ENKELE AANTEEKENINGEN OMTRENT DEN Gg. RAOENG OP JAVA

DOOR

J. J. RICHARD.

INHOUD.

		pag.
I.	Inleiding	3
II.	Opbouw en vernieling van den oorspronkelijken Raoengkegel	6
	Morphologie	6
	De opbouw	7
	De vernieling	9
III.	De caldeirabodem	15
	De fumarolen:	
	De vlaktefumarolen	17
	De randfumarolen	18
IV.	De centrale kegel	20
	Korte eruptiegeschiedenis	20
	Fumarolen in de lavastroomen	22
	De eruptie van 1927:	
	Eruptiekarakter	22
	Eruptieverloop	23
	De werking na 1927	29
	Aspect van den middenkegel in 1932—'33	32
	De fumarolen van den middenkegel	34
V.	De gesteenten van den Gg. Raoeng	36
VI.	Résumé (en français)	37
Litteratuurlijst		40

Fig. 1.

Panorama van de Gg. Raoeng caldeira van den noordrand uit (Sept. 1928). (De letter B geeft het punt aan, van waaruit het pad naar den bodem begint, tevens de plaats waar foto No. 2 is opgenomen.)

..... Des morgens hebben wy geshien den brandenden bergh die boven Panarucan leyt ende eerst over tien jaren opengebor sten is met groote schade ende verlies van menschen, hij wierp een zeer grooten, donckeren rook uyt.

CORNELIS HOUTMAN, 1597.

I. INLEIDING.

Hoewel de zich in de laatste decenniën afgespeelde vulkanische verschijnselen van den Gg. Raoeng in groote trekken van den ouden kraterrand uit konden worden waargenomen, was het door den grooten afstand steeds moeilijk detailwaarnemingen te verrichten, laat staan materiaal te verkrijgen van de opeenvolgende erupties en zich een denkbeeld te vormen omtrent de temperaturen der fumarolen en de samenstelling der gasemanaties.

De Gg. Raoeng levert weliswaar geen gevaar op voor de omgeving, zoolang de werkzaamheid haar karakter en plaats behoudt, welke wij van 1902, 1904, 1913, 1916, 1921, 1924 en 1927 kennen. Het verleden leert echter, dat het anders zijn kon (1638, 1730).

Ook is niet uitgesloten, dat nieuwe spleten in den ouden kraterbodem ontstaan, waarlangs magma opstijgen kan. Dit had in geringe mate in 1913 en 1921 plaats. Buiten de gevaren welke lahars na groote ascherupties kunnen opleveren, zijn er nog tal van andere mogelijkheden te duchten bij een vulkaan. Slechts voortdurende bewaking kan ons zijn karakter doen kennen. Verzameling van nauwkeurige gegevens en een juiste interpretatie der eventueele verschijnselen, welke meestal een eruptie inleiden, zijn noodig voor het maken van voorspellingen omtrent toekomstige uitbarstingen.

Ondanks verschillende pogingen in den loop der jaren aangewend, gelukte het pas in Juni 1932, van den oostwand uit [1]), op den kraterbodem af te dalen. De bezoeken aan den krater, in 1932, waren slechts van korten duur. Transportmoeilijkheden, welke het bivakeeren op den bodem met zich bracht, konden wegens gebrek aan tijd niet overwonnen worden. Er werd dan ook steeds nabij de boschgrens overnacht op de oostelijke buitenhelling van den vulkaan. Dat bij het op en afgaan van den kraterwand veel tijd en energie verloren gingen (ongeveer 5 uur) behoeft geen betoog.

Bij de eerste afdalingen in 1932 werden tijdens een vijfdaags verblijf, de situatie en de temperatuur der fumarolen vastgelegd (97 nummers). Deze moesten de basis vormen voor latere waarnemingen. Ze werden in een verslag aan het Vulkanologisch Onderzoek te Bandoeng gezonden.

In 1933 was het door verleggen van het pad en het ontdekken van

[1]) Pad via Bajoe Kidoel (Temoegoeroeh).

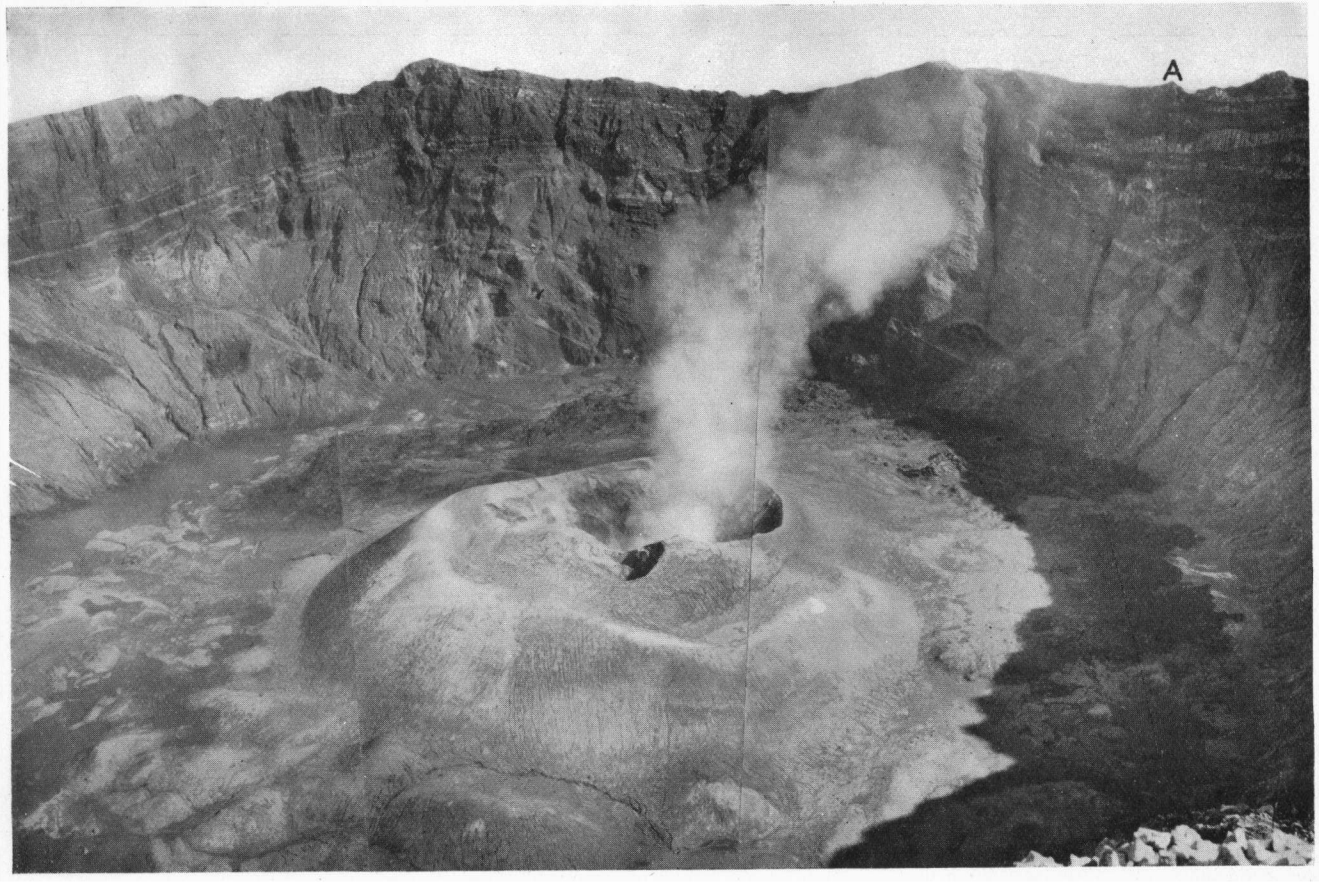


Fig. 2.

Panorama van de Gg. Raoeng caldeira van den oostrand uit (Mei 1932).
(De letter A geeft de plaats aan waar foto No. 1 werd opgenomen).

een bron [1]), mogelijk in den krater zelf te verblijven; het onderzoek werd hierdoor aanmerkelijk vergemakkelijkt.

Over de eruptiegeschiedenis en de discussies omtrent de uitbarsting van 1597 alsmede de latere uitbarstingen van 1638 en 1730, 1787—1799, 1800—1808, 1815, 1864, 1881, 1890, 1896, wordt verwezen naar de studies van JUNGHUHN (1), BOSCH (2), VERBEEK (3), KEMMERLING (4), BROUWER (5) en TAVERNE (6).

De volgende bladzijden vormen dus slechts een aanvulling, soms ook een andere opvatting, van wat vroeger over den Raoeng is geschreven. Geen studie is gemaakt van de oudere kraters of caldeira's welke aan den opbouw van den tegenwoordigen Raoeng vooraf zijn gegaan en welke met den laatsten het „Raoengcomplex'' vormen.

Alvorens deze inleiding te sluiten, wil ik een woord van dank richten tot Dr. CH. E. STEHN en Dr. M. NEUMANN VAN PADANG voor den vriendschappelijken steun, tijdens mijn functie van „honorary assistant'' van den Vulkanologischen Dienst op Java, genoten. Tevens wil ik hier mijn bijzonderen dank uiten voor de waardevolle raadgevingen, welke ik van Prof. Dr. B. G. ESCHER mocht ontvangen, alsmede voor de opname van deze „aanteekeningen'' in dit tijdschrift.

Tenslotte wil ik den Heer en Mevrouw LUCHT te Bajoe Kidoel voor de ondervonden belangstelling tijdens de voorbereidingen, die aan de afdalingen in den Raoengkrater voorafgingen, en het onderzoek zelve hartelijk bedanken.

[1]) Het is overbodig te zeggen hoe welkom deze bron, „Soember Loemoet'' (de mossenbron) gedoopt, was, als men weet dat tot nog toe water met groote kosten vanuit een ravijntje op de buitenhelling op 1900 m hoogte gehaald moest worden.

II. OPBOUW EN VERNIELING VAN DEN OORSPRONKELIJKEN RAOENGKEGEL.

Morphologie.

Ter verduidelijking van hetgeen volgt, zij hierbij gememoreerd, dat de tegenwoordige Raoeng de meest oostelijke van vier (Raoeng, Wates, Gadoeng en Lemongan) zich op een lijn NW—SE bevindende vulkanen is, welke samen het Raoengcomplex [1]) vormen. Het behoort hoewel nabij den Idjen, niet noodzakelijkerwijs tot dit laatste complex. De Raoeng-vulkaan, hoewel van respectabele afmetingen, is niet de grootste; zij is de jongste van de vier en de eenige welke nog werking vertoont.

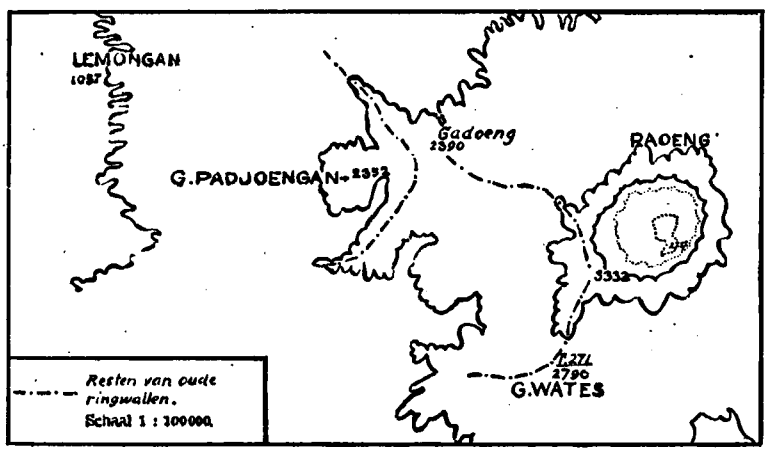


Fig. 3.

De Raoengkraters volgens VERBEEK.

Van de vlakte uit gezien, heeft de Gg. Raoeng den vorm van een afgeknotten kegel. De hoogste top, de westelijke, is 3332 m hoog. De plaatsen, welke men van de gebruikelijke uitgangspunten op noord- en oostzijde, van Sbr. Wringin en Bajoe Kidoel uit bereikt, liggen resp. op 2747 m en 2757 m hoogte. De punten van den bodem hieronder bevinden zich op resp. 2747 en 2757 m.

De SW—NE as van den caldeirabodem meet 2170 m, de NW—SE 1700 m.

Niet geheel in het midden, doch iets oostelijk daarvan, verheft zich

[1]) Hierbij kan men misschien ook nog den in het N.E. voorkomenden Gg. Soeket mederekenen.

op den caldeirabodem de thans 90 m hooge ellipsvormige jonge kegel, ontstaan door de erupties van 1902 tot en met 1934 (zie IV).

Over het ontstaan van den Rg. Raoeng en de tegenwoordig aanwezige caldeira is in de litteratuur weinig te vinden.

JUNGHUHN (Litt. 1 p. 911) formuleert geen idee over het ontstaan van deze „helsche ketel", waarvan „de oorzaak der zigtbare verschijnselen" voor hem niet duidelijk was.

VERBEEK (Litt. 3 p. 93) neemt als zeker aan, dat de tegenwoordige vorm is ontstaan door instorting van een vroegere spitse en hoogere top.

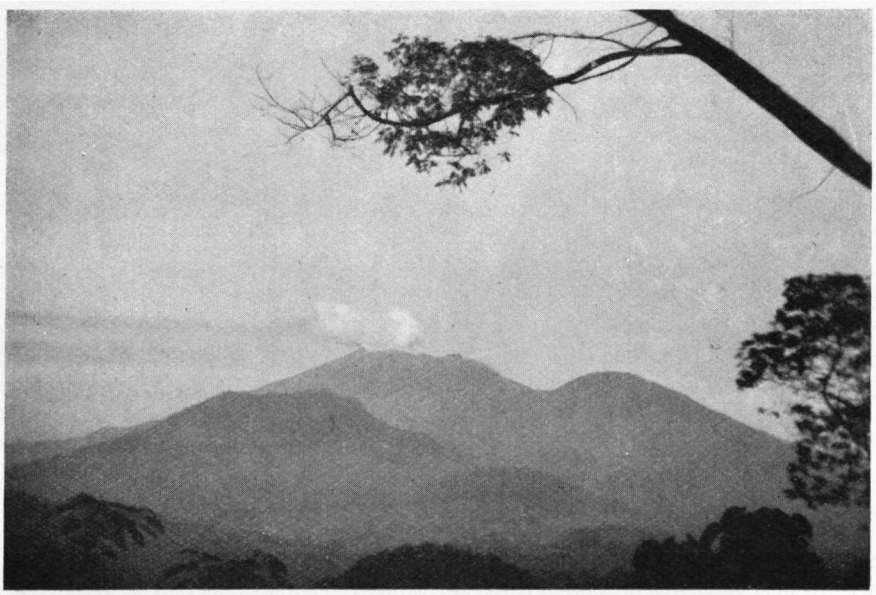


Fig. 4.

De Gg. Raoeng vanuit het pad naar de Kawah Idjen (Aug. 1928).

Als bewijs haalt hij aan, dat de geweldige ketel onmogelijk eenmaal met lava gevuld kan zijn geweest en overliep, en dat de lavastroomen welke een helling naar buiten hebben van een vroeger aanwezig hooger punt moeten zijn uitgevloeid.

Ook BROUWER (Litt. 5 p. 58) twijfelt hier niet aan.

KEMMERLING (Litt. 4 p. 32) gebruikt voor het eerst het woord caldeira: „door uitschieten en inzinking, gaat de spitse vulkaanvorm „verloren en ontstaat een afgeknotte vulkaan met een caldeira van ten „hoogste 2 à 3 km..." enz.

De opbouw.

De geologisch-stratigrafische gegevens, die ter onzer beschikking staan, wijzen er op, dat de Gg. Raoeng oorspronkelijk inderdaad hooger is geweest dan thans.

Er bestaan duidelijke aanwijzingen, dat in een vroegere periode op de noordoostelijke flank van den ouden Gg. Wates een of meer eruptiepunten zijn ontstaan, welke den oorsprong van den tegenwoordigen Raoeng vormden. De NE wand vertoont in het onderste gedeelte nog eenige sporen hiervan. Deze wand is n.l. gedeeltelijk opgebouwd uit losse uitwerpselen, agglomeraten, vermoedelijk afkomstig van de NE buitenhelling van den Gg. Wates, welke tijdens het explosief ontstaan van den jongen Raoeng vulkaan aldaar zijn afgezet.

Duidelijker wordt nog het bewijs geleverd door de bij de latere katastrofe blootgelegde NE en N wanden. Men vindt hier een zeer duidelijke discordantie: *a.* onderaan, in E richting 30° hellende lagen, welke zijn te vervolgen tot onder den noordtop, alwaar zij door den bodem aan het gezicht onttrokken worden; *b.* daarboven: banken, die straalsgewijs van het centrum van den Raoeng af hellen. Naar alle waarschijnlijkheid zijn de eersten een voortzetting van de lagen van den westelijken vulkaan, terwijl de tweeden tot de jongere Raoengafzettingen behooren.

Twijfel verdwijnt geheel bij beschouwing van den westelijken wand. Over vrijwel de geheele oppervlakte vertoonen de lagen een helling van 30° naar het oosten. Op verschillende plaatsen sijpelt water uit den wand. Het bronnetje, in 1933 ontdekt, is hieraan te danken.

De jonge Raoengvulkaan bouwde zich langzaam op tot een hoogen kegel, waarbij lava-uitvloeiingen afwisselden met het uitstooten van klastische producten.

Gesteentemonsters, op verschillende hoogte genomen, wijzen er op, dat het begin gekenmerkt was door uitbarstingen van in hoofdzaak basaltisch magma. Dit ging over naar een zuurder magma, toen andesiet de overhand kreeg.

Tijdens den groei van den vulkaan verplaatste zich het eruptiepunt herhaaldelijk.

Gedeelten van den kegel, welke eenigen tijd sterker aan de erosie ten deel vielen, waardoor soms een begin van ravijnvorming plaats had, veranderden in aspect bij nieuwe uitbarstingen, hetzij doordat dezen zich op een andere plaats manifesteerden of doordat de uitbarstingen een grootere hevigheid vertoonden. Heropvulling van ravijnen en depressies volgde.

Een fraai bewijs hiervan treft men aan in den NNW wand. Ten Westen heeft men de naar den Raoengkrater hellende lagen van den Gg. Wates. Een ontstane bres in den vulkaanwand werd later weer door eruptieproducten opgevuld.

Men treft in het vulkaanlichaam van den Gg. Raoeng in de N, E en S wanden vele radiale spleten aan, waarlangs magma-injecties plaats vonden en waarvan enkele tot den top te vervolgen zijn. In den westwand treden minder gangen op.

In tegenstelling met den Gg. Wates, heeft een groote hoeveelheid lavastroomen aan den opbouw van den Gg. Raoeng meegewerkt. Hieruit blijkt, dat het verschil tusschen beide kraters er vooral een van eruptiekarakter is.

Of de intrusies aanleiding hebben gegeven tot flankerupties kon niet worden nagegaan.

De vernieling.

Uit het voorgaande blijkt, dat bij de gedeeltelijke vernietiging van den top niet slechts het gebied van den Raoeng, maar ook een deel van den Watesvulkaan ontsloten werd. Het profiel, dat Dr. KEMMERLING in „Het Idjen Hoogland" op Pl. LVIII publiceerde, is niet geheel juist. Nevenstaand profiel (Fig. 5) geeft den toestand weer, zooals uit de constructie der NNW en SW wanden blijkt.

De binnenwanden van den Gg. Raoeng zijn boven steil afgebroken (Fig. 6) en vertoonen in de bovenste helft een helling van 65° en meer. Eenige honderden meters lager beginnen de puinkegels met een helling van 45°. Deze treft men voornamelijk onder den Westwand aan, waar de afbrokkeling het grootst is, doordat daar de lagen naar den krater toe hellen. Hier en daar vertoonen zich overblijfselen van afstortingen, zoo b.v. aan de noordzijde waar een groote, scheefgezakte schol is blijven hangen. Aan den SW zijde treft men eveneens sporen aan van verticale verschuivingen in den vulkaanwand: onderbrekingen in de lagen zijn hiervan het gevolg.

Bij de uitblazingscylinder-instortingstheorie van Prof. ESCHER (7), gebaseerd op de door PERRET waargenomen feiten bij den Vesuvius eruptie van 1906 en verschijnselen bij spuitende petroleumbronnen, alsmede een serie laboratorium experimenten betreffende de uitwerking van een vertikaal opstijgenden gasstroom door een aantal lagen van verschillende homogeniteit en soort, blijkt, dat door uitschuring een

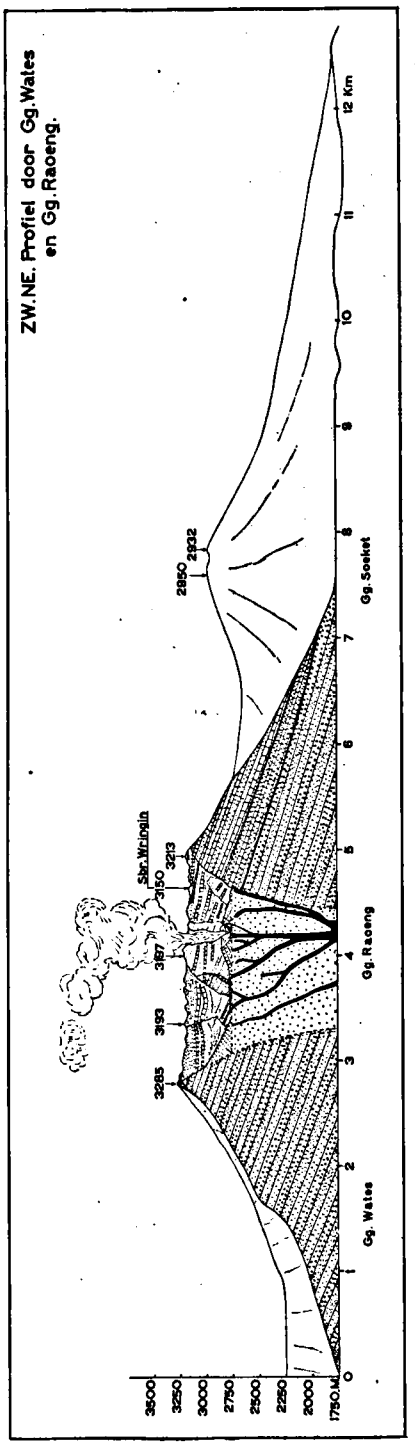


Fig. 5.

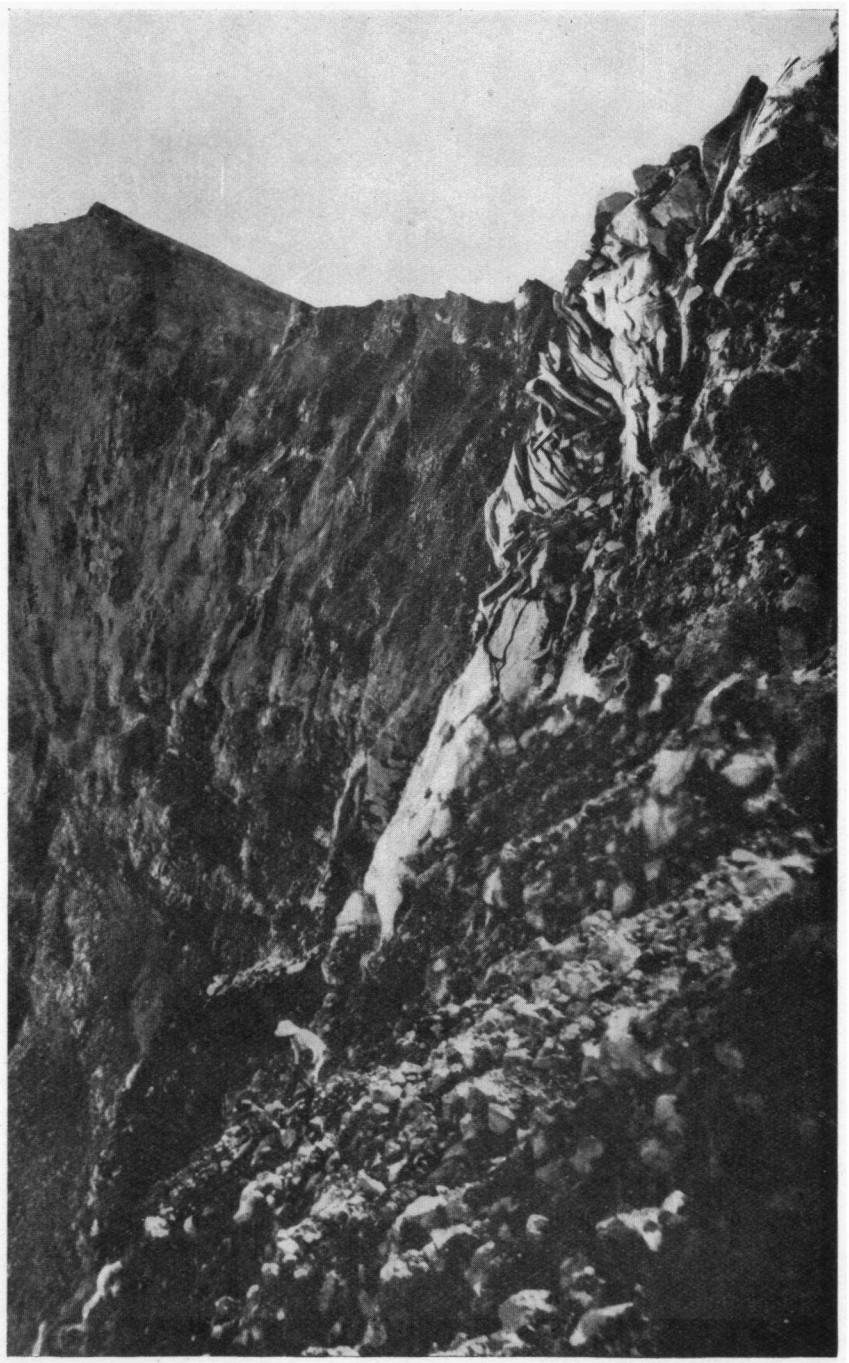


Fig. 6.

Aanvang van het pad naar den bodem, langs de 67° binnenhelling van den vulkaan (Mei 1932).

krater van cylindrischen vorm ontstaat. Deze wordt door nastorting trechtervormig verwijd (Fig. 7).

Zoo belangrijk als bij den Vesuvius, zijn de afstortingen bij den Raoeng niet geweest. Waar bij de eerste de hellingshoek in de bovenste gedeelten der binnenwanden gemiddeld 35° bedroeg, bezitten de Raoeng-wanden een hellingshoek van 65° en meer.

De geringe afstortingen bij den Gg. Raoeng kunnen m. i. niet worden opgevat als bewijs voor het ontstaan der caldeira door instorting. v. D. BOSCH (8), die van het standpunt uitgaat, dat een caldeira zou ontstaan door inzakking tengevolge van daling van het eruptieniveau tot in den magmahaard, geeft toe dat caldeira's tot 3 km doorsnede volgens ESCHER's berekening mogelijk zijn, hetgeen met den Raoeng overeenkomt.

Blijft men bij een schema zooals de Vesuvius uitbarsting van 1906 te zien gaf, t.w. uitschuring bij de hoofd- of gasphase, dan wekt het volgende feit misschien bevreemding:

Bij den Raoeng is op den rand tijdens de catastrophale eruptie geen of zeer weinig materiaal terecht gekomen; lavastroomen ziet men tot vlak bij den bovensten rand, dikke afzettingen hebben dus hierboven niet gelegen. De geringe teekenen van erosie in de buitenhellingen van den kegel bevestigen dit.

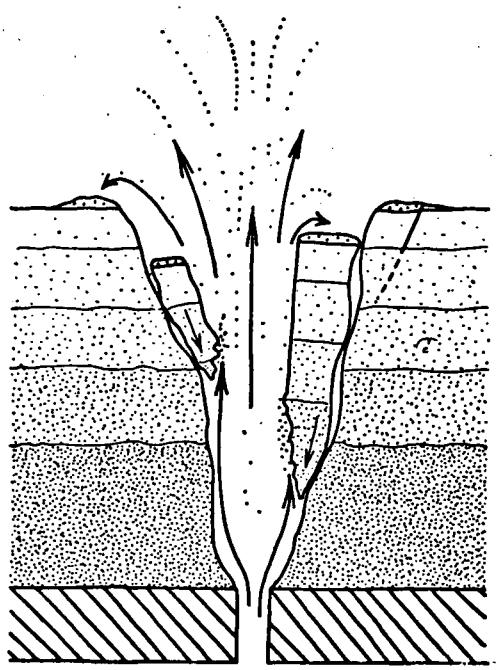


Fig. 7.

Schematische voorstelling van een trechtervormige verbreeding bij een oorspronkelijk cylindervormige opening, door instorting van de randen (volgens ESCHER's proefnemingen) Litt. 7.

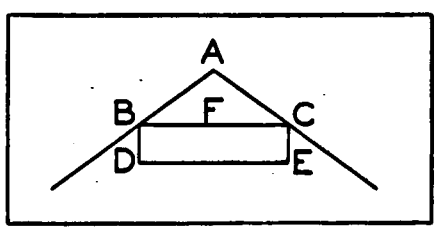


Fig. 8.

Het ontbreken van efflata op den Raoengtop in belangrijke hoeveelheden behoeft echter geen argument voor instorting te beteekenen. De vraag, waar het materiaal gebleven is, staat in nauw verband met het eruptiemechanisme.

Stelt men zich voor, dat de oorspronkelijke kegel ca. 4000 meter hoog was en een krater van ongeveer 500—1000 meter diameter had.

De tegenwoordige binnenwanden van den Gg. Raoeng hebben een hellingshoek van meer dan 65°, terwijl de tegenwoordige caldeirabodem zich op 2740 m hoogte bevindt. De bodem meet 2.1 bij 1.7 km.

Hierbij volgt een berekening van het verdwenen gedeelte (zie fig. 8), waarbij

de hoogte A—F = 700 m
„ „ B—D = 500 m
„ lengte D—E = 2000 m

De inhoud ABC $= \frac{1}{3} \pi r^2 h = 1.05 \times 1 \times 0.7 = 0.735$ km³
„ „ BCDE $= \pi r^2 h = 3.14 \times 1 \times 0.5 = 1.57$ km³

totale inhoud 2.305 km³

Er zou dus ongeveer 2.3 km³ verdwenen zijn. Wanneer aangenomen wordt dat deze massa uitgeworpen en verspreid zou zijn geweest met een regelmatigen afloop tot op b.v. 15 km afstand van den top (wat wel zeer ongunstig is genomen), dan krijgt men voor de hoogte h van de afzetting nabij den top:

$$\frac{1}{3} \pi r^2 h = 2.3$$

$$h = \frac{3 \times 2.3}{3.14 \times 225} = 0.0097 \text{ km}$$

De dikte zou dus slechts ongeveer 10 m hebben bedragen nabij den top of tegenwoordigen rand. Men heeft echter niet slechts rekening te houden met het wel of niet aanwezig zijn van deze laag en met de verdeeling van dit materiaal over de omgeving, doch, door het opwerpen der efflata op groote hoogte, met een verspreidingsschema dat een uitbarsting in den geest van den Vesuvius in 1906 nabij komt.

Hiermede wordt niet bedoeld, dat dergelijke uitbarstingen een criterium voor het ontstaan van alle caldeira's zouden vormen, doch meer om op het feit te wijzen, dat uitgeworpen materiaal niet in den naasten omtrek behoeft te worden gevonden.

De aanhoudende geweldige uitstrooming van gassen, welke den krater van den Vesuvius van 175 m middellijn tot een groote ruimte van 700 m diameter en 500 m diepte veranderde, bereikte volgens PERRET (9), een hoogte van 13 kilometer.

Een gevolg hiervan is, dat het uitgeworpen materiaal op zeer onregelmatige wijze neerviel. De asch lag het dikst in den noordoostelijken sector van den vulkaan (80 cm), behalve te Ottajano, waar de laag een dikte van 125 cm bereikte. Te Resina werd 25 cm, te Napels 2 cm, te Capri 0.5 cm asch afgezet.

Bij het observatorium lag slechts 30 cm asch.

Verder werd aschval op zeer groote afstanden gemeld, uit Parijs, Neustadt, Schleswig Holstein, Dalmatië, Montenegro enz.

Vergelijkt men foto's van den Vesuvius na de eruptie van 1906 met die van den Gg. Raoeng, dan blijkt dat bij den Vesuvius de nieuwe losse lapilli en aschlagen een geringe dikte hadden en dat de oorspron-

kelijke diepere kraterbodem, die gedeeltelijk weer met vallend puin opgevuld werd, vlak is.

In de tropen, waar erosie haar arbeid snel verricht, konden zeer goed bij den Raoeng eenige jaren na de eruptie de nieuwe lagen gedeeltelijk weggespoeld worden.

Er zijn verwoestende lahars van den Raoeng bekend, tijdens de erupties van 1638 en 1730, voornamelijk op de oost- en zuidelijke hellingen. Dr. STEHN (10) onderzocht in 1924 de rivierbeddingen der Kali Setail en Kali Klatak en vond er oude laharafzettingen, die op groote vroegere erupties wijzen.

Waar men dus van den Raoeng weinig gegevens bezit voor het bepalen van de wijze waarop caldeiravorming plaats had, uitwerping of instorting, is het overbodig hier dieper in te gaan op de oorzaak van caldeiravorming in het algemeen, en bij den Raoeng in het bijzonder.

De toekomst zal leeren of men in de caldeiravorming een ouderdomsfase van een vulkaan moet zien.

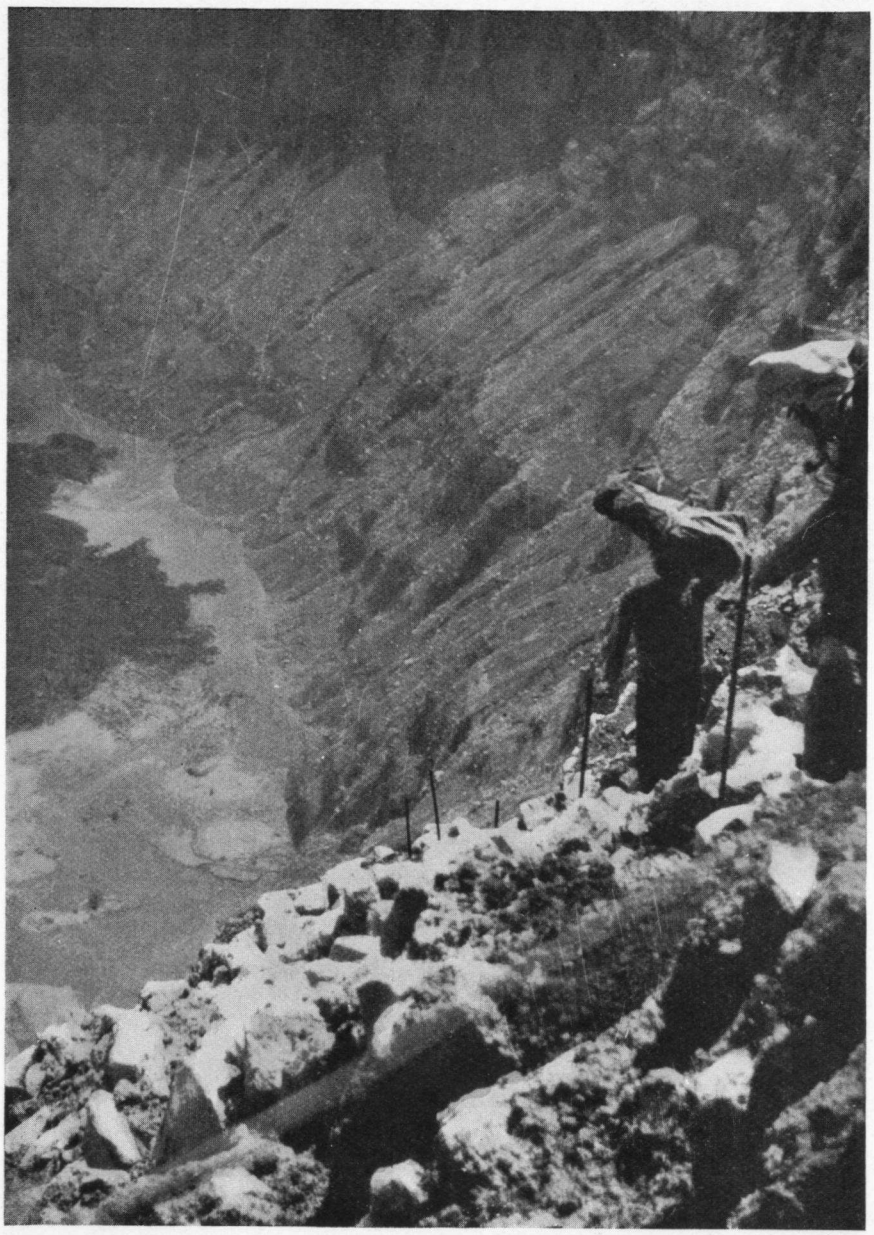


Fig. 9.

De puinhellingen aan de oostzijde (Aug. 1933).

III. DE CALDEIRABODEM.

De palen en kabels, welke in 1932 werden aangebracht om het afdalen te vergemakkelijken, waren een jaar later, door de zure gassen welke de lucht bezwangeren, tot op de helft verteerd.

Een beter pad, welke de uitschakeling zou beteekenen van de vroegere installatie, was noodzakelijk en werd in 1933 aangelegd. Dat de invloed der zure gassen nogal sterk was, bleek ook uit het feit dat de tenten na 14 dagen zoodanig aangetast waren, dat zij scheurden en gedeeltelijk tot stof uit elkaar vielen.

Na ongeveer twee uren dalen, werd langs het nieuwe pad den bodem bereikt op ± 430 m onder den oosttop.

De bodem is minder vlak dan van boven uit lijkt. De meest vlakke gedeelten liggen in het zuiden. De oostzijde ligt 10 m lager, terwijl de westelijke vlakte 30 m lager ligt.

Vrijwel het geheele NE, N en NW gedeelte wordt ingenomen door jonge lavastroomen; slechts enkele strooken langs den wand in het westen, het zuiden en het noordoosten, zijn niet met lava bedekt. In het noorden raken de lavastroomen den wand.

In de zandvlakten vindt men niet zelden woestijnkorsten, waarmede ook in het algemeen de kleine heuvels, de geheele middenkegel, tot zelfs de buitenhellingen van den Gg. Raoeng bedekt zijn. Bij andere vulkanen in Oost-Java, treft men dikwijls geen of slechts geringe korstvorming in de omgeving van kraters aan: zoo b.v. bij den Keloed, den Semeroe en bij den Lamongan slechts aan de oostzijde, waar zich de randfumarolen bevinden; bij den Idjen ook voornamelijk bij de oostelijke fumarolen. Bij den Bromo treft men deze reeds meer aan, doch bij den Raoeng het sterkst. Deze korstvorming schijnt dus in verband te staan met het aanwezig zijn van zure dampen. Hierbij zij herinnerd aan de rol welke deze bij het ontstaan van korsten op de gloedlawine-afzettingen van den Merapi spelen.

Behalve den tegenwoordig nog actieven middenkegel bevinden zich op den bodem der caldeira eenige heuvels. Deze zijn van drieërlei soort: oude ringwallen van vroegere kraters, ruggen van lavastroomen en eindelijk enkele kleine heuvels van bijzonderen oorsprong.

De eersten zijn achtergebleven bij de herhaaldlijke verplaatsing van het eruptiepunt binnen de caldeira. Men treft deze ringwallen voornamelijk aan in het oostelijke gedeelte van den bodem en ten SE van den middenkegel. Sommige zijn nog onder thermischen invloed met temperaturen tot 90°. Deze oude ringwallen en overblijvende heuvels van vroegere werking, alsmede de oudere lavastroomen, werden bij latere erupties overdekt en opgehoogd.

Sommige heuvels bezitten een kern van lava; door de vroeger, of

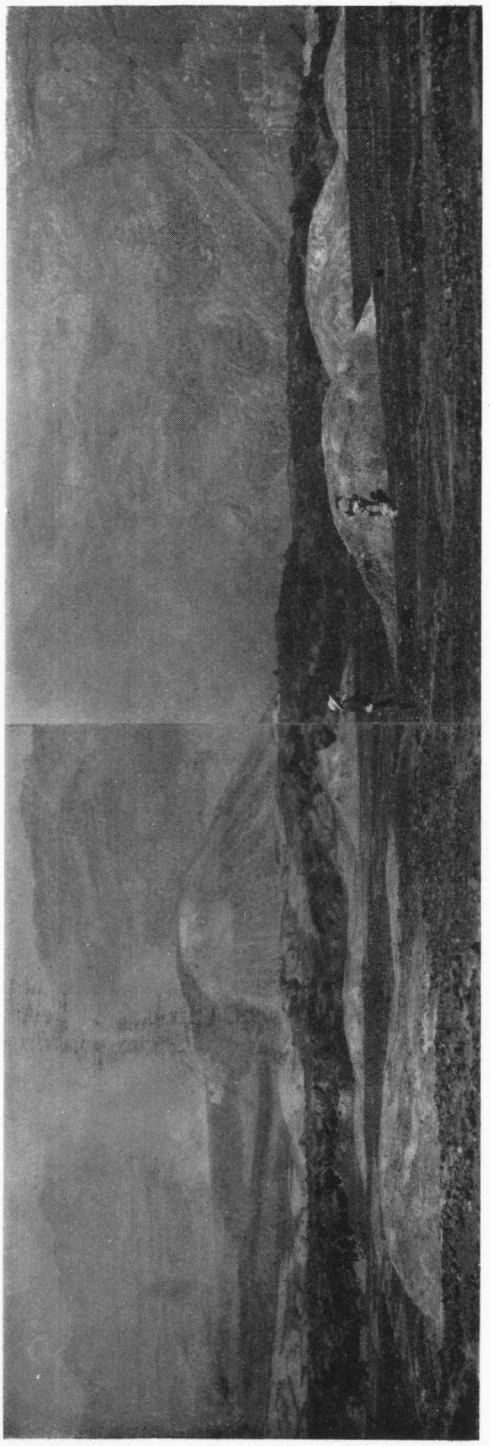


Fig. 10.

De kleine heuvels van den caldeirabodem, nabij den westwand. Op den achtergrond, geheel rechts ziet men achter de lavastroom nog twee van dergelijke heuveltjes. (3 Juli 1932).

ook nu nog uittredende gassen, is de hierop later gevallen asch gefixeerd. Lavaschollen, vermoedelijk door breuken omhoog geperst, steken soms hoog boven de omgeving uit. Doorbraak van lava uit den ouden caldeirabodem, hoewel nooit geconstateerd de visu, moet meermalen plaats hebben gehad (zie IV).

De zich in de westelijke zandvlakte bevindende heuvels (fig. 10) bezitten nog een verhoogde temperatuur. Zij zijn bedekt door een tamelijk harde korst, waaronder zich sublimatieproducten, in hoofdzaak zwavel en gips en als omzettingsproduct een kaolienachtige modder bevinden.

Deze heuvels bieden grooten weerstand tegen erosie, zoolang als er gassen ontwijken, die sublimatieproducten afzonderen. Nieuwe aschlagen worden door exhalaties verkit, waardoor in zekeren zin het groeien van deze heuvels wordt veroorzaakt. Door afgraving kan men zich hiervan overtuigen. Zij bezitten een hoogte van ongeveer twee tot vier meter.

De berichten omtrent dampemanaties in vroegere jaren over de geheele oppervlakte

en ook periodisch 1913, 1917 en 1924, voornamelijk dicht onder den caldeirawand, spreken voor het ontstaan der heuvels op breuken.

Dergelijke heuvels zijn van den Vesuvius (Atrio del Cavallo) bekend. Fig. 10 en die welke in PERRET's werk is afgebeeld onder No. 70 toonen een buitengewone gelijkenis. PERRET (Litt. 9 p. 111) spreekt van deze heuveltjes als „mudcoated dômes" of „montagnelles" en „rounded hornito's" en geeft de aanwezigheid van breuken aan als verklaring voor hun ontstaan: „Immediately after the eruption writer found fumarolic emanations from cracks in the ashlayers of this region: (Atrio) 200 m distant from the base of Somma with an uniform temperature of 98°, abundant watervapor, hydrogen sulphide and deposits of sulphur in the cracks. The superficial stratum of hardened mud, formed a nearly impervious layer that effectively blanketed the upwardly diffusing gasses..."

Uit een serie temperatuuropnamen bij de heuvels van Atrio del Cavallo, door Prof. FR. SIGNORE (Litt. 11) gedurende de laatste 15 jaren, blijkt, dat er nogal groote variaties in temperatuur voorkomen. Dit doet hem de conclusie trekken, dat zij nog steeds, via breuken, in relatie met de diepte staan.

In de laagste gedeelten van den caldeirabodem van den Gg. Raoeng zijn tusschen de heuvels kommen ontstaan, waar zich in den westmoesson regenwater verzamelt. De herkomst van het water en het medegesleurde materiaal wordt verraden door de eigenaardige kleuren die de meertjes aannemen. Die, welke door water afkomstig van den caldeirawand worden gevoed, zijn bruinachtig van kleur, doordat de oude gesteenten meestal rood verweerd zijn. Andere, welke het water afkomstig van den middenkegel bevatten, krijgen door asch in suspensie een grijze kleur. Een poel in het NE maakt hierop een uitzondering: door de hierin ontwijkende gassen is het water door zwavel blauw gekleurd.

De fijne klei, die na verdamping van het water in den drogen tijd overblijft, vertoont bij uitdroging een ingewikkeld net van krimpscheuren.

De fumarolen.

Wij kunnen betreffende de tegenwoordig aanwezige fumarolen kort zijn. Men kan twee groepen onderscheiden:

a. vlakte fumarolen,

b. randfumarolen.

De vlaktefumarolen.

In het E, N en W gedeelte komen vele fumarolen voor, in de Z vlakte daarentegen zijn er geen meer aanwezig. Het temperatuurgemiddelde bedroeg in 1932: 79.4° C (laagste 74°, hoogste 81°). Waterdamp en SO_2 vormen de hoofdzakelijke dampemanaties; zwavel en een geringe hoeveelheid gips de belangrijkste afzettingen.

De aanwezigheid dezer fumarolen en vele sporen van reeds uitgedoofde, wijzen er op, dat de bodem door talrijke spleten doorsneden is.

De randfumarolen.

Ook de randfumarolen treft men het meest aan in het E, NE, N en W, terwijl in het S geen werking meer valt waar te nemen.

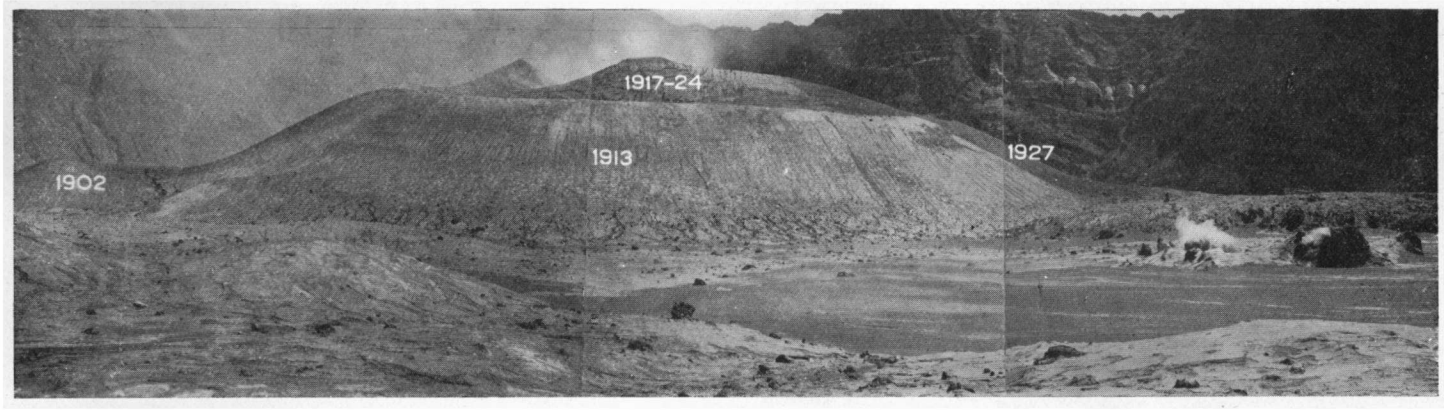
In het ESE treft men een kleine groep fumarolen op 40 à 60 meter hoogte in de puinhellingen aan. Zij bezitten een gemiddelde temperatuur van 77° C. Een van hen (No. 2*e*, 93° C) blies in 1932 en 1933 met kracht waterdamp uit. De anderen geven, evenals de bovengenoemde, waterdamp en SO_2 en zetten een geringe hoeveelheid gips en zwavel af.

De fumarolen onder den oostwand bezitten een gemiddelde temperatuur van 78¾° C. Die in het N gaan tot 90° C.

Eindelijk bezitten de hiervoor genoemde westelijke fumarolen in typische heuveltjes een gemiddelde temperatuur van 92° C (1933).

De randfumarolen hebben in den loop der jaren vele wijzigingen ondergaan. In perioden van eruptie van den middenkegel, hebben zij sterke rookontwikkeling vertoond.

(De fumarolen der lavastroomen en van den middenkegel worden onder IV behandeld, bl. 22 en 34).



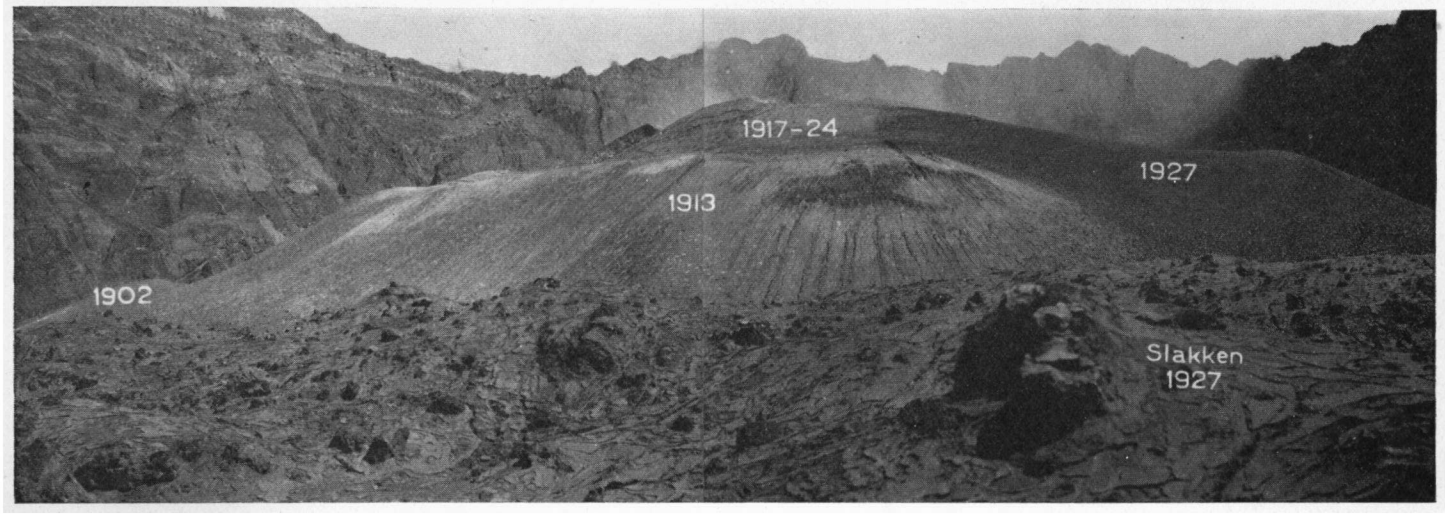


Fig. 11 en 12.

De centrale kegel, gezien van het oosten uit, met opgaaf der ondergane uitbreidingen in 1902, 1913, 1917—21 en 1927. (4 Juli 1932). Op den voorgrond eenige slakken van de eruptie van 1927.

IV. DE CENTRALE KEGEL.

Korte eruptiegeschiedenis.

Alvorens het tegenwoordige aspect van den bij tusschenpoozen nog werkenden middenkegel te beschrijven, is een résumé van zijn ontstaansgeschiedenis onontbeerlijk.

In den tijd dat JUNGHUHN (Litt. 1 pag. 900 en 913) den Gg. Raoeng beklom, in Oct. 1844, had de krater een vrij vlakken bodem. Op één plaats bevond zich een moeras, hetwelk naar schatting een paar honderd voet breed was, en welke hem de gevolgtrekking deed maken, dat de kraterbodem vroeger geheel met water is bedekt geweest. „In de omgeving van het meer'', schrijft JUNGHUHN, „schijnt de geheele bodem uit opgetaste weeke modderachtige zelfstandigheden te bestaan.''

Het ontbreken van gelaagde aquatische sedimenten pleit niet voor deze opvatting, maar de gedeeltelijke ophooging, welke na het bezoek van JUNGHUHN plaats had, maakt het lastig hierover een juist oordeel te vellen. Wat de „modderachtige opgetaste zelfstandigheden'' betreft, deze bestaan heden nog: het zijn lavastroomen, welke van den rand uit dit eigenaardig aanzien hebben (zie Fig. 1).

Sinds JUNGHUHN den Raoeng bezocht, zijn er berichten over werking van dezen vulkaan in 1859, 1860, 1865, 1881, 1887, 1890 en 1896.

De eerste foto's, in 1902 door OTTOLANDER gemaakt, geven de som der veranderingen weer, die tengevolge van deze erupties in den krater plaats grepen. Op de plaats waar JUNGHUHN in 1844 dampen zag ontwijken, nabij den voet van den Zuidoostelijken wand, was een kleine kegel ontstaan, welke in den loop der tijden kleine veranderingen onderging. Lavastroomen moeten uitgevloeid zijn blijkens de foto's uit het werk van KEMMERLING (Litt. 4, pl. VIII, fig. 1 en 2) (zie fig. 13, 1912).

In 1903 en 1904 was de middenkegel werkzaam; over de jaren die hierop volgen, tot 1913, zijn weinig gegevens bekend.

Midden Mei 1913 begon een nieuwe eruptie, welke tot eind Juli aanhield. H. A. BROUWER (Litt. 5, p. 51—87) heeft deze interessante eruptie beschreven. De kegel vertoonde een verplaatsing van het eruptiecentrum in noordelijke richting en had een hoogte van zestig meter bereikt.

In 1915, 1917 en 1921 werden rookpluimen en dof gerommel vanuit de omgeving gemeld. Bij de laatste eruptie zouden, volgens Dr. KEMMERLING (12), zwavelstroomen uit de noordelijke openingen van den middenkegel zijn gevloeid: „de geheele bodem is in het noordelijk deel van den krater met donkergroene zwavelstroomen bedekt.''

Bij de verschillende bezoeken in het noordelijk lavagebied in 1932/1933, konden hiervan geen bewijzen worden gevonden. Aangezien gedurende de jaren van 1921 tot 1927 de werkzaamheid van den middenkegel sterk verminderde en de door de eruptie van 1924 en 1927 uit-

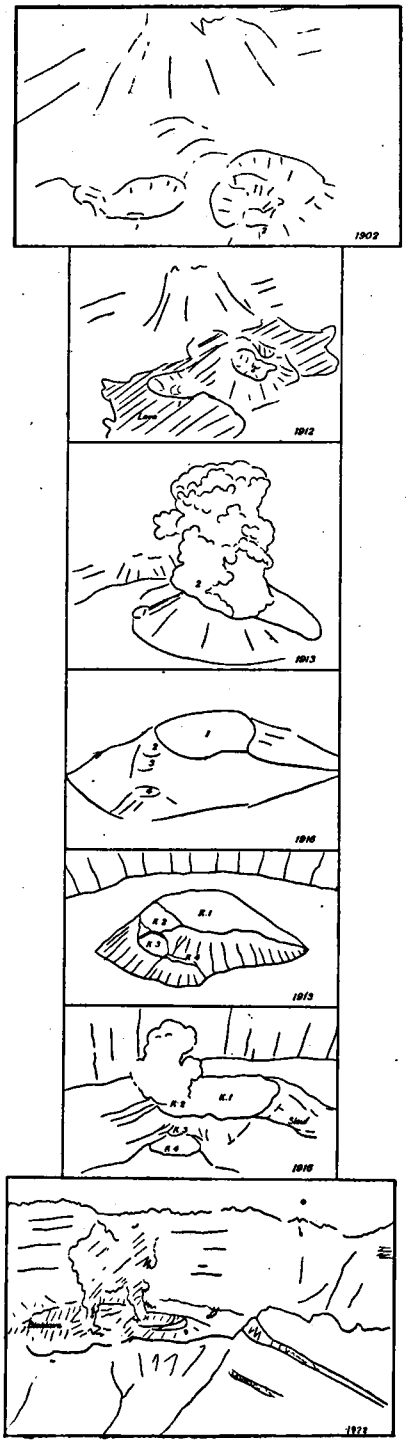


Fig. 13.

Veranderingen der middenkegel van 1902 tot 1922.

geworpen efflata slechts een klein gedeelte van den bodem hebben opgehoogd, is in de topografie in het noordelijk gedeelte weinig verandering gekomen. Men kan dus aannemen, dat het in 1921 uitgevloeide materiaal geen zwavel, doch lava is geweest.

Lavadoorbraak langs spleten in den kraterbodem moet meermalen plaats gevonden hebben. Zoo bleek bij een bezoek aan den kraterrand in Februari 1924, dat zich in den noordelijken mantel van het vulkaantje een breede geul had gevormd, voorts een diepe spleet ten noorden hiervan, waaruit op twee plaatsen dampen opstegen. Op andere plaatsen van de lava, die het noordelijk gedeelte van den kraterbodem bedekt, ontweken dampen. In 1922 werden er geen waargenomen. Meer in het westen werd een geulvormige spleet opgemerkt. Als oorzaak van hun ontstaan werd inzinking aangenomen (13).

Bij de verkenningen in het lavagebied bleek in 1933, dat deze spleten overblijfselen van lavageulen zijn, zoodat moet worden aangenomen, dat ook in 1924 lava-uitvloeiingen hebben plaats gehad. Men treft trouwens in het N en NW op twee plaatsen zwelkoepels aan, welke lava-uitvloeiingen door spleten in den bodem als het ware onderstrepen.

In 1933 waren daar nog eenige solfataren werkzaam met temperaturen van ongeveer 80° C.

Dit gedeelte van den kraterbodem gaf dus in de laatste jaren blijk van vulkanische werking, wat overeenkomt met de algemeene tendenz, t. w. verplaatsing van het eruptiepunt in NW richting (zie fig. 11, 12), vermoedelijk in verband met breuken.

De lava's zijn alle blok- of schollava's van basaltische samenstelling.

Lavatunnels zijn niet aangetroffen, hetgeen met de geringe helling ook niet te verwachten is.

Op twee plaatsen verheffen zich resten van hornito's.

Fumarolen in de lavastroomen.

Deze vijn voornamelijk secundair en behooren tot niet geheel afgekoelde lavastroomen, welke voornamelijk in het W, N en NE zeer dikke afzettingen vormen.

In de jaren 1932 en 1933 kwamen vrijwel geen variaties voor in de temperaturen (gemiddeld 72° C).

Waar waterdamp uit de holen en spleten in de lavastroomen ontwijkt, zijn deze vochtig en bezitten zij geelachtig grijs tot bruine sublimatie-producten, waarin ijzerchloride de hoofdzaak vormt.

Op enkele plaatsen in het noordelijk gedeelte, waar in de jaren 1921 en 1924 de reeds besproken lava-uitvloeiingen plaats hadden, vindt men solfataren met afzetting van zwavel. Of deze fumarolen primair zijn, zal moeten blijken uit toekomstige temperatuurwaarnemingen. Zij bevinden zich op een gedeelte van den kraterbodem, dat in de toekomst interessante gegevens kan opleveren.

De eruptie van 1927.

De officieele rapporten, die nog niet gepubliceerd zijn, zijn ter aanvulling van eigen te korte observaties nagegaan en bewerkt, dank zij de welwillende toestemming van de Heeren Ir. J. Reijzer, Hoofd van den Opsporingsdienst en Dr. Ch. E. Stehn, leider van het Vulkanologisch onderzoek te Bandoeng.

Eruptiekarakter.

Begin Augustus 1927 was van het Ijanggebergte zeer duidelijk boven den Raoengkrater een typische bloemkoolwolk waar te nemen. In de Djembersche vlakte viel, op 30 kilometer afstand, na eenige dagen een lichten aschregen. Eenige weken later was soms ook een dof gedreun, afkomstig van den vulkaan, waar te nemen.

Van de gebruikelijke observatieplaats, den noordtop, was het mogelijk het volgende vast te stellen:

Evenals bij vorige uitbarstingen was de middenkegel weder in actie. De explosies, welke elkaar in het begin opvolgden met tusschenpoozen van 10 tot 30 per uur, hadden hun oorsprong in een of meer krateropeningen en leverden slechts losse efflata.

Bommen en blokken werden voornamelijk in de eerste eruptieperiode rijkelijk opgeworpen tot op tientallen meters hoogte boven den rand van den centralen kegel. De explosies zetten meestal met volle vaart in; met een min of meer hevigen knal ontsnapten de eruptiewolken, wit of donkrgrijs tot zwart, naarmate ze minder of meer asch bevatten. De gevormde wolk steeg in wervelingen op met een snelheid afhankelijk van den gasdruk soms tot op aanmerkelijke hoogte (3000 m), waarna afdrijving voornamelijk in westelijke en noordelijke richting plaats had (Oostmoesson).

Tijdens de rustperioden zag men soms gasontsnappingen, doorschijnend blauw van kleur, welke eerst op eenige hoogte door condensatie duidelijk zichtbaar werden. Een opeenvolging van verschillend gekleurde dampsoorten had eveneens plaats, soms zelfs een combinatie van lichter en donker gekleurde eruptiewolken al naarmate de openingen vrij of verstopt waren (zie fig. 14).

Niet alle erupties hadden een explosief karakter. Soms ontweken de gassen met een zuchtend geluid tot op geringe hoogte met asch en lapilli gemengd. Explosies werden ook wel eens gevolgd door een reeks van kleinere knallen of gasontsnappingen.

Bij mijn bezoek aan den kraterrand in het midden van September 1927, kort nadat op 30 km van den vulkaan duidelijk de zware knallen en het gedreun was te hooren, bleek, dat slakken welke soms een diameter van een meter en meer bereikten, bij de sterke explosies, een tijdlang halfgloeiend in de lucht zweefden, een rookbaan achterlatend, waarna zij in de oude caldeira neervielen.

De zware explosies werden voorafgegaan door secundenlang gerommel in de diepte, waarbij de kratermond — dit was vooral bij nacht zeer duidelijk — hoe langer hoe meer begon te gloeien. Er volgde soms een fonteinachtig opwerpen der eruptieproducten, voornamelijk lapilli, welke met luid geknetter langs den kegel rolden, hetwelk een zeer fraai schouwspel opleverde. Zware aschgordijnen werden tijdens het opstijgen der eruptiewolk gevormd, voornamelijk in de laatste periode (September).

Tijdens het onderzoek van den krater in 1932/33, bleek dat sommige van de in 1927 uitgeworpen slakken van respectabele afmetingen in plastischen toestand op een afstand van 500 meter van het eruptiepunt waren neergeworpen.

Uit de voorloopige rapporten van Ir. M. E. AKKERSDIJK en den Heer ECOMA VERSTEEG van het Vulkanologisch Onderzoek blijkt, dat het eruptiepunt zich herhaaldelijk verplaatste. De veranderingen, welke de kegel onderging, worden het best toegelicht door de kraterschetsen door Ir. AKKERSDIJK op verschillende data gemaakt (fig. 15).

Men ziet, dat de oorspronkelijke krateropening aan de zuidoostzijde, doordat nieuwe eruptiepunten op 15/8 in het Noordwesten, op 19/8 in het noorden ontstaan, langzamerhand overgaat in een grooten krater op 8/9/27. Op 23/9 ontstond nog een vierde eruptiepunt op de SE binnenhelling.

Terwijl k 1 en k 2, vóór de overname der werking door k 3, simultaan werkten (AKKERSDIJK) werd eind September opgemerkt, dat er tusschen k 3 en k 4 wisselwerking bestond (SOETARDI). K 4 had een kortstondig bestaan, terwijl k 1 tot het einde in werking bleef.

Eruptieverloop.

In den aanvang der eruptie werd een groot quantum grof materiaal, voornamelijk oude lavablokken doch ook nieuwe slakken, uitgeworpen (2—15 Augustus). Per uur werden 10 tot 20 afzonderlijke explosies en explosieseries waargenomen.

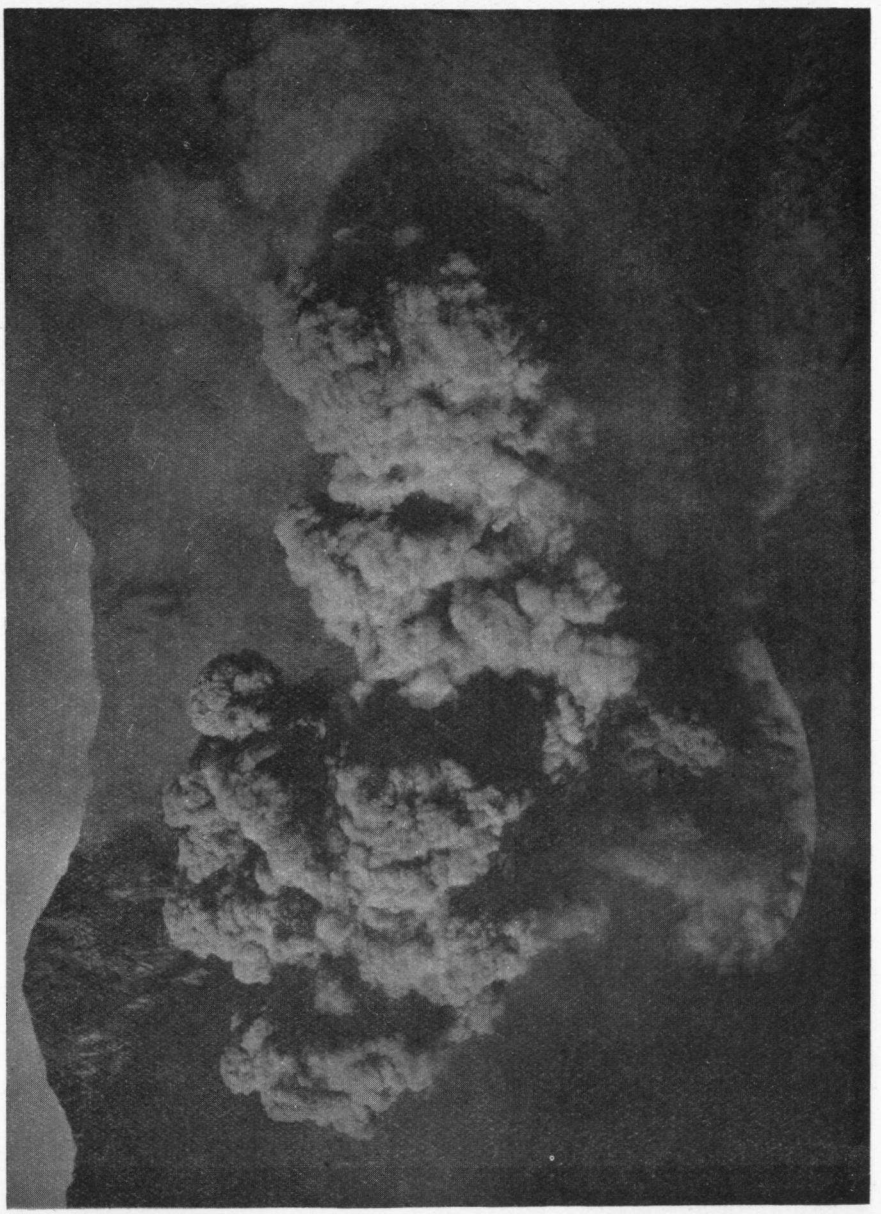


Fig. 14.

Eruptie van 1927 van den Noordtop uit, op 1000 m afstand van het eruptiepunt. (17 September 1927).

Later (15—29 Augustus) vermeerderde het aantal explosies tot 40 per uur; de slakken, hoewel nog steeds aanwezig, verminderden in aantal, er kwamen nu rijkelijk lapilli in de explosiewolk voor.

Ongeveer een maand na het begin der eruptie scheen deze in krácht af te nemen. De knallen werden zwakker, het opgeworpen grove materiaal verminderde, bommen kwamen niet in de eruptiewolk voor, doch wel veel lapilli. Dampen, thans in groote hoeveelheid, kregen de overhand, zoodat de indruk bij den waarnemer gevestigd werd, dat de grootste werking voorbij was (SOETARDI's rapport van 2 September).

Op 3 September, een dag later, was de activiteit weer toegenomen, de exhalaties waren krachtiger.

De dampen, welke in de oude kraterruimte bleven hangen, maakten de observaties moeilijk. Dikwijls kon van de explosies niets anders waargenomen worden dan de geluidsverschijnselen. Volgens SOETARDI werd ook H_2S uitgestooten. De krater nam in grootte toe.

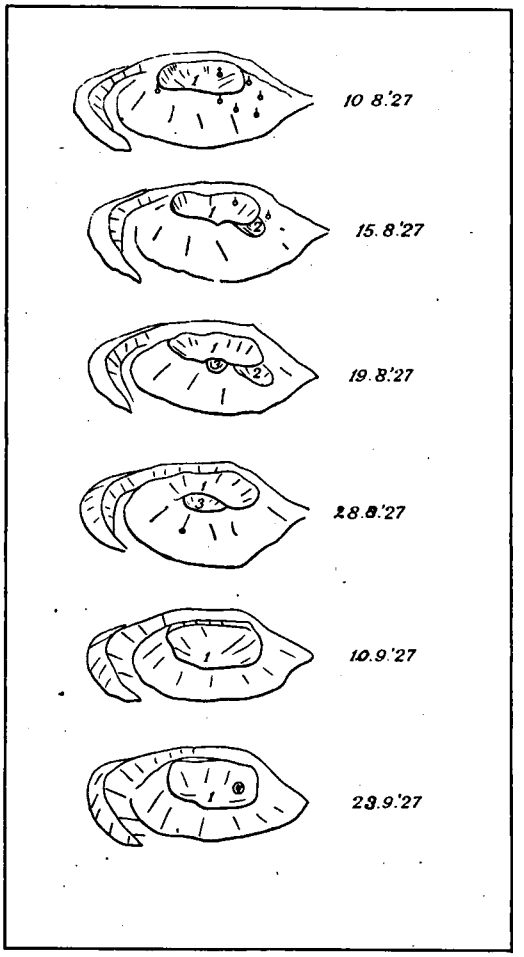


Fig. 15.

Op 4 September was de werking sterker dan op den vorigen dag. Op den avond van 4 op 5 September werden eenige zeer harde detonaties van het bivak uit gehoord. Na enkele minuten viel een aschregen, welke den geheelen nacht en een groot gedeelte van den volgenden dag voortduurde. Op 5 September 's morgens drong geen zonnestraal door de dichte aschsluiers op Pk Demit. De beklimming tot den kraterrand was pas tegen 11 uur mogelijk. De knallen waren sterker, verscheidene malen stegen de lapilli tot boven den kraterrand, ook bommen werden uitgeworpen. De krater nam naar het zuiden en het oosten in breedte toe.

Na den 5en September begon de hoeveelheid efflata eenigszins af

te nemen, doch des te sterker waren de knallen en krachtiger de gasexhalaties, welke op 7 en 8 September hun maximum bereikten (70 per uur). In de rustpoozen tusschen twee explosies hoorde men luid brommen in de diepte, het uittreden der toegevoerde gassen was zeer heftig en de knallen waren krachtig. Bij sommige zware detonaties waren tegen de verticaal opstijgende rookkolom als achtergrond, lichte ringen zichtbaar, die misschien met de geluidsgolven samenhangen, welke zich met groote snelheid voortplantten. Het schudden van den vulkaan was in het bivak op Pk Demit (afstand 2 km) voelbaar. De krateropening heeft in die week de grootste uitbreiding ondergaan.

Na 8 September verminderde de activiteit geleidelijk, hoewel de vulkaan met tusschenpoozen hevige knallen deed hooren.

Gas en asch vormden langzamerhand de hoofdzaak der exhalaties, de rustperioden tusschen de explosies werden van langeren duur. Eind October kwam de uitbarsting tot stilstand.

Fig. 16 is door mij samengesteld aan de hand van de observaties, welke dagelijks gedurende 6 uren, door personeel van het Vulkanologisch Onderzoek werden gemaakt.

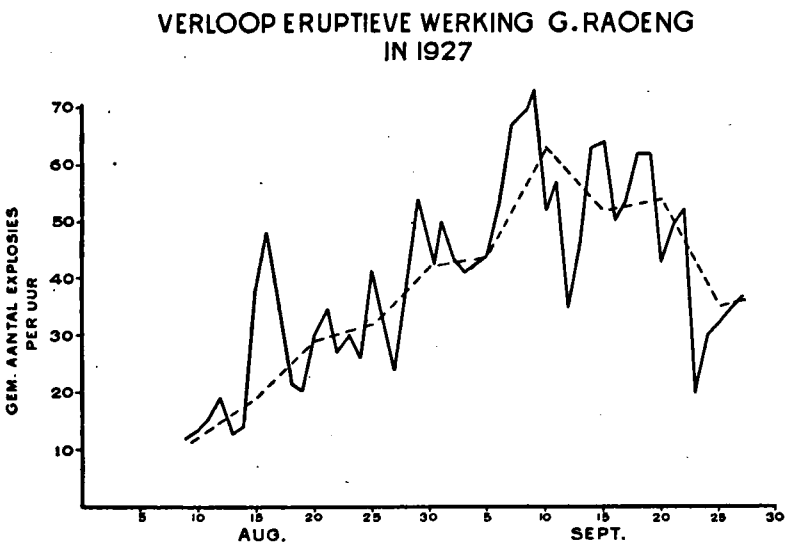


Fig. 16.

De dikke lijn geeft het gemiddeld aantal explosies per uur aan, de stippellijn, een 5 daagsche kromme, geconstrueerd uit het gemiddeld aantal explosies van 5 op elkaar volgende dagen, van 10—15 Augustus, van 16—20 Augustus, van 21—25 Augustus enz., ter verkrijging van een overzicht in de zeer sterk uiteenloopende dagcijfers.

Duidelijk is uit het verloop te zien, dat de grootste werking niet in het begin der eruptie plaats had.

NEUMANN VAN PADANG (Lit. 14, 15) kwam tot een dergelijk resultaat

na verzameling van een groot aantal gegevens van uitbarstingen (Krakatau 1883, Montagne Pelee 1902, Vesuvius 1906, Merapi 1930, Slamat 1932). Hij onderscheidt, evenals PERRET, drie perioden of fasen tijdens een uitbarsting en verklaart de verschillende fasen door ongelijkmatige samenstelling van het magma (zie fig. 17).

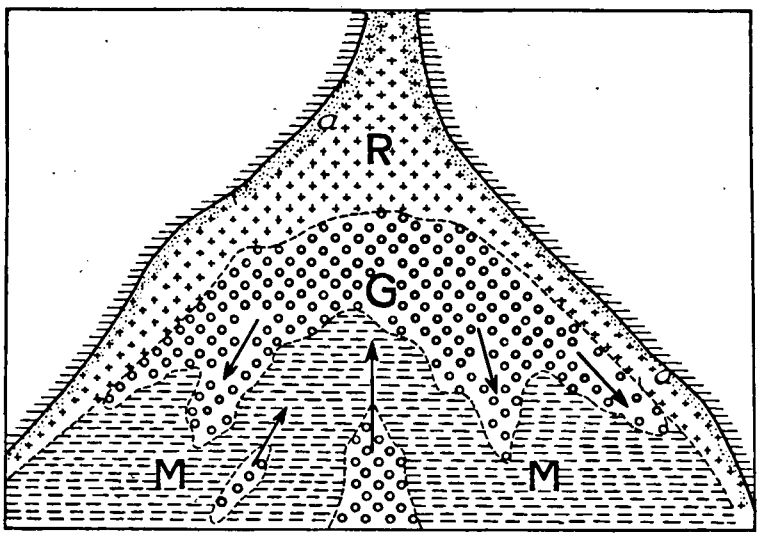


Fig. 17.

Schematische doorsnede door het bovenste gedeelte van een magmahaard.
R is de meest afgekoelde, maar nog gloeiend plastische randschaal.
a is de geheel afgekoelde vaste buitenste rand.
G zijn de gasrijke, heetste magmaslieren, die zich in het bovenste gedeelte onder de taaivloeibare randzone ophoopen.
M is het normale magma.
De pijlen geven de richting der konvektiestroomen aan.
(Naar NEUMANN VAN PADANG, Handel. v/h. 6. N. I. Natuurw. Congres).

Op de Raoeng uitbarsting overgedragen vertegenwoordigt het uitwerpen van a en R, de explosieve fase of vooreruptie, het uitwerpen van G de hoofd- of gasfase op 7 en 8 September 1927, terwijl M samenvalt met de daaropvolgende aschfase.

In den duur der verschillende fasen en de mate van hun hevigheid bestaan uiteraard verschillen tusschen de Raoeng-eruptie van 1927 en die uitbarstingen van andere vulkanen. Zoo kan, wanneer men de eruptie van den Raoeng in 1927 met die van den Vesuvius van 1906 vergelijkt, bij de 2e (hoofd) fase van den Raoeng niet van een zuivere uitstrooming van gassen gesproken worden.

Fig. 18.

De centrale kegel op 24 Sept. 1928 van den noordtop af gezien.

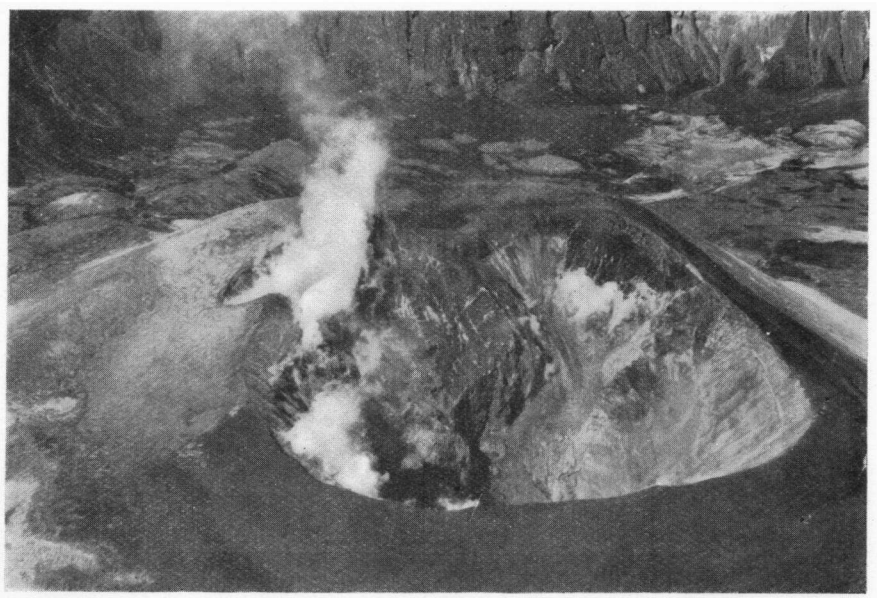


Fig. 19.

De centrale kegel op 24 Juni 1929, na het ontstaan van een nieuw kratertje.

De werking na 1927.

Na de eruptie van 1927 werd de Gg. Raoeng vrij geregeld door den schrijver bezocht. Hoewel niet eruptief, bleef het middenvulkaantje nog jaren lang in een toestand van verhoogde activiteit. Bij de bezoeken van 30 October 1927, Januari 1928, September 1928 en Maart 1929 was steeds, in spleten, donkerroode gloed zichtbaar, een bewijs dat het magma nog dicht bij de oppervlakte aanwezig was, met een temperatuur van ongeveer 700—800° C. In deze periode ontwikkelden de solfataren vrij veel damp en bij een bezoek in September en October 1928 werden vlammen, veroorzaakt door brandende zwavel, bemerkt. Dat de temperatuur hoog was, bleek uit het feit dat de dampen boven de krateropening pas op 3 à 400 meter hoogte zichtbaar werden. Op 24 Juni 1929 werd, nadat een vrij sterke rookontwikkeling van de vlakte uit was waargenomen, een bezoek aan den krater gebracht.

Bij aankomst op den rand bleek, dat er een nieuw kratertje was ontstaan aan de oostzijde van den centralen kegel (fig. 19), waarin een vrij hevige dampontwikkeling plaats vond. In de omgeving van den vulkaan werden in die dagen geen aschregens gesignaleerd en de omtrek van het nieuwe kratertje vertoonde geen spoor van nieuw materiaal. Toch moest worden aangenomen, gezien de hevige dampontwikkeling, dat er een of meer explosies, gevolgd door verzakkingen, tusschen de bezoeken van Maart en Juni 1929 hadden plaats gehad.

Om bijzonderheden hierover te verkrijgen, was een afdaling in den krater noodig. Deze werd op 16 September en volgende dagen langs den noordelijken binnenwand met behulp van touwen geprobeerd. Afgedaald werd tot op 150 meter van den bodem. Deze werd echter niet bereikt (Lit. 16). Bij mijn bezoek in 1932 waren genoemde verzakkingen nog duidelijk te zien (fig. 20).

Na de kleine eruptie werd, bij het bezoek in September 1929, geen gloed meer in spleten van den centralen kegel waargenomen. Steeds echter zag men van de vlakte uit bij helder weer een enorme semipermanente dampwolk boven de Raoengtop, welke 's morgens vroeg, van het westen uit gezien, de donkere kleur van lavastofwolken aannam. Aangezien de top reeds vroeg in regenwolken was gehuld, was het moeilijk zich een idee te vormen, van wat er plaats had. Meermalen werden hierdoor in de couranten berichten omtrent verhoogde werking geïnspireerd, terwijl menige vergeefsche tocht werd ondernomen. Steeds bleek bij aankomst dat er geen veranderingen hadden plaats gehad sinds vorige bezoeken.

Daar zich dit verschijnsel met groote onregelmatigheid in de overgangsperiodeen tusschen natte en droge moesson vertoonde, gaf het aanleiding tot een vierdaagsche observatie van 29 Mei tot en met 1 Juni 1931.

Opgeteekend werden om de twee uur: de atmosferische druk, de temperatuur en het vochtgehalte der lucht, alsmede het gedrag van de wolk. Hoewel de temperatuur der fumarolen zelf niet gemeten kon worden, geeft bijgaande grafiek (fig. 21) een beeld van de

variaties welke uitsluitend afhankelijk bleken te zijn van het vochtgehalte der lucht.

Fig. 20.

Verzakkingsspleten langs de randen van het in 1929 ontstane kratertje. (2 Juli 1932).

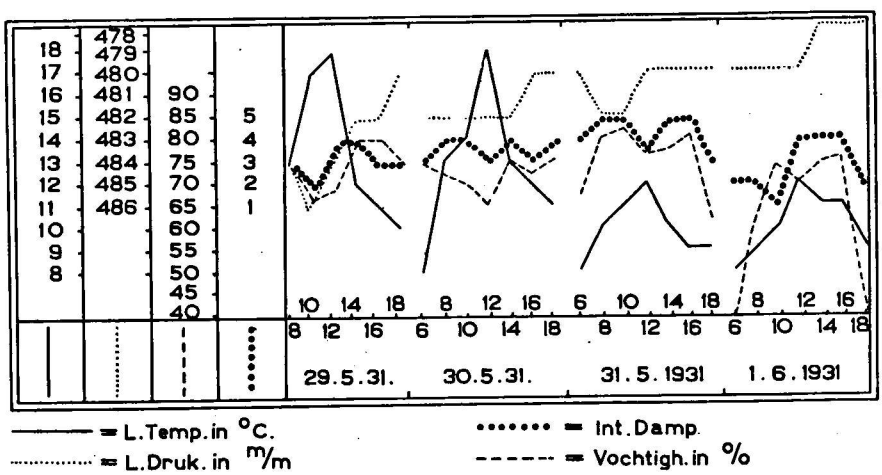


Fig. 21.

Bij droog weer waren de dampen ijl en blauw van kleur, terwijl bij vochtige atmosfeer de dampen onmiddellijk boven den krater condenseerden en dichte witte wolken vormden. Dit verschijnsel is reeds van verschillende vulkanen (Papandajan, Stromboli) bekend.

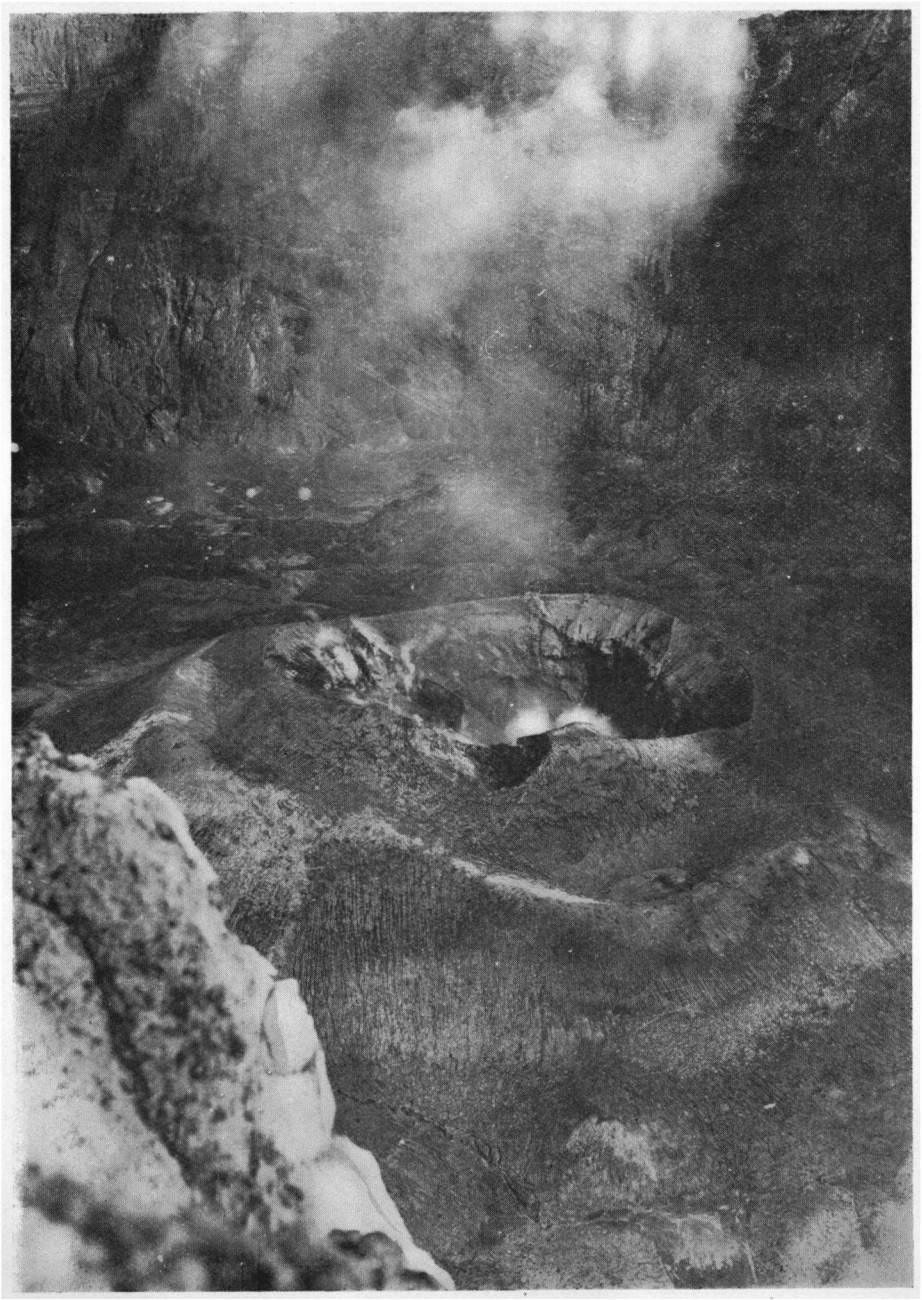


Fig. 22.

De centrale kegel van den oostelijken kraterrand uit gezien (15 Mei 1932).

Aspect van den Middenkegel in 1932 en 1933.

Als men voor het eerst den bodem bereikt, komende van het oosten, biedt het uitzicht op den centralen kegel een zeer fraai schouwspel aan (fig.. 11 en 12).

Het gemakkelijkst is hij van de SE zijde te beklimmen; men passeert dan de verschillende ringwallen, overblijfselen van oudere kraters waarvan de meesten nog verhoogde temperatuur bezitten.

Op de eerste meest oostelijke ringwal, welke zich tot op ± 20 meter boven den caldeirabodem bevindt, werd in 1933 buiten het bereik van vallende steenen gekampeerd.

De aanwezigheid van warme plaatsen in de nabijheid (fum. 3) was van groot voordeel. Door eenvoudig een gat te graven had men warme kookplaatsen. Voor transport van brandstof behoefde dus niet gezorgd te worden.

De koelies maakten eveneens gebruik van de omstandigheid dat de bodem overal een hooge temperatuur vertoonde; zij verbrokkelden de korst, waardoor de atmosfeer in hun tent op temperatuur gehouden werd.

Van de kampeerplaats is de hoogste ringwal in tien à vijftien minuten te bereiken. Hij vertoont een komvormige depressie, waarin zich in den regentijd een poel bevindt (fig. 23). Ook hier is samen-

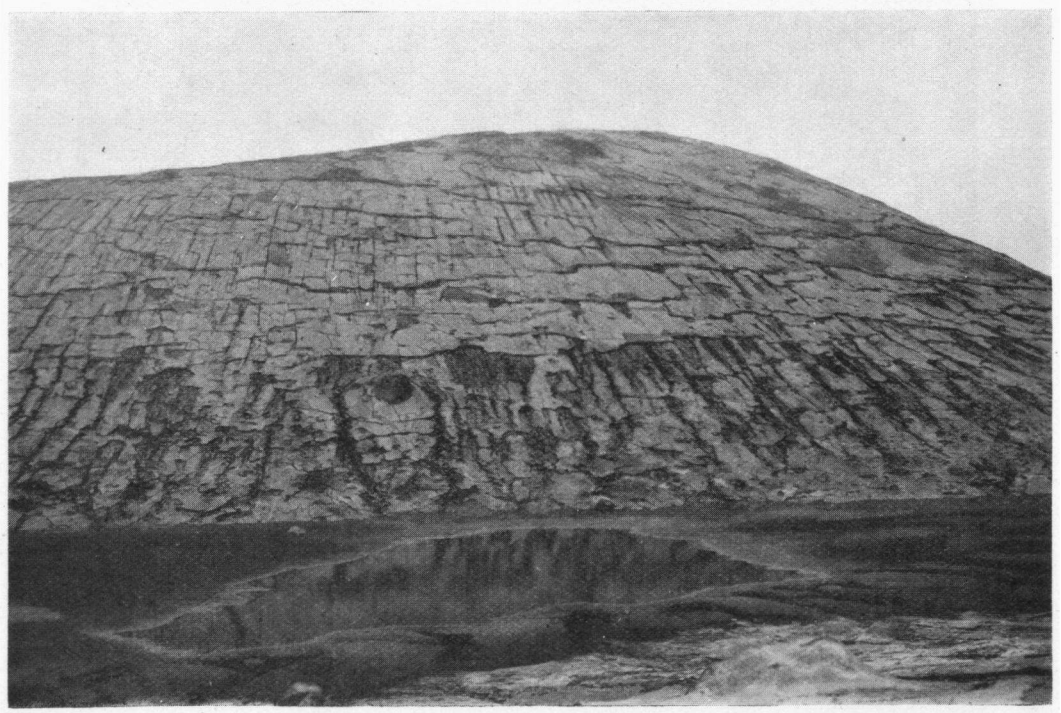


Fig. 23.

Top van de centrale kegel, van den oostelijken ringwal gezien. (17 Juni 1932).

kitting der bovenste aschlagen oorzaak der impermeabiliteit. Vrijwel alle hellingen van den middenkegel zijn met deze korst, welke meestal onder den voet breekt, bedekt. De erosie heeft, in de jaren welke op de laatste eruptie volgden, weinig invloed uitgeoefend op den uiterlijken vorm van den centralen kegel.

Bij regenachtig weer ontweken in 1933 over de geheele oppervlakte van den middenkegel dampen en bij meting bleek, dat hij vrijwel in zijn geheel nog onder thermischen invloed stond. De temperaturen varieerden van 50° tot 90° C. (buitenhellingen).

De elliptisch gevormde middenkegel, waarvan de lange as SSE—NNW is gericht, bevindt zich iets oostelijk van het centrum van den caldeirabodem.

Het hoogste punt van den oostelijken kraterrand verheft zich 90 m, de NW 62 m boven den oostelijken caldeirabodem. De kraterrand meet 270 m N—S en 208 m E—W. Het aspect der binnenwanden verschilt door het materiaal waaruit de centrale kegel door de verschillende erupties is opgebouwd.

Op de noordzijde helt de binnenwand over een korte afstand 45°, om daarna loodrecht tot de vrij vlakke ruimte, die den kraterbodem vormt, af te dalen. Deze binnenwand is niet uitsluitend uit losse producten opgebouwd, doch vertoont in het westelijke gedeelte een lavaprop.

Aan de E zijde, tusschen den hoofdkrater en het in 1929 gevormde kratertje, is een smalle rug, bezet met een reeks van dampende solfataren. Aan de SE zijde zijn eveneens overblijfselen van een prop zichtbaar; de wand is hier nagenoeg loodrecht.

De zuidelijke binnenzijde vertoont een door twee ruggen begrensden trechter, welke met een helling van ongeveer 45° naar den vrij vlakken, hier en daar met blokken bezaaiden, bodem afdaalt. Hierlangs werd tweemaal in 1932 en 1933 getracht af te dalen, doch de pogingen moesten, vanwege de zeer hinderlijke gassen, welke zelfs niet met gasmaskers waren te weerstaan, opgegeven worden.

Deze gassen hadden hun oorsprong in een tweetal trechters. De voornaamste bevond zich aan den voet van den oostelijken wand. In 1932 bezat hij slechts een middellijn van 3 m. Enkele kleine explosies tusschen het eerste en tweede bezoek (1933) vergrootten hem tot een trechter van 10 m middellijn. In de onmiddellijke omgeving lag het uitgeworpen materiaal.

Uit dezen trechter ontweken, met sterker of zwakker geloei, de blauwgrijze dampen, welke bij vochtige atmospheer op zekere hoogte de witte wolk vormden, welke in de omgeving de aandacht op den Gg. Raoeng vestigde.

Op 11 December 1933 hoorde de opnemer SROEHADI, die zich in het kamp op den bodem der caldeira bevond, 's morgens om 7 uur een ontploffing. Na den kegel te hebben beklommen, zag hij, dat van de trechterwanden losgerukte steenen tot op geringe hoogte door de gassen werden opgeworpen, welke met groote snelheid en zwaar geruisch uit het trechtertje opstegen. Dit duurde slechts een kwartier. De asch werd door den heerschenden regen als modder neergeslagen en in de naaste omgeving van den middenkegel afgezet.

Een tweede put, waaruit eveneens dampen ontweken, bevond zich in het zuidwestelijk deel van den kraterbodem. Deze was kleiner van omvang en heeft tusschen 1932 en 1933 geen veranderingen ondergaan.

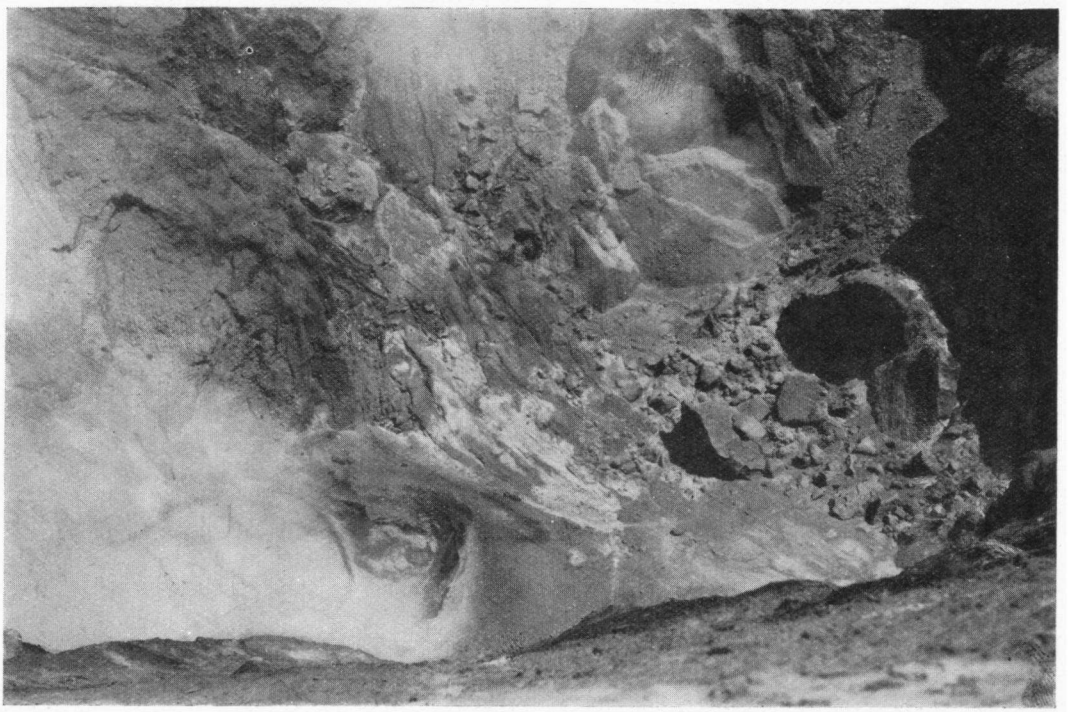


Fig. 24.

Kraterbodem van den middenkegel van den noordrand gezien.
Links den oostelijken trechter. (3 Augustus 1933).

Niet ver van deze put verwijderd, bevond zich in SW richting, ongeveer 50 meter hooger, boven in een met 45° hellende puinmassa, een derde explosiegat, met een diameter van 2 × 2 m.

De bodem van den krater bevond zich op 78 m onder den oosttop en 50 m onder den noordrand van den centralen kegel. De vermoedelijk door dichtspoeling der in 1927 werkzame trechters gevormde vlakke kraterbodem bezit een diameter van oost naar west van ruim 130 m en van noord naar zuid van 110 m.

De fumarolen van den middenkegel.

Op en nabij den hoogsten ringwal trof men aan de oostzijde eenige fumarolen aan. In 1932 bedroeg de gemiddelde temperatuur 89.5°, in 1933 91.5° C (No. 75 en 76). No. 73 en 74 in beide jaren een gemiddelde temperatuur van 90° C.

Bij den hoogsten top aan de oostzijde waren in spleten fumarolen werkzaam. In 1932 werd in No. 79 en 80 resp. 109° en 128° C gemeten in 1933: 159° en 92° C.

Wanneer men den kraterwand rondtrok, vielen verschillende radiale verzakkingen, zoowel in binnen- als buitenhelling, op. In 1933 bleken aan de zuid- en noordzijde enkele zwakke fumarolen werkzaam te zijn, welke in 1932 niet waren opgemerkt (No. 93, zuidzijde: 93° C; No. 94 en 95 aan de noordzijde, beiden 73° C).

Behalve de reeds gemelde fumarolen langs den graat tusschen den grooten en den in 1929 gevormden kleinen krater, bevonden zich langs de binnenhellingen vrijwel overal solfataren. Omtrent de temperaturen van deze solfataren konden noch in 1932 noch in 1933 gegevens verzameld worden: de hinderlijke dampen afkomstig uit de twee trechters beletten dit.

Eindelijk kwamen nog solfataren op den noord-oostrand van den middenkegel voor, Nrs. 67—72 en No. 96. In 1932 was de gemiddelde temperatuur 86.6° C, in 1933: 80.6° C.

V. DE GESTEENTEN VAN DEN Gg RAOENG.

De gesteenten, welke aan den opbouw van den Gg. Raoeng hebben bijgedragen, zijn slecht bekend. Wel is men in het bezit van eenige korte gesteentenbeschrijvingen. Dr. BROUWER verzamelde in 1913 en onderzocht petrografisch eenige gesteentenmonsters van de noordelijke vulkaanhelling. Ook Dr. KEMMERLING (Litt. 4, Bijlage I, XI) beschreef enkele gesteenten van den Gg. Raoeng, zoodat men een denkbeeld over den aard van de gesteenten van deze vulkaan kreeg. Er bestaan verder nog 3 analyses van aschmonsters, verzameld tijdens de erupties van 1864, 1913 en 1927. Aschanalyses echter, geven in het algemeen geen goed beeld van de magmasoort, door de vermenging welke asch ondergaat in de kraterpijp, waardoor jong en oud materiaal niet zijn te onderscheiden. Dit blijkt duidelijk als men een vergelijking tusschen bovengenoemde analyses maakt: sterke afwijkingen in chemische samenstelling der magmatypen in betrekkelijk korten tijd. Volgens NIGGLI's tabellen uitgerekend, wisselen zij tusschen gabbrodioritisch (1864), peléeitisch (1913) en normaal dioritisch magma (1927).

Zoo moest tot nog toe een volledig gesteente-onderzoek achterwege blijven.

In 1932 en 1933 werden van den Gg. Raoeng ca 60 gesteentemonsters ten deele langs het pad, dat van den oosttop tot op den bodem van de caldeira voert, verzameld. Voorts van de lage gedeelten van den caldeirawand, van intrusies in den caldeirawand, van lavastroomen welke op den bodem voorkomen, alsmede van eruptieproducten van de eruptie van 1927.

Het is aan Mej. C. KOOMANS, die de moeite van de bewerking van het gesteentemateriaal op zich heeft genomen en binnenkort hierover haar bevindingen in de Leidsche Geologische Mededeelingen zal publiceeren, te danken, als aan een langdurige leemte een eind wordt gemaakt.

VI. RÉSUME.

Le Mont Raoeng, qui possède une altitude de 3330 m de hauteur, est le volcan le plus à l'est et le plus jeune d'un complexe volcanique de l'est de Java, comprenant en tout quatre cratères dirigés nordest—sudouest (fig. 3). C'est le dernier qui donne encore aujourd'hui signe de vie.

D'après les indications que nous donnent les couches des parois est, nord et surtout ouest, le cratère du Raoeng fût construit sur le flanc est du Mt Wates (fig. 5), puis transformé en caldeira, dont le fond mesure 2100 × 1700 m de diamètre et se trouve à une moyenne de 500 mètres sous les bords supérieurs du volcan (fig. 1, 2). Les parois forment des pentes intérieures dépassant parfois 65° (fig. 6), sauf dans les parties basses, ou l'on trouve des cônes de déjection qui atteignent environ 45°.

Le fait qu'on ne retrouve pas dans les parties du sommet le materiel provenant de la grande éruption qui a donné à la caldeira son aspect actuel, ne constitue pas une preuve d'effondrement. Prenant comme exemple l'éruption du Vésuve de 1906 et supposant que des matières rejetées qui représentent un volume de 2.3 km³ aient été répandues sur un rayon de 15 km, elles auraient constitué une couche de débris ne dépassant pas 10 m d'épaisseur sur le sommet actuel. Cette couche à très bien pu être entrainée par une érosion ultérieure. La présence de tufs épais retrouvés en certains points au pied du volcan confirment cette hypothèse.

La présence de basaltes dans les parties inférieures des parois, contrairement aux andésites dont est constituté le sommet, conduisent à présumer que le problème de la formation de caldeira's se rattache à une phase de vieillesse du volcan.

Presqu'au centre de la caldeira, s'élève un cône dû aux éruptions des 30 dernières années (1902—04, 13, 15, 17, 21, 24, 27, 29, 32—33). (Fig. 11, 12, 13, 18, 19, 22).

Le fond de la caldeira du Mt Raoeng est moins plat qu'il ne semble de prime abord. Des laves, issues du cône central et des fissures du fond de la caldeira, ont recouvert et surélevé les parties NE, N et NW, laissant quelques espaces libres à l'E, au S et au NW.

Les parties les plus basses du fond forment des bassins (fig. 1, 2) qui s'emplissent d'eau de pluie pendant la saison humide. Les mares qui en résultent, sont diversement colorées, suivant le matériel que l'eau entraine et garde en suspension.

Les pentes du cône central et les petites collines, débris de cônes antérieurs, sont recouvertes de croûtes formées par cimentation des couches de cendres, grâce à la présence de gaz (fig. 23).

Les petits édifices de 2 à 4 mètres de hauteur que l'on trouve dans

la partie ouest de la caldeira, ont une ressemblance parfaite avec ceux apparus sur des fissures dans l'atrio du Vesuve, et décrits par PERRET (fig. 10).

Les fumerolles de la plaine à l'est, au nord et à l'ouest, possèdent une température moyenne de 79.4° C, tandis que celles de la périphérie ont une température variant de 78 à 92° C. Comme produits de sublimation, on y trouve du soufre, du gypse et du chlorure de fer.

Le cône central, haut actuellement de 90 mètres, s'est déplacé au cours des éruptions successives dans la direction NNW (fig. 11, 12), laissant en arrière les traces de cônes antérieurs. Il a produit principalement des déjections solides, mais il y eut aussi, notamment en 1924, des coulées de lave. Certaines coulées de lave, surtout dans la partie NNW, ont trouvé leur issue par plusieurs ouvertures du fond même de la caldeira. La température des fumerolles de ces coulées, variait en 1932/33 de 70 à 80° C.

Au début du mois d'août 1927, il y eut une éruption qui dura jusqu'à fin octobre. Elle avait son origine dans le cône central, qui passa par une série de transformations (fig. 15). Blocs, bombes, scories incandescantes et lapillis furent lancés jusqu'à 500 mètres de hauteur et retombèrent dans le grand cirque de la caldeira. Des lapillis dépassèrent ses bords supérieurs, principalement pendant la deuxième periode de l'éruption. Les cendres tombèrent à plus de 50 km de distance du volcan.

Les données obtenues pendant cette éruption et l'examen des rapports rédigés par le personnel du Service Vulcanologique, soulignent cette constatation des vulcanologues, MM. PERRET et NEUMANN VAN PADANG pour d'autres volcans: que le paroxysme n'a généralement pas lieu au début (fig. 16).

L'on peut distinguer 3 phases bien distinctes. Pour le Mont Raoeng, la première fut constituée d'explosions espacées à raison de 20 par heure, la majeure partie des matériaux rejetés étant composée surtout d'anciens blocs de lave arrachés aux flancs et à la cheminée du volcan. La seconde phase se discerna par des explosions plus rapprochées (60 à 70 à l'heure) au cours du 7 et du 8 septembre avec de fortes émissions gazeuses, tandis que la troisième et dernière phase se traduisit surtout par le rejet de cendres en quantité considérable.

Les trois phases correspondent à une différente répartition des gaz dans le magma (fig. 17).

Après 1927, pendant de longs mois, une colonne intermittente de vapeurs s'éleva dans l'air, faisant parfois conjecturer, de la plaine, à un nouveau réveil du volcan. Le cône central présentait sur les versants intérieurs plusieurs fissures rougeoiantes, signe que le magma était encore très rapproché de la surface. En 1929, apparut à l'est un petit cratère d'explosion qui s'agrandit par effondrement des bords (fig. 19).

Les vapeurs étaient dûes principalement à la présence de gaz à température élevée, qui se condensaient à une certaine hauteur par temps humide (fig. 21). En temps de sécheresse les vapeurs étaient presque nulles.

De 1932 à 1933 le volcan était, à quelques exceptions près, dans la phase de repos. De nombreuses fumerolles développaient leurs volutes de fumée sur les pentes intérieures du cône central. Il n'a pas été pos-

sible d'obtenir de données sur les températures à l'intérieur du cône, à cause des vigoureux échappements de gaz (SO_2) qui empêchaient d'y descendre, même armé d'un masque. Ces vapeurs avaient leur origine dans un petit cratère d'explosion situé dans la partie est du fond plat (fig. 24). Ce dernièr à subi en 1932—33 quelques déformations à la suite d'une faible activité.

Les 60 échantillons de roches du Mt Raoeng appartiennent à l'ancien volcan, aux intrusions de magma dans les parois de la caldeira, aux coulées de lave du fond et aux produits de l'éruption de 1927. Ils font l'objet d'une étude pétrographique et chimique détaillée, dont les résultats paraîtront prochainement.

LITTERATUURLIJST.

1. F. JUNGHUHN. Java, deszelfs gedaante, bekleeding en inwendige bouw. Amsterdam, P. N. v. Kampen, 1850, p. 887—916.
2. C. J. BOSCH. Uitbarstingen van den vulc. Idjen en Raoeng. Tijdschrift v. Ind. Taal-, Land- en Volkenkunde, Deel VII, 1858, p. 279—286.
3. R. D. M. VERBEEK en R. FENNEMA. Geologische beschrijving van Java en Madoera. Amsterdam, 1896, I, p. 92—95 en 97—98.
4. G. L. L. KEMMERLING. De geologie en geomorphologie van den Idjen, p. 26—27, 45, 76—78, 109.
5. H. A. BROUWER. De Raoeng en zijne erupties. Jaarboek van het Mijnwezen in Ned. O. Ind., 1915, 42e jaargang, Handelingen, p. 51.
6. N. J. M. TAVERNE. Vulkaanstudiën op Java. Vulkanologische Mededeelingen No .7 Dienst van den Mijnbouw in Nederl. Indië, 1926, p. 56—60.
7. B. G. ESCHER. Vesuvius, the Tengger mountains and the problem of caldeira. Leidsche Geol. Meded., Dl. II, afl. 2 (1927), p. 51—88.
8. C. A. VAN DEN BOSCH. De Caldeiravorming. Nat. Tijdschr. Ned. Ind., Deel XC, Aflevering 1, 1930, p. 53.
9. F. A. PERRET. The Vesuvius Eruption of 1906. Study of a Volcanic Cycle. Carnegie Institution of Washington. Publication No. 339, July 1924, p. 89.
10. N. J. M. TAVERNE. Vulkanologische Berichten. Natuurk. Tijdschrift voor Ned. Indië, Deel LXXXIV, Afl. 1, 1924, p. 50.
11. FR. SIGNORE. Cinq ans d'observations à la „Solfatara dell'Atrio del Cavallo''. Bulletin Vulcanologique, 7e année, Nos. 23 à 26, Mars 1934, p. 15.
12. G. L. L. KEMMERLING. Vulkanologische Berichten. Natuurk. Tijdschrift voor Ned. Indië, Deel LXXXI, 1921, p. 57.
13. N. J. M. TAVERNE. Vulkanologische Berichten. Natuurk. Tijdschrift voor Ned. Indië, Deel LXXXV, Afl. 2, 1925, p. 163.
14. M. NEUMANN VAN PADANG. Die Beziehungen zwischen Anfang und grösster Kraftentfaltung eines Vulkanischen Ausbruches. 6e Nederl. Ind. Natuurwetensch. Congres 22—26 Sept. 1931. Bandoeng, p. 670—679.
15. M. NEUMANN VAN PADANG. Het verloop van de temperaturen voor en na een vulkanische uitbarsting en het bestaan van een voor- en hoofderuptie in het bijzonder toegelicht aan de hand van de Slamatuitbarsting 1932 (m. 4 figuren en 4 eigen opnamen). De Mijningenieur No. 6, Juni 1933, p. 101—115.
16. J. J. RICHARD. Van drie afdalingen in den Gg. Raoengkrater. Meded. No. 7 Ned. Ind. Ver. v. Bergsport, September 1932.