

# RESERWES, ONTGINNING EN VERWERKING VAN FOSFATE

E H ROUX, Fosfaat-Ontginningskorporasie Beperk

## Inleidende agtergrond

### Die ontstaan van die aarde se fosfaatneerslae

Fosfor, die vyftiende element in die periodieke tabel, is die elfde mees algemene element in die aardkors. Die voorkomsverspreiding<sup>(1)</sup> van fosfor verskyn in Tabel 1.

Om as 'n ekonomies-ontginbare fosfaatafsetting te kwalifiseer, moet die P-inhoud styg na minstens drie tot vier persent. Die aarde se fosfaatneerslae het almal hul oorsprong uit kristallisering van apatiet,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})_2$  wat gevorm het toe plaaslik verrykte magmatiese vloeistowwe en gasse afgekoel het.

Oor die algemeen was die verryking nie genoeg om die stollingsgesteentes as ekonomies-ontginbare fosfaaterts te laat kwalifiseer nie. In die gevalle waar sterk verryking wel plaasgevind het, is die ertsliggame relatief klein. Twee belangrike uitsonderings is wel bekend waar stollingskomplekse groot genoeg en ryk genoeg aan apatiet is om te kwalifiseer as betekenisvolle bronne van fosfaaterts. Die een is die Phalaborwa-stollingskompleks en die ander is die Khibinsk-kompleks<sup>(8)</sup> op die Kola skiereiland, sowat 1 400 km noord van Leningrad, en 160 km suid-suidoos van Murmansk. Dié twee fosfaatmyne word bedryf in feitlik teenoorgestelde klimaat. Phalaborwa is bekend daarvoor dat hy warm en droog is. Kola se gemiddelde temperatuur is  $-4^\circ\text{C}$ , en presipitasie vind plaas vir ongeveer 240 dae per jaar. Die myn word vir slegs 115 dae per jaar bedryf.

Verwering van apatietdraende stollingsgesteentes deur reënwater het daartoe gelei dat ander tipes fosfaatneerslae ook ontstaan het. In totaal bevat die oseane vandag sowat  $100 \times 10^9$  ton opgeloste P. Dit verteenwoordig egter slegs omtrent 0,2 persent van die totale fosfor wat al deur verwering see toe gevoer is. Kalsiumkarbonaat slaan neer op

Tabel 1 Voorkoms van Fosfor in die aardkors

Gesteente	Fosforinhoud % P
In Stollingsgesteentes	$0,1 \pm 0,03$
In Sedimentêre rotse	
Sandsteen	0,04
Rooiklei	0,14
Skalie	0,08
Kalksteen	0,02
Gloabaal in aardkors:	0,10–0,12

die seebodem in die vorm van aragoniet-kerne. Die seestrome rol die kerne oor die seebodem, en hulle groei tot knolle. Die aragoniet, tesame met neerslae van skulpe en beenfragmente, ondergaan geleidelik fosfatisering en gee aanleiding tot massiewe sedimentêre fosfaatryke neerslae. Isostatiese ewewigsherstelling lei tot landvormende gesteentes, waarin die fosfaat verder opgekonsentreer kan word deurdat die meer oplosbare karbonate uitgelooë word. Moontlik 90 persent van die wêreld se ontginbare rotsfosfaat is op hierdie wyse gevorm.

Guano-neerslae is 'n primêre bron van fosfaat, maar gee ook aanleiding tot metasomatiese fosfaatryke gesteentes. Die fosfaat loog uit die laag guano en reageer met die meer oplosbare minerale van die onderliggende gesteentes.

Die wêreld se bekende fosfaatafsettings word in Figuur 1 aangedui.

### Wêreldverbruik en -reserwes van fosfaaterts

(Tabel 2 gee 'n benaderde aanduiding van die huidige wêreldpatroon van fosfaatproduksie en -verbruik 2, 3, 4, 5).

Die Wêreldverbruik het gestyg van  $28,5 \times 10^6$  ton in 1955 tot die huidige ongeveer  $83,5 \times 10^6$  ton per jaar, en die verwagte groei koers in verbruik vir die afsienbare toekoms is ongeveer vier persent per jaar. In Junie 1971 het die Amerikaanse Instituut vir Ekologie 'n seminaarreks onder die titel 'Workshop on Global Ecological Problems' gehou by die Universiteit van Wisconsin. Gebaseer op bostaande syfers en die aanname dat die wêreld se fosfaatreserwes  $3,14 \times 10^9$  ton P bedra, het hulle tot die volgende gevolgtrekking gekom: (6)

"Known potential supplies of P, a non-renewable resource essential to life, will be exhausted before the end of the 31st century. Without phosphate fertilizers, the planet can support between 1 and 2 x  $10^9$  people."

Die British Sulphur Corporation, met sowat 20 jaar se ervaring in die analise van fosfaatnywerheidsdata, gee 'n meer rooskleurige prentjie van die wêreld se fosfaatreserwes, soos in Tabel 3 aangedui.

### Fosfaatafsettings in Suid-Afrika

Figuur 2 dui die plekke aan waar fosfaat in Suidelike Afrika ontgin word.

### Die Phalaborwa-stollingskompleks

Die Phalaborwa-kompleks is 'n pypvormige indringing in die graniete van die Argeïese tydperk. Dit bestaan uit die volgende diskrete liggame, soos geïllustreer in Figuur 3:



- Afsettings onder ontginning
- Afsettings nie ontgin

Fig 1 Die wêreld se bekendste groot fosfaatafsetting

Tabel 2 Wêreldproduksie en verbruik van fosfaatrots ('000 ton per jaar) 1971

Verbruikers	Produsente										Totaal
	V S A	Morokko	Tunisië	Algerië	V S S R	Togo	Senegal	Midde-Ooste	Eilande*	Ander	
Wes-Europa	4 750	7 760	900	80	1 670	1 400	950	320			17 830
Komekon		2 300	800	250	3 920	90		290			7 650
Asië	3 400	700	70	120		150	240	540	120		5 340
Kanada	1 720										1 720
Latyns-Amerika	1 220	300	120					150			1 790
Oseanië									2 700		2 700
V S A	25 680										25 680
V S S R					12 100						12 100
Ander										8 690	8 690
<b>Totaal</b>	<b>36 770</b>	<b>11 060</b>	<b>1 890</b>	<b>450</b>	<b>17 690</b>	<b>1 640</b>	<b>1 190</b>	<b>1 300</b>	<b>2 820</b>	<b>8 690</b>	<b>83 500</b>

\* Eilande = Ocean, Nauru en Christmas

Tabel 3 Orde-grootte van wêreldreserwes aan bruikbare fosfaatrots

Fosfaatneerslae	Fosfaatrots (x 10 <sup>9</sup> ton)
V S A – Florida, Hawthorne formasie	200
V S A – Florida, Georgia, Carolinas	50
V S A – Westelike State, Phosphoria-formasie	170
Morocco	22
V S S R	10
Tunisië	2
Algerië	1
Sjina en Noord-Viëtnam	3
Colombië	80
Saudi Arabië	150
Australië (Queensland)	200
Suid-Afrika	5
Res van Westerse Wêreld	3
Subtotaal	
Vastelandsplatte	300
Totaal	
	1 196

Die totaal is ekwivalent aan sowat  $147 \times 10^9$  ton P, d w s genoeg vir etlike duisende jare.

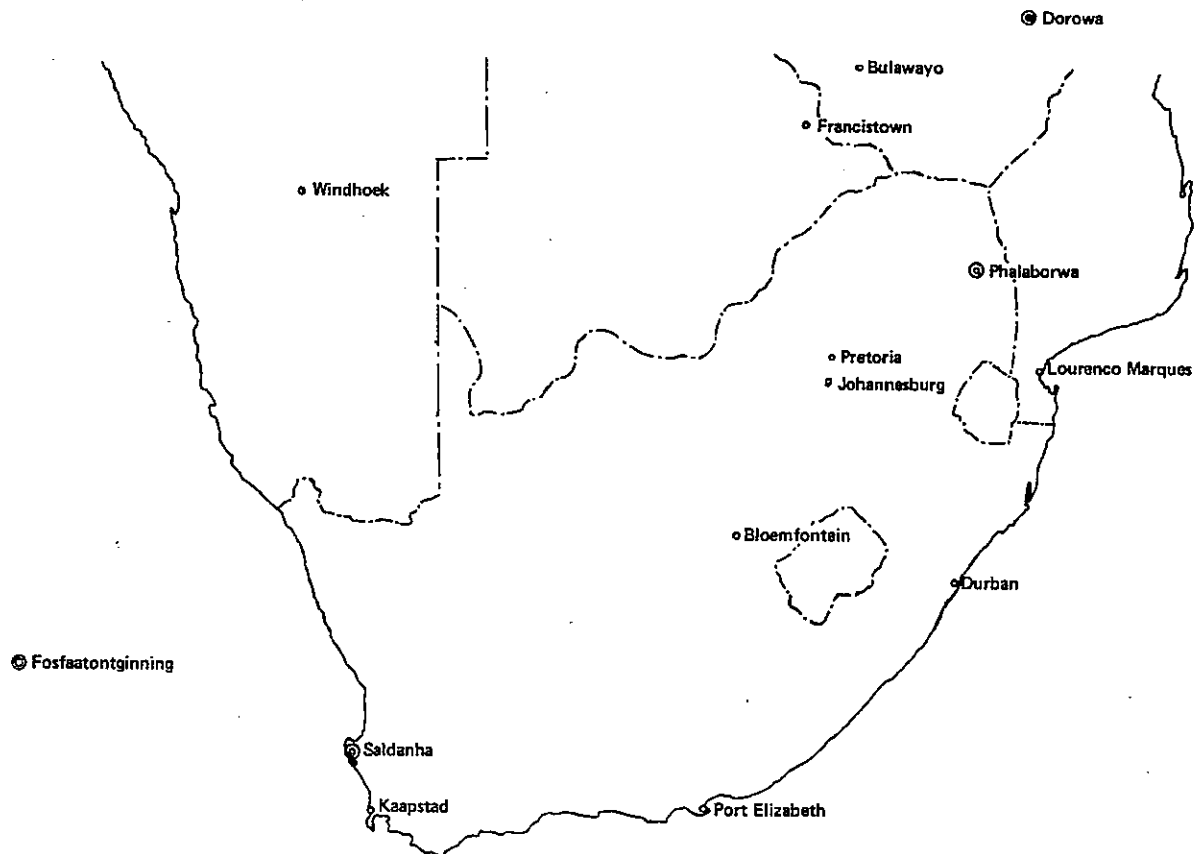


Fig 2 Bekende fosfaatsettings in Suid-Afrika

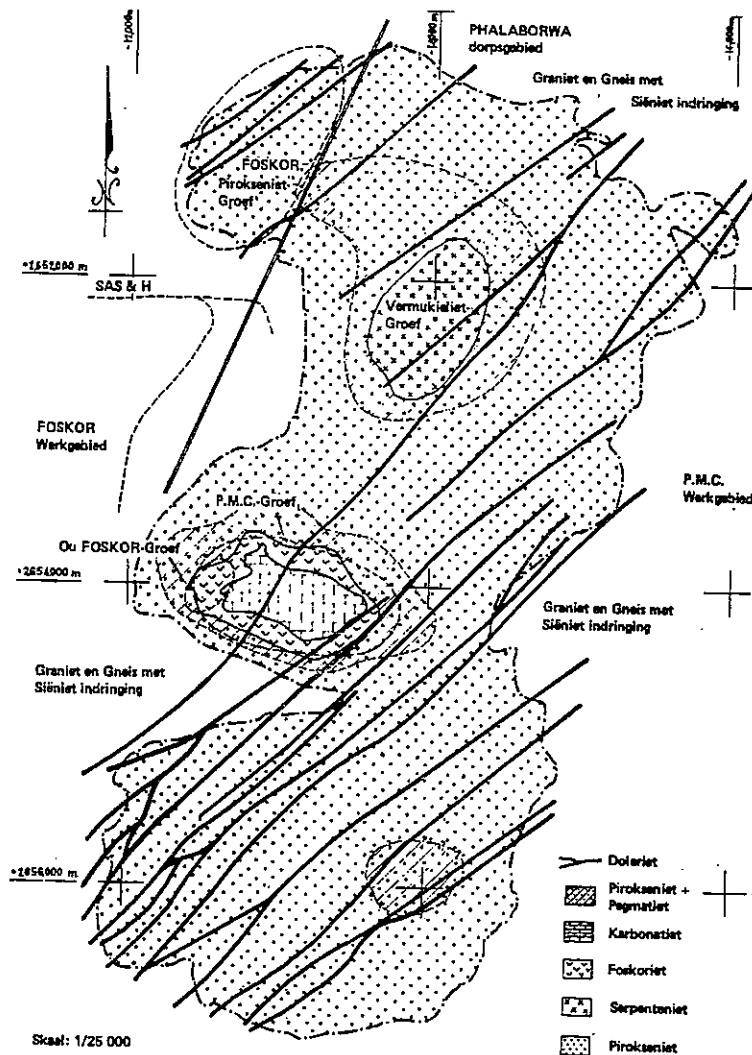


Fig 3 Vereenvoudigde geologiese kaart van die Phalaborwa-kompleks fosfaatafsetting

- (a) *Sentrale karbonatietliggaam*, arm in fosfaat (1,25–2,5% P) maar ekonomies-verwerkbaar vir koper (erts bevat 0,5–0,8% Cu) met baddeleyiet (natuurlike  $ZrO_2$ ), uraan en magnetiet van lae titaan-inhoud ( $< 1\% TiO_2$ ) as neweprodukte. Die ouderdom van hierdie, die jongste intrusie in die kompleks, is ongeveer  $2 \times 10^9$  jaar.
- (b) *Omringende liggaam van fosforiet* wat in twee belangrike opsigte verskil van die karbonatiet: die apatiet-inhoud is hoër (3,5–4,8% P) en die magnetiet het 'n hoër titaan-inhoud (3–5%  $TiO_2$ ).
- Foskor het oorspronklik aan die westekant van die foskorietliggaam begin myn, en produseer vandag nog fosfaat, koper, baddeleyiet en magnetiet uit hierdie erts.
- Die hoofsaaklike verdunningsminerale in bogenoemde twee liggame is olivien-serpentin, karbonatiet en flogopiet. Beide liggame word deur die Phalabora Mining Company geëksploiteer.
- (c) *Massiewe piroksenietliggaam*, sowat 6 km lank en 3 km breed met 'n gemiddelde P-inhoud van 2,5–3,5% P (di sowat 17% apatietmineraal). Die hoofsaaklike verdunningsminerale is diopsied en flogopiet-vermikulier. Apatiet is die enigste mineraal van ekonomiese belang.
- (d) *Pypvormige flogopiet-serpentinindringing* in die noordelike deel van die piroksenietliggaam waaruit die Palabora Mining Company vermikuliet produseer.
- (e) *Siënië-koppies*: Rondom die piroksenietliggaam, in 'n straal van etlike km, kom 'n aantal siënië-koppies voor. Hierdie siënië-inplasing is in die vorm van injeksiebreksies wat deur die graniet moedergesteente gebreek het min of meer ten tye van die implasing van die primêre piroksenietpyp.

Die fosfaatresewres in die Phalaborwa-stollingskompleks, in terme van tonne fosfaatkonsentraat, is onlangs bereken en word in Tabel 4 gegee.

Tabel 4 Fosfaatreserwes te Phalaborwa

Myndiepte, meter	Miljoen ton konsentraat
300	998
600	2 086
1 000	2 993
1 300	3 900
1 600	4 807

Indien die dagboumyn tot 'n diepte van 1 600 m ontwikkel sou word, sou die slik en afvalmateriaal 'n oppervlakte van sowat 13 500 ha tot 'n dikte van 300 m bedek.

Tans word dit as heeltemal prakties beskou om 'n dagboumyn tot op 'n diepte van 600 m te ontwikkel. Toekomstige mynboumetodes behoort veel groter dieptes moontlik te maak. Die huidige binnelandse verbruik aan fosfaatrots is ongeveer een miljoen ton per jaar. Dit is dus duidelik dat Phalaborwa in die land se behoeftes kan voorsien vir etlike honderde jare, en moontlik vir meer as 'n duisend jaar.

#### Die Dorowa-ringkompleks in Rhodesië

Geologies bestaan die kompleks uit feniet en pirokseniet. Die ertsreserwes word beraam op 37 miljoen ton erts teen 3,5 persent P d w s ongeveer 6,5 miljoen ton konsentraat.

#### Glenover-stollingskompleks, distrik Waterberg

Hierdie kompleks bestaan uit 'n karbonatietpyp in kwartsiet. Die apatiet is geassosieer met 'n breksieliggaam in die middel van die pyp. Ertsreserwes bedra sowat 10 miljoen ton apatietryke gesteente met 'n P-inhoud van 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> tot 12<sup>1</sup>/<sub>2</sub> persent.

Daar is nog verskeie ander klein stollingskomplekse in die Republiek wat nie tans gemyn word nie.

#### Enkele kleiner afsettings

Daar is verskeie klein fosfatiese voorkomste in die Republiek van sedimentêre metasomatiese oorsprong, wat op hierdie stadium hoofsaaklik van akademiese belang is. 'n Uitsondering is egter die neerslae rondom Saldanha waar Amcor 'n aktiewe myn bedryf. Die ertsreserwes is waarskynlik in die orde van 30 miljoen ton met 'n P-inhoud wat wissel van 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> persent tot 11 persent. Die fosfaatdraende gesteentes kan beskryf word as 'n 'fosfokreet' aangesien hulle bestaan uit afgeronde sandkorrels wat aanmekaar gesementeer is met harpuitagtige kalsiumfosfaat.

#### Marine-afsettings

Fosforiet is 'n fosfaatmineraal wat algemeen voorkom op die kontinentale banke in sekere dele van die wêreld. Die be-

kende oseanograaf dr Johan Mero het bereken dat daar globaal ongeveer 300 000 miljoen ton is. Hy beskou die syfer as baie konserwatief.

Fosforiet kom wydverspreid voor tyssen Port Elizabeth en Kaapstad op die Agulhasbank. Daar is nog nie bepaal wat die ertsreserwes hiervan is nie. Die gemiddelde P-inhoud van die fosforietknolle is ongeveer 7 persent.

#### Die produksie van fosfaatrots te Phalaborwa

##### Vloeiskema

Foskor verwerk twee aparte erts:

##### (a) Piroksenieterts

Die vloeiskema vir die verwerking van piroksenieterts word in Figuur 4 weergee. Ongeveer 13 000 ton erts en 4 500 ton afval word per dag gemyn en met 50-ton stortwaens vervoer. Die erts gaan deur 'n primêre breker met 'n vermoë van 2 000 ton per uur, waar dit gebreek word na stukke kleiner as 25 cm.

'n Vervoerband neem die erts na 'n oop primêre stapelhoop van 10 000 ton lewendige kapasiteit, waarna dit deur sekondêre en tersiêre brekers gebreek word na stukke fyner as 2 cm. 'n Vervoerband neem die erts na 'n onderdakse sekondêre stapelhoop van 60 000 ton lewendige kapasiteit, vanwaar twee vervoerbande die fyn erts vervoer tot in die meulbunkers.

Daar is twaalf 2,44 x 3,66 m (8 vt x 12 vt) staafmeulens, elk waarvan uit 'n 1 000 ton fynertsbunker gevoer word. Die meuldeurset is 55 ton per uur per meul en elke meul word gesluit met 'n 76 cm siklpon. Die erts word gemaal totdat ongeveer 80 persent daarvan fyner is as 400 mikron. 'n Tipiese partikelgrootte-analise van die gemaalde erts verskyn in Tabel 5.

Uit die P-analises van die verskillende siffraksies wil dit voorkom asof daar 'n groot mate van selektiewe maling plaasvind. Die redes vir hierdie patroon van P-analises as funksie van die siffraksie is tweërlei:

- (i) In die growwe gebied is die lae P-waardes toe te skryf aan die teenwoordigheid van die mika-agtige minerale flogopiet, vermikuliet en biotiet. Hierdie minerale maal oorwegend na plat plaatjies terwyl die ander minerale (apatiet inklus), afbreek na korreltjies. Gevolglik bly die mika-minerale agter op die growwer siwwe.
- (ii) Die skielike opkonsentrerings van die apatiet in die eerste deel van die subsifgebied (43–34 mikron) is grotendeels toe te skryf aan die metode wat vir partikelgrootte-analise aangewend word. 'n Reeks klein hidro-siklone word gebruik, en hulle is geneig om die ligter minerale soos kalsiet en die bietjie mika-agtige minerale wat deur die siwwe gekom het, oor te gooi na die fyner fraksies. Daarbenewens is kalsiet 'n bietjie sagter as apatiet, gevolglik maal dit gouer fyn en word 'n belangrike verdunningsmateriaal in die baie fyn gebied.

Van die meulens af word die ertsflodder na die vlottasieselle gepomp. Daar is 360 selle wat in 12 banke van 30 selle elk

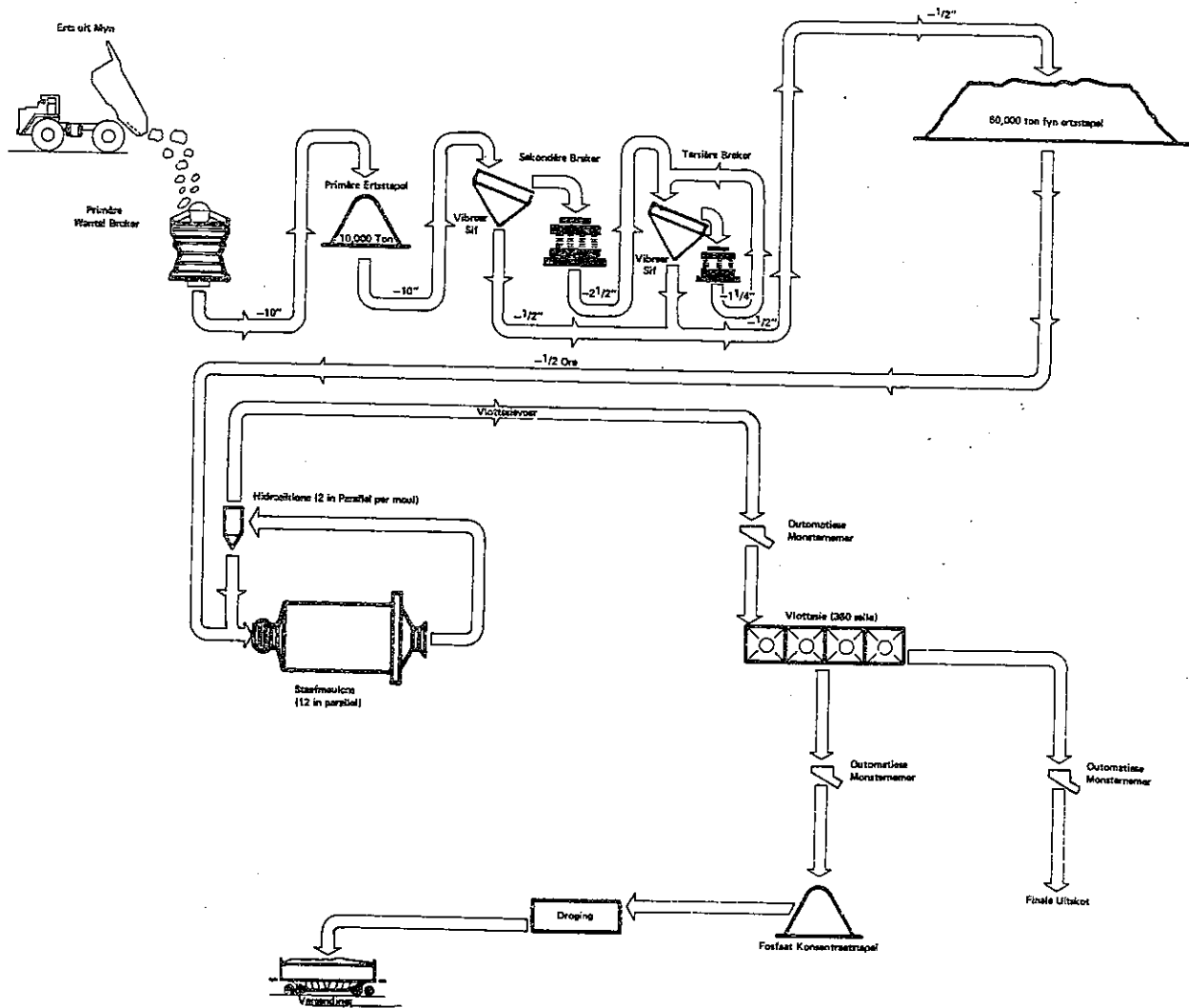


Fig 4 Vloeiskema om verwerking van piroksenieterst te toon

Tabel 5 Tipiese sifanalise van gemaalde piroksenieterst

Partikelgrootte (mikron) van fraksie	Fraksie samestelling (per massa)	P-inhoud van fraksies	P-distribusie
	%	% P	%
>417	12,1	1,13	3,7
417-295	14,7	2,05	8,1
295-208	16,2	2,88	12,5
208-147	17,4	4,05	19,0
147- 74	20,6	5,05	28,1
74- 43	7,5	6,28	12,7
43- 34	2,9	8,66	6,8
34- 26	1,8	6,19	3,0
26- 18	2,2	4,36	2,6
18- 13	1,4	3,18	1,2
13- 10	0,6	2,48	0,4
< 10	2,6	2,70	1,9
Geheel	100,0	3,70	100,0

verdeel is. Die selle is tans almal  $50 \text{ vt}^3$  ( $1,416 \text{ dm}^3$ ) Denvers. Dit is moontlik dat Foskor in die volgende uitbreiding sal oorskakel na  $300 \text{ vt}^3$  ( $8,5 \text{ m}^3$ ) selle. Van die 30 selle in 'n bank word 12 gebruik as primêre ('rougher') selle, 12 as opruimers ('scavengers'), 4 as sekondêre selle ('cleaners') en 2 as tersiêre selle ('recleaners'). Die vloei-skema vir hierdie groep selle, of stadia, se konsentrate en uitskotte word in Figuur 4 gegee.

Die uitskot word na 'n sliksdam gepomp en die konsentraat word ingedik na ongeveer 70 persent vaste stowwe, gefiltreer met skyffilters en klam geberg op stapelhope. Die voginhoud is op hierdie stadium sowat sewe tot agt persent. Die konsentraat word weer van die stapelhope af herwin en in drie droogoonde gedroog tot 'n residuele voginhoud van  $1,0 \pm 0,2$  persent. Finale versending geskied in oop spoortrokke wat met seile toegemaak word. Die gemiddelde daaglikse produksie beloop 3 000 ton, d w s daar word gemiddeld 75 spoortrokke per dag benodig om die produk weg te kry.

#### (b) Foskorieserts

Foskor kry jaarliks sowat 1,8 miljoen ton foskorieserts van die westekant van die foskoriesekompleks af (kyk Figuur 3). Die vloei-skema is basies dieselfde as vir piroksenesiertes, behalwe dat ander minerale ook uit die Foskorieserts verwyder word. Ná maling word die koperminerale afgevlotteer, dan word magnetiet verwyder d m v magneetskeiers, en eers dan word die apatiet afgevlotteer. Die uitskot ná fosfaatvlottasie bevat sowat 0,4 persent baddeleyiet (natuurlike  $\text{ZrO}_2$ ) wat ook herwin word. Laasgenoemde geskied in 'n swaarminerale-aanleg, waarvan gravitasiemetodes gebruik gemaak word om die baddeleyiet te herwin.

#### Maling

Daar is drie belangrike faktore betrokke by maling:

- (i) Eerstens moet die erts natuurlik fyn genoeg gemaal word dat die waardevolle minerale bevry word. In die geval van piroksenesiet is ongeveer 95 persent van die apatiet bevry wanneer die ertspartikels kleiner as 200 mikron is.
- (ii) Tweedens moet die verband tussen vlottasieherwinning en partikelgrootte-distribusie in ag geneem word. Figuur 5 is 'n grafiek waarin die fosfaatherwinning as funksie van partikelgrootte aangegee word. Die gebied van hoogste herwinning lê duidelik tussen ongeveer 100 en 20 mikron.
- (iii) Laastens kom die koste van maling in die prentjie. Die totale malingskoste (kapitaal vir meulinstallasies, elektriese krag, en slytasie) neem vinnig toe soos mens fyner maal. Die optimale ekonomie word bepaal deur die ewewig tussen hierdie faktore, en as die hardheid, of eerder maalbaarheid, van die erts varieer, word dit 'n dinamiese ewewig. Die maalbaarheid

van rots word gemeet in terme van Bond se werksindeks, die hoeveelheid energie in kwh/ton, benodig om die materiaal te reduseer van teoreties oneindige partikelgrootte tot 80 persent fyner as 100 mikron.

In die piroksenesietgroef kan die Bond-werksindeks varieer van 8 tot 18 kwh/ton. As 'n kol harde erts onverwags deurkom word die hele sisteem van die optimumpunt af versteur. Daar word te grof gemaal en herwinning sowel as produksietempo daal.

#### Vlottasie

Die basiese beginsels van die vlottasieproses word verduidelik aan die hand van Figuur 6.

As die erts eers fyn genoeg gemaal is sodat die onderskeie minerale van mekaar bevry is, word dit moontlik om 'n spesifieke mineraal van die ander te skei d m v vlottasie. Dit word gedoen deur 'n versamelaar (oleïensuur,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}:\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ , in die geval van apatiet) by die ertsflodder in te roer. Die funksie van die versamelaar is om die gesogte mineraal met 'n hidrofobiese lagie te bedek. As daar dan lug by die flodder gevoeg word in die vorm van fyn gedisperseerde borrels, sit die mineraalpartikels vas aan die lugborreltjies en word na die oppervlakte van die sel gevoer. Ongelukkig is vetsure egter nie baie selektief nie, d w s hulle sal meeste minerale hidrofobies maak. Om dit te verhoed, word daar eers drukkers by die flodder gevoeg. Die funksie van die drukkers is om die verdunningsminerale selektief te bedek met 'n hidrofiliese lagie en sodoende te verhoed dat die vetsure op hulle absorbeer. Die drukkers wat benodig word, hang af van die verdunningsminerale teenwoordig. In die geval van die piroksenesiertes word natriumpetroleumsulfonaat en gesulfateerde tal-olie gebruik as drukkers. Wanneer foskorieserts verwerk word, is die drukkers bysoda, waterglas ( $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2\text{SiO}_2$ ) en 'n nonielfenielpoliglikol-eter. Dit beteken dat die twee tipes erts apart gebreek, gemaal en gevlotteer moet word. Eers nadat die konsentraat geproduseer is, kan die twee ertstipes se konsentrate en uitskotte saamgevoeg word.

Soms is dit nodig om ander reagens by te voeg om skadelike ione in die water te verwyder. Seker die mees algemeen bekende geval is die gebruik van natriumkarbonaat om kalsiumione te presipiteer, d w s om dit 'sag' te maak.

As die gesogte mineraal eers na die oppervlakte van die sel gevoer is, is dit nodig dat daar bo-op die sel 'n stabiele skuimlaag van sowat 10 cm dik gevorm word om die mineraalpartikels bo te hou totdat hul óf saam met die skuim oor die lip van die sel stort, óf met spane afgekrap word. Daar word streng vereistes aan die skuimeienskappe gestel; terwyl die skuim nog in die vlottasiesel is, moet dit stabiel genoeg wees om die mineraalvrag te dra. Sodra dit egter oor die lip van die sel stort, moet dit feitlik totaal breek, anders kan die konsentraat nie weggepom word nie. Dit is dus uiters moeilik om hierdie gedrag van die skuim te verkry. Soms word reagens byge-

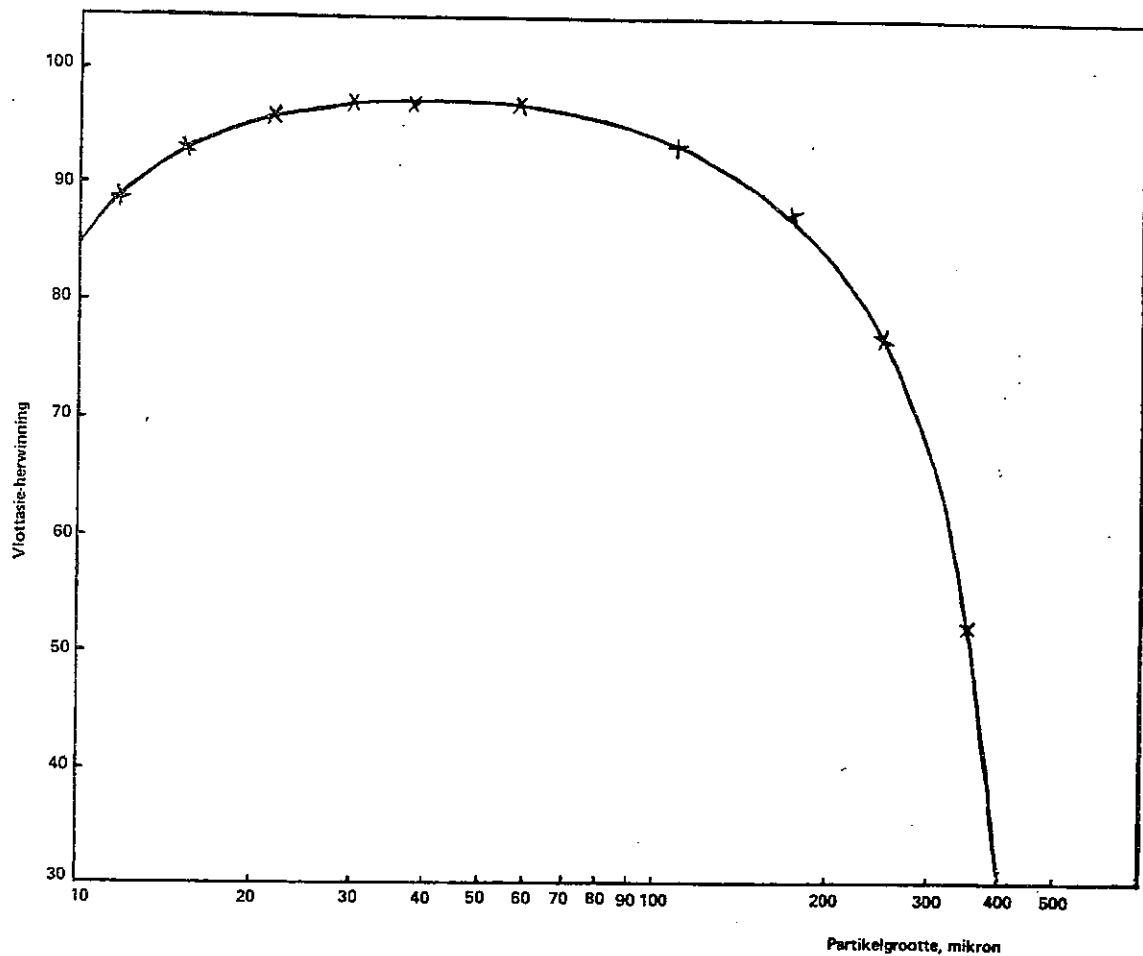


Fig 5 Flottasie-herwinning as funksie van partikelgrootte

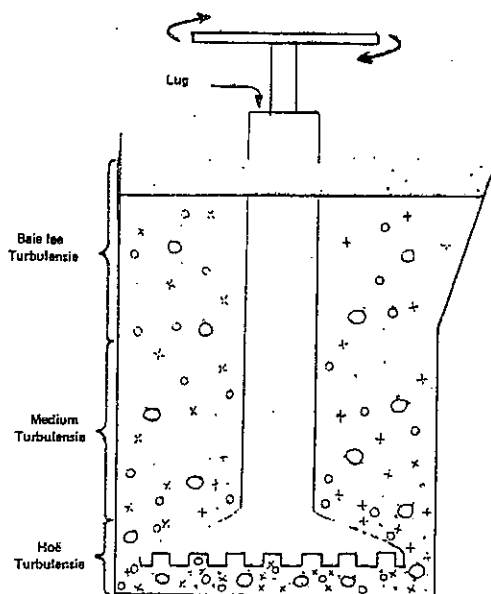


Fig 6 Beginsel van flottasie

voeg spesifiek om die regte skuimeienskappe te verkry.

Dit is nodig dat die ertsflodder onder in die sel sterk geroer word, en dat die korrekte turbulensietoestande op verskillende plekke in die sel verkry word. Een belangrike funksie van die roeraksie is natuurlik om aan die mineraalpartikels die geleentheid te bied om intieme kontak te maak met die reagense en die lugborrels. Flottasie kan beskou word as 'n statistiese proses volgens die vergelyking.

$$P_v = P_B \cdot P_A$$

waar  $P_v$  = die waarskynlikheid dat 'n mineraalpartikel suksesvol sal vlotteer.

$P_B$  = die waarskynlikheid dat 'n mineraalpartikel met 'n lugborrel sal bots.

$P_A$  = die waarskynlikheid dat die partikel aan die lugborrel sal bly vaskleef na botsing.

Beide die partikels en die lugborrels is bedek met multi-molekulêre isolerende lagies van reagense en watermolekules. Voordat die lug met die mineraaloppervlakte kan kontak maak, moet die partikel genoeg momentum hê en hard genoeg met 'n lugborrel bots dat hierdie lagies gepentreer kan word.



Tabel 6(a) Fisiese eienskappe van Phalaborwa-fosfaatrots

Soortlike gewig	3 160 kg/m <sup>3</sup>
Stortgewig (bulk density)	1 475 kg/m <sup>3</sup>
Ewigwoggehalte by 70% relatiewe humiditeit	0,07%
Storthoek (< 0,5% vog)	43°
Afloophoek (< 0,5% vog)	64°
Hardheid, Moh-skaal	5
Partikelgrootte verdeling	
MIKRON	MASSA %
> 417	1,8
417–295	8,5
295–208	13,0
208–147	19,0
147–104	18,2
104– 74	11,5
74– 43	8,2
< 43	19,8

Tabel 6(b) Chemiese analise van Phalaborwa-fosfaatrots

Bestanddeel	Gemiddelde waarde %	Gebied %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (P)	37,0 (16,1)	36,5 – 37,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,4	0,35 – 0,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,16	0,15 – 0,19
Cl <sub>2</sub>	0,02	<0,04
CaO	52,0	51,0 – 53,0
F	2,2	2,0 – 2,5
CO <sub>2</sub>	3,0	2,0 – 4,0
MnO <sub>2</sub>	0,01	<0,02
Seidsame aardes	0,8	0,7 – 0,9
MgO	1,3	1,0 – 2,0
Na <sub>2</sub> O	0,08	<0,2
K <sub>2</sub> O	0,05	<0,1
Suur-onoplosbaar	3,0	2,0 – 5,0
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5 dpm	<10 dpm
Cd	5 dpm	<10 dpm

Gevolgtlik word sterk roering onder in die sel, waar die lugborrels inkom, vereis. Veral die fyner partikels vereis sterk roering om genoeg momentum te verkry vir suksesvolle botsings. By dieselfde turbulensietoestande is  $P_B$  dus groot vir growwe partikels en kleiner vir fyn partikels. Ná botsing moet die turbulensie, net bokant die gebied waar botsing plaasgevind het, skielik sterk afneem, want  $P_A$  is nou groot vir fyn partikels en klein vir growwe partikels. Met ander woorde, die waarskynlikheid is groot dat 'n growwe partikel in turbulente toestande van die borrel loskom alvorens dit die skuimlaag bereik.

Die beskrywing hierbo is noodwendig 'n ooreenvoudige voorstelling van die vlottasieproses. Die Nasionale Instituut vir Metallurgie se groep in die Departement van Chemiese Ingenieurswese aan die Universiteit van Natal het al ver gevorder in die ontwikkeling van 'n matematiese model van die vlottasieproses. <sup>7)</sup> Alhoewel dit reeds 'n besonder ingewikkelde model is, neem dit sekere belangrike fisies-chemiese oorwegings, soos bv die oppervlaktechemieprosesse wat tussen die waterfase, die mineraaloppervlakte, en reagense, en die lugborrels plaasvind, nie in ag nie. Ook kan die model nie 'n beskrywing gee van die gedrag van die skuim nie.

### Enkele produksieprobleme

Foskor begin, net soos enige ander onderneming, by 'n vooruitskating van die vraag na sy produk. Hier word grotendeels staatgemaak op die vooruitskattings van die land se kunsmisvervaardigers. Laasgenoemde gee jaarliks 'n maand-vir-maand vooruitskating van hulle benodigdhede wat na ses maande weer aangesuiwer word. Wanneer die verlangde produksiepatroon t o v tyd vasgestel is, moet die personeel van die vlottasie-aanleg en die mynbou-afdeling ten nouste saamwerk om uitvoering aan die program te gee. Vlottasie is 'n proses wat besonder sensitief is vir variasies in die erts, die reagense, en die water. As optimale toestande eers bereik is, moet mens alles in jou vermoë doen om afwykings te vermy.

Soos reeds genoem, kan die maalbaarheid van die erts oor 'n groot gebied varieer. Dit veroorsaak steurings in beide die partikelgrootte-distribusie en die voertempo (ton per uur) van die ertsflodder. Daarbenewens werk veranderinge in die ertskomposisie (d w s die relatiewe hoeveelhede van die verskillende minerale) ook steurend in op die vlottasieproses. Dit genoodsaak aanpassings in die voertempo's van die individuele vlottasie reagense.

Wat die reagense aanbetref, is dit nodig om strenge kwaliteitsbeheer toe te pas, want variasies in die samestelling van veral die organiese reagense kan ernstige nadelige uitwerkings hê op die vlottasie. Laastens is dit belangrik om 'n wakende oog te hou oor die kwaliteit van die proseswater. Oormatige opgeloste stowwe, en veral organiese stowwe in die water, kan die lewe vir die vlottasie-aanleg baie moeilik maak. Onstabieleit in die proses word gereeld elke jaar met die eerste-groot somerreëns. ondervind wanneer die Olifantsrivier in vloed is.

Dit word dikwels, met 'n mate van waarheid, gesê dat vlottasie meer van 'n kuns as 'n wetenskap is.

## Die eienskappe en gebruik van rotsfosfaat

### Eienskappe

Die fisiese en chemiese eienskappe van die Phalaborwa-fosfaatrots word in Tabela 6(a) en (b) opgesom.

### Gebruike

Phalaborwa-rots word in totaal aangewend vir die vervaardiging van fosfatiese kunsmisstowwe. Die sedimentêre rotsfosfate is hoofsaaklik amorf, is taamlik sitroensuur-oplosbaar, en kan dus dikwels direk aangewend word as landboubemestingstof. Phalaborwa-rots is kristallyne apatiet, is feitlik totaal onoplosbaar in sitroensuur, en kan dus nie direk aangewend word nie. Anders as in die geval van die meeste sedimentêre rotse moet dit fyngehaal word alvorens dit geredelik in mineraalsure sal oplos. Vir fosforsuurvervaardiging moet dit gemaal word na 90 persent fyner as 150 mikron, vir gewone superfosfaat na 85 persent fyner as 50 mikron, en vir dubbelsuperfosfaat na 95 persent fyner as 50 mikron.

Hierdie vereiste van maling verteenwoordig wel aansienlike koste, maar Phalaborwa-rots bied sekere voordele in teenstelling met sedimentêre rotse weens sy suiwerheid. Die feit dat Phalaborwa-rots minder onsuiverhede bevat as sedimentêre rotse lei tot meer ekonomiese suurverbruik, minder probleme met skaalvorming in die fosforsuur-reaktors, en minder probleme met afvalstowwe.

### Verwysings

- 1) VAN WAZER, J.R., 1961. Phosphorus and its Compounds, Volume II Interscience Publishers, Inc., New York, N.Y.
- 2) United Nations Conference on Trade and Development. TD/B/C.1/88/Rev. 1 30 April 1971.
- 3) Phosphorus and Potassium, No. 59, May/June 1972, p. 6.
- 4) World Fertilizer Review, No. 18, December 1972. ISMA.
- 5) Phosphorus and Potassium No. 56, November/December 1971. p. 11.
- 6) Phosphorus and Potassium, No. 58, March/April 1972, p. 3.
- 7) KING, R.P., 1972. Data Preparation and Use of a Computer Programme for the Calculation of the Performance of a Flotation Plant. NIM verslag nr. 1436, 20/4/72.
- 8) WOODROOFFE, H.M., 1970. Apatite in the Kola Peninsula, U.S.S.R. Canadian Mining Journal, March, 50-53.

### Bespreking

Dr P J Möhr

Kan u vir ons enige nuwe produkte uit die proses noem?

*Mnr Roux*

1) *Koper*

In die karbonatiet- en fosforietkomplekse is daar ses verskillende koperminerale. Lae gehalte erts bevat gewoonlik 0,5–0,7 persent koper en deur die flotasië-proses word die koperkonsentrasie na 35 persent verhoog. Fosfor produseer slegs die koperkonsentraat wat dan deur Phalaborwa Mining Co gesmelt en uitgevoer word.

2) *Magnetiet*

Daar word twee soorte magnetiet in die sentrale karbonatiet kompleks aangetref: a) magnetiet met 'n lae titaanhoud wat geskik is vir die staalwyerheid; b) In die foskoranulus om die karbonatiet word 'n ander vorm van magnetiet aangetref wat te veel titaan bevat en nie geskik is vir staalproduksie nie.

3) *Baddeleyiet*

Dit is 'n natuurlike zirkoniumoksiedmineraal wat slegs op 'n paar plekke aangetref word nl Brazilië, Ceylon en Phalaborwa. Sedert 1967 word dit wêreldwyd verkoop veral in Europa en die VSA. Dit word gebruik in die vervaardiging van skuurwiele en keramiekteëls.

*Prof N Grobbelaar*

Is die fosfaatneerslag in Suid-Afrika voldoende vir 'n lang tydperk aangesien Suid-Afrika se reserweneerslag relatief klein is in vergelyking met dié van die VSA?

*Mnr Roux*

Teen die huidige verbruik is die totale neerslag in die wêreld genoeg vir 12,000 jaar. Suid-Afrikaanse afsettings by Phalaborwa alleen is genoeg vir ongeveer 4,500 jaar.

*Mnr T R Conroy*

Op watter wyse word fosfaat ontgin wat onder die see voorkom?

*Mnr Roux*

Die tegniek vir die ontginning op die seabodem is nog nie beskikbaar nie maar daar word veral in Brittanje in dié verband navorsing gedoen. Met hulpe aktiwiteite in die Noordsee met die ontginning van olie en gas word daar geweldige vordering gemaak met myntegnieke op die seabodem. Daar is reeds 'n eksperimentele skip gebou wat in die moeilikste weersomstandighede 'n baie stabiele dek kan hou wat noodsaaklik is vir 'n mineraalkonsentraat-aanleg. Die gedagte is nie om die laegraadse erts vanaf die seabodem na die land te neem vir veredeling nie maar om op die skip 'n veredelingsaanleg te hê waar die erts verwerk kan word na 'n finale produk van kleiner volume.