rocce, ma ivi non permane sempre colla stessa intensità. Un grande fiume alpino, per esempio, che si sia iniziato durante il terziario o all'aurora del quaternario, ha affondato il suo corso catturando o perdendo affluenti, ha addotto alluvioni, e, diventato ghiacciaio, morene; queste e quelle ora rimaneggia e prende tuttora materiali, se non è intercettato da un lago, dalla stessa area di denudazione. Ora nella valle di questo fiume le sabbie possono differenziarsi secondo che sono antiche o recenti; per quanto non sempre torni facile il riconoscerle.

d) Anche l'azione eolica va ricordata. È noto il fatto che i venti agiscono sulle sabbie del deserto e delle dune nel senso di arrotondarnè e cernirne i granuli, disperdendo i meno resistenti. Oltre di ciò per la stessa azione avviene uno scambio e quindi una miscela di componenti fra sabbie superficiali da un giacimento all'altro; e le piogge di sabbie più volte segnalate ne sono una prova. Anche i minerali pesanti sono dai venti sollevati e trasportati.

Nei canali di gronda di una casa in Milano, alta 22 m. sul suolo, trovai, manifestamente trasportata dal vento in soli tre anni, una sabbia coi seguenti componenti. — *Abbondanti*: quarzo, carbonati (da calcite, da calcari e da calcinacci), granato, detriti laterizii, granuli indeterminabili; *frequenti*: ilmenite e magnetite, sferule magnetiche, granuli di carbone; *scarsi*: ortose, augite, anfibolo chiaro, zircono, sillimanite, epidoto; *rari*: muscovite, biotite. La rarezza della mica dipende forse dal fatto che il vento dopo averla depositata la risollewa. Singolare è la frequenza di sferule magnetiche, opache, con diametro da mm. 0,08 a mm. 0,13, probabilmente di origine cosmica.

Sulla vetta del monte Treccroci (m. 1074), contrafforte del Campo dei Fiori presso Varese, fu eretta nel 1900 una croce marmorea, la cui fondazione cadde in una terra nera, sparsa di scheggie calcaree, probabilmente originatasi per soluzione dal calcare secondario del luogo,

col concorso della vegetazione. Da essa ricavai colla levigazione una sabbia molto inquinata, dove riconobbi i seguenti componenti. — *Dominanti*: calcedonio in spicule di spongiari e in parte in sferule di radiolari; *abbondanti*: calcedonio in frammenti, piromaca, carbonati limpidi o torbidi, granuli indeterminabili; *frequenti*: quarzo, limonite, orneblenda verde, granato, epidoto; *scarsi*: ilmenite e magnetite, sillimanite, muscovite; *rari*: ortose, plagioclasio, attinoto, orneblenda bruna, zircone, cianite, tormalina, stauroлите, sericite. Ora alcuni di questi minerali, specialmente il calcedonio, provengono dal calcare locale; ma la maggior parte sembra portata lassù dai venti durante il terziario e il quaternario, poichè nessuna traccia di alluvioni o di morene esiste a quella altezza.

L'azione eolica è lenta ne' suoi effetti, ma incessante; essa, per esempio, deve essersi esercitata sempre di mano in mano si accumulavano gli strati della alluvione lombarda. È arduo immaginare le condizioni fisiche di quelle grandi conoidi durante la loro formazione. Erano ghiaieti a perdita d'occhio; nessuna vegetazione; le acque turgide imperanti su di essi; durante la tregua delle acque, i venti.

Perciò è da attendersi, e l'osservazione conferma, che fra le sabbie di due conoidi contigue provenienti da separati bacini e mineralogicamente distinte, non vi sia un passaggio netto, ma una sfumatura dall'una all'altra. Un passaggio netto si rimarca soltanto fra i ciottoli delle ghiaie.

e) Cospira allo stesso risultato l'azione dell'uomo, per quanto non dati che da tempi geologicamente recenti. I materiali alluvionali furono sempre scavati e trasportati per i bisogni edilizii, stradali, ecc. I loro elementi, anche sotto forma di detriti laterizii, di calcinacci o di fango, possono essere condotti dalle acque in bacini diversi da quelli donde si estrassero. Gli attuali mezzi di trasporto accrescono la probabilità di tali miscele e per la quantità dei materiali trasportati e per la lunghezza del percorso. Non è raro che una sola cava fornisca la sabbia ad un distretto o la ghiaia ad una rete stradale. Lo stesso si dica dei detriti di rocce impiegate come materiali da costruzione e delle scorie procedenti dalla combustione del litantrace, che, contenendo spesso frammenti rocciosi non combustibili, aggiungono alle nostre sabbie minerali stranieri.

Tali miscele non si possono accertare, ma non le credo trascurabili. Il vetro, per esempio, i cui rifiuti si abbandonano in



quantità molto minore che non i materiali di cui fu sopra parola, si ritrova sempre (perchè in scheggie facilmente riconoscibili) nei nostri fiumi, specialmente nei minori, l'Olona, il Sveso, il Lambro.

Analogo è il trasporto di torbide per opera di corsi d'acqua artificiali e in questo caso la miscela può essere prevista. È da secoli che elementi abduani sono, durante le piene, convogliati dal canale della Martesana nel dominio dell'alluvione ticinese.

Aggiungasi ancora che i detriti di cave o miniere possono modificare anche temporaneamente le sabbie di un fiume. È per tali detriti, non per denudazione che deve essere insignificante colla esiguità degli affioramenti, che la sabbia dell'Oglio al suo sbocco nel Sebino è ricca di anidrite (volpinite), che a monte di Volpino naturalmente manca. È per ciò che il Serio contiene minerali di zinco (calamina e blenda con certezza, smithsonite dubbia).

Da ultimo anche il diboscamento di regioni montane, rendendo più intensa la denudazione nei punti diboscati, può eventualmente accrescere nelle sabbie la proporzione di alcuni minerali.

f) Nel caso di alluvioni antiche è da considerarsi l'azione delle acque freatiche sotterra e quella delle meteore in superficie. Attribuisco alla prima di queste azioni il fatto che nelle sabbie, tolte da pozzi scavati in dette alluvioni, la proporzione dei carbonati presenta talora, anche in punti verticalmente poco discosti, delle notevoli oscillazioni, che non sembrano originarie, ma dovute a posteriori fenomeni di soluzione e ricomposizione.

Circa l'azione meteorica è noto che per essa le alluvioni antiche sono per lo più coperte da una crosta potente di ferretto o da terra vegetale. Ora soltanto al di sotto della parte ferrettizzata od umizzata compaiono tutti i minerali caratteristici della sabbia di quell'alluvione. La sabbia invece che per levigazione può ricavarsi dal ferretto o dalla terra vegetale ha una composizione alquanto diversa. Ivi anzitutto mancano i carbonati, anche quando l'alluvione sottostante ne è ricca, o quanto meno vi mancano in forma di granuli otticamente riconoscibili. Così talora vi scarseggiano i felspati e in generale i minerali facilmente alterabili. Anche l'apatite vi è più rara, spesso è assente. Per contro sono più frequenti i minerali che

derivano dalla decomposizione di altri, come la clorite e specialmente la limonite. Nè può dirsi che i minerali inalterabili, come quarzo, calcedonio, zircone, cianite, epidoto, tormalina, staurolite, ecc., si trovino all'esterno colla stessa frequenza come in profondità; perchè spesso all'esterno l'azione eolica tende a diminuire la proporzione dei granuli leggieri e aumentare quella dei pesanti. L'azione delle acque pluviali scorrenti alla superficie opera generalmente nello stesso senso, talora però in senso contrario.

Queste variazioni naturalmente avvengono per gradi.

a) Altre variazioni dipendono dalle dimensioni dei granuli che si esaminano. I granuli molto grossi constano spesso di rocce o di minerali aggregati o torbidi od opachi e mal per ciò si riconoscono al microscopio. Anche i granuli molto fini, se sono ocracei od argillosi, come già si disse, non sono determinabili; ma non si prestano ad un sicuro riconoscimento anche se formati di minerali trasparenti. I limiti più favorevoli ad una rapida determinazione sono compresi fra mm. 0,10 e mm. 0,50 di diametro medio. Ora verso il limite più basso sono relativamente frequenti: zircone, tormalina, apatite che sono inclusi di componenti di rocce; verso il limite più alto: granato, cianite, staurolite, talora serpentino ed altri. Così, nelle sabbie che contengono calcite o quarzo aggregato, la prima abbonda fra i granuli fini, il secondo fra i grossi.

b) Infine è qui il luogo di notare, che purtroppo fra i granuli di una sabbia, anche nei limiti delle dimensioni più favorevoli, molti sempre se ne trovano che non si possono determinare col microscopio o sono di dubbia determinazione. Tali sono i minerali incrostati di veli limonitici all'esterno o in fessure interne, che ne mascherano o ne falsano i caratteri ottici, quelli alterati quanto più è progredita l'alterazione, e quelli formati dall'aggregazione di due o più individui, particolarmente se appartenenti a specie diverse. Ma oltre di essi capitano sempre granuli, che, benchè trasparenti, integri ed unici, sono di dubbio riconoscimento, se trattasi di minerali non abituali alle sabbie o di diagnostica incerta o se, ciò non essendo, manca in essi ogni traccia di forma cristallina e quindi ai caratteri della rifrangenza e birifrangenza non si aggiungono quelli dell'angolo d'estinzione o del segno ottico. Ad esempio: tremolite, diopside, enstatite, sillimanite talor si confondono fra di loro; così quarzo,

plagioclasio, cordierite, berillo; così epidoto ed olivina; talco e sericite; tormalina ed orneblenda bruna; calcedonio e pasta felsitica (1), ecc.

E ben vero che talora il dubbio si può risolvere, sia muovendo o ribaltando il granulo per osservarlo in posizione diversa, sia isolandolo per osservarlo immerso in liquidi di diversa rifrangenza o per frantumarlo e riosservarne i frammenti o per sottoporlo ad un saggio microchimico. Ma ad onta di ciò la proporzione dei granuli indeterminabili o dubbii è sempre rilevante (dall'8 al 20 % ed oltre). Raggiunge il suo massimo, per la copia dei minerali incrostati ed alterati, nelle sabbie ricavate dal ferretto e dal terreno vegetale, diminuisce nelle alluvioni antiche non alterate e più ancora nelle sabbie vive degli alvei. Quelle invece ricavabili per levigazione da argille alluvionali constano spesso di minerali non incrostati e non alterati (2).

**Ricerca della composizione.** — L'eliminazione dei granuli grossi e del limo è da premettersi alla ricerca della composizione delle sabbie. Il limo specialmente deve essere espulso con un'*accurata e prudente levigazione* (Artini, op. cit., 1898, pag. 3). L'operazione è spiccia per le sabbie dei fiumi di bacini cristallini, richiede maggior tempo per quelle di bacini secondari o terziari o di alluvioni antiche, diventa lunga e faticosa per le alluvioni alterate, per il ferretto, per il terreno vegetale e per le argille. Nel caso di sabbie è sufficiente il metodo delle decantazione, senza il sussidio di apparecchi speciali.

Ma, se di una sabbia, così cernita e levigata e poscia essiccata a moderato calore, si prende un pizzico con qualche migliaia di granuli, quanto occorre per fare un preparato su un vetro portaoggetti (cui, come la tecnica insegna, si aggiungono

---

(1) Nella nota sul calcare di S. Marino (op. cit., pag. 720, 1903) dissi che non vi è mezzo di risolvere il dubbio fra *pasta felsitica e calcedonio*. Ciò realmente in qualche caso, non sempre, avviene; ma avrei dovuto soggiungere che la distinzione non può farsi per via ottica. Il prof. Spezia cortesemente me ne avvertì, suggerendo la prova della fusibilità.

(2) Quanto si disse consiglia molti riguardi nella raccolta dei saggi di sabbia da esaminare. Per es. nei fiumi si raccolgano a monte di abitati, nelle cave da strati vergini, nei pozzi durante la costruzione, anzi alla fine di una fase di escavo e prima ne incominci una di muramento. Così la maggior cura deve averci nel manipolare, esaminare e conservare i saggi, perchè non avvengano miscele; lo stesso pulviscolo atmosferico ne può dare.

poche gocce di una essenza <sup>(1)</sup> e si sovrappone un vetrino coprioggetti), può darsi che non vi si trovi che quarzo o tutto al più qualche altro minerale dei più comuni, mica, felspato, calcite, ecc. Se invece della stessa sabbia si prende una manata e, dopo averla agitata su un foglio di carta, se ne esamina un pizzico della parte che rimane in basso e si mette allo scoperto inclinando il foglio, ecco comparirvi quasi tutti i minerali che la sabbia contiene.

Con ciò (oltre il vantaggio che i granuli vengono a scagliarsi sul foglio secondo le loro dimensioni, per cui è concesso osservarne separatamente la parte fina, media e grossa nei limiti sopra accennati, senza ricorrere alla staccatura) l'operazione viene grandemente abbreviata; e con 3 o 4 preparati si è sicuri di scoprire *tutti i componenti* di una sabbia, potendone restare esclusi soltanto quelli estremamente rari, che per essere accertati richiedono altri processi e fra questi la separazione a mezzo di liquidi pesanti è il più efficace. Ma, comunque si operi, non è dato di rilevare le proporzioni dei componenti, perchè la sabbia che si osserva non è come trovasi nel giacimento, ma una sabbia *arricchita* di minerali pesanti.

**Ricerca delle proporzioni.** — Di solito le proporzioni dei componenti si esprimono con degli epiteti di frequenza, riferiti appunto ad una sabbia arricchita coll'agitazione a secco.

Artini (op. cit. 1898, pag. 26) fissò una scala di 10 termini così numerati e denominati: 1. *copiosissimo*; 2. *copioso*; 3. *abbondante*; 4. *discretamente abbondante*; 5. *molto comune*; 6. *comune*; 7. *piuttosto scarso*; 8. *scarso*; 9. *scarsissimo*; 10. *raro*.

Io trovai difficile applicare questa scala e tentai semplificarla riducendo i gradi a sei e cioè chiamando minerali:

*dominanti*, quelli che, in qualsiasi campo del microscopio si osservi il preparato, compaiono in numero grande e per lo più prevalente su tutti gli altri dello stesso campo;

*abbondanti*, quelli che parimenti si trovano in qualsiasi campo, ma in numero minore;

*frequenti*, quelli che in molti campi è dato di osservare, non in tutti;

---

(1) Mi servii di solito dell'essenza di garofano, il cui indice di rifrazione ( $n = 1,533$ ) permette distinguere l'ortose dal quarzo e dai plagioclasti.

*scarsi*, quelli dei quali in tutto un preparato ne compaiono pochi;

*radi*, quelli che se mancano in un preparato, si manifestano colla ripetuta osservazione di parecchi preparati;

*rarissimi*, infine, quelli che non è dato scoprire se non con processi di arricchimento più intensi dell'agitazione a secco.

Ma anche l'apprezzamento dei gradi di questa od altre scale non può emanciparsi da una certa soggettività che toglie valore ai confronti; e pensai se non era possibile di esprimere la frequenza con delle cifre, che rappresentassero, se non il peso o il volume, almeno il numero dei granuli.

### **Percentuali numeriche dei componenti di una sabbia arricchita.**

— Il contare i granuli di un preparato arricchito coll'agitazione non è difficile, basta che vi sieno radi, sicchè nel campo del microscopio coll'ingrandimento moderato che, salvo casi speciali, meglio mi convenne di 85-115 diametri, cioè in un circolo di mm. 0,83-0,78 di raggio, non ne compaiano più di 20 se grossi, e possibilmente non più di 50 se fini. Ma è un'operazione che a prima vista sembra debba essere lunga e noiosa e bene accetti sono tutti gli spedienti, pei quali senza nuocere allo scopo può essere abbreviata.

Ecco il metodo che ho adottato. Con preparati a granuli radi e uniformemente sparsi, fissato il campo in un punto qualsiasi di esso, col centro del reticolo sopra un distinto minerale, determino e conto successivamente tutti i granuli del campo, che pel rilievo, la forma, il colore, il pleocroismo, e (a nicoli incrociati) pei colori di polarizzazione si possono riconoscere a primo sguardo. E la maggior parte si trova in questo caso. Se occorre poi, spostato il preparato onde mettere temporaneamente a centro, l'uno dopo l'altro, quei minerali che per essere determinati richiedono l'osservazione delle figure d'interferenza od un ingrandimento maggiore del normale o pei quali si vuol osservare, meglio che in posizione eccentrica, il contegno della linea di Becké, il segno ottico o l'angolo d'estinzione. Con ciò si ha per il campo osservato il numero dei granuli per ciasuna specie minerale, oltre parecchi che saranno dubbii od indeterminabili. Alcuni di questi potranno determinarsi, se si spostano o si ribaltano movendo il coprioggetto, ma ciò da ultimo dopo contati gli altri.

Questo ripeto per altri campi, facendo scorrere il preparato sotto il microscopio, curando che i campi non si sovrappongano; che, se ciò dovesse in parte accadere, l'inconveniente non sarebbe grave. Dopo la

osservazione di parecchi campi, sommando i granuli contati in essi per ciascuna specie minerale, si hanno dei numeri complessivi, che traduco poscia in percentuali.

Di questo metodo dà un esempio la tabella I (pag. 80-81) per una sabbia dell'alluvione terrazzata dell'alto Milanese, che raccolsi in un pozzo scavato nel 1900 per l'opificio Giudici, Borsani e C. a S. Antonino Ticino (m. 201 s. m.) presso Lonate Pozzuolo, alla profondità di m. 32, quindi a circa m. 169 s. m. In un preparato di detta sabbia, arricchita coll'agitazione, osservai 20 campi e contai 473 granuli ripartiti in 29 specie o varietà di minerali, oltre la categoria dei minerali dubbii <sup>(1)</sup>.

In un preparato, secondo l'ingrandimento con cui si osserva e nei limiti delle sue dimensioni abituali, possono individuarsi da 100 a 200 campi, senza che l'uno si sovrapponga all'altro. Ma non occorre propriamente osservarne un numero così grande. L'esperienza mi mostrò che con 20, al più 30 campi, si ottengono percentuali attendibili. Per provarlo ho calcolate nella tabella II (pag. 82-83), ricavandole dai numeri della precedente, le percentuali che sarebbero risultate, dopo aver osservato 1, 2, 3 e così di seguito fino a 20 campi.

Questa tabella mostra che alcune percentuali dapprima anormali (es: il 3,85 %<sub>0</sub> pel rutilo nel 1° campo) gradatamente si accostano a quelle che si ottengono con 20 campi. Paragonando le cifre che si succedono orizzontalmente per gli stessi minerali nelle 20 colonne, si comprende che l'aggiunta di altri campi modificherebbe di ben poco le proporzioni ottenute col 20°.

In quale grado poi il metodo adottato risponda allo scopo proposto, rilevasi dalla tabella III (pag. 84), dove nelle colonne *A* sono riportati il numero dei granuli e le percentuali del precedente preparato della tabella I, e posti in raffronto ad essi, nelle colonne *B* e *C*, gli analoghi dati per due altri preparati della stessa sabbia del pozzo di S. Antonino, presa alla stessa profondità di m. 32 e parimenti arricchita coll'agitazione <sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Le specie minerali in questa e nelle altre tabelle che seguiranno sono ordinate secondo la classificazione di Dana.

<sup>(2)</sup> In queste tabelle si potrebbe omettere il numero dei granuli contati per ciascun minerale, bastando indicarne il totale per ogni preparato, poichè da esso e dalle singole percentuali si può riottenere, ove occorra, il dato omesso con una semplice operazione aritmetica. Ma nel caso attuale preferisco mantenere in evidenza il numero di ciascun minerale, potendosene ricavare alcuni rapporti che dirò più avanti. È inutile invece tener nota dei granuli contati per ciascun campo, ciò che feci soltanto per la tabella I, a scopo dimostrativo.

Scorgesi da questa tabella che nei tre preparati la composizione è un poco diversa, perchè alcuni fra i minerali rari compaiono in uno, mancano in altri. Anche le proporzioni dei minerali non rari vi si presentano con discrete variazioni, ciò specialmente per l'influenza delle dimensioni dei granuli. Ma, ad onta di tali divergenze parziali, non si può disconoscere che una somiglianza esiste nelle serie di percentuali *A*, *B* e *C*; i minerali qualificabili per abbondanti, frequenti o scarsi sono gli stessi in tutte e tre. E perciò parmi plausibile il sommare tutti i granuli contati per ciascun minerale e ottenere una serie di percentuali medie, come scorgesi nelle colonne *D*.

Ma ciò non basta; fa d'uopo dimostrare ancora che le percentuali medie di diversi preparati di uno stesso saggio presentano un grado di somiglianza non inferiore al precedente colle percentuali analogamente ottenute per altri saggi provenienti dallo stesso fiume, dalla stessa alluvione o dallo stesso lido, purchè in condizioni tali da evitare l'influenza dei fattori, che accennammo come modificatori della composizione e delle proporzioni d'una sabbia.

Serve a ciò la tabella IV (pag. 86-87) dove ai dati medii (*D*) della tabella precedente per la sabbia profonda del pozzo di S. Antonino (m. 169 s. m.) sono poste in raffronto gli analoghi dati di tre altre sabbie (*E*, *F*, *G*) che per giacitura ed altimetria appaiono appartenenti alla stessa alluvione. Due fra esse (*E* ed *F*) furono prese sulla scarpa destra della grande trincea aperta per il passaggio dei canali Villoresi e Vittorio Emanuele III presso Castelnovate, la prima nel centro della trincea, la seconda al suo estremo meridionale, entrambe a pochi metri sul fondo dei detti canali (m. 180,60) e cioè rispettivamente a circa m. 186 e 184 s. m. e in punti che distano circa 7 chm. e  $\frac{1}{2}$  verso N-O dal pozzo di S. Antonino. La terza (*G*) ricavai infine da un pozzo presso la stazione di Castano Primo (m. 184) alla profondità di m. 19 e quindi a m. 165 s. m., in un punto che dista poco meno di 4 chilometri verso mezzodì dal pozzo precedente.

Per questa tabella, che dà le percentuali di sabbie prese in punti diversi di una stessa alluvione, possono ripetersi le medesime osservazioni fatte sulla tabella III, rappresentante le percentuali di preparati diversi di una stessa sabbia. Le differenze stanno principalmente nelle proporzioni dei carbonati, che sappiamo variabili nelle alluvioni entro limiti estesi, e nel grado

di arricchimento in minerali pesanti, che può essere originario o conseguente ad una non uguale agitazione impartita. In ogni caso i caratteri generali delle quattro sabbie paragonate sono sensibilmente gli stessi ed anche qui è giustificata una media fra di loro (colonne *H*).

Ed è così che moltiplicando osservazioni di preparati dello stesso saggio e di saggi diversi raccolti, fra condizioni analoghe, nello stesso giacimento e sommandone i risultati si può giungere a conoscere, oltre la composizione mineralogica, anche le proporzioni dei componenti della sabbia di quel giacimento, *arricchita*, come si è detto.

Quando si tratti poi di sabbie di provenienza diversa o disugualemente influenzate da fattori estranei, anche i risultati, cui si giunge, dovranno in generale presentare qualche differenza. Ne do un esempio nella tabella V (pag. 85), dove nelle colonne *D* sono riportati ancora dalla tabella III i dati medii di composizione e proporzione della sabbia del pozzo di S. Antonino a m. 32 di profondità e nelle colonne *I* ed *J* quelli parimenti medii, ottenuti collo stesso metodo per altre due sabbie ricavate dallo stesso pozzo, alle profondità rispettivamente di m. 5 e di m. 1.

Uno sguardo alle cifre di questa tabella mostra che le tre sabbie, prese a diverse profondità nello stesso pozzo, presentano delle differenze, fra le quali rimarco per ora le seguenti. La differenza fra la sabbia *J* (a m. 1) e la sabbia *I* (a m. 5) sta nelle proporzioni dei carbonati (pressochè mancanti nella prima, abbondantissimi nella seconda) e inoltre nella maggior ricchezza di minerali pesanti di quella in confronto di questa. Le due sabbie anzidette differiscono poi dalla sabbia profonda *D* (a m. 32) per la copia del calcedonio, che in frammenti irregolari o in forme organiche (sferule di radiolari o cilindri di spongiari) o come piromaca, raggiunge quasi il 12 %, mentre nella *D* è raro. Così nello stesso senso è diversa la proporzione della pasta felsitica.

Non è qui il luogo di discutere le ragioni di queste differenze, poichè a tale scopo sarebbe necessario aver presenti tutte le altre sabbie della regione, di pozzi o di cave, che ho esaminato e che hanno dato analoghi risultati. Basterà solo dire che la sabbia profonda *D* è di provenienza quasi esclusivamente o almeno prevalentemente alpina (ticinese), quelle meno profonde *I* ed *J* sono in parte di provenienza prealpina (da aree secon-



darie e porfiriche). La più superficiale di tutte poi, la *J*, subì in confronto della *I* l'influenza dell'azione meteorica, indi la scomparsa dei carbonati, un conseguente arricchimento negli altri minerali, arricchimento dovuto, pei minerali pesanti, in parte anche all'azione eolica e forse al dilavamento pluviale, procedente dall'alluvione più antica (alpina) che affiora ad occidente sull'orlo dei terrazzi del Ticino lungo una striscia da Cardano a S. Antonino. (1)

Le cifre ottenute coll'indicato procedimento, per quanto, operando sistematicamente, possano riescire sufficientemente caratteristiche per una data sabbia, danno però un'idea inesatta delle proporzioni vere de' suoi componenti. All'arricchimento *reale* ottenuto coll'agitazione a secco è probabile si aggiunga un arricchimento *virtuale*, dipendente dalla scelta dei campi, poichè è involontaria la tendenza a fissarli laddove compaiono granuli distinti per rilievo e pleocroismo, i quali spettano a minerali pesanti e per lo più rari. (2) Quindi i minerali abbondanti (leggieri) vi compaiono con cifre un po' minori delle reali, e questo sarebbe inconveniente relativamente poco grave. Gravissimo per contro è l'errore che si commette nelle proporzioni dei minerali rari (pesanti) che riescono duplicate, triplicate, fin quintuplicate in confronto delle vere.

**Percentuali numeriche dei componenti di una sabbia naturale.** — La numerazione col procedimento sopradescritto dei granuli di sabbie in stato naturale (cioè non arricchite coll'agitazione e soltanto liberate dal limo) è un'ope-

(1) Questa striscia è una delle penisole di ferretto, che, colla punta rivolta a mezzodi, spiccano nella carta geologica della pianura quaternaria lombarda, ed è caratterizzata dal soprassuolo argilloso, che contrasta colle attigue plaghe ghiaiose, dall'esistenza di fornaci di laterizi, dalla maggior fertilità e quindi dal reddito catastale più elevato. Essa è ben delineata nella recente carta di Taramelli (*I tre laghi*, Milano, 1908) ed ivi colorata come *diluvium medio*, ma era già accennata come *1° terrazzino* in quella più antica di Sacco (*L'anfiteatro morenico del lago Maggiore*, Torino, 1892).

(2) Per eliminare questo arricchimento virtuale tentai operare diversamente; per es. distribuire i campi in tutto il preparato secondo linee successivamente parallele o perpendicolari al contorno del coprioggetto, oppure servirmi di portaoggetti quadrettati al diamante, col proposito nel primo caso di contare la maggior parte dei granuli, nel secondo di contarli tutti. Ma l'operazione diventa estremamente lunga, senza che si raggiunga una esattezza notevolmente maggiore. Inoltre, non potendosi più spostare o ribaltare i granuli che lo richiedono per essere determinati, si accresce inutilmente, per quanto in piccola proporzione, il numero dei minerali dubbii.

razione a cui non si può nemmeno pensare, perchè può darsi, che anche coll'esame di decine di preparati non si incontrino tutti i minerali pesanti che la sabbia contiene; questi in ogni caso riceveranno percentuali esagerate.

Due principali metodi ho adottato per avvicinarmi, in quanto è possibile, alle proporzioni reali.

Col primo metodo osservo bensì sabbia *naturale* (e precauzioni occorrono perchè nel manipolarla non si arricchisca), ma in essa numero i granuli dei minerali *per gruppi*, non singolarmente, ciò che può farsi con molta rapidità. Nel caso più semplice bastano tre gruppi: minerali *pesanti*, *leggieri* e *dubbii*. Il limite di peso specifico fra i primi due può fissarsi, per una ragione che dirò più avanti, in 2,94.

Dopo l'osservazione di parecchi preparati, se occorre con granuli di diverse dimensioni (per avere i quali è forza ricorrere alla staccatura), ottengo le percentuali medie  $P$ ,  $L$ ,  $D$  dei tre gruppi e le confronto colle somme delle percentuali medie dei minerali pesanti,  $\pi$ ,  $\pi_1$ ,  $\pi_2$ , ecc., e dei leggieri  $\lambda$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , ecc., e colla percentuale media  $\Delta$  dei minerali dubbii, quali si possono ottenere dalla stessa sabbia arricchita; e cioè:

	<i>Sabbia naturale</i>	<i>Sabbia arricchita</i>
Minerali pesanti	$P$	$\Sigma \pi$
" leggieri	$L$	$\Sigma \lambda$
" dubbii	$D$	$\Delta$
	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>
	100	100

Ora manifestamente sarà:  $P < \Sigma \pi$ ,  $L > \Sigma \lambda$ , e basterà moltiplicare le percentuali dei minerali pesanti:  $\pi$ ,  $\pi_1$ ,  $\pi_2$ , ecc. e quelle dei leggieri:  $\lambda$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , ecc. della sabbia arricchita rispettivamente per i rapporti  $\frac{P}{\Sigma \pi}$  e  $\frac{L}{\Sigma \lambda}$ , per ottenere in via di approssimazione le percentuali  $p$ ,  $p_1$ ,  $p_2$ , ecc. ed  $l$ ,  $l_1$ ,  $l_2$ , ecc. dei singoli minerali pesanti e leggieri della sabbia naturale; sicchè sarà  $P = \Sigma p$  ed  $L = \Sigma l$ .

Infine, per ciò che riguarda il terzo gruppo, si avrà in generale  $D \geq \Delta$ ; ma per lo più trovai  $D < \Delta$ , perchè i minerali dubbii sono in parte costituiti da granuli incrostati da sostanze

ocracee e quindi pesanti. In ogni caso è ovvio che la percentuale dei dubbii nella sabbia naturale sarà  $\frac{D}{\Delta} \Delta$ , quindi  $D$ .

Questo metodo consente delle varianti che lo complicano; ma devono condurre a risultati più attendibili. E cioè nella numerazione dei granuli d'una sabbia naturale si possono, secondo la natura di questa, distinguere altri gruppi formati o da un dato minerale (dominante od abbondante) o da parecchi minerali aventi analogie fra di loro per forma dei granuli o per peso specifico (come felspati, pirosseni, anfiboli, miche) conservando pur sempre i due gruppi di tutti gli altri minerali pesanti e leggieri e quello dei minerali dubbii. I nuovi gruppi devono stabilirsi in modo che i minerali che li compongono abbiano probabilità di subire coll'agitazione a secco lo stesso aumento o diminuzione di proporzione. Si introducono con ciò nel computo altre quantità, ma il procedimento è lo stesso.

Ad esempio, per la sabbia profonda del pozzo di S. Antonino convenne formare un gruppo speciale delle *miche*, perchè quella sabbia ne è molto ricca e perchè la maggior parte delle miche ha pesi specifici oscillanti intorno a quello di 2,94, adottato come limite fra i minerali pesanti ed i leggieri. Nella tabella VI (pag. 88 e 89) (dove le miche sono rappresentate coi simboli  $M$ . e  $\mu$ .) indico le percentuali per gruppi ottenute dalla nominata sabbia in istato naturale, e, a fianco ad esse, le somme, che corrispondono agli stessi gruppi, desunte dalla precedente tabella III per la medesima sabbia arricchita; e infine, mediante i rapporti fra le anzidette quantità, ricavo dalla stessa tabella III le percentuali definitive della sabbia naturale.

Più attendibile sarebbe stato il risultato, se, come ho fatto in altri casi, avessi tenuto distinto in questa sabbia di S. Antonino anche il gruppo degli anfiboli.

Con un secondo metodo, fa d'uopo separare i componenti di una sabbia (solo cernita e levigata) secondo il loro peso specifico mediante un liquido pesante. Il processo è noto e non occorre qui spendere parole sopra di esso. Chiamando  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , ecc., le percentuali in peso delle separazioni ottenute (sicchè sia  $a + b + c + \text{ecc.} = 100$ ) determino, col solito computo dei granuli, le percentuali numeriche di tutti i minerali, compresi i dubbii, di ogni singola separazione, moltiplicandole rispettivamente per

i coefficienti  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , ecc. divisi per 100, e riunendo da ultimo i risultati ottengo le percentuali definitive. Con ciò veramente si introducono nel calcolo due quantità eterogenee: percentuali ponderali e percentuali numeriche; ma l'errore, che parzialmente potrebbe correggersi, non è grave <sup>(1)</sup>.

L'anzidetto metodo è però più laborioso di quello prima descritto, specialmente perchè le separazioni non riescono mai nette e in una qualunque di esse si trovano sempre granuli spettanti alle contigue, e di questi spostamenti deve pur tenersi conto. Il metodo conviene, a mio avviso, quando l'impiego d'un liquido separatore è richiesto per riconoscere tutti i componenti d'una sabbia; esso può anche semplificarsi, limitando le separazioni ai soli due gruppi dei minerali *pesanti* e dei minerali *leggieri*. In tal caso serve bene come indice per distinguerli un cristallo di aragonite, avente il peso specifico di 2,94, che per ciò appunto precedentemente assegnai come limite fra i due gruppi. Tale metodo così semplificato mi servì già per la sabbia isolata dal calcare miocenico di S. Marino e per quella del fiume Marecchia di Rimini (op. cit. 1903), ma per la prima impiegai anche il primo metodo, e i dati su di essa pubblicati sono soddisfacenti medie dei risultati ottenuti coi due metodi.

L'uno o l'altro dei metodi descritti, che possono anche associarsi o modificarsi secondo la natura della sabbia che si studia, conduce in definitiva a dare con una certa approssimazione le proporzioni che hanno i componenti di una sabbia nel suo giacimento. L'approssimazione è relativamente maggiore per i minerali abbondanti o frequenti, minore per quelli scarsi o rari, specialmente se questi sono leggieri.

Ma un ostacolo grave si oppone a che le cifre che rappresentano quelle proporzioni siano paragonabili fra di loro quando si riferiscano a sabbie di diversi giacimenti, allo scopo di riconoscere se hanno la stessa o una diversa provenienza. E questo ostacolo sta nella variabilità originaria delle proporzioni d'una sabbia della stessa alluvione, dello stesso fiume, dello stesso lido,

---

<sup>(1)</sup> Retgers, nel suo pregevole studio sulle sabbie delle dune d'Olanda, operava in modo analogo; so non che egli si arrestava alle percentuali in peso, le quali per ciò non potevano riferirsi che a dei gruppi di minerali, ad onta che impiegando sostanze fuse, oltre liquidi pesanti, ottenesse da una sabbia fin nove separazioni (*Ueber die mit. und chem. Zusammensetzung der Dünenande Hollands*, etc. N. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal., I. Stuttgart. 1895).

in dipendenza dei fattori, che sopra ho enumerato, e specialmente del diverso grado di arricchimento dovuto alla dinamica fluviale o marina.

**Rapporti caratteristici fra alcuni componenti.** — Ma se sta quanto sopra ho detto, sembrami che risulteranno meno variabili e quindi alquanto più caratteristici i rapporti fra le percentuali medie ottenute, o, ciò che torna lo stesso ed è più spedito, fra il numero complessivo dei granuli contati, limitatamente però ad alcuni componenti o gruppi di componenti, opportunamente scelti.

Un primo rapporto, che è suggerito dalle precedenti considerazioni, può stabilirsi fra i minerali pesanti ed i leggeri; ma questo rapporto, come mostra già la tabella VI, è manifestamente diverso per la stessa sabbia secondo che è naturale od arricchita ed è perciò di limitata utilità.

Nel primo caso, cioè per le sabbie naturali, il rapporto fra minerali pesanti e leggeri dipende certamente dalla costituzione litologica del corrispondente bacino. Per esempio, per la sabbia profonda del pozzo di S. Antonino esso risulta dalla tabella VI (quando le miche si comprendano fra i minerali pesanti) di  $(6,10 + 5,30) : 78,44 = 0,145$ . Lo stesso rapporto scende a 0,013 (quindi a meno di un decimo del precedente) per la sabbia del fiume Marecchia, dove però non si tenne conto della limonite, (1) ed è soltanto di circa 0,005 per la sabbia del Timavo di Duino presso Trieste, secondo studii in corso.

Si può anche ammettere che questi rapporti, se variano per sabbie di provenienze diverse, possano presentare entro larghi limiti un certo grado di costanza per quelle della stessa provenienza, quando però non siano intervenuti fattori diversi all'atto della loro formazione o dopo. In caso contrario ogni costanza vien meno. Per citare un esempio estremo, nella sabbia terebrante, che si raccoglie per usi industriali sul lido adriatico emiliano, il rapporto anzidetto si eleva fino a 7 ed oltre.

Molto più variabile e quindi punto caratteristico è il rapporto fra minerali pesanti e leggeri d'una sabbia artificialmente

---

(1) Questo rapporto veramente non risulterebbe dalla tabella che ho pubblicato sulla sabbia del Marecchia (op. cit., 1903), perchè ivi le percentuali sono espresse con due cifre decimali. Per ciò converrà adottarne tre, quando si tratti di sabbie molto povere di elementi pesanti, come sono in generale quelle dei fiumi appennini.

arricchita, il quale segue bensì le variazioni del rapporto della corrispondente sabbia naturale, ma dipende anche dalla quantità di materiale di cui si dispone per l'esame e dal grado d'arricchimento impartito coll'agitazione.

Eppure un rapporto analogo ai precedenti ha parte preponderante come criterio di distinzione negli studi di Schröder van der Kolk sulle sabbie olandesi. L'elemento, al quale egli ricorre e le cui variazioni rappresenta con ingegnosi diagrammi, è il contenuto percentuale in peso dei minerali pesanti, che equivale al rapporto ponderale fra i detti minerali e il totale della sabbia che li contiene. Questo elemento si ottiene rapidamente colla separazione nel bromoformio, il cui peso specifico (2,89) rimane per ciò il limite, che Schröder van der Kolk adotta fra i minerali pesanti ed i minerali leggeri.

In Olanda si tratta di distinguere le sabbie principalmente se sono *alluviali* o *diluviali* e, rispetto alla provenienza, se sono *nordiche* o *meridionali*, se cioè derivano dalla Scandinavia o furono trasportate dai fiumi Reno e Mosa. Ora il contenuto in minerali pesanti serve principalmente a decidere sulla provenienza delle sabbie diluviali; ha minor valore per le altre distinzioni. Da noi lo stesso dato o, se vuoi, il rapporto numerico o ponderale fra i minerali pesanti ed i leggeri potrebbe servire a distinguere, per esempio, sabbie alpine da alcune sabbie appennine. Se sia altrimenti applicabile non sono ancora in grado di giudicare.

E qui è il luogo di aggiungere che Schröder van der Kolk ricorre in via sussidiaria anche alla numerazione dei granuli, che dapprima limitò a due minerali soli, l'anfibolo ed il granato, poi, nel suo lavoro ultimo di cui ebbi conoscenza, estese ad altri minerali. Ma i metodi che quivi impiega per giungervi e per esprimerne i risultati mi sembrano diversi da quelli ai quali io sono stato condotto ne' miei studi, prima in ogni caso che avessi notizia de' suoi; e pur troppo l'ostacolo della lingua mi obbligò per alcune delle opere dello scienziato olandese ad accontentarmi delle brevi recensioni d'un periodico tedesco (').

Meglio giova al proposto scopo l'instituire dei rapporti fra i minerali, che per peso specifico poco diverso e per forma dei granuli analoga devono essersi trovati nella condizione di subire

---

(') Le principali memorie di Schröder van der Kolk, che interessa qui di ricordare, sono cinque *contribuzioni alla cartografia delle sabbie quaternarie olandesi*. Due comparvero in tedesco (*N. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal.* I, 272, 1895. — *Zeitsch. d. deut. geol. Gesell.*, XLVIII, 773, 1896); e tre in olandese negli *Atti dell'Accademia delle scienze di Amsterdam* dal 1895 al 1898, riportate poscia in sunto nel *N. Jahrbuch* (II, 346, 1897; I, 122, 1898; I, 136, 1901).

la stessa cernita per mezzo dell'acqua o dei venti. Tali sarebbero, per esempio, i rapporti fra quarzo, calcedonio e felspati, fra muscovite, biotite e clorite; fra le diverse specie di anfiboli; fra il gruppo dei pirosseni e quello degli anfiboli; fra granato, epidoto e staurolite; fra uno dei precedenti e cianite, ecc. (1).

La scelta dei minerali, i cui rapporti possono assumersi come caratteristici d'una sabbia, deve essere fatta caso per caso, ma in generale non può cadere che sopra i minerali abbondanti o frequenti e quindi fra i componenti essenziali od accessori delle rocce, non fra i componenti accidentali, a meno si disponga di un numero straordinariamente grande di osservazioni. È ovvio poi che non può trattarsi di rapporti esprimibili con numeri, interi o frazionarii, fissi, ma di rapporti oscillanti entro certi limiti che talora anzi sono molto discosti.

Per dare qualche esempio, nelle sabbie alluvionali analizzate nelle tabelle IV e V, è caratteristico il rapporto fra *quarzo* e *calcedonio*, comprendendosi nel primo anche il quarzo aggregato e nel secondo anche il calcedonio organico e la piromaca. Questo rapporto varia fra 2,4 e 4,0 nelle sabbie che in parte derivano dalle Prealpi (Pozzo di S. Antonino a 5,00 m. e ad 1,00 m. di profondità — Tabella V), mentre diventa molto maggiore (da 23,6 a oltre 300, in media 55,5) per quelle che hanno una provenienza prevalentemente alpina (Pozzo S. Antonino a 32 m. di profondità, trincea di Castelnovate, pozzo di Castano a 19 m. — Tabella IV). Anzi quest'ultima sabbia per il suo rapporto fra quarzo e calcedonio piuttosto basso (23,6) accusa una maggiore influenza prealpina in confronto delle altre, colle quali a scopo dimostrativo è stata mediata. Che questo rapporto poi indichi il grado di partecipazione rispettivamente di elementi prealpini ed alpini nelle sabbie della regione, risulta anche da questi fatti che cito senza dare particolari. Nella sabbia ricavata dalla terra vegetale del monte Tre-croci, sopra rammentata, che non ebbe elementi alpini, tranne quelli portati dai venti, il rapporto fra quarzo e calcedonio scende fino a 0,37; mentre nelle sabbie degli alvei del Toce, del Maggia e del Ticino a Magadino, dove non entrano elementi prealpini, il rapporto stesso si eleva a 500 ed oltre e talora diventa infinito, perchè il calcedonio manca.

In punto a rapporti fra minerali pesanti, le due categorie di sabbie analizzate nelle tabelle IV e V non possono fornirci esempi istruttivi, perchè in sostanza i detti minerali pervennero ad entrambe, diretta-

(1) Per facilitare i confronti sarà utile che i rapporti vengano stabiliti da un minerale all'altro secondo l'ordine sistematico adottato.

mente o indirettamente, dalla stessa area di denudazione, cioè dai bacini affluenti al Verbano. Per ciò, ad esempio, il rapporto fra *granato* ed *epidoto* vi oscilla fra 1,80 e 3,10, ma senza spiccata diversità da una sabbia all'altra. Lo stesso dicasi del rapporto fra *pirosseni* ed *anfibioli* che varia da 0,02 a 0,15, raramente si accosta a 0,20. Occorre escire dal bacino ticinese, perchè questo rapporto diventi maggiore (es.: sabbie abduane 0,20-0,40) o minore (es.: sabbie camune 0,01-0,00). Soltanto la staurolite e la cianite, fra i minerali pesanti, sono un poco meno frequenti nelle sabbie decisamente alpine, talchè per esempio i rapporti fra *granato* e *staurolite* e fra *anfibioli* e *cianite* decrescono in generale passando da esse sabbie a quelle parzialmente derivate dalle Prealpi. La differenza è più costante e sensibile nell'alluvione dell'Olona che non in quella della sponda sinistra del Ticino illustrata nelle annesse tabelle. Per esempio in un pozzo scavato a Legnano nel 1900 pel cotonificio Cantoni alla profondità di 27 m., ove l'alluvione raggiunta ha carattere alpino, il rapporto fra granato e staurolite varia fra 8 e 10, mentre nelle sabbie dell'alluvione superficiale lungo la valle dell'Olona, presso Legnano (sabbie ricche di calcedonio e quindi in parte prealpine), il rapporto stesso si abbassa a 0,80-2,00. (1)

Senza citare altri esempi, si comprende come gli anzidetti rapporti siano indipendenti dal grado di arricchimento; anzi, un arricchimento moderato, originario o posteriore, li rende più attendibili pei minerali pesanti, senza scemare l'attendibilità di quelli dei minerali leggieri che in generale sono sempre copiosi.

Per ciò con questo mezzo di esprimere la caratteristica d'una sabbia è consentito talvolta di abbreviare le operazioni descritte,

(1) Quando convenga di mettere contemporaneamente in raffronto più di due minerali, i rapporti loro possono più brevemente ricevere l'espressione:  $a : b : c : \text{ecc.}$ , dove la somma  $a + b + c + \text{ecc.}$ , si fa uguale ad un numero qualunque, meglio a 100:

Per esempio, secondo gli studii che ho fatto finora per le sabbie del fiume Timavo e salvo ulteriori completamenti, i minerali pesanti: *rutilo*, *granato*, *zircone*, *tormalina* stanno fra di loro, in cifra tonda, come 9 : 47 : 26 : 18 nel Timavo soprano (S. Canziano) e con rapporti poco diversi cioè 8 : 45 : 25 : 22 nel Timavo inferiore (Driino). Le cifre indicate in questo esempio rappresentano delle percentuali rispetto al complesso dei quattro minerali considerati, e per ciò con maggior chiarezza possono esporsi sotto forma tabellare e cioè:

	Timavo	
	soprano	inferiore
Rutilo . . . . .	9	8
Granato . . . . .	47	45
Zircone . . . . .	26	25
Tormalina . . . . .	18	22
	<hr/>	<hr/>
	100	100



limitandole al computo dei minerali i cui rapporti interessano, trascurando tutti gli altri. Anzi si palesa la convenienza di eliminare questi, per quanto si può, con mezzi semplici, per esempio i carbonati e la limonite con un acido, la magnetite con una calamita, le miche col soffio o col ripassare la sabbia su diversi fogli di carta, cui le pagliuzze aderiscono. Così sarà utile adottare eventualmente ulteriori processi di arricchimento, quali l'agitazione sott'acqua, il piano inclinato e infine la separazione con liquidi pesanti, già rammentata.

E nulla osta che i granuli contati in tutte le sabbie osservate, naturali od arricchite (qualunque sia il grado d'arricchimento di queste) si sommino insieme per ciascuno dei minerali designati, onde ottenere dei numeri più elevati e quindi dei rapporti medii più attendibili.

**Conclusione.** — Per chi non ebbe la pazienza di seguirmi fin qui nell'arido argomento, non sarà fuor di proposito che io ne riassuma i punti principali con brevi parole.

A risolvere uno dei problemi che talor si presentano nello studio delle alluvioni quaternarie, quello di determinare la provenienza dei materiali che le compongono, può contribuire l'esame microscopico delle sabbie che in ogni alluvione sono presenti. E invero la composizione mineralogica di una sabbia e la proporzione dei suoi componenti devono avere un rapporto colla costituzione litologica del bacino di erosione donde deriva; per quanto questo rapporto si trovi spesso modificato da molteplici fattori, concomitanti o posteriori alla deposizione, quali la dinamica fluviale o marina, l'azione eolica, le acque freatiche, le alterazioni chimiche, l'azione stessa dell'uomo.

La composizione mineralogica d'una sabbia si rileva agevolmente osservando questa al microscopio, dopo averla colla semplice agitazione arricchita de' suoi minerali pesanti, i quali di solito sono i più rari. Nello stesso tempo si giudica delle proporzioni dei componenti dalla loro maggiore o minore relativa frequenza, che si esprime con degli epiteti, eventualmente riferiti ad una scala.

Io ho tentato invece di rappresentare queste proporzioni con delle cifre, desunte da una parziale numerazione dei granuli e tradotte poscia in percentuali. Gli esempi, che ho addotto di questo tentativo, mostrano che i risultati cui si giunge sono

discretamente soddisfacenti; e cioè le sabbie dello stesso giacimento o di giacimenti diversi derivate, fra condizioni analoghe, dalla stessa area di denudazione, presentano sufficiente concordanza nella qualità e nelle percentuali dei loro componenti. Una sconcordanza più o meno sensibile caratterizza invece i casi di provenienze diverse.

Dalle percentuali così ottenute, che, riferendosi ad una sabbia artificialmente arricchita, riescono alterate quindi inesatte, ricavo poscia con diversi artifici le percentuali approssimative della sabbia naturale, cioè quale si trova nel suo giacimento. E da ultimo, ottenute le percentuali di parecchie sabbie aventi la stessa provenienza, risultano, fra le cifre esprimenti la frequenza di taluni minerali opportunamente scelti, dei rapporti sensibilmente costanti per quella provenienza e quindi caratteristici. Ciò spiana la via a risolvere il problema proposto.

Aggiungo ora poche ulteriori considerazioni.

I risultati ottenuti col descritto metodo fanno pensare che gli errori, che inevitabilmente devono accompagnarlo, derivando da cause molteplici ed avvenendo in sensi diversi, presentino qualche probabilità ad una parziale compensazione. Sta che in tutte le osservazioni, che ho fatto finora, ebbi sempre gli stessi soddisfacenti risultati, anzi spesso in grado maggiore che non negli esempi adottati colle annesse tabelle. In ogni caso l'approssimazione raggiunta in una serie di osservazioni può essere aumentata in qualunque tempo con nuove osservazioni.

Potrebbe forse desiderarsi, che le cifre esprimenti le proporzioni dei componenti si riferissero non al numero dei granuli, ma a quantità più atte ad essere fra di loro confrontate, come volume o peso. Se i granuli avessero tutti la stessa forma e le stesse dimensioni, in allora le percentuali ricavate dalla loro numerazione rappresenterebbero realmente dei volumi e basterebbe poi moltiplicare i numeri contati di ciascuna specie per il corrispondente peso specifico medio, per ottenere delle percentuali rappresentanti dei pesi. Ma la perfetta uguaglianza nelle dimensioni e nella forma dei granuli non è raggiungibile e quindi fa d'uopo accontentarsi delle percentuali numeriche, tenendo presente però ch'esse tanto più si accostano a diventare volumetriche, quanto maggiore è l'uniformità di grana nella sabbia considerata.

Può farsi al metodo adottato ancora l'appunto ch'esso è eccessivamente laborioso, e che lo scopo che si vuol raggiungere non paga il tempo che richiede. Anzi il voler numerare delle cose, che in un noto paragone biblico sono qualificate come innumerevoli, può, precisamente per la ragione anzidetta, sembrare a taluni poco serio e non confacente ad una ricerca scientifica. Ma su questo punto io sono arrivato ad un parere diverso. Le operazioni di esaminare un preparato di sabbia, determinarne i componenti, numerare parzialmente i granuli e calcolare le percentuali, riescono abbastanza rapide, per chi ha acquistato una certa pratica, e acquistarla non è difficile. In sostanza tutto il complesso delle operazioni descritte non richiede per un saggio di sabbia maggior tempo di quello che è richiesto per farne una analisi chimica quantitativa. Non è poi necessario che tutte le sabbie, che devono studiarsi per un determinato problema, si assoggettino alla stessa completa analisi mineralogica. Per alcune potranno bastare le percentuali in stato arricchito, per altre la sola numerazione dei minerali che entrano nei rapporti caratteristici; di altre infine sarà sufficiente un esame sommario colla semplice qualifica dei gradi di frequenza e con riferimento alle sabbie, di cui si fece l'analisi completa.

Da ultimo giova notare ancora come il descritto metodo sia applicabile non soltanto alle alluvioni del quaternario, ma ad ogni roccia di qualunque età, che contenga elementi clastici isolabili in forma di sabbia, come arenarie a cemento calcareo, argille e calcari. E un esempio ne porge lo studio sopra rammentato del calcare di S. Marino. Se non che in tali casi sempre più difficile si presenta la determinazione del bacino di erosione, quanto più si scende nel livello geologico, quindi la concordanza nelle percentuali e la costanza dei rapporti caratteristici fra designati minerali, riscontrate nelle sabbie isolate da rocce diverse, varranno soltanto a far ritenere probabile la comunanza di origine degli elementi clastici anzidetti ed anche la contemporaneità di formazione delle rocce che li contengono, quando ad una tale conclusione non ostino le condizioni tettoniche ed i dati paleontologici.

*(Seguono le tabelle I, II, III, V, IV e VI)*

## TABELLE.

TABELLA I.

## Sabbia (arricchita), pozzo S. Antonino

MINERALI	GRANULI DETERMINATI									
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
Quarzo . . . . .	7	6	9	10	10	6	6	5	5	5
Quarzo aggregato . .	2	1	—	2	1	1	1	—	—	—
Calcedonio e piromaca	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
Ilmenite e magnetite .	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—
Rutilo . . . . .	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Limonite . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Carbonati . . . . .	3	5	4	3	3	4	2	7	7	2
Ortose . . . . .	1	1	—	—	—	—	1	—	1	—
Microclino . . . . .	—	—	1	—	1	—	—	1	—	—
Plagioclasio . . . . .	—	—	1	2	—	—	1	2	—	—
Iperstene . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Augite . . . . .	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Tremolite . . . . .	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Attinoto . . . . .	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—
Orneblenda verde . .	1	1	1	1	1	1	—	—	1	—
Orneblenda bruna . .	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—
Granato . . . . .	2	1	2	—	—	2	2	—	1	—
Zircone . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sillimanite . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Epidoto . . . . .	—	—	1	—	—	1	—	1	—	—
Tormalina . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Staurolite . . . . .	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Muscovite . . . . .	1	2	2	1	1	—	—	—	1	2
Sericite . . . . .	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Biotite . . . . .	3	2	—	—	2	2	1	1	1	1
Clorite . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Serpentino . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
Apatite . . . . .	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pasta felsitica . . .	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Dubbi</i> . . . . .	3	2	5	4	2	3	2	3	2	3
	26	20	26	25	25	20	18	24	21	15

**Ticino, a metri 32 di profondità.**

E CONTATI NEI CAMPI										TOTALE	Percentuali
11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°		
8	10	6	9	9	8	5	7	8	6	145	30,66
—	2	1	1	2	3	2	1	3	2	25	5,29
—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	3	0,63
—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	4	0,85
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,21
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,21
5	5	3	3	5	—	7	8	3	6	83	17,55
2	1	1	1	—	1	—	—	2	—	12	2,54
—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	4	0,85
1	1	—	—	1	2	1	—	1	—	13	2,75
—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	0,21
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,21
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,21
—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	3	0,63
1	1	2	2	—	—	1	1	2	2	19	4,02
—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	4	0,85
—	1	1	2	1	1	1	2	1	—	20	4,23
—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	0,21
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	0,42
2	—	1	1	1	—	—	—	—	1	9	1,90
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,21
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	0,63
1	—	1	1	1	—	—	2	1	2	19	4,02
—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	2	0,42
—	2	—	—	1	3	2	1	—	2	24	5,08
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	0,42
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,21
—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	2	0,42
—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2	0,42
3	2	5	5	2	5	4	3	3	4	65	13,74
23	25	23	27	26	25	25	27	24	28	473	100,00







TABELLA III.

**Sabbia (arricchita),  
pozzo S. Antonino Ticino, a m. 32 di profondità.**

	A		B		C		D	
	1		1		1		3	
Preparati . . . . .	20		30		23		73	
Campi . . . . .	473		903		607		1983	
Granuli } in totale . . . . .	24		30		26		27	
Granuli } in media p. campo								
MINERALI	granuli	percentuali	granuli	percentuali	granuli	percentuali	somma granuli	percentuali medie
Quarzo . . . . .	145	30,66	373	41,31	207	34,10	725	36,56
Quarzo aggregato . . . . .	25	5,29	12	1,33	35	5,77	72	3,63
Calcedonio e piromaca . . . . .	3	0,63	2	0,22	3	0,50	8	0,40
Opale . . . . .	—	—	1	0,11	—	—	1	0,05
Ilmenite e magnetite . . . . .	4	0,85	12	1,33	4	0,66	20	1,01
Rutilo . . . . .	1	0,21	1	0,11	—	—	2	0,10
Limonite . . . . .	1	0,21	2	0,22	1	0,16	4	0,20
Carbonati . . . . .	83	17,55	214	23,70	111	18,29	408	20,58
Ortose . . . . .	12	2,54	22	2,44	15	2,47	49	2,47
Microclino . . . . .	4	0,85	3	0,33	4	0,66	11	0,56
Plagioclasio . . . . .	13	2,75	17	1,88	13	2,14	43	2,17
Iperstene . . . . .	1	0,21	—	—	—	—	1	0,05
Bronzite . . . . .	—	—	1	0,11	1	0,16	2	0,10
Enstatite . . . . .	—	—	1	0,11	—	—	1	0,05
Augite . . . . .	1	0,21	—	—	2	0,33	3	0,15
Tremolite . . . . .	1	0,21	2	0,22	—	—	3	0,15
Attinoto . . . . .	3	0,63	1	0,11	3	0,50	7	0,35
Orneblenda verde . . . . .	19	4,02	21	2,33	16	2,64	56	2,83
Orneblenda bruna . . . . .	4	0,85	4	0,44	3	0,50	11	0,56
Granato . . . . .	20	4,23	25	2,77	23	3,80	68	3,43
Zircone . . . . .	1	0,21	2	0,22	4	0,65	7	0,35
Sillimanite . . . . .	2	0,42	—	—	2	0,33	4	0,20
Cianite . . . . .	—	—	—	—	1	0,16	1	0,05
Epidoto . . . . .	9	1,90	7	0,78	7	1,15	23	1,16
Tormalina . . . . .	1	0,21	2	0,22	2	0,33	5	0,25
Staurolite . . . . .	3	0,63	2	0,22	5	0,83	10	0,50
Muscovite . . . . .	19	4,02	17	1,89	19	3,13	55	2,78
Sericite . . . . .	2	0,42	1	0,11	—	—	3	0,15
Biotite . . . . .	24	5,08	56	6,20	40	6,59	120	6,05
Clorite . . . . .	2	0,42	4	0,44	1	0,16	7	0,35
Serpentino . . . . .	1	0,21	—	—	1	0,16	2	0,10
Titanite . . . . .	—	—	—	—	1	0,16	1	0,05
Apatite . . . . .	2	0,42	3	0,33	—	—	5	0,25
Pasta felsitica . . . . .	2	0,42	—	—	1	0,16	3	0,15
<i>Dubbi</i> . . . . .	65	13,74	95	10,52	82	13,51	242	12,21
	473	100,00	903	100,00	607	100,00	1983	100,00

TABELLA V. — Sabbie (arricchite), pozzo S. Antonino Ticino, raccolte alle profondità di m. 32, 5 ed 1.

Preparati . . . . . Campi (in totale . . . . . Granuli (media per campo	D (m. 32)		I (m. 5)		J (m. 1)	
	3 73 1983 27		3 70 2571 37		3 65 3462 53	
MINERALI	granuli	percentuali	granuli	percentuali	granuli	percentuali
Pirite . . . . .	—	—	—	—	2	0,06
Quarzo . . . . .	725	36,56	705	27,42	1557	44,97
Quarzo aggregato . . . . .	72	3,63	27	1,05	19	0,55
Calcedonio e piromaca . . . . .	8	0,40	176	6,85	206	5,95
Calcedonio organico . . . . .	—	—	125	4,86	189	5,46
Opale . . . . .	1	0,05	—	—	—	—
Ilmenite e magnetite . . . . .	20	1,01	18	0,70	66	1,91
Rutilo . . . . .	2	0,10	1	0,04	6	0,17
Limonite . . . . .	4	0,20	14	0,54	32	0,92
Carbonati . . . . .	408	20,58	722	28,08	2	0,06
Ortose . . . . .	49	2,47	38	1,48	57	1,65
Microclino . . . . .	11	0,56	5	0,19	7	0,20
Plagioclasio . . . . .	43	2,17	25	0,97	61	1,76
Iperstene . . . . .	1	0,05	—	—	1	0,03
Bronzite . . . . .	2	0,10	—	—	3	0,09
Enstatite . . . . .	1	0,05	—	—	1	0,03
Diopside . . . . .	—	—	1	0,04	—	—
Augite . . . . .	3	0,15	—	—	2	0,06
Tremolite . . . . .	3	0,15	1	0,04	6	0,17
Attinoto . . . . .	7	0,35	5	0,19	20	0,58
Orneblenda verde . . . . .	56	2,83	33	1,28	109	3,15
Orneblenda bruna . . . . .	11	0,56	4	0,16	6	0,17
Glaucofane . . . . .	—	—	—	—	1	0,03
Granato . . . . .	68	3,43	36	1,40	122	3,52
Zircone . . . . .	7	0,35	4	0,16	19	0,55
Sillimanite . . . . .	4	0,20	—	—	3	0,09
Cianite . . . . .	1	0,05	7	0,27	10	0,29
Zoisite . . . . .	—	—	—	—	6	0,17
Epidoto . . . . .	23	1,16	12	0,47	61	1,76
Tormalina . . . . .	5	0,25	5	0,19	13	0,38
Staurolite . . . . .	10	0,50	10	0,39	14	0,40
Muscovite . . . . .	55	2,78	35	1,36	66	1,91
Sericite . . . . .	3	0,15	6	0,23	6	0,17
Biotite . . . . .	120	6,05	46	1,79	92	2,66
Clorite . . . . .	7	0,35	11	0,43	17	0,49
Serpentino . . . . .	2	0,10	1	0,04	1	0,03
Titanite . . . . .	1	0,05	1	0,04	4	0,12
Apatite . . . . .	5	0,25	12	0,47	15	0,43
Pasta felsitica . . . . .	3	0,15	56	2,18	101	2,92
Dubbii . . . . .	242	12,21	429	16,69	559	16,14
	1983	100,00	2571	100,00	3462	100,00

TABELLA IV.

## Sabbie (arricchite), alluvione antica, sponda

	D (m. 169)		E (m. 186)	
	Pozzo S. Antonino a m. 32		Trincea Castelnovate	
	Preparati . . . . . 3 Campi . . . . . 73 Granuli } in totale (1983) } media per campo . . . . . 27		5 106 3062 29	
MINERALI	granuli	percentuali	granuli	percentuali
Quarzo . . . . .	725	36,56	1336	43,63
Quarzo aggregato . . . . .	72	3,63	57	1,86
Calcedonio e piromaca . . . . .	8	0,40	15	0,49
Calcedonio organico . . . . .	—	—	5	0,16
Opale . . . . .	1	0,05	—	—
Ilmenite e magnetite . . . . .	20	1,01	32	1,04
Rutilo . . . . .	2	0,10	6	0,20
Limonite . . . . .	4	0,20	6	0,20
Carbonati . . . . .	408	20,58	466	15,22
Ortose . . . . .	49	2,47	53	1,73
Microclino . . . . .	11	0,56	6	0,20
Plagioclasio . . . . .	43	2,17	57	1,86
Iperstene . . . . .	1	0,05	5	0,16
Bronzite . . . . .	2	0,10	7	0,23
Enstatite . . . . .	1	0,05	2	0,07
Diopside . . . . .	—	—	—	—
Augite . . . . .	3	0,15	4	0,13
Diallagio . . . . .	—	—	1	0,03
Tremolite . . . . .	3	0,15	7	0,23
Attinoto . . . . .	7	0,35	5	0,16
Orneblenda verde . . . . .	56	2,83	96	3,14
Orneblenda bruna . . . . .	11	0,56	11	0,36
Glaucofane . . . . .	—	—	—	—
Granato . . . . .	68	3,43	131	4,28
Zircone . . . . .	7	0,35	8	0,26
Andalusite . . . . .	—	—	—	—
Sillimanite . . . . .	4	0,20	3	0,10
Cianite . . . . .	1	0,05	7	0,23
Zoisite . . . . .	—	—	3	0,10
Epidoto . . . . .	23	1,16	42	1,37
Tormalina . . . . .	5	0,25	10	0,33
Staurolite . . . . .	10	0,50	14	0,46
Muscovite . . . . .	55	2,78	77	2,51
Sericite . . . . .	3	0,15	4	0,13
Biotite . . . . .	120	6,05	144	4,70
Cloritoide . . . . .	—	—	1	0,03
Clorite . . . . .	7	0,35	19	0,62
Serpentino . . . . .	2	0,10	—	—
Titanite . . . . .	1	0,05	3	0,10
Apatite . . . . .	5	0,25	16	0,52
Pasta felsitica . . . . .	3	0,15	7	0,23
Dubbi . . . . .	242	12,21	396	12,93
	1983	100,00	3062	100,00

## sinistra del Ticino fra Castelnovate e Castano.

<i>F</i> (m. 184)		<i>G</i> (m. 165)		<i>H</i>	
Trincea Castelnovate		Pozzo Castano a m. 19		RIASSUNTO	
3 75 2110 28		4 84 2736 33		15 338 9891 29	
granuli	percentuali	granuli	percentuali	Totale granuli	percentuali medie
940	44,55	1004	36,69	4005	40,49
26	1,23	57	2,08	212	2,14
3	0,14	31	1,13	57	0,58
—	—	14	0,51	19	0,19
—	—	2	0,07	3	0,03
56	2,65	75	2,74	183	1,85
6	0,28	2	0,07	16	0,16
13	0,62	22	0,80	45	0,45
171	8,10	458	16,74	1503	15,20
57	2,70	72	2,63	231	2,34
5	0,24	11	0,40	33	0,33
40	1,90	53	1,94	193	1,95
2	0,09	1	0,04	9	0,09
3	0,14	1	0,04	13	0,13
1	0,05	1	0,04	5	0,05
—	—	2	0,07	2	0,02
5	0,24	4	0,15	16	0,16
—	—	—	—	1	0,01
3	0,14	2	0,07	15	0,15
3	0,14	5	0,18	20	0,20
91	4,31	128	4,68	371	3,75
12	0,57	11	0,40	45	0,45
1	0,05	—	—	1	0,01
143	6,78	143	5,23	485	4,91
7	0,33	8	0,29	30	0,30
1	0,05	—	—	1	0,01
4	0,19	4	0,15	15	0,15
8	0,38	12	0,44	28	0,28
—	—	1	0,04	4	0,04
62	2,94	56	2,05	183	1,85
4	0,19	4	0,15	23	0,23
11	0,52	27	0,99	62	0,63
51	2,42	35	1,28	218	2,21
—	—	3	0,11	10	0,10
76	3,60	49	1,79	389	3,94
1	0,05	—	—	2	0,02
9	0,43	11	0,40	46	0,47
—	—	—	—	2	0,02
3	0,14	7	0,26	14	0,14
22	1,04	20	0,73	63	0,64
5	0,24	13	0,48	28	0,28
265	12,56	387	14,14	1290	13,05
2110	100,00	2736	100,00	9891	100,00

TABELLA VI.

## Sabbia (arricchita e naturale), pozzo S.

a) *Percentuali*

GRUPPI	Sabbia arricchita (Preparati 3 - Campi 73)		
	granuli	percentuali	
Minerali pesanti . . . . .	234	$\Sigma\pi$	11,79
Miche . . . . .	178	$\Sigma\mu$	8,98
Minerali leggeri . . . . .	1329	$\Sigma\lambda$	67,02
Minerali <i>dubbi</i> . . . . .	242	$\Delta$	12,21
	1983		100,00

b) *Percentuali*

MINERALI	Sabbia arricchita (Tab. III)	RAPPORTI	Sabbia naturale	MINERALI
Quarzo . . . . .	36,56	1,1704	42,79	
Quarzo aggregato . . . . .	3,63	"	4,25	Enstatite . . . . .
Calcedonio e piromaca . . . . .	0,40	"	0,47	Augite . . . . .
Opale . . . . .	0,05	"	0,06	Tremolite . . . . .
Ilmenite e magnetite . . . . .	1,01	0,5165	0,52	Attinoto . . . . .
Rutilo . . . . .	0,10	"	0,05	Orneblenda verde . . . . .
Limonite . . . . .	0,20	"	0,10	Orneblenda bruna . . . . .
Carbonati . . . . .	20,58	1,1704	24,08	Granato . . . . .
Ortose . . . . .	2,47	"	2,89	Zircone . . . . .
Microclino . . . . .	0,56	"	0,65	Sillimanite . . . . .
Plagioclasio . . . . .	2,17	"	2,54	Cianite . . . . .
Iperstene . . . . .	0,05	0,5165	0,03	Epidoto . . . . .
Bronzite . . . . .	0,10	"	0,05	Tormalina . . . . .
	67,88		78,48	

### Antonino Ticino, a m. 32 di profondità.

dei gruppi.

Sabbia naturale (Preparati 6 - Campi 155)			RAPPORTI
granuli	percentuali		
313	<i>P</i>	6,09	$P : \Sigma\pi = 0,5165$
273	<i>M</i>	5,31	$M : \Sigma\mu = 0,5913$
4031	<i>L</i>	78,44	$L : \Sigma\lambda = 1,1704$
522	<i>D</i>	10,16	$D : \Delta = 0,8321$
5139		100,00	

dei minerali.

Sabbia arricchita (Tab. II)	RAPPORTI	Sabbia naturale	MINERALI	Sabbia arricchita (Tab. III)	RAPPORTI	Sabbia naturale
67,88		78,48		77,41		83,41
0,05	0,5165	0,03	Staurolite . . . . .	0,50	0,5165	0,26
0,15	"	0,08	Muscovite. . . . .	2,78	0,5913	1,64
0,15	"	0,08	Sericite. . . . .	0,15	"	0,09
0,35	"	0,18	Biotite . . . . .	6,05	"	3,57
2,83	"	1,46	Clorite . . . . .	0,35	1,1704	0,41
0,56	"	0,29	Serpentino . . . . .	0,10	"	0,12
3,43	"	1,77	Titanite . . . . .	0,05	0,5165	0,03
0,35	"	0,18	Apatite. . . . .	0,25	"	0,13
0,20	"	0,10	Pasta felsitica . . . . .	0,15	1,1704	0,18
0,05	"	0,03	<i>Dubbii</i> . . . . .	12,21	0,8321	10,16
1,16	"	0,60				
0,25	"	0,13				
77,41		83,41		100,00		100,00