

Het zoutwinningsproces bij de Koninklijke Nederlandse Zoutindustrie

door D. J. Gerritsen

661.42(492)

In het Oosten van ons land bevindt zich op een diepte van ca. 400 meter een ongeveer 50 meter dikke zoutlaag. Exploitatie daarvan is in beginsel op twee manieren mogelijk, nl. door:

1. *Mijnbedrijf* (maken van een schacht en omhoogbrengen van het zout met mechanische transportmiddelen)
2. *Pekelwinning* (gevolgd door indampen van deze pekels). (Het zout wordt onder de grond opgelost in water, dat bovengronds weer van het zout moet worden gescheiden. Water doet dus dienst als transportmiddel, waarvoor geldt dat de aanleg van de transportweg, het laden en het vervoer goedkoop zijn, maar het lossen, het verdampen nl., de enige zeer dure bewerking is.)

In Hengelo, waar thans de gehele zoutproductie van de K.N.Z. is geconcentreerd, wordt de tweede methode gevolgd. Het oplossen en omhoogbrengen vormt de eerste fase van ons proces, de z.g. *pekelswinning*.

Deze pekels bevat Mg en Ca en moet worden onthard. Deze bewerking is de tweede fase, de z.g. *pekelszuivering*.

De laatste fase, de afscheiding van het zout uit de gezuiverde pekels, omvat nu het verdampen, centrifugeren en drogen.

Elk dezer fasen van het proces zal hieronder worden beschouwd uit een oogpunt van de keuze tussen continue, semi-continue en discontinue uitvoeringsvorm.

I. PEKELWINNING.

Bij de eerste fase zal blijken, dat wij „reactoren” bezitten die voortdurend uitdijen en waarvan het constructiemateriaal waaruit de wand bestaat tevens de voornaamste reactiecomponent is.

Verder dat de roering geschiedt door convectie, welke nu eens niet wordt veroorzaakt door temperatuurverschillen, maar door een concentratiegradient loodrecht op de wand, en tenslotte, dat wij $Mg(OH)_2$ neerslaan in tegenstroom in twee trappen, de ene trap discontinu in een tank, de andere trap semi-continu in de reeds genoemde reactoren.

Maar nog niemand heeft ooit deze reactoren van binnen of van buiten kunnen bekijken. De inhoud is bekend, maar omtrent de vorm bestaan alleen maar hypothesen.

Het zal wel niet verwonderen, dat wij voor dergelijke systemen nog geen betrouwbare berekeningen hebben kunnen uitvoeren.

De genoemde „uitdijende reactoren” zijn onze „boorgaten” waarvan het ontstaan in fig. 1 schematisch is weergegeven. Door de binnenste buis gaat water omlaag, door de buitenste komt pekels omhoog. Het is natuurlijk de bedoeling een zeer gecon-

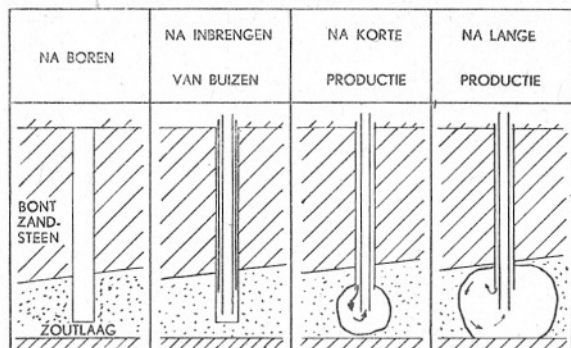


Fig. 1. Het ontstaan der „boorgaten”.

centreerde pekkel te krijgen om de indampkosten per ton zout laag te houden. In het begin zal men dus, omdat het zoutoppervlak in het boorgat nog zeer gering is, met een kleine watertoevoer werken. Naarmate echter het boorgat groter wordt, zal ook de productiecapaciteit toenemen.

Beschouwen we het in het boorgat plaatsvindende proces nader (fig. 2).

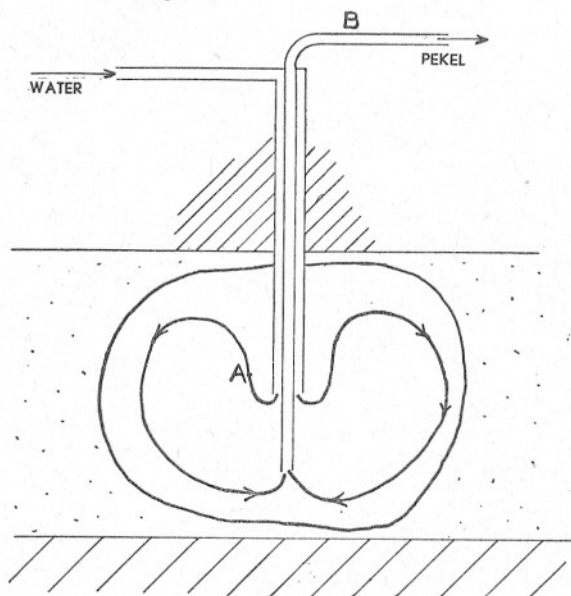


Fig. 2. Het in het boorgat plaatsvindende proces.

Het water zal in de reeds aanwezige pekkel opstijgen en ongeveer langs de geschetste weg geleidelijk zout opnemen. Verwaarlozen we nu even het groter worden van het boorgat, dan zien we de zoutconcentratie op de weg van ingang naar uitgang toenemen, hetgeen een kenmerk is van een continu proces.

Houden we echter wél rekening met het groter worden van het boorgat, dan valt op te merken, dat het punt A, toen het boorgat nog zeer klein was, in de zoutlaag lag. Toen de wand van het boorgat het punt A juist was gepasseerd, lag A in de reeds tamelijk geconcentreerde pekkelstroom. Bij de situatie die in fig. 2 is getekend, is A echter in de opwaartse stroom gekomen, waar de concentratie nog zeer laag is.

Deze verandering van de concentratie met de tijd op één bepaalde plaats is nu een kenmerk van een discontinu proces.

Inderdaad is nu het proces semi-continu, want er wordt water in een continue stroom toegevoegd en een continue pekkelstroom uit het boorgat verkregen, maar op lange termijn bekeken, wordt het zout toch ladingsgewijze opgelost, waarbij de grootte van deze „batch” wordt bepaald door bepaalde maximaal toelaatbare afmetingen van de boorgaten.

Een volledig continu proces is niet mogelijk, maar we kunnen ons natuurlijk wel afvragen of inplaats van de gevolgde semi-continue uitvoering een volledig discontinue methode voordelen kan geven. (Vullen van een boorgat met water, concentratie laten oplopen tot bijv. 300 g/liter, daarna ledigen).

De oplosnelheid zal in dat geval afnemen met de tijd (fig. 3 lijn a). In de tijd t lost dan een hoeveelheid zout op, voorgesteld door het gearceerde deel. Als we de tijden voor vullen en ledigen buiten beschouwing laten is dit dus tevens de zoutproductie van het boorgat in de tijd t .

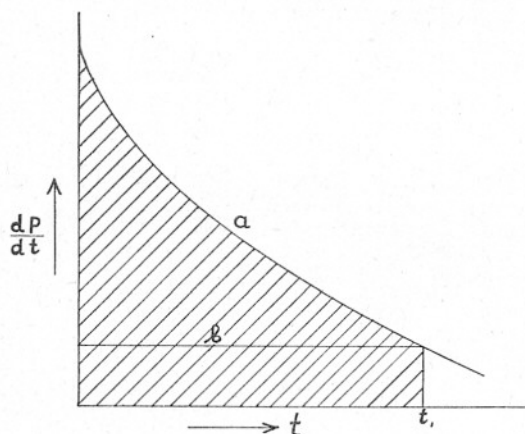


Fig. 3. De oplosnelheid als functie van de tijd.

Zouden we echter in hetzelfde boorgat het zout semi-continu winnen en daarbij de eis stellen van een zelfde zoutconcentratie van de gewonnen pekkel als in het batchproces, dan zouden we voortdurend te doen hebben met de constante oplosnelheid, weergegeven door de lijn b, en de productie van het boorgat zou voorgesteld worden door de rechthoek tussen de lijn b en de abscis. Bij deze redenering hebben we voor beide uitvoeringsvormen ideale menging in het boorgat verondersteld. Op zijn minst echter toont

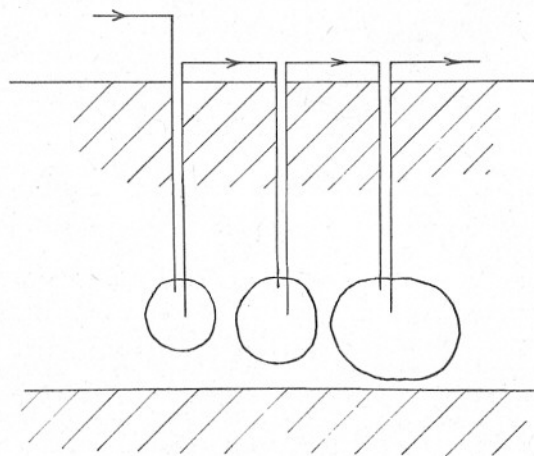


Fig. 4. Serieschakeling van de boorgaten.

deze redenering aan, dat — zolang de tijden voor vullen en ledigen niet in rekening worden gebracht — het discontinue proces een grotere productie zou kunnen geven dan het semi-continue.

Nu is het bekend, dat dit nadeel van een continu proces kan worden ondervangen door serieschakeling van reactoren. Deze serieschakeling wordt door de K.N.Z. inderdaad op de boorgaten toegepast, hetgeen in fig. 4 schematisch is weergegeven.

In fig. 5 nu is op 3 boorgaten toegepast wat in fig. 3 voor één boorgat werd gedaan.

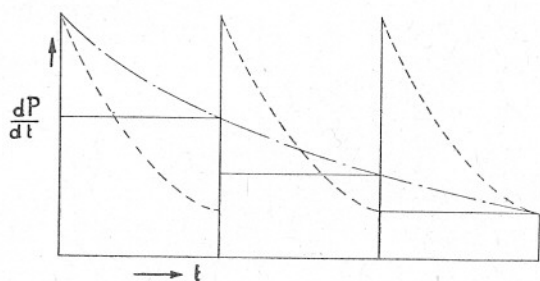


Fig. 5. De oplossnelheid als functie van de tijd voor drie boorgaten.

Indien men de drie boorgaten discontinue laat werken krijgt men als productie de oppervlakken onder de drie stippellijnen (opgeteld is dit het oppervlak onder de streep-punt-lijn). De productie bij continue werkwijze in de drie in serie geschakelde boorgaten wordt gegeven door de drie rechthoeken.

Nu is het bekend, dat — zelfs bij het verwaarlozen van de tijden voor vullen en ledigen en voor reactoren die zich gedragen als ideale mixers — het genoemde nadeel theoretisch verdwijnt bij een oneindig aantal trappen, praktisch echter reeds bij 3—5 trappen.

Bij het aantal boorgaten dat de K.N.Z. in bedrijf heeft is deze serieschakeling gemakkelijk te verwezenlijken. Daar komt nog bij, dat zowel door de aard van de stroming in één boorgat als door het ondergrondse doorströmen van reeksen boorgaten, die onderling contact hebben, de werkelijkheid misschien veel dichter ligt bij de „buisreactor” of „prop-stroming” dan bij een serie ideale mixers. Het mogelijk voordeel van de discontinue werkwijze is dus waarschijnlijk reeds door serieschakeling van minder dan 3—5 reactoren toch bereikt.

Bovendien echter heeft de discontinue werkwijze de volgende voor de hand liggende nadelen:

1. Tijdens vullen en ledigen lost in elk geval minder zout op dan wanneer het gat geheel gevuld blijft.
2. Om de tijd voor deze bewerkingen zo kort mogelijk te maken, zou men wijdere buizen moeten gebruiken, hetgeen hogere investering vereist, ook voor het boren zelf (men moet immers ook een wijder gat boren). Doet men dit niet, dan zal het boorgat tijdens het leegpompen niet meer pekels kunnen leveren dan bij het continue proces. Terwijl het verzadigen plaats vindt moet de pekellevering dus door een ander boorgat worden overgenomen, zodat men vervalt in een groter aantal boringen.

3. Bediening, hoewel zeer gering, kan slechts toenemen.

Samenvattend kan men zeggen, dat de discontinue werkwijze waarschijnlijk niet goedkoper zal zijn.

Om dit zeker te weten, zou men van elke uitvoeringsvorm een kostprijsberekening moeten maken, maar daarvoor zijn een aantal bedrijfs- en proefgegevens nodig, waarvan het verzamelen reeds vrij kostbaar zal zijn. Men zal daarom liever eerst nagaan of er praktische bezwaren bestaan tegen een discontinue uitvoering. Immers in dat geval behoeft men aan het verzamelen van proces-gegevens niet eens te beginnen.

Nu blijkt, dat we voor de discontinue werkwijze al direct op bezwaren stuiten, als we ons bezinnen op de praktische uitvoering.

Twee methodes zijn denkbaar:

1. *De pekels met perslucht uit het boorgat drukken.*
Dit eist 40—45 ata druk. De energie voor het overwinnen van het hydrostatische drukverschil wordt een veelvoud van de huidige. Bovendien zou in de pekels lucht oplossen, welke in de opstijgende stroom weer ontwijkt. Dit geeft energieverlies, maar bovendien schuimen en corrosie (pekels + lucht!).
2. *De pekels door water verdringen.*

Daarvoor is echter nodig, dat het water bovenin wordt gebracht, terwijl de pekels onderuit verdwijnt. Dit betekent, dat de pijpen moeten worden aangebracht op de wijze van fig. 6a i.p.v. op de wijze van fig. 6b. De plaatsing van de buizen

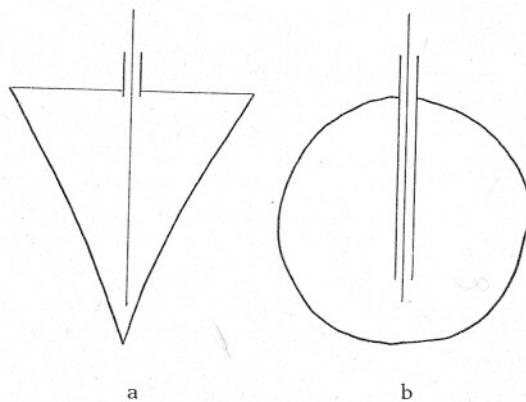


Fig. 6. De vorm der boorgaten bij verschillende wijzen van aanbrengen der pijpen (zeer overdreven geschematiseerd).

volgens 6a heeft als effect, dat de bovenlagen het eerst oplossen. Niet alleen zal men daardoor, vooral in het begin, meer bijzouten krijgen (men denke slechts aan Abraumsalze), maar bovendien zal het boorgat een trompetvorm krijgen, welke tegenover een meer ronde of cilindrische vorm de volgende nadelen bezit:

- a. minder steile helling. Onoplosbare bestanddelen (CaSO_4 , steen) blijven er op liggen en vertragen het oplossen van zout.
- b. De maximaal toelaatbare diameter van het boorgat wordt eerder bereikt en de zoutproductie per „boring” wordt dus minder.

- c. Grote steenbrokken die vrijkomen door het oplossen van het omringende zout hebben bij het omlaagvallen meer kans de boorbuis te treffen en deze te vernielen.

Opgemerkt dient te worden, dat deze „technische” argumenten tenslotte ook tot „kosten” zijn terug te brengen.

Genoemde kwalitatieve argumenten vormen de reden, dat de K.N.Z. de discontinue pekewinning nooit diepgaand heeft onderzocht, dit te meer omdat het aandeel van de pekewinningskosten in de kostprijs van het zout zeer gering is.

Deze conclusie zal de echte wetenschapsmens waarschijnlijk niet geheel bevredigen.

Wanneer we echter verlangen, dat in deze voordrachten de realiteit wordt getoond, dan is het beter niet uitsluitend sprekende gevallen uit de praktijk te selecteren, waarin het voordeel van de ene methode boven de andere exact aantoonbaar is, maar ook gevallen waarin een oppervlakkige analyse van het probleem leidt tot de conclusie, dat de mathematische verwachting (winst $\times$ kans op winst) van het voordeel van een andere methode niet zal opwegen tegen de kosten om die methode serieus te onderzoeken.

De realiteit is nl. dikwijls dat het nodig is „to draw sufficient conclusions from insufficient data”.

II. PEKELZUIVERING.

De gewonnen pekkel bevat Ca- en Mg-ionen en moet dus, teneinde aankorstingen in de verdamper te voorkomen, worden onthard.

De klassieke kalk-soda-ontharding vraagt echter hoge uitgaven voor soda. Door de gelukkige omstandigheid dat het steenzout in de bodem van Twente een behoorlijk hoog sulfaatoverschot (t.o.v. Ca⁺⁺ en Mg⁺⁺) bevat, kunnen deze hoge soda-kosten op elegante wijze worden omzeild.

Fig. 7 geeft een zo eenvoudig mogelijk schema van het gehele bedrijf. In de z.g. 1ste bewerking worden ruwe pekkel, moederloog en kalk bijeengevoegd.

In de moederloog heeft zich het sulfaat reeds opgehoopt tot ca. 5 %, d.i. het maximaal toelaatbare gehalte, omdat anders met het zout Na₂SO₄ zou uitkristalliseren. Door vermenging van deze moederloog met de ruwe pekkel welke minder dan 0.5 % Na₂SO₄ bevat, wordt het Na₂SO₄-gehalte in de 1ste bewerking ca. 1.7 %. De ruwe pekkel is verzadigd met CaSO₄, waarvan nu een deel in dit milieu met zijn hogere SO₄-ionenconcentratie, zal neerslaan.

Ook de toegevoegde kalk zal met Na₂SO₄ wat CaSO₄ en NaOH geven.

Daar we CaSO₄ en Ca(OH)₂ als „Bodenkörper” hebben, geldt dus:

$(Ca^{++}) \times (SO_4^{--}) = k_1$ en $(Ca^{++}) \times (OH')^2 = k_2$
en dus

$$\frac{(SO_4^{--})}{(OH')^2} = \text{constant}$$

Door de ophoping van SO₄⁻⁻-ionen hebben we dus in de vloeistof, die uit de eerste bewerking na afscheiding van Mg(OH)₂ en CaSO₄ resulteert, tevens een hoge OH'-ionenconcentratie bereikt.

In de z.g. tweede bewerking worden nu eerst rookgassen ingeblazen, $(2 OH' + CO_2 \rightarrow CO_3^{--} + H_2O)$ hetgeen de CO₃⁻⁻ levert, waardoor de rest van het

Ca⁺⁺ neerslaat. Ca⁺⁺ en CO₃⁻⁻ zijn nu (toevallig) juist equivalent.

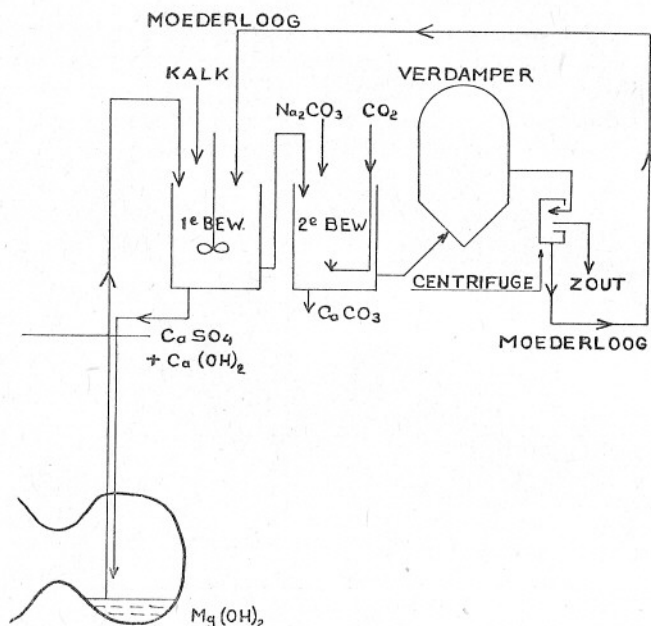


Fig. 7. Eenvoudig schema van het bedrijf.

Een eventuele extra toevoeging van soda dient slechts om het evenwicht $CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{++} + CO_3^{--}$ naar links te dringen.

Op te merken valt dat we op twee manieren soda hebben bespaard:

1. Door een deel van het CaSO₄ „uit te zouten”.
2. Door zelf soda te maken uit kalk, Na₂SO₄ en CO₂.

Bijkomstigheden van het proces zijn nog dat de Na₂SO₄-spiegel op peil wordt gehouden door uit een klein deel van de moederloog Na₂SO₄ · 10 aq uit te vriezen bij ca. —5° C en dat het bezinksel uit de eerste bewerking wordt teruggevoerd in het laatste boorgat van elke serie. Door een voldoende overmaat kalk in de eerste bewerking te gebruiken bevat het neerslag uit de eerste bewerking nog veel kalk en daardoor zijn de laatste boorgaten van elke serie zo sterk alkalisch geworden, dat het Mg daarin geheel of gedeeltelijk neerslaat. In feite hebben we dus een praecipitatie van het Mg met kalk in tegenstroom in twee trappen, waarbij de eerste trap het boorgat is.

Voor de eerste bewerking zijn nu 9 en voor de tweede bewerking 5 tanks nodig.

Wanneer men nu ziet, dat allerwegen voor dergelijke processen continue apparaten worden gebruikt (Dorr-thickeners, clary-flocculators, hydrotreators, accelerators) dan vraagt men zich af waarom de K.N.Z. deze discontinue methode handhaaft. Hiervoor kunnen drie argumenten worden genoemd:

1. de bedieningskosten, waarvan men verwacht, dat zij voor een batch-proces nogal zullen gaan meertellen, vallen zeer mee.
2. Het „batch”-proces geeft een grote bedrijfszekerheid.

Bij een continu proces zal de bedrijfszekerheid veel kleiner zijn, omdat het Mg- en Ca-gehalte van de ruwe pekkel zo sterk wisselen.

De dosering nl. van het laatste boorgat van elke serie met kalk is uitermate moeilijk, omdat de verblijftijd hierin enige maanden bedraagt. Een onderdosering met kalk openbaart zich pas na lange tijd door het oplopen van het Mg-gehalte en men moet dan weer zeer lang overdoseren voordat dit gehalte weer voldoende is teruggelopen.

Tenzij men genoeg zou nemen met een grote overdosering (wat oneconomisch is, omdat een deel te eeuwig in het boorgat achterblijft) kan men dus nooit op Mg-vrije pekelen rekenen. Een kleine hoeveelheid Mg in de eerste bewerking heeft nu echter grote invloed op de bezinksnelheid van het CaSO_4 (zie fig. 8) alsmede op het sedimentvolume (een hoog sedimentvolume betekent een groter Na_2SO_4 -verlies op dit punt, hetgeen gaat ten koste van het uitgevroren $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{ aq}$, waarvoor de installatie toch in bedrijf moet zijn).

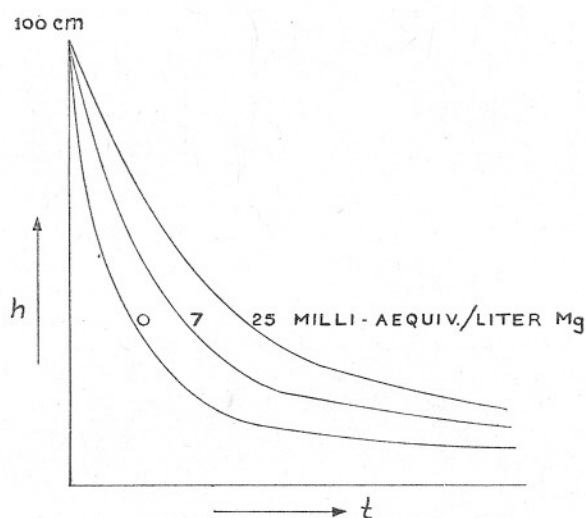


Fig. 8. De bezinksnelheid van het CaSO_4 .

Men moet nu òf de capaciteit van de eerste bewerking instellen op de ongunstigste condities (waarvoor een deel van het voordeel van continu, nl. kleiner reactievolume, weer moet worden opgeofferd) òf — zoals reeds eerder vermeld — een grote overmaat kalk gebruiken.

Men kan natuurlijk proberen van de nood een deugd te maken door het Mg niet in de boorgaten neer te slaan maar in een afzonderlijke bewerking boven de grond en het neergeslagen $\text{Mg}(\text{OH})_2$ te verwerken tot een verkoopbaar product.

Deze verwerking van het $\text{Mg}(\text{OH})_2$ is echter bij een productie van ca. 1 000 ton per jaar, waarom het hier gaat, niet rendabel uit te voeren.

3. Tenslotte de argumenten die men dikwijls pleegt aan te voeren in alle gevallen, dat een oude installatie niet vervangen wordt door een nieuwe, die eigenlijk goedkoper werkt.

Deze luiden:

- We kunnen geen nieuwe kopen, eerst moet de oude zijn afgeschreven.
- Waarom zouden we een nieuwe kopen? Hij werkt goedkoop, omdat hij helemaal is afgeschreven.

Deze tegenstrijdige argumenten zijn beide reël, omdat het tenslotte altijd een nadeel betekent een installatie af te danken, die nog bruikbaar is.

Het al of niet afgeschreven zijn van de installatie doet er natuurlijk niets toe.

De genoemde paradoxale argumenten vloeien slechts voort uit het feit, dat de afschrijvingspolitiek niet reël is. Is het bijv. gebruik de installatie in een vast aantal jaren af te schrijven, dan geven de kosten als functie van de productie het beeld van fig. 9.

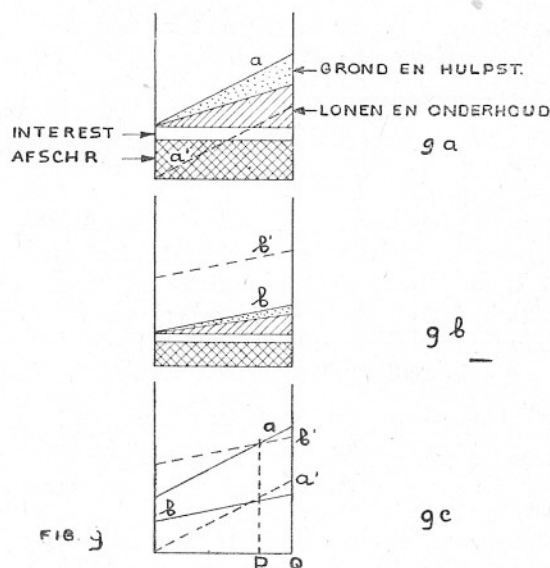


Fig. 9. De kosten als functie van de productie.

Laten we aannemen, dat voor de nieuwe installatie zowel de vaste als de variabele kosten lager zijn dan voor de oude (wat vaak het geval is).

Wanneer de oude installatie is afgeschreven maar nog normaal functioneert, daalt de kostenlijn van a naar a' . Is de oude installatie echter niet afgeschreven en vervangt men hem door een nieuwe, dan zal men de afschrijving van de oude nog enkele jaren op de nieuwe moeten laten drukken. De kosten van de nieuwe stijgen dan van b naar b' (zie fig. 9c).

In het gegeven voorbeeld is het boven de productie P voordeliger op het nieuwe proces over te schakelen, onverschillig of de oude installatie al of niet is afgeschreven.

Een dergelijke situatie doet zich zeer dikwijls voor, omdat het tijdstip van noodzakelijke vervanging (bijv. wegens totale slijtage) in werkelijkheid dikwijls veel later ligt dan het tijds ip waarop de installatie boekhoudkundig is afgeschreven.

Met deze realiteit zal men natuurlijk rekening houden.

Wij hebben juist de kosten als functie van de productie gekozen, omdat daaruit blijkt, dat productieuitbreiding een belangrijk argument voor de overgang van het een op het ander kan zijn.

Met de pekeldzuivering van de K.N.Z. is de situatie nu inderdaad zo, dat de maximum capaciteit van onze gehele fabriek niet ver boven het snijpunt ligt. Slechts een uitzonderlijk grote productiestijging, bijv. een verdubbeling van de huidige capaciteit van 500 000 ton per jaar zou een afdanken van de oude installatie kunnen motiveren.

Dat dit in Hengelo ooit zal gebeuren achten wij uitgesloten.

Bepaalt men nu bij de maximum capaciteit die in Hengelo mogelijk is de investering voor een continue installatie en de kostenverlaging die daardoor mogelijk

wordt, (kosten in dit geval exclusief afschrijving en interest) dan levert dit een zekere „pay-out time”.

Als een dergelijke „pay-out time” groter is dan voor andere voor de onderneming uitvoerbare projecten (en het voor investeringen beschikbare kapitaal gelimiteerd is), kan een verouderde installatie nog lang in bedrijf blijven, hetgeen dan echter economisch volkomen is verantwoord.

Los van de argumenten die gelden voor de K.N.Z. wil ik nog een factor noemen, waarmee men rekening moet houden.

Men kan nl. wel een installatie moderniseren, maar men moet dan ook over de mensen beschikken die haar in stand kunnen houden en er mede kunnen werken.

Dit komt vooral naar voren bij de meet- en regelapparatuur. Dikwijls hoort men de klacht, dat de dure instrumenten in de fabriek zo gauw stuk gaan. Het bedienend personeel moet natuurlijk met het gebruik van dergelijke apparatuur vertrouwd worden gemaakt. Ook vakkundig onderhoud moet verzekerd zijn.

De „modernisering” heeft dan ook dikwijls een kostenstijging in andere afdelingen tengevolge, niet alleen in de onderhoudsafdeling, waar men soms zelfs aparte deskundigen nodig heeft, maar ook in laboratorium, administratie en wetenschappelijke staf.

Bij de belangrijke verlaging van de directe kosten, die men door „continu maken” kan bereiken, moet men dus niet over het hoofd zien, dat de indirecte kosten kunnen stijgen en dat daardoor het voordeel minder groot kan worden dan zou moeten volgen uit de aanvankelijk opgestelde kostenraming.

III. ZOUTAFSCHEIDING.

a. Het indampen tot een kristalbrij.

De overgang van het oude pannen-proces naar de 3-voudige later zelfs 5-voudige verdamping is geheel gemotiveerd door de warmte-economie. (Per ton cal wordt verdampt $1.69 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ bij één trap, $4.71 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ bij 3 trappen en $7.32 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ bij 5 trappen).

Het feit dat er ter wille van de warmte-economie in een aantal verdampers moet worden gewerkt heeft tengevolge, dat men zonder veel extra kosten door serieschakeling in een continu-proces alle voordelen kan behalen, die een batch-proces eventueel nog zou kunnen opleveren.

Aangezien de kristallisatie niet plaatsvindt aan een oppervlak, maar de kristallen in de circulerende vloeistof worden gevormd en omdat de brij verpompbaar is, verdwijnen reeds vele problemen die in de regel karakteristiek zijn voor processen met vloeistoffen en vaste stoffen en waardoor dergelijke processen meestal moeilijker continu zijn uit te voeren.

De zoutkristallisatie is dus een proces waarvan men eigenlijk niet anders zal verwachten, dan dat het continu wordt uitgevoerd, hetgeen bij de K.N.Z. dan ook geschiedt.

Bij de uitvoering van dit continue proces kunnen we echter nog twee kanten uit, die worden aangeduid met serie-voeding en parallel-voeding (zie fig. 10).

De „technische factoren” die bij de keuze in aanmerking genomen moeten worden, zijn nu dezelfde als die welke bij uitvoering in één trap de keuze tussen continu of discontinu bepalen.

Om dit duidelijk te maken, zij er even aan herinnerd, dat bij een ladingsgewijs proces de proces-variabelen

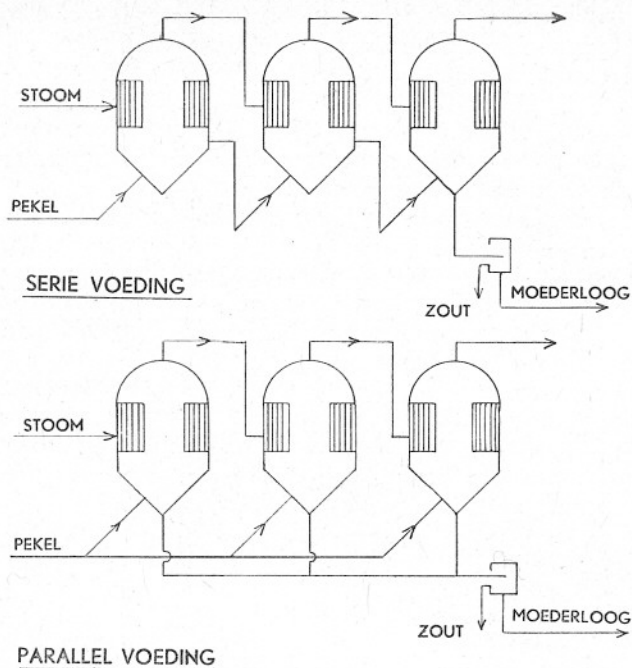


Fig. 10. Serie- en parallelvoeding bij het continue proces.

op een bepaalde plaats veranderen met de tijd.

Bij een continu-proces in één trap werkt men voortdurend bij een toestand waarin de proces-variabelen een waarde hebben zoals in het laatste stadium van een discontinu-proces. Het gaat er dus om of het al of niet gunstig is bij die eindtoestand te werken. Bij chemische reacties is het gewoonlijk zo, dat de reactiesnelheid in het laatste stadium zeer klein wordt, zodat men dan een groot reactievolume nodig zou hebben. Andere proces-variabelen kunnen echter in de eindtoestand een waarde hebben die gunstig is voor de kwaliteit van het product. (Ook wel eens ongunstig, bijv. overwegen van een nevenreactie).

Bij de ladingsgewijze kristallisatie nu is de kristallatiesnelheid van begin tot eind gelijk, (uitgezonderd over de zeer korte aanlooptijd die nodig is voor opwarmen en indampen totdat de concentratie, welke ca. 310 g/l bedraagt, op de verzadigingsconcentratie is gekomen).

Hetzelfde geldt voor de temperatuur en dus ook voor de warmteoverdracht.

Uit het oogpunt van reactiesnelheid bestaat er dus geen voorkeur voor een van de twee uitvoeringsvormen.

De kristalconcentratie (brij-dikte) neemt echter bij discontinue indamping voortdurend toe. Nu is een grote brijdikte gunstig voor het produceren van grove kristallen.

Dit kan op twee manieren plausibel gemaakt worden:

1. Grotere brijdikte betekent grotere verblijftijd van de kristallen. Hoe langer de kristallen in het circuit blijven, des te verder kunnen ze groeien.

2. De drijvende kracht voor het groeiproces van de kristallen is een zekere stationaire oververzadigingsgraad, die zich instelt, omdat zij enerzijds moet toenemen door het verdampen van water, anderzijds moet afnemen door afzetting van zout op de reeds aanwezige kristallen. (Ook door vorming van nieuwe kiemen neemt de oververzadiging af, maar dit is te verwaarlozen in vergelijking met de afnemende door kristalgroei).

Als men nu de brijdikte vergroot, wordt tevens het oppervlak waarop zout kan afzetten en daarmee de totale hoeveelheid zout die per tijdseenheid kan worden afgezet, groter, zodat de oververzadigingsgraad zich op een lager niveau instelt. Bij dit lagere niveau behoort een geringere kiemvorming, dus in totaal worden er een kleiner aantal kristallen geproduceerd.

Indien nu het totale aantal kristallen kleiner wordt, mag bij gelijkblijvende productie in het algemeen wel verwacht worden, dat men daardoor een grover product zal krijgen.

Voor het verkrijgen van zo groot mogelijke kristallen kan het dus van belang zijn bij deze eindtoestand van een grote brijdikte te werken en zo zou men dus kunnen zeggen, dat uit dit oogpunt parallelvoeding de voorkeur verdient.

Een andere proces-variabele is de concentratie van bijzouten. Er bestaat een zoutbedrijf, waar men de voedingspekkel toevoert en tegelijk de in de verdampert reeds bezinkende kristallen aftapt in een sluis en daarmee voortgaat tot de concentratie van de bijzouten tot de maximaal toelaatbare grens is opgelopen, waarna de moederloog wordt afgetapt. Deze werkwijze is dus semi-continu.

De in het begin gewonnen kristalbrij heeft na het centrifugeren daardoor wat minder waswater dan de later geproduceerde. Dit voordeel is echter van weinig belang. De eigenlijke reden voor deze methode is dan ook een andere, nl. dat toevallig op het ogenblik dat de concentratie van bijzouten te hoog zou worden, tevens de zoutaankorstring in de apparaten zo sterk is geworden, dat het gewenst is de moederloog af te tappen en de apparatuur te vullen met niet geheel verzadigde pekkel waarin de korsten oplossen.

Een belangrijk argument voor geheel continue uitvoering is bij ons zoutbedrijf nog, dat de stoomlevering is verbonden met stroomopwekking voor het Electrolysebedrijf. Een zo regelmatig mogelijke stroomafneming is daarom gewenst. In een continu bedrijf kan hieraan beter worden voldaan.

b. Centrifugeren.

Bij het oude pannenproces werd het zout met een

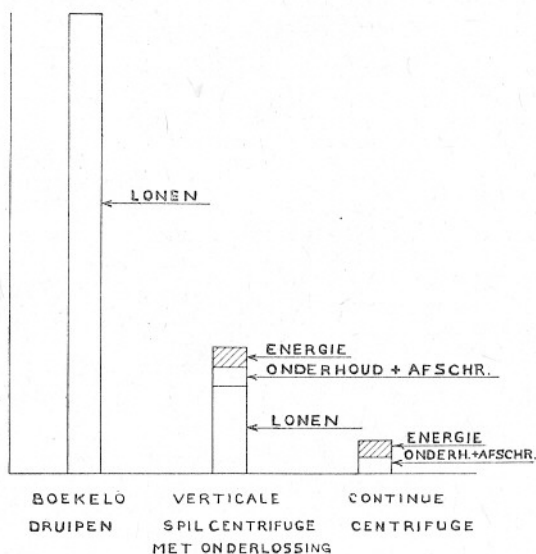


Fig. 11. Vergelijking van de kosten per ton zout voor uitdruipen, spilcentrifuges met onderlossing en de continue centrifuge.

schop op kruiwagens overgebracht voor transport naar de droogruimte. Tegelijk met de overgang op een driedovoudige verdamping werden verticale spilcentrifuges met onderlossing geïnstalleerd. Het vullen en ledigen gebeurde discontinu, waardoor de centrifuge dus elk ogenblik moest worden stilgezet. Ook vereist dit nog vrij veel bediening. In een later stadium werden geheel continu werkende centrifuges van het pusherdischarge-type geïnstalleerd.

Fig. 11 laat zien hoe de kosten per ton zout daardoor zijn gedaald. De bediening bij het laatste type is vrijwel nihil. De loonfactor is daarom niet meer in de grafiek aan te geven.

Men merke op, dat het energieverbruik bij het laatste type ca. 25% lager is. Dit is o.a. te danken aan het feit, dat de centrifuge voor het lossen niet meer behoeft te worden stilgezet en dus niet meer voor elke portie één keer de kinetische energie van de draaiende trommel verloren gaat.

c. Het drogen.

dat onder normale druk gebeurt en daarom gemakkelijk continu kan worden uitgevoerd, geschiedt in een roterende trommel in tegenstroom met hete lucht.

De voordelen tegenover discontinu drogen zijn zo evident, dat op dit punt niet verder zal worden ingegaan.

Het spreekt vanzelf, dat de K.N.Z. ook in haar sectie „Chemische Bedrijven” telkens weer te maken heeft met de keuze continu of discontinu.

Zo wordt de bleekloog-fabricage uit NaOH en chloor uitgevoerd door een bepaalde hoeveelheid loog tot een nauwkeurig bepaald eindpunt te chloreten. Dit gebeurt niet continu, omdat bij de eindtoestand een nevenreactie — nl. de chloraatforming — sterk domineert en bij de nodige productiecapaciteit het opstellen van een aantal in serie geschakelde chloreringsinstallaties niet economisch is.

Daar een behandeling van al deze gevallen ons te ver zou voeren, is deze voordracht beperkt tot het hoofdproduct zout. Hoewel de echte chemische reacties in de zoutfabricage gering zijn, hoop ik toch, dat deze voordracht er toe zal bijdragen, dat een representatief beeld wordt verkregen van de werkelijke motieven, waardoor men zich in de chemische industrie bij de keuze tussen continue en discontinue uitvoering laat leiden.

Discussie.

Ir. C. van Assendelft vraagt:

1. Is het niet beter in de getoonde kostprijvergelijkingen een rendement in rekening te brengen overeenkomstig het rendement dat men van andere projecten kan verkrijgen? Dit voorkomt de noodzaak om de zgn. „pay-out time” in rekening te brengen.
2. Het risico van een bepaald project zou men kunnen verdisconteren in een kortere afschrijftijd, (die soms veel korter is dan de technische afschrijftijd).

Antwoord:

Het laatstgenoemde wordt inderdaad gedaan. Voor nieuwe farmaceutische producten of pesticiden bijv. zal men een veel kortere afschrijftijd eisen dan voor klassieke chemicaliën.

Naarmate men de afschrijftijd korter kiest, wordt natuurlijk het berekende rendement van het geïnvesteerde kapitaal lager. Men kan nu of van een bepaalde afschrijftijd uitgaan en nagaan hoe dan het rendement wordt, of van een bepaald rendement uitgaan en eens zien op welke afschrijftijd men dan uitkomt.

Het komt eigenlijk op hetzelfde neer, nl. dat men iets wil weten over het verband tussen afschrijftijd en kapitaalsrendement.

Noot achteraf.

Voor een volledig inzicht zou men het best het kapitaalsrendement als functie van de afschrijftijd in grafiek kunnen brengen (zie fig. 12).

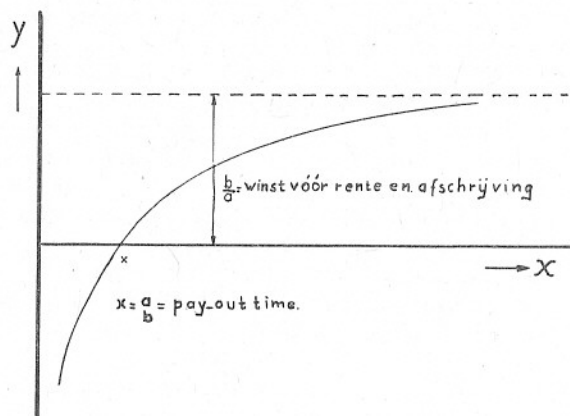


Fig. 12. Het kapitaalsrendement als functie van de afschrijftijd.

Is het geïnvesteerde kapitaal a en de jaarlijkse winst zonder rente en afschrijving b , het kapitaalsrendement (als fractie van het geïnvesteerde kapitaal) y en de afschrijftijd x , dan geldt

$$y = \frac{b - \frac{a}{x}}{a} = \frac{b}{a} - \frac{1}{x}$$

De pay-out time a/b is de afschrijftijd waarbij het rendement juist nul is. Indien er niet behoeft te worden afgeschreven ($x = \infty$) wordt $y = b/a$ (zie fig. 12).

Ir. J. Offeringa vraagt:

1. Stoort ondergrondse kortsluiting door uithollen het „serieproces“ niet?
2. Waarom wordt samen met het water soms lucht geïnjecteerd? Indien een snelle horizontale uitbreiding beoogd wordt, wordt dan het serieproces niet zinloos, doordat snel kortsluiting optreedt?

Antwoord:

In sommige zoutbedrijven injecteert men lucht om uitbreiding van het boorgat naar boven tegen te gaan.

Of ondergronds kortsluiting optreedt hangt natuurlijk af van de afstand tussen de boorgaten.

Indien er ondergronds contact is, kan men het water het éne boorgat inpompen en de pekels bij het andere boorgat naar buiten laten treden. Men maakt er dan dus een „buisreactor“ van, wat eigenlijk nog mooier is dan de werkwijze van fig. 4. (Zoals Prof. Kramers na afloop van het symposium in een privé gesprek opmerkte, moet men er wel aan denken, dat alleen langs de bovenkant min of meer „propstroming“ kan heersen. De diepste delen van elke boorput doen in dat geval niet mee, omdat de lichtste pekels boven blijft. De effectieve inhoud is dus kleiner).

Ir. C. J. Asselbergs vraagt:

Zijn bij serievoeding de warmte-overdrachten in de eerste lichamen niet gunstiger dan bij parallelvoeding, waarbij in iedere verdampingstrap een hogere zoutconcentratie bestaat?

Antwoord:

Deze kwestie is te gecompliceerd om die hier te kunnen behandelen. Men moet het eenvoudig dóórrekenen en dan ziet men het wel. Wij zijn nog bezig met berekeningen en proeven.

(Noot bij de nabewerking: intussen kan medegedeeld worden, dat de concentratie aan zwevend zout de warmteoverdracht, althans bij voldoende grote snelheden, slechts weinig beïnvloedt. Om geheel andere redenen is de warmte-economie voor parallelvoeding echter beter dan voor serievoeding).

Ir. Clausen merkt op:

Aansluitend aan de vraag van Ir. Asselbergs kan opgemerkt worden, dat de serievoeding boven parallelvoeding dikwijls voordelen biedt wat de warmtedoorgang betreft.

Indien kookpuntsverhoging en viscositeit in alle verdampers lichamen ongeveer gelijk zijn is er weinig verschil, maar kan parallelvoeding in het nadeel staan, omdat scale-vorming in de verdampers lichamen in even sterke mate optreedt.

Antwoord:

Bij het pekeldampend treden de aankorsten van CaCO_3 echter niet op in de verdampers, maar in de voorwarmers. In zijn algemeenheid kan dit een motief voor serievoeding zijn. In ons speciale geval is het dat echter niet.

Dr. M. Muller vraagt:

Zou het wel mogelijk zijn door modelproeven (bijv. in een bak met plan-parallelle glazen wanden) iets te weten te komen over de wijze waarop de oplossing van het zout in de bodem plaatsvindt?

Antwoord:

In Amerika heeft men dit reeds gedaan. Dit is zelfs aanleiding geweest tot een verbeterde methode van uitlogen, die in de U.S.A. werd geoctrooieerd. Toen wij dit octrooi tegenkwamen hebben wij dit natuurlijk direct aan onze boormeester getoond. Deze verklaarde echter de betrokken verbeterde methode reeds 30 jaar toe te passen.

Ir. Wichen maakt opmerkzaam op de kamerzoutwinning in Salzkammergut.

Spreek er deze methode, welke alleen nog historische betekenis heeft.

Prof. van Pritzelwitz van der Horst vraagt:

Voor het afslingeren van de moederloog worden volgens het laatste lantaarnplaatje de „schuifcentrifuges“ van Escher Wyss gebruikt, die de afgescheiden kristallen niet geheel continu, maar intermitterend afvoeren. Er bestaan ook continu-centrifuges met geheel continue afvoer van de vaste stof, die bijv. hier te lande door Reineveld worden gebouwd. Acht de heer Gerritsen de toepassing daarvan ook mogelijk voor zijn bedrijf, of is dit type proefondervindelijk hiervoor minder geschikt gebleken?

Antwoord:

Geheel continue centrifuges bestaan reeds lang. De Byrd-centrifuge is een zeer bekende, verder de kolencentrifuge van Reineveld.

De laatste tijd proberen vele fabrikanten de constructie van deze geheel continue centrifuges aan nieuwe toepassingen aan te passen. Contrbex en de Franse S.E.M. leveren ze thans ook.

In het algemeen kan men zeggen, dat beneden een kristal-diameter van 0.5 mm moeilijkheden worden ondervonden. Een scherpe grens kan men natuurlijk niet trekken. Vorm en hardheid van het kristal en frequentiekenarakteristiek van de deeltjesgrootte zijn natuurlijk mede van belang.

Voor die gevallen waarin het lukt dit type centrifuge te gebruiken blijft echter vaak het bezwaar bestaan dat de kristallen ten dele worden vergruisd of gebroken. Ook bij de zoutfabricage is dit een bezwaar. Wij blijven de ontwikkeling van dit type centrifuges echter belangstellend volgen.