

SUMMARY

Combustion of sludge

From e.g. dutch domestic sewage per capita per year 550 l sludge is to be removed, with a contents of 35 (25) kg solids, to be reduced to 10 l ashes. The problem is to find the most economical sludge dewatering to obtain an inflammable product. The treatise deals with 6 types of burning furnaces for various methods to wit combustion of digested as well as undigested sludge or of a mixture of both. Further the hygienic and economical aspects are mentioned. A possible solution of the need of fuel for incinerating the sludge is suggested in placing a sufficient quantity of natural gas at the disposal of the installations by governmental decree.

Verbranding van slib*)

Deze les zal niet handelen over verbranden van industrieel (b.v. van petrochemische bedrijven), niet over het verbranden van met olie door-drenkte aarde en niet over het verbranden van huisvuil in combinatie met rioolslib.

Van de „gemiddelde nederlander“ komt per jaar 550 l nat rioolslib bij de rioolwaterzuiveringsinrichting aan. (fig. 1).

Dus per persoon per jaar: ± 550 l ruw primairslib + surpluslib, waarin ± 35 kg vaste stof (25 kg na slijkgisting); dit kan worden ingedroogd tot ± 70 l gedroogd slijk (koek) en verbrand tot: ± 10 l as.

Het lijkt een ideale oplossing in een oven 550 l onplezierige materie te verbranden tot: 10 l gemakkelijk te verwijderen as.

Maar het is wel even moeilijker dan het lijkt, want al eer het verbranden kan beginnen, moet uit de 550 l slijk eerst 525 l water worden verwijderd, pas daarna kan men de resterende 25 l droge stof verbranden tot 10 l as. Men moet zich wel afvragen of een verbrandingsoven wel het aangewezen middel is om de 525 l slijk te verwijderen.

Er zijn diverse manieren om water uit slijk te verwijderen. In figuur 2 zijn aangegeven: indikking, mechanische ontwatering en verdamping, met in

beeldvergelijking de kosten per m³ te verwijderen water.

Men zou daaruit besluiten, dat indikken de beste wijze is om alle water te verwijderen!

Jammer genoeg is dat niet zo. Enigszins geschematiseerd, zou men het volgende kunnen zeggen: door *indikken* is het water te verwijderen, dat „los“ tussen de slijkvlokken aanwezig is;

door *mechanische* ontwatering is het water te verdrijven, dat aan en in de slijkvlokken is vastgehecht en er capillair in is opgenomen;

en door *verdampen* is het water uit te drijven dat in de slijkdeeltjes zelf is besloten en dat eraan is geadsorbeerd. Zie in fig. 2 de grafiek van dipl. ing. A. Fischer (Lurgi-Frankfurt).

De weg van 550 l slijk naar 10 l as gaat in 4 stappen

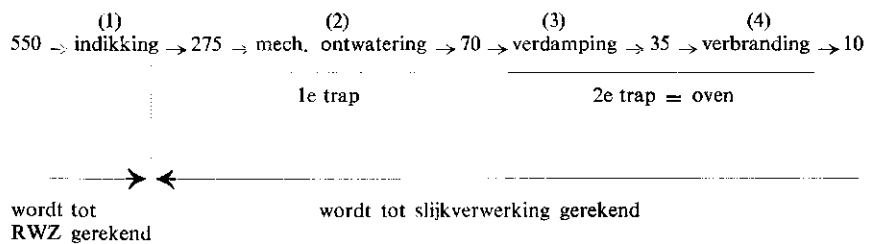
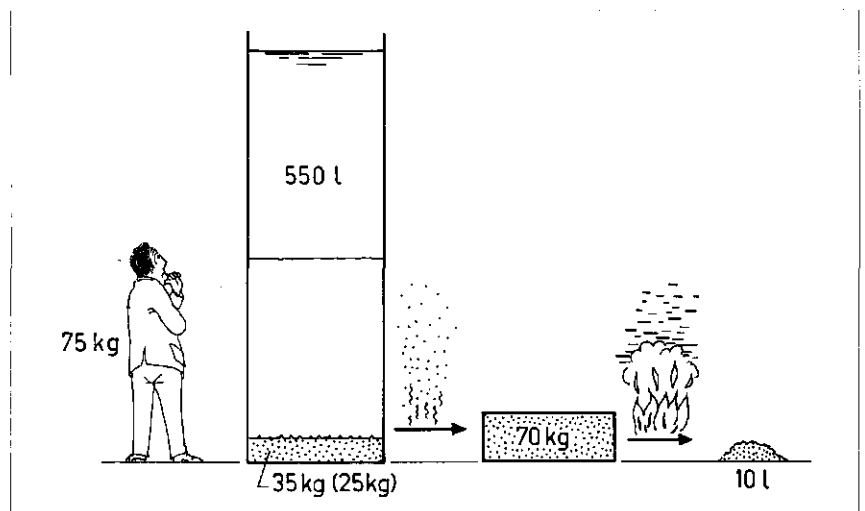


Fig. 1 - De Nederlander produceert per jaar gemiddeld 550 l slijk, waarin 35 kg vaste stof (na slijkgisting 25 kg), in te drogen tot 70 kg gedroogd slijk en te verbranden tot 10 l as.



*) 2e Vakantiecursus in behandeling van afvalwater, gehouden door de Afdeling der Weg- en Waterbouwkunde van de T.H. Delft, op 30 en 31 maart 1967. Les 7. De figuren 2 en 3 zijn ontleend aan het verslag van de DECHEMA-Tagung 1-4 '66 te Frankfurt/M., de figuren 5 t/m 19 aan Brennstoff-Wärme-Kraft 18-1966 no. 5, Mai.

Fig. 2a

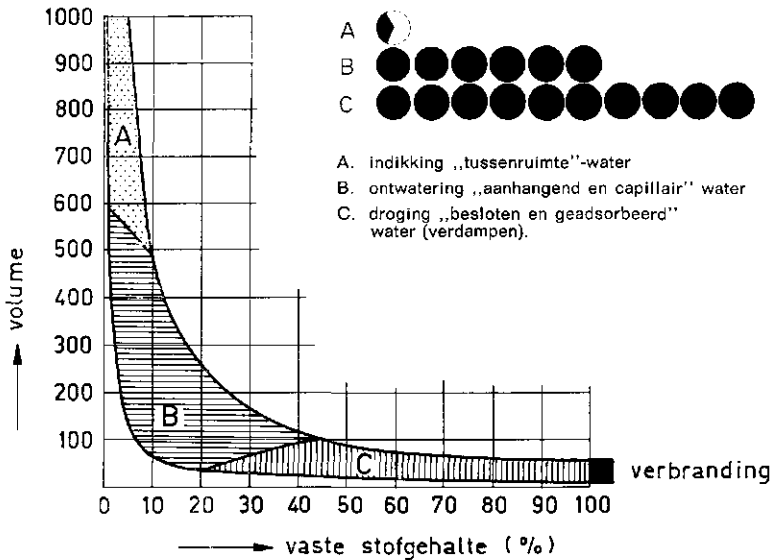


Fig. 2b

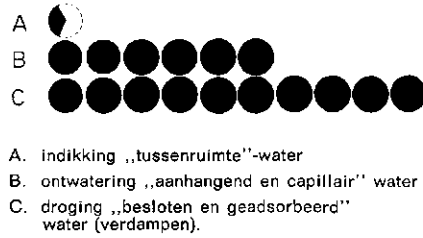
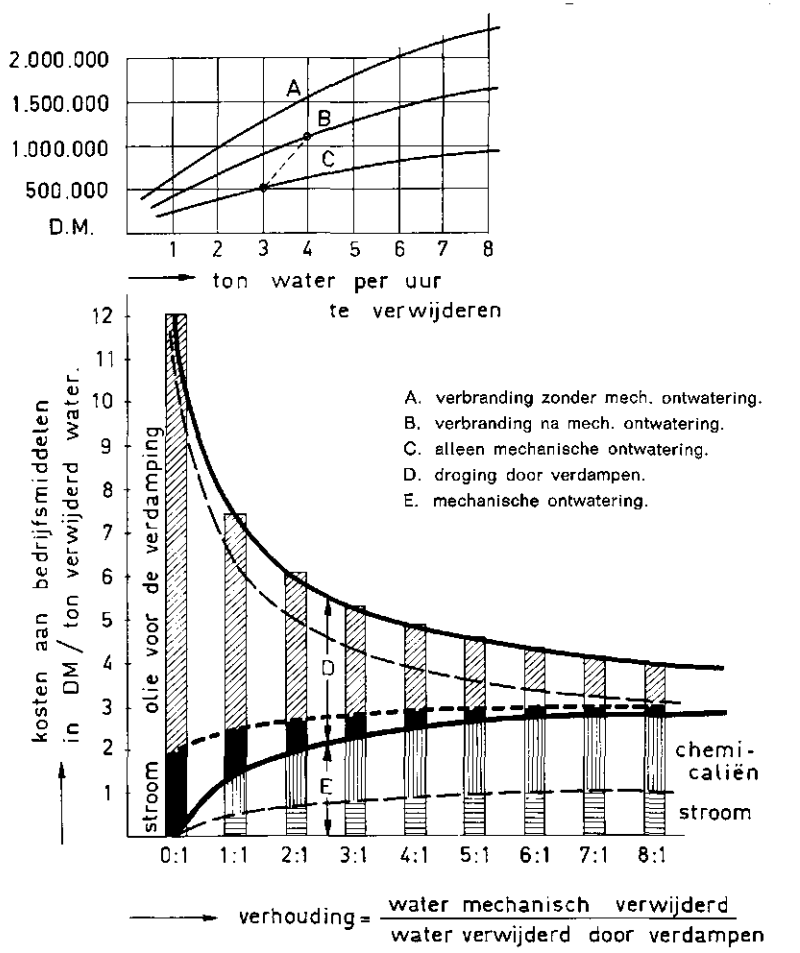


Fig. 2a - Kosten per m³ uit slijk te verwijderen water.

Fig. 3 - Kosten van de bouw van een slijkverwerkingsinstallatie.



Voor beide trappen van de slijkverwerking zijn flinke fabrieken nodig. Men moet over de konklusie dat in 2 trappen moet worden gewerkt niet gering denken; het impliceert het werken met 2 fabrieken.

Toch is onder normale omstandigheden de tweetrappige installatie in exploitatie de voordeligste. Als bijzondere omstandigheden aanwezig zijn (b.v. goedkope brandstof, combinatie van slijk met ander afval,

e.d.), moet worden nagerekend of een ééntrappige installatie niet méér economisch is.

Volgens dipl. ing. Fischer zijn de kosten van een tweetrappige installatie onder normale omstandigheden ongeveer 70% van die van de ééntrappige installatie, bij welke installatie het ingedikte slijk zonder verdere voorbereiding in de oven wordt gevoerd (zie bovenste grafiek van figuur 3).

Waar moet de grens tussen de 1e en de 2e trap gelegd worden?

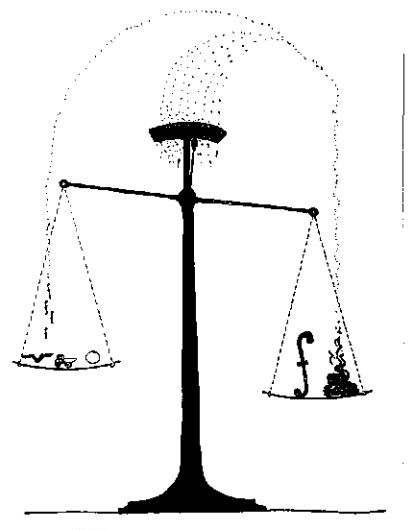
Het is duidelijk dat de laatste druppels die door mechanische ontwatering uit de slijkkook geperst zullen worden de duurste zijn, de grens tussen de beide trappen moet theoretisch daar liggen, waar het uitpersen even duur wordt als het verdampen.

Uit de onderste grafiek van figuur 3 blijkt dat gewoonlijk 4/5, 5/6, 6/7 of 7/8 van het water door mechanische ontwatering moet worden verwijderd. „Gewoonlijk“, want de grafiek geldt bij normale brandstofprijzen. Op deze grafiek kom ik terug als er over extreem lage brandstofprijzen zal worden gesproken.

In het voorgaande is gezien, dat verbranding van slijk niet dé oplossing is om van grote hoeveelheden onhandelbaar slijk af te komen, maar dat het meer een oplossing is om redelijk-goed handelbare slijkkook (in veel geringere hoeveelheden) nog in volume te reduceren en in handelbaarheid te verbeteren.

Daarom is het alleszins gerechtvaardigd te vragen of verbranding wel de beste methode is om van de slijkkook af te komen.

Figuur 4



Soms zal die vraag bevestigend moeten worden beantwoord, b.v. als het feit dat de slijkkook hygiënisch onbetrouwbaar is een onoverkomelijk bezwaar is;

of als voor 70 l koek per inwoner per jaar toch geen emploti of dump ruimte gevonden kan worden.

In die gevallen zal men wellicht moeten besluiten tot verbranden, *onverschillig wat het kost!*

Meestal echter ligt het vraagstuk minder eenvoudig; meestal moet men imponderabele voordelen afwegen tegen zeer goed te kalkuleren jaarlijkse meerkosten.

Bij deze afweging mag wel even worden stilgestaan.

Bij de vergelijking heeft men te ener zijde de onweegbare voordelen van kleine dump ruimte, geringe vervoerskosten en een ziektekiemvrij produkt; aan de andere zijde drukken de guldens, nodig voor de verbranding, zwaar! (figuur 4).

Er is echter één omstandigheid, die, langs wonderlijke wegen buiten de logika om, meehelpt de verbranding gaarne te doen aanvaarden.

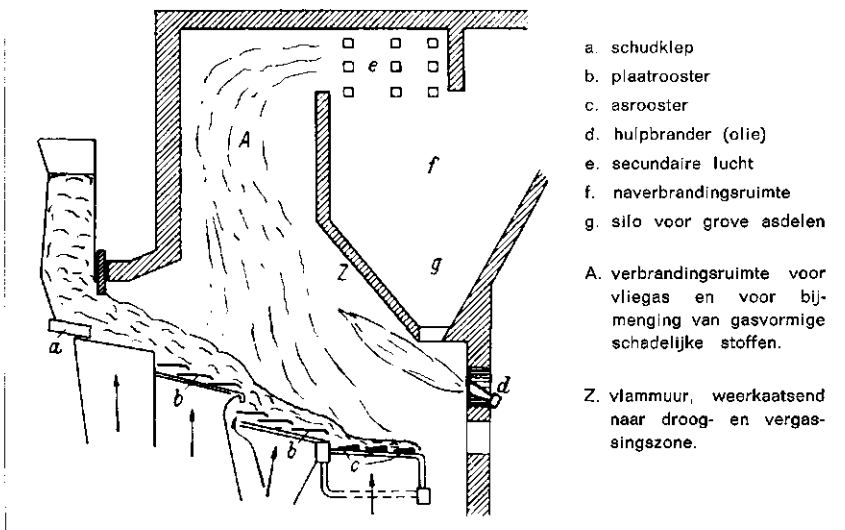
Die omstandigheid is het complex van feiten, dat voor mechanische slijkontwatering konditionering van het slijk nodig is met gehate en prijzige chemicaliën en dat van het verbrande slijk de as, die niets meer kost na de verbranding, (vaak) deze chemicaliën kan vervangen.

De wrevel die de chemische konditioneringsmiddelen onbewust maar wijdverbreid opwekken, scheppen een sfeer van welwillendheid t.o.v. slijkverbranding, zodra overwogen wordt de as als konditioneringsmiddel toe te gaan passen.

De slijkas als hulpstof in het ontwateringsproces is de "hidden persuader", die doet verlangen tot slijkverbranding over te gaan. Het is verfrissend zo onverwachts de psychologie in het rioolslijk tegen te komen en ik vraag me af, of het wel zo'n grote zonde is als technici en credietverlenende en subsidiegevend instanties zich een beetje door deze verborgen verleider laten bekoren.

Van de te gebruiken ovens, worden de volgende genoemd:

1. oven met verbranding op een rooster.
2. oven met iets hellend liggende draaiende trommel.
3. etage oven.
4. oven met bed van wervelend zand.



Figuur 5 - Principeschematische van een oven met gelijktijdige verbranding op rooster van vloeibare en van vaste stof.

5. vlamoven met voorgeschakelde slijkdroging door verstuiwing.
6. vlamoven met vertikaal draaiende verbrandingskamer volgens dr. Wotschke.

Over type 1, 2, 5 en 6 volgt nu een korte uiteenzetting.

Type 1

Verbranding op rooster (zie figuur 5).

- niet geschikt voor onvermengd slijk van RWZ's.
- wel geschikt voor koolstofhoudend slijb uit mijnbouwbedrijven. Dit slijb wordt op de vaste brandstof gespoten.
- geschikt voor gezamenlijke verbranding van huisvuil met zuiveringslijb dat tot 15 % op het huisvuil wordt gespoten (82 % - 65 % water).
- de draagvloer bestaat uit roosterplaten met koelribben.
- de afdekking van de haard is een gewelf dat de warmte straalt op 't inkomende materiaal.
- om geen stank te verkrijgen is 800° C nodig. Boven 't vuur bedraagt de temperatuur 1300 °C.
- een oliebrander dient voor opwarmen en om „ploffen” te voorkomen.
- naverbranding met secundaire lucht dient ter voorkoming van stank.

Type 2

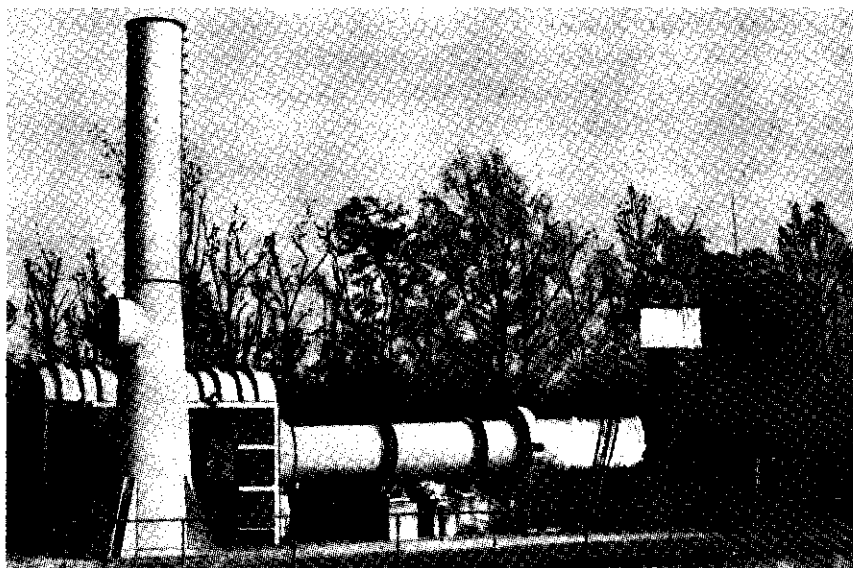
Oven met iets hellend liggende draaiende trommel. Figuren 6 en 7 tonen de verbrandingsinstallatie op de RWZ

van Keulen; *niet* voor verbranding van slijk van de RWZ maar voor verbranding van de oliehoudende drijf-laag en van *het roostergoed*; verder voor verbranding van oude olie, van sterk vervuilde afvalolie en van doorolie-verontreinigde grond.

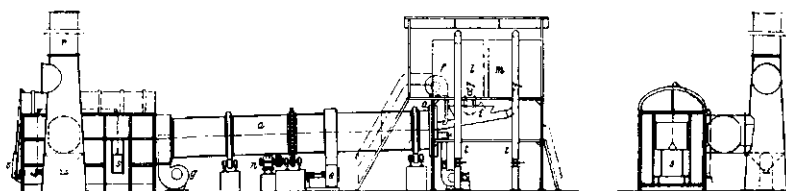
- De proefinstallatie in 1962 in bedrijf gesteld, werkt zonder tegenstroom principe; de oven is 10,35 m lang; Ø 1,50 uitwendig, staat onder een helling van 3 cm/m' en is voorzien van een 20 cm dikke vuurvaste bekleding.
- in 't midden komt een insnoering voor, om weglopen van vloeibaar afval tegen te gaan.
- alvorens de oven in bedrijf te stellen moet men tot roodgloei-hitte voorverwarmen.
- men handhaaft een overdruk in de oven van 5 mm waterkolom; waardoor de warmte ook naar de ingang wordt gedreven.
- in de proefinstallatie werden kurken e.d. naar buiten geblazen, aardappelen verkoolden oppervlakkig en dansten uiteindelijk naar buiten; de mechanische „schroefbladstoker” liep nogal eens vast.

De definitieve installatie (eind 1963 in bedrijf gesteld) is:

- een naverbrandingskamer bijgebouwd, grondvlak 5 x 2 m², hoogte 3,30 m; de oven zelf is 12,75 lang en heeft een extra schuifdeur om grote stukken in te kunnen brengen.
- de draaisnelheid is 1,7 omw/min;
- de asverwijdering geschiedt eens per 2 weken met de hand



Figuur 6 - Verbrandingsoven met hellende draaiende trommel.



- | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| a. draaioven | h. luchtinjectie openingen | o. vulopening |
| b. vuurvaste bekleding | i. vul-silo | p. naverbrandingskamer |
| c. brandventilator | k. brander voor afvalolie (rioolgas) | q. rookgang |
| d. secundaire luchtventilator | l. slijbreservoir | r. schoorsteen |
| e. tertiaire luchtventilator | m. afvaloliereservoir | s. mangaten |
| f. hoge druk blower | n. aandrijfwerk | t. slijb aanvoerleidingen |
| g. koelluchtblower | | |

Figuur 7 - Verbrandingsdraaioven in Keulen.

- er is geen stofvanger aanwezig, hoewel deze bij het begin van het stoken en bij extreme belastingen toch wel gewenst is!
- de capaciteit bedraagt: 3 ton/uur.

Verder valt over deze ovens te vermelden:

Bij verbranding van zuiveringsslijk past men het tegenstroomprincipe toe; men laat de oven afhellen naar de brandzone; in de verbrandingszone kan men een temperatuur van 1300-1500° C bereiken, maar het is gewenst deze door luchtvermaat op 800-900° C te houden teneinde een sinter- en slakkenvrije as te verkrijgen. Doordat de afgassnelheid groot is, is wassen van de afgassen dus nodig.

Type 5

Het „flash drying and incineration system” wordt in de VS veelvuldig gebruikt.

Ontwaterd slijk wordt hier gemengd met reeds gedroogd slijk via een mengmolen waar afgassen (700° C) door heen gaan. Het wordt omhoog geblazen in een 10 m hoge verticale verpoederings- en droogtoren, waaruit het met 10 % watergehalte tevoorschijn komt.

Daarna passeert het een cycloon. Een gedeelte wordt bestemd tot stroomest; een ander gedeelte wordt gebruikt als bijmengsel bij de te natte slijkkoek en de rest wordt verbrand in een gemetseelde vlamoven met asput.

Type 6

Dit is de vlamoven volgens het principe van dr. Wotschke; gebouwd bij de VW-fabriek in Wolfsburg; voor 100 ton per dag industrieel afval. Vóór de oven staat een speciale droogruimte, waarin de te verbranden stoffen worden gedroogd door afgassen uit de oven. Te verbranden vloeibare afval wordt in die droogruimte over een rotor fijn verspreid.

Het gedroogde afval brengt men in de oven, die bestaat uit een stilstaande verticale keramische kern, waardoor brandstof wordt ingespoten ter inleiding van de verbranding en verder bij blijvende behoefte.

De ovenmantel is als verticale, roterende cilinder uitgevoerd.

De bodem, een ringvormige pan, neemt de slak op.

Er wordt gewerkt met 1400° C, dus een temperatuur *boven* de slakverwerkingstemperatuur van $\pm 1200^{\circ}$ C en alle resten worden ingesmolten.

Dit oventype, geschikt voor alle mogelijke industrieafval, is ongeschikt voor de slijk-as-methode.

Type 3 vinden wij in de installatie van Stuttgart-Mühlhausen;

Type 4 in de installatie van Lausanne. Beiden zijn ovens speciaal voor de verbranding van slijk uit een rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Over deze beide installaties wil ik u wat uitvoeriger vertellen.

De installatie van Stuttgart-Mühlhausen met de etage-oven (type 3) en de installatie van Lausanne met de oven met het bed van wervelend zand (type 4).

Type 3

Stuttgart-Mühlhausen (zie figuur 8). Deze installatie in 1962 in bedrijf genomen, is de eerste RWZ in West-Duitsland met slijkverbranding op grote schaal.

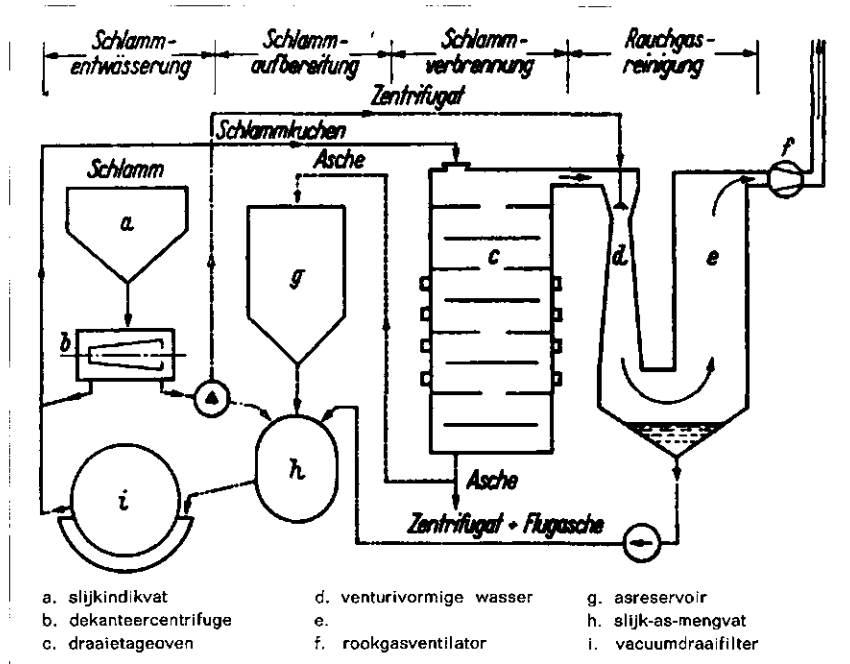
De methode van de Lurgi slijk-as-verwerking is hier gekombineerd met een etage-oven.

De capaciteit is 500 m³ uitgestikt slijk per etmaal.

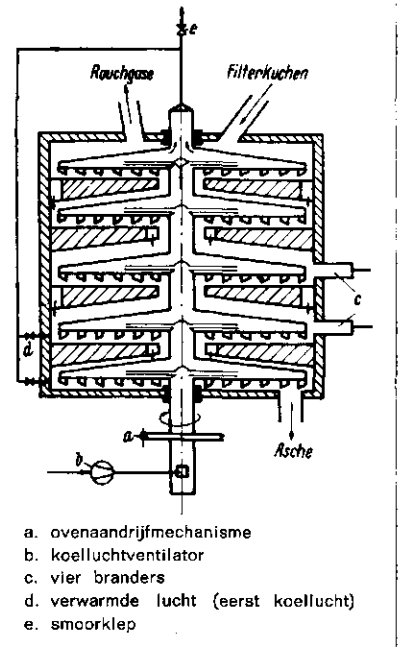
De installatie werkt 24 uur/etmaal met in totaal 8 man bediening en bestaat uit 5 slijkcentrifuges, capaciteit 5 x 5 m³/h, + 3 vacuümfilters met 100 m² filteroppervlakte en een oven met 9 etages.

De zeer fijne as wordt als filterhulpmateriaal gebruikt.

Men moet een hoeveelheid as toevoegen ongeveer gelijk aan 2 à 5 x het gehalte aan vaste stof van het slijk. Hoe dunner slijk, des te minder as



Figuur 8 - Stroomschema van de slijk-as-installatie.



Figuur 9 - Draaietageoven.

behoeft te worden toegevoegd, daarom gaat een centrifugering vooraf. Het centrifugaat is heel dun slijk.

Van het centrifugaat gaat een deel rechtstreeks naar het slijk-as-mengvat, de rest naar de rookgasreiniger om vlieg-as op te nemen en daarna naar het slijk-as-mengvat.

De slijkkook van de centrifuges en die van de filters wordt in de etageoven verbrand. (figuren 9, 10 en 11). De weg van de slijkkook door de oven is van boven naar beneden. De rook- en afgassen doorlopen de oven van boven naar beneden.

De centrale as, waaraan de armen in de oven bevestigd zijn, wordt door koellucht van onder naar boven doorlopen, deze lucht gaat vervolgens weer naar beneden om daar in de oven te worden ingevoerd.

De hoogste temperatuur in de brandzone wordt op 750° C gehouden.

De oven is 12 m hoog en Ø 6,50 m uitwendig. Om bij onverhoopte, maar voorkomende explosies in de oven te grote overdruk te ontgaan, zijn explosiekleppen aangebracht. Ook zijn er montage-deuren om de krabberarmen te kunnen aanbrengen.

Op de middelste etages zijn 8 branders aangebracht, die met methaangas of olie gestookt kunnen worden.

De oven is goed regelbaar door wijziging van de olie- en van de luchttoevoer. De ovenbinnenkant is bemetseld met chamottesteen: de armen, die over de etages draaien, zijn van hittebestendig materiaal.

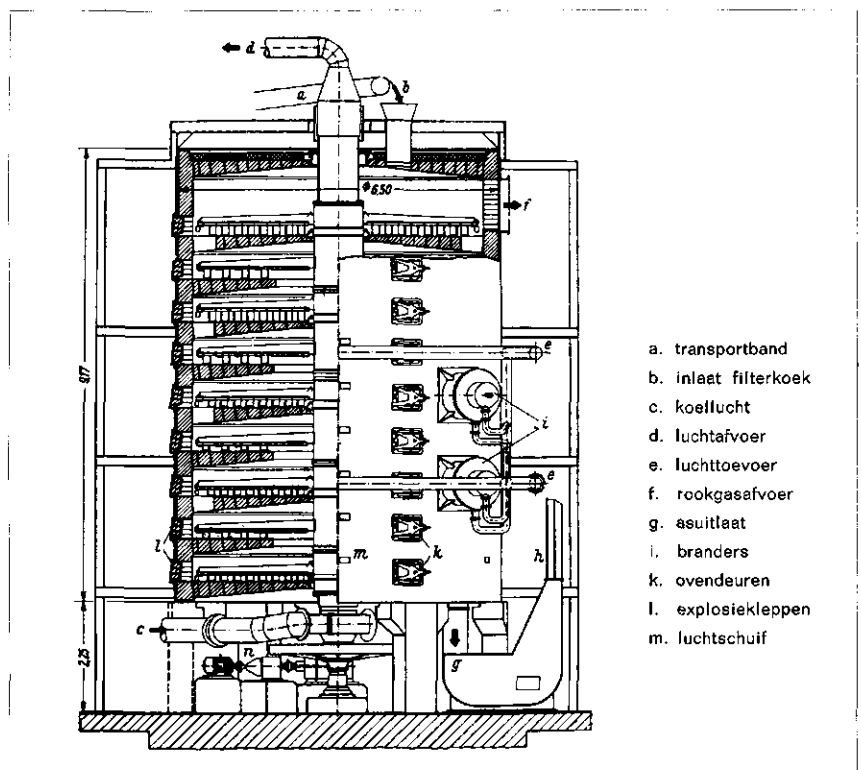
Dat bij een zo ingewikkeld en nieuw systeem na het in bedrijf komen van de installatie enkele moeilijkheden optraden is normaal. Dat de beheerders van de installatie over de opgetreden moeilijkheden en de daarvoor gevonden oplossingen openhartig hebben gerapporteerd, is minder normaal en bijzonder te waarderen. Op die wijze

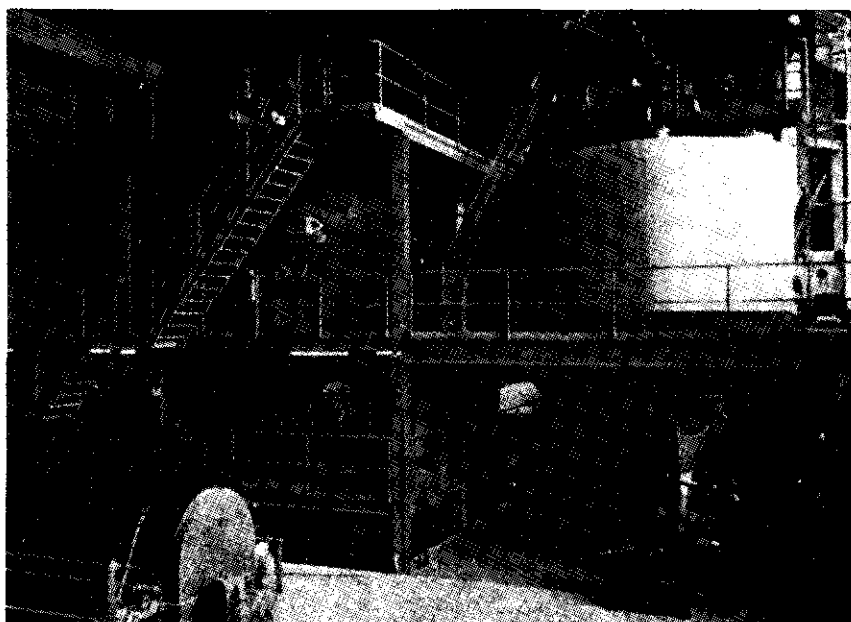
draagt men effectief bij tot de vooruitgang van het vak.

In het kort mogen wij over de opgetreden moeilijkheden en de daarvoor gevonden oplossingen het volgende vermelden:

In de buisleidingen waardoor het slijk-as-mengsel moest worden gevoerd

Figuur 10 - Draaietageoven.





Figuur 11 - Slijk-as-installatie met filter (links voor), draaietageoven (midden) en asbunker (rechts).

trad veel afzetting op, hetgeen tot bedrijfsonderbrekingen leidde.

Alle leidingen zijn toen hellend gelegd met ledigingsplaatsen op de laagste punten en overal zijn doorspoelmogelijkheden gemaakt.

Oorspronkelijk was het de bedoeling de vacuümfilters te voorzien van een „pre-coat laag” van as. Het bleek dat deze aslaag om de 8 uur opnieuw moest worden aangebracht. Dit gaf uiteraard veel wisselbedrijf, hetgeen storend was voor de geregelde gang van zaken. Een oplossing is gevonden door de as te mengen met het centrifugaat.

Oorspronkelijk had men een rookgasreininging door cyclonen. Dit bleek onvoldoende. Men heeft daarop een natte rookgaswasser gemaakt.

Dit had tot gevolg dat de schroefbladen van de rookgasventilator sterk werden aangetast. Deze zijn nu van V4A-staal gemaakt.

Groot bezwaar werd ondervonden aan de elektrische installatie doordat overal stof binnendrong, met name ook in de ruimte achter het grote schakelpaneel. Een elegante oplossing werd gevonden door deze ruimte achter het schakelpaneel met een ventilator onder een lichte overdruk te zetten zodat steeds lucht van achter het schakelbord in de stoffige ruimte afvloeit waardoor ieder binnendringen van stof in deze ruimte werd voorkomen. Bij recente herziening van de installatie zijn de centrifuges buiten gebruik gesteld.

Type 4

De installatie in *Lausanne* (figuur 12) is in 1965 in gebruik genomen. Zij verwerkt het rioolslijk van een zuiveringsinstallatie waarop 200.000 à 250.000 inwoners zijn aangesloten.

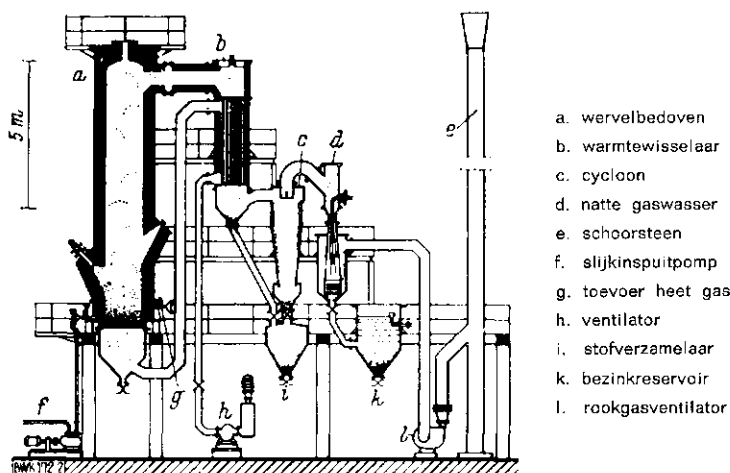
Bij het ontwerp is het de bedoeling geweest een installatie te verkrijgen die het slijk zonder extra brandstof-toevoeging, althans met zo gering mogelijke energietoevoeging zou verbranden tot fijne, slakkenvrije, steriele as en dat in een stankvrij proces.

De as moest worden gebruikt in de ontwateringsfase (Passavant-slijk-as-filterpersen).

De verbrandingswarmte moest worden gebruikt voor stoomopwekking en gebouwenverwarming.

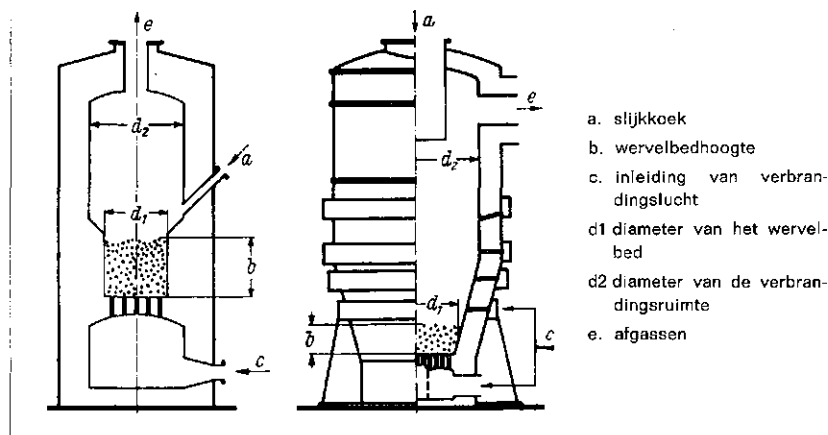
De vraag was hier welke oven hiervoor zou moeten worden gekozen en welke verbrandingsmethode.

De keuze viel op de oven met het bed van wervelend zand. In de chemische



Figuur 12 - Schematische voorstelling van de wervelbedoven.

Figuur 13 - Links: Amerikaanse bouwwijze, rechts: Duitse bouwwijze.



technologie was deze oven reeds langer bekend.

Dorr Oliver heeft, voorzover ons bekend, de techniek van het wervelbed voor het eerst toegepast. Bij deze firma heet de oven „fluosolids-oven”. Het principe van de oven is als volgt: Op een fijn rooster ligt een laag zand, dat voorverwarmd wordt door een brander en dat door de verbrandingslucht die door het rooster komt omhoog wordt geblazen.

Er ontstaat dus onderin de oven een bed van gloeiend heet wervelend zand, (een soort stenen bruidsbed, maar dan nogal heet).

De te verbranden materie wordt in het bed gespoten. Door het wervelend zand is de temperatuur in de oven zeer gelijkmatig en het slijk verbrandt geheel tot zeer fijne as, die met de afgassen mee de oven naar boven verlaat.

De verbrandingslucht wordt met de afgassen in een warmte-wisselaar verhit. De verbrandingsgassen met de as worden door cyclonen en door een natte gaswasser geleid.

De voordelen van deze oven zijn:

- heel gelijkmatige hitteverdeling,
- geen bewegende delen in de oven,
- goed regelbare temperatuur,

geen stank, want de verdamping en de verbranding in het zandbed vinden plaats bij $\pm 750^{\circ}\text{C}$.

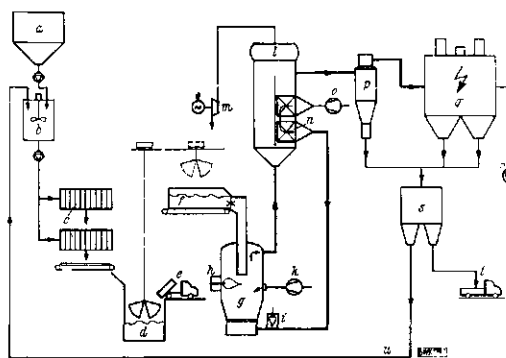
Voordat de installatie in Lausanne werd gebouwd zijn in 1962 proeven genomen met een oven van Amerikaanse makelij. (figuur 13) Deze proeven leiden er toe voor de toepassing op Europees slijk enige wijzigingen aan de oven aan te brengen, blijkbaar is de calorische waarde van het Europese slijk geringer. De wijzigingen waren de volgende:

De slijkkoeke wordt boven in de oven gebracht, het slijk wordt dus niet in het zandbed gespoten;

De hoogte van het zandbed wordt van 1,— à 1,50 m bij de Amerikaanse uitvoering teruggebracht tot ongeveer 50 cm;

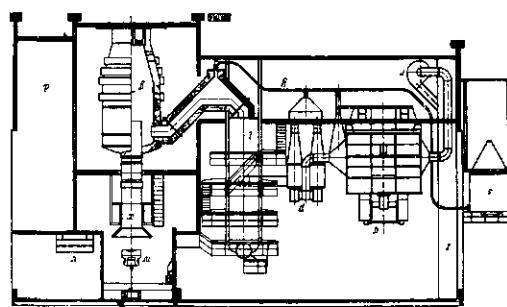
De lucht wordt onder en tangential in de wervelzone gebracht;

De lucht wordt met groter snelheid ingeblazen waardoor een hoger zandbed ontstaat en intensiever warmte-uitwisseling optreedt. (figuren 14 en 15) Men gaat in Lausanne uit van ingedikt slijk met 6 à 10 % droge stof. Dit wordt gevoerd naar de filterpersen. De filterkoeke heeft nog 40 tot 60 % water en wordt automatisch gevoerd naar de slijkkoekebunker. Bij de



- a. slijkindikat
- b. mengreservoir
- c. filterpersen
- d. slijkkoekebunker
- e. toevoer vreemd slijk
- f. toevoerbunker
- g. wervelbedoven
- h. startbrander
- i. extra brander
- k. luchtinblaaspomp
- l. afkoelketel
- m. stoommachine
- n. luchtvoorverwarmer
- o. wervelluchtventilator
- p. cycloonafscheider
- q. elektro-statisch filter
- r. zuigpomp
- s. asbunker
- t. overschot as
- u. kringloopas

Figuur 14 - Schematische voorstelling van een slijkverbrandingsinstallatie.



- d. slijkbunker
- g. wervelbedoven
- l. afkoelketel met luchtvoorverwarmer
- p. cycloonafscheider
- q. elektro-statisch filter
- r. zuigpomp
- s. asbunker
- v. schakelwacht
- w. grijper
- x. toevoerbunker
- y. afvoerleiding
- z. schoorsteen

Figuur 15 - Doorsnede over een verbrandingsinstallatie.

- a) mechanisch abgesetzter Frischschlamm, mit Kreislaufasche und Chemikalienzusatz entwässert;
- b) mechanischer und biologischer Frischschlamm, mit Kreislaufasche entwässert, zusätzlich vermischd mit Altöl, Kohlenstaub, Holzspänen und Schwimmschlamm.

Schlammort		a	b
Mineralischer Anteil der Trockensubstanz	%	45,6	70,8
Organischer Anteil der Trockensubstanz	%	54,4	29,2
Wassergehalt der Filterkuchen	%	54,1	45,3
Mineralische Substanz der Filterkuchen	%	20,7	39,3
Organische Substanz der Filterkuchen	%	25,2	15,4
Unterer Heizwert der Trockensubstanz	kcal/kg	2780	1710
Unterer Heizwert des Filterkuchens	kcal/kg	948	672
Schlammumsatz	kg/h	2300	3100
Temperatur der Verbrennungsluft	$^{\circ}\text{C}$	432	460
Temperatur im Wirbelbett	$^{\circ}\text{C}$	632	608
Temperatur im Ofenaustritt	$^{\circ}\text{C}$	828	758
Temperatur der Abgase vor dem Elektrofilter	$^{\circ}\text{C}$	282	264
CO ₂ am Ofenaustritt	%	14,3	15,8
CO am Ofenaustritt	%	0,0	0,0
Luftverhältnis		1,22	1,18
Oelstützfeuer	kg/h	0,0	0,0
Kraftbedarf der gesamten Ofenanlage, bezogen auf Schlammkuchen	kW/t	12,5	11,2
bezogen auf Eindickerschlamm von 8 % Trockensubstanz	kW/m ³	3,05	4,9

Figuur 16 - Ergebnisse des Ofenbetriebs mit zwei verschiedenen Schlammorten.

Figuur 17 - Kennwerte der untersuchten Abwässerschlämme.

Kennlinie nach Figuur 19	Schlammart	Heizwert H_u der Trockensubstanz kcal/kg	Brennbares in der Trockensubstanz %
a	Kaffee-Extrakttschlamm	4730	
b	Mech. u. biolog. Frischschlamm	4141	72,5
c	Mech. u. biolog. Faulschlamm aus den USA	4040	72,5
d	Mech. Frischschlamm	3250	65,0
e	Mech. u. biolog. Faulschlamm	2344	52,1
f	Mech. Frischschlamm	1194	24,8
g	Mech. u. biolog. Frischschlamm mit Aschezusatz	975	21,8

slijkkoekbunker bestaat de mogelijkheid aan de slijkkoeke andere te verbranden materie toe te voegen en wel vreemd slijk, verkleind harkvuil of oude olie.

Een grijperkraan brengt de inhoud van de slijkkoekbunker over naar de toevoerbunker.

De toevoerbunker is aan het einde voorzien van een as met schoepen die de inhoud van de bunker in grote kruimels aflevert op een transportband die naar de oven voert.

De brandkamer is 8,— m hoog en heeft een diameter van 4,— m.

Het wervelbed heeft bij normaal bedrijf een temperatuur van 500° - 700° C, de koeke droogt op het bed en verbrandt in vlammen bij 600° - 900° C boven het bed ondersteund door secundaire lucht.

De gasen worden in een warmtewisselaar gekoeld tot 250° C waarbij in de warmtewisselaar stoom wordt gemaakt van 18 ato bij 360° C.

De stoom wordt gebruikt voor verwarming maar ook om er elektriciteit mee op te wekken. De verbrandingslucht wordt voorverwarmd tot 400° à 500° C. De totale vereiste energie wordt aan de verbranding van het slijk onttrokken. 80 % van de as wordt gevangen in een dubbele cycloon, waarna de afgassen een elektrostatische stof-afscheider passeren waarvan de doorlaat kleiner is dan 0,1 gram/m³ gas. De praktisch onzichtbare, stankvrije afgassen worden door een 20 meter hoge schoorsteen geloosd.

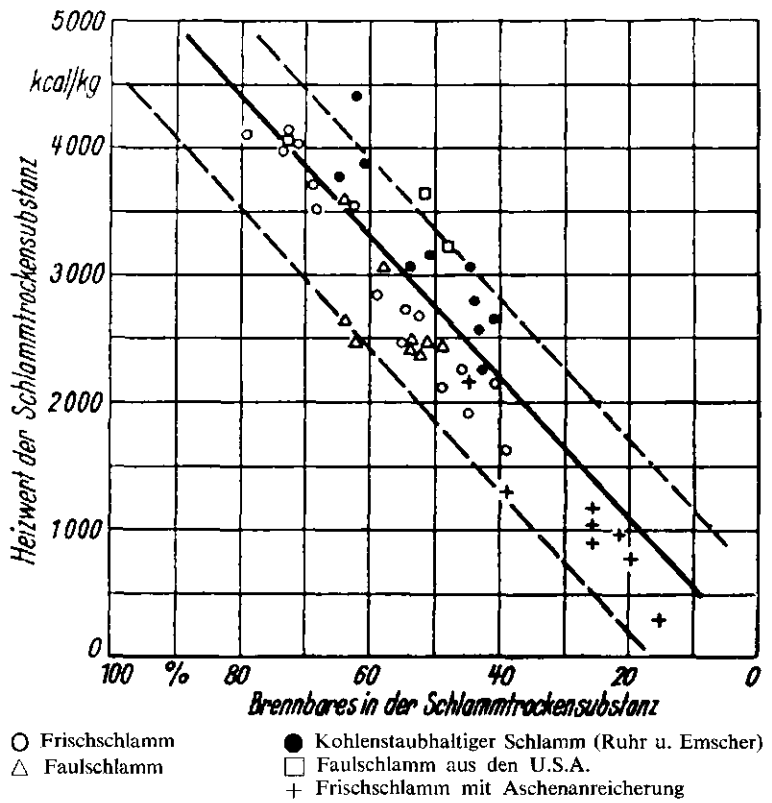
Het interieur van het gehele gebouwencomplex waarbinnen zich ook de bunkers bevinden staat onder een lichte onderdruk, zodat geen stank uit het gebouw naar buiten kan treden. De onderdruk wordt verkregen doordat de verbrandingslucht in het gebouw zelf wordt aangezogen.

In de periode waarin de installatie thans in bedrijf is, is met 2 soorten slijk gewerkt (figuren 16, 17, 18 en 19):

- a. met primair slijk, waarvan de koeke gevormd werd met toevoeging van as en chemicaliën en
- b. primair slijk samen met surplus-slib, waarvan de koeke gevormd werd onder toevoeging van as.

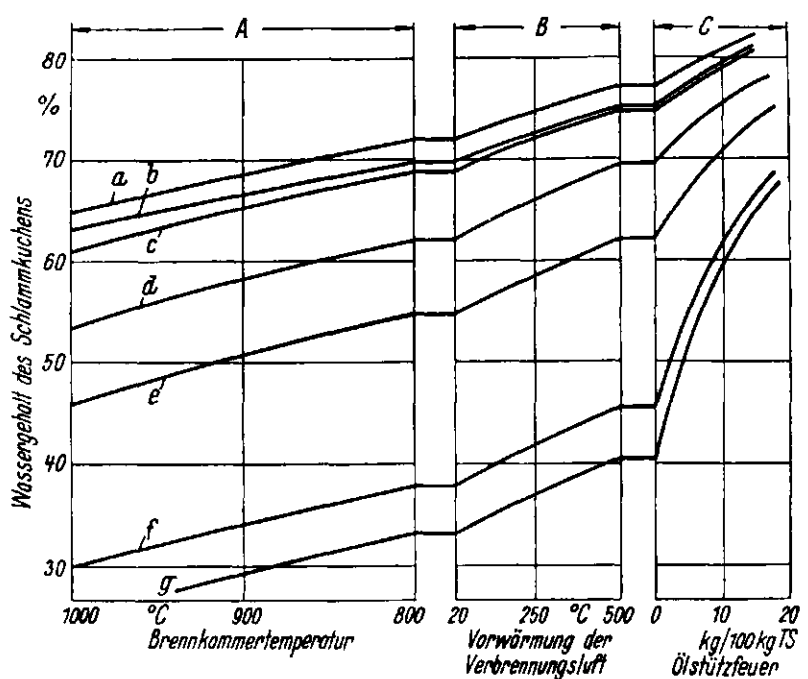
Deze koeke werd verwerkt onder toevoeging van oude olie, kolenstof, houtspaanders en drijfslaag.

Beide slijksoorten zijn goed verwerkt. Het bedrijf is in ver gaande mate geautomatiseerd; het is goed te regelen; de oventemperatuur wordt gehouden



Figuur 18 - Heizwert von Abwasserschlämmen im Verhältnis zum Brennbares in der Trockensubstanz.

Figuur 19 - Verbrennungskennlinien typischer Abwasserschlämme bei Verbrennung in der Wirbelschicht.



Diagrammbereiche bei 100 % Ofenbelastung, 10 % Abstrahlung und Luftüberschuss $n = 1,15$:

- A. Selbstgängige Verbrennung zwischen 800 und 1000° C bei 20° C Verbrennungslufttemperatur
- B. Selbstgängige Verbrennung bis 800° C und 20 bis 500° C Verbrennungslufttemperatur
- C. Verbrennung mit Heizölzusatz bei 800° C und 500° C Verbrennungslufttemperatur

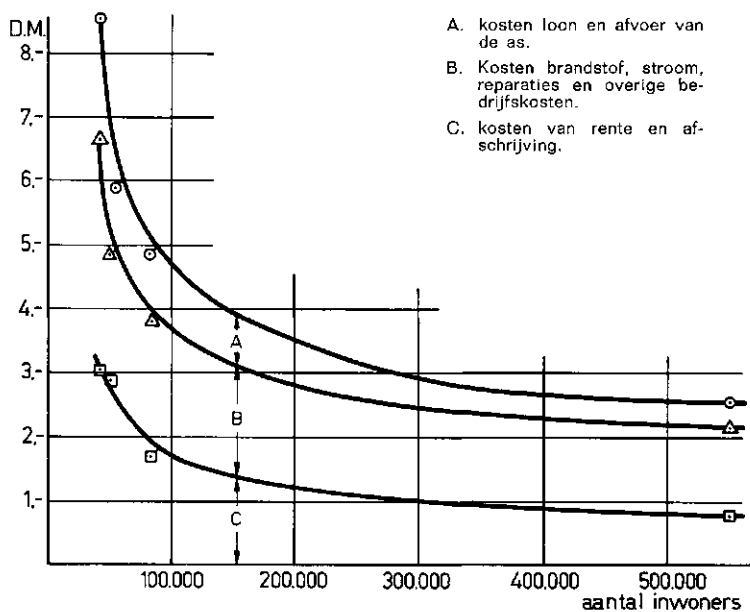


Fig. 20 - Globaal overzicht van kosten van slijkverbranding berekend per inwoner, onder niet geheel te verifiëren aannamen bepaald uit literatuurgegevens over enkele Duitse installaties. (Prijzen 1962-1965)

boven de 700° C om stank te vermijden en beneden 950° C om sintering van de as te voorkomen.

Gekonstateerd is dat het zandverlies wordt aangevuld door het slijk. Soms moet wat extra warmte worden toegevoegd, hetgeen dan geschiedt met een extra brander om de verbrandingslucht verder voor te verwarmen, soms geschiedt dit door oude olie op de slijkkook te gieten. De bediening geschiedt door 1 man.

Thans moet nog iets worden gezegd over de kosten van dergelijke processen. (figuur 20)

Met de gegevens die ter beschikking stonden kon een niet veel betere omschrijving gemaakt worden dan die wordt gekwalificeerd door: ongeveer, vrijblijvend, en slechts om een idee te geven. Uit literatuurgegevens, omgewerkt op inwonertallen is brutaalweg een grafiek gemaakt, die hopelijk niet zo heel ver van de gemiddelde waarheid afligt, zo deze zou bestaan.

Konkluderende omtrent de verbranding van rioolslijk kan worden gezegd dat het prachtig is maar niet goedkoop en daarom kan een wens uitgesproken worden, de wens dat we eens een gespierd kabinet zullen krijgen dat daadwerkelijk gaat helpen de schaal naar de verbranding te laten overslaan.

Als nu eens de regering uit ons aller aardgasvoorraad per Nederlander per jaar zo'n 50 m³ aardgas gratis ter beschikking zou stellen om zijn slijk te verbranden . . . Ja, dan . . . , dan zijn de bedrijfskosten van droogdampen en verbranden in een ééntrappige installatie nog maar de helft van wat het nu in een tweetrappige installatie moet kosten; (zie onderste grafiek van figuur 3), dan zijn wij uit veel slijkellende verlost. Maar . . . een kabinet met die spieren . . . ! !

Figuur 21

