

# De capaciteit van de wervelbedoven in Oyen

## 1. Inleiding

Verbranding van afvalstoffen, zoals huisvuil en industriële afvalstoffen, heeft al vrij algemeen ingang gevonden. Ook wordt op kleinere schaal slib en huisvuil verbrand. Verbranding van alleen slib van rioolwaterzuiveringsinrichtingen komt schoorvoetend op gang. Voorzover tot nu toe het geval is, is het veelal primair slib geweest — of althans een mengslib, waarin het primaire deel overheerst — dat aan de verbranding werd onderworpen. Omdat de ontwatering van dergelijke soorten slib goed verloopt,



DR. IR. H. J. EGGINK

Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant, Boxtel

geeft de calorische waarde van het ingedikte produkt geen grote problemen. Veelal is de oven thermisch self-supporting, onder welke omstandigheden calorische in de vorm van gas of olie niet of in geringe mate gesuppleerd moeten worden. Dit wordt echter anders, als in het mengslib het sekundaire aandeel groter wordt en de ontwateringsgraad afneemt. De hoeveelheid extra toe te voeren calorische neemt toe; de ervaring van deze verbrandingsprocessen is tot nu toe gering.

Op de rioolwaterzuiveringsinrichting van de regio Oss werd een verbrandingsoven gesticht met een thermische capaciteit van  $6,9 \times 10^6$  k.kal.\* Het ontwerp van de oven is in hoge mate gebaseerd op een te verbranden produktie met een droge stof van ca. 24 %, d.w.z. op een situatie, waarbij de oven ongeveer thermisch in balans zou zijn. De stoektechnische gegevens voor het verbranden van slibsoorten met een lager droge stofgehalte zijn in feite uit eerstgenoemde afgeleid.

De rwzi heeft als zuiveringprincipe een oxydatiesloot. De huidige samenstelling van het afvalwater — na de in de bedrijven doorgevoerde sanering — heeft er toe geleid, dat thans in droge stof 1 deel primair slib tegenover 3 à 4 delen sekundair slib ontstaat.

De indikkingsgraad, die met de zeefbandpersen wordt bereikt, bedraagt in afhankelijkheid van de samenstelling van het slib 18 - 21 % droge stof met een gemiddelde van 20. In sommige gevallen, onder omstandigheden van hoge aanvoer van primair slib,

kan de oven bij droge stofgehalten van 24 à 25 % thermisch-selfsupporting functioneren.

Welke ervaringen zijn nu opgedaan met de capaciteit van de oven en hoe kunnen die worden verklaard? Hierop zal in het hierna volgende worden ingegaan. Daarbij zal alleen de ovencapaciteit worden behandeld. Om de discussie niet verder te compliceren, zullen de randvoorwaarden betrekking hebbend op de stoektechniek en de regeling van de oven als een konstant gegeven worden aangenomen. Dit is niet geheel en al juist. Bekend is namelijk, dat naast de hier behandelde factoren ook de regelingen van de oven o.m. samenhangend met de stoektemperaturen, een extra beperkende faktor kunnen betekenen. Wegens de gekompliceerdheid wordt dit gezien als een onderwerp voor een afzonderlijke beschouwing.

## 2. Het verbrandingsproces schematisch

Zeer schematisch is het proces van de verbranding in afb. 1 samengevat. Hierbij is het schema van de onder- en boventemperatuur, van de warmterecuperatie uit de lucht en het opvangen van de as geheel buiten de discussie gehouden.

Slib wordt via een lans in de oven gepompt en verdeelt zich in het hete wervelbed met een temperatuur van 800 - 850 °C. Met het slib (organische stof) worden calorische in de oven gebracht. Als het slib te nat is, bijv. lager dan 24 à 25 % droge stof, dan moeten extra calorische voor de verdamping worden toegevoerd; extra toevoer vindt plaats via het stoken van gas of olie.

Voor het verbrandingsproces is zuurstof nodig dat met lucht wordt aangevoerd. De luchtstroom moet zo sterk zijn, dat een goede werveling van het zandbed ontstaat. Bij een te grote luchtstroom kan kwartszand met de verbrandingsgassen ontwijken. Met het slib wordt dus een hoeveelheid

organische stof = calorische en een hoeveelheid te verdampen water aangevoerd. Het stoekproces is in balans, als bij gecontroleerde stoektemperatuur voldoende warmte in de oven wordt gebracht om het water te verdampen onder voorziening van ruim voldoende zuurstof = lucht. De faktor zuurstof moet in overmaat aanwezig zijn, omdat bij het eventueel tijdelijk ontbreken ervan zich explosieve mengsels kunnen ontwikkelen.

De volgende factoren bepalen daarom in hoofdzaak de balans van de oven:

- de toevoer aan te verdampen water;
- de toevoer aan calorische het behulp van organische stof uit slib en gas;
- de toevoer aan zuurstof;
- de grenswaarden in onder- en boventemperatuur, waartussen het stoekproces wordt geregeld. Deze faktor wordt, zoals reeds eerder vermeld in dit artikel als konstant aangenomen.

Het is duidelijk, dat de capaciteit hetzij in een verdampingscapaciteit ( $m^3/h$  water) danwel in een warmtecapaciteit (k.kal./h) kan worden uitgedrukt. In afvalwaterterminen zou men nog liever een verwerkingscapaciteit in een aantal tonnen droge stof per tijdseenheid zien.

Als uitgangspunten voor de capaciteit van de wervelbedoven op de rwzi te Oyen golden de volgende capaciteiten bij droge stofgehalten van ca. 24 %:

- calorische capaciteit  $6,9 \times 10^6$  k.kal. per h;
- verdampingscapaciteit ca.  $4 m^3/h$ ;
- capaciteit luchttoevoer  $6400 m^3/h$ .

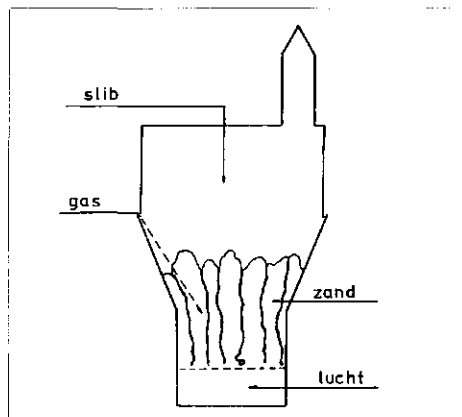
Het is duidelijk, dat bij uiteenlopende droge stofgehalten per eenheid slibkoek meer of minder water en een lagere of hogere calorische waarde aan slib in de oven wordt gebracht. Bovendien is gebleken, dat qua calorische waarde de slibsoorten kunnen variëren, als gevolg van variatie in het minerale aandeel (gloeirest) en in de samenstelling van de organische stof zelf.

In de hierna volgende paragrafen wordt via een analyse inzicht gegeven in de invloed van elk der factoren afzonderlijk. Hierbij wordt nu reeds opgemerkt, dat een interrelatie tussen de verschillende factoren is aan te geven. Deze komt tot uitdrukking in paragraaf 6 die op de analyse volgt en meer bedoeld is als een synthese.

## 3. De invloed van het droge stofgehalte

- Als uitgangspunt wordt aangenomen:
- verdampingscapaciteit oven te Oyen ca.  $4 m^3/h$ ;
  - de oven is energetisch selfsupporting bij een droge stofgehalte van ca. 24 %;
  - met zeefbandpersen wordt afhankelijk

Afb. 1 - De in dit artikel behandelde factoren, die de capaciteit bepalen.



\* Bij het tot stand komen van deze publikatie is nog gewerkt met kilo calorische (k kal). Sedert 1 januari 1978 is het hanteren van Joule verplicht (J). Het 'vertalen' wordt aan de lezer overgelaten (1 k kal =  $4,19 \cdot 10^3$  J).

van de mengverhoudingen primair - sekundair slib een indikkingsgraad bereikt, die varieert tussen 16 en 24 % droge stof.

Op basis van deze veronderstellingen is in tabel I een overzicht gegeven van de hoeveelheden slib die als koek of als droge stof verwerkt kunnen worden.

TABEL I - Kapaciteit in relatie tot het droge stofgehalte.

droge stofgehalte (%)	16	20	24
koek (zeefbandpers) m <sup>3</sup> /h	4,76	5,00	5,26
verdampingskapaciteit m <sup>3</sup> /h	4	4	4
droge stof kg/h	762	1000	1262
capaciteit in % berekend op t. droge stof/h	60	79	100

#### Konklusie:

Als alleen de faktor dr. st. gehalte wordt bezien en de verdampingscapaciteit wordt konstant verondersteld, dan loopt de oven in verbrandingscapaciteit — d.w.z. de capaciteit om droge stof te verwerken — bij 16 % dr. st. gehalte ten opzichte van 24 %, terug met 40 %.

#### 4. De invloed van de calorische waarde

De calorische waarde van het slib wordt bepaald door:

- de gloeirest en
- de samenstelling, de structuur van de organische stof.

##### 4.1. De gloeirest

De calorische of verbrandingswaarde van slib hangt nauw samen met het gehalte aan organische stof. Behoudens de slibgisting wordt in de zuiveringstechniek en met name bij de slibverwerking in het algemeen met de hoeveelheid droge stof gerekend. Voor de bepaling van het gehalte aan organische stof moet via de gloeirest gecorrigeerd worden. De variatie die in de gloeirest kan voorkomen, mag niet onderschat worden (zie H<sub>2</sub>O, 12/77, pagina 282). Wordt in het theoretische geval van 24 % droge stof aangenomen, dat de gloeirest van een mengslib 24 % bedraagt, dan zou bij bijv. 30 % gloeirest en een gelijkblijvende calorische waarde het droge stofgehalte niet 24 %, maar ongeveer 26 % moeten bedragen. Uit het praktische bedrijf van de oven de Oyen blijkt ook, dat deze bij droge stofgehalten van 24 % tot soms ca. 27 % thermisch selfsupporting is.

##### 4.2. De structuur of de samenstelling van de organische stof

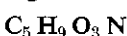
Hoewel slib een amorf geheel is en niet van een duidelijke structuurformule sprake kan zijn, dient ter bepaling van zowel het zuurstofverbruik in verband met de verbranding

als de calorische waarde tot nu toe de opbouw in koolstof, waterstof, zuurstof en bijv. stikstof bekend te zijn. In de afvalwatertechnologie is dit een nieuw terrein. Verbrandingsovens, speciaal voor slib worden in Amerika in beperkte mate en in Europa nog op zeer kleine schaal toegepast. Veelal beperken de gegevens zich dan tot die van het primaire slib. Bij de vaststelling van de calorische capaciteit van de oven te Oyen werd een 5-tal jaren geleden gebruik gemaakt — bij het ontbreken van beter — van Amerikaanse gegevens. Uitgegaan werd van de formule voor slib

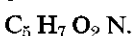


Het N-gehalte bedraagt hierin ca. 2,07 %.

Dit lijkt thans om verschillende redenen te laag. Het moet in de buurt van 10 % liggen. Wordt hierop gecorrigeerd en wordt bovendien de zwavel verwaarloosd dan kan de formule als benadering worden vereenvoudigd tot



In de literatuur is een andere formule speciaal voor actief-slib vrij algemeen gebruikt, te weten:



Tot nu toe moest een dergelijke formule bepaald worden met de tijdrovende 'elementaire-analyse' bekend in de organische chemie. De kwaliteitsbepaling gaat in feite om bepaling van

- het zuurstofverbruik (bij verbranding in de oven);
- de met de organische stof toegevoerde calorieën.

##### 4.3. Toepassing van CZV voor bepaling zuurstofverbruik en calorische waarde van het slib

Binnen de technologische dienst Oost-Brabant werd de gedachte naar voren gebracht, dat de CZV zeer goed bruikbaar moet zijn als maatstaf voor het zuurstofverbruik van slib in de ovens. Bovendien werd verondersteld, dat het zuurstofverbruik tevens een goede maat moest zijn voor de calorische waarde van het slib, althans, dat er een zeer nauwe relatie moest bestaan tussen zuurstofverbruik van organische stoffen met 'structuurformules', die niet te ver van die bekend voor slib afweken. Om kort te gaan, het is gebleken uit vergelijking van CZV- en verbrandingswaarden van een groot aantal bekende organische stoffen met structuurformules, die in het aantal koolstof-, waterstof-, zuurstof- of stikstofatomen grote vergelijkbaarheid hebben met de hierboven genoemde, dat de CZV met een speling van 10 % of minder een zeer goede indruk geeft van de verbrandingswaarde.

Voor een groot aantal bekende organische

verbindingen werd als gemiddelde gevonden: 1 g mol O<sub>2</sub> komt overeen met 100 k. kal., of 1 kg CZV = ca. 3100 k.kal.

Het is stellig nodig, dat bij voortgezet onderzoek deze waarden nader worden gecontroleerd. Belangrijk is dat hiermede de zeer tijdrovende (en minder accurate) elementaire-analyse kan worden vermeden, terwijl door de eenvoudiger in de afvalwaterpraktijk bekende CZV-analyse gemakkelijker een groot aantal gegevens kan worden verzameld. Het onderzoek naar de verbrandingswaarde van slib is hiermede veel meer toegankelijk geworden. Het ziet er naar uit, dat ook de zuurstofvoorziening (behoefte) en de calorische aspecten van de oven op deze wijze eenvoudiger zijn te beschrijven.

##### 4.4. De CZV van slib

Dat verschillende slibsoorten nogal wat uiteen kunnen lopen in samenstelling, moge blijken uit tabel II. De gegevens zijn gemiddelde waarden uit een groter aantal analyses.

TABEL II - CZV in g/g organische stof van verschillende slibsoorten.

	jaar	primair slib	sekundair slib
Regio Oss	1977	1,75	1,49
Den Bosch	1977	1,79	—
Eindhoven	1977	—	1,54
Eindhoven	1969	—	1,46
3 andere inrichtingen	1969	—	1,40
C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> O <sub>3</sub> N		—	1,4
C <sub>5</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> N			1,6

De onderzochte primaire slibsoorten hebben een CZV van ca. 1,8, de sekundaire van 1,4 - 1,5.

Het is mij bekend en daarbij zij verwezen naar de eerder vermelde publikatie H<sub>2</sub>O, 12/77 pagina 282, dat de hier gegeven variatie zeker aanwezig is en ook nog groter kan zijn. Als konklusie kan worden gesteld, dat bij de projektering van een oven rekening dient te worden gehouden met het feit, dat de verbrandingswaarden van de slibsoorten tussen 1,8 en 1,4 uiteen kunnen lopen.

Bij de projektering van de ontwerpcapaciteit van de oven te Oyen is voor de calorische waarde van de organische stof uitgegaan van een waarde van 5500 k.kal./kg dr. st. Naar thans blijkt, heeft het mengslib een calorische waarde van ca. 1,6 x 3100 = ca. 5.000 k. calorieën. Alleen voor het primaire slib met een CZV van 1,8 wordt de ontwerpwaarde 5.500 k. kal. benaderd. Dit verschil is niet zo bevreesdend, als wordt bedacht dat thans in de afvalwaterwereld nog zeer weinig ovens speciaal voor de verbranding van een overgroot deel sekundair slib werden ontworpen.

## 5. De beschikbare zuurstof door toevoer van lucht

De op grond van de CZV bepaalde hogere verbrandingswaarden van het primaire slib gaan gepaard met lagere zuurstofgehalten in het slib zelf. De verbranding is dan bijna volledig aangewezen op zuurstof uit de lucht, welke laatste aan de oven wordt gesuppleerd.

Dit betekent, dat voor de hogere verbrandingswaarden — gepaard gaande met hogere droge stofgehalten — zoals die voor het primaire slib worden gevonden, de zuurstofvoorziening via de capaciteit van luchttoevoer beperkend kan zijn voor het verbrandingsproces. Uit een oogpunt van bedrijfsvoering is dit een belangrijke zaak. Echter ook bij de lage droge stofgehalten, waar veel gas extra gestookt moet worden, komt dit effect naar voren. Methaangas is een zuurstofvreter. Uit de berekeningen in de volgende paragraaf mag blijken, van welke invloed beide parameters op de capaciteit van een oven zijn.

## 6. Benadering van de capaciteit van de wervelbedoven regio Oss

In de hierna volgende kalkulaties is een benadering van de ovencapaciteit gegeven, rekening houdend met de gegevens, die in paragraaf 4 zijn vermeld.

Ten aanzien van de zuurstofbehoefte en de calorische waarde van het gestookte aardgas en van de luchtsamenstelling is uitgegaan van de volgende gegevens:

TABEL III - De capaciteit van de oven te Oyen.

Stoekomstandigheden bij benadering in de praktijk van alle dag bekend.

droge stof	%	16	20	24
gloeirest	%	21	23	25
organische stof	%	12,6	15,4	18,0
CZV/g org. stof		1,5	1,6	1,8
verwerkte koek ca t/h		3,3	3,8	4,3

Berekening:

silbkoek **	t/h	3,3	3,8	4,3
wateraandeel koek	t/h	2,77	3,04	3,27
koek droge stof	kg/h	528	760	1032
koek organ. stof	kg/h	406	565	774
CZV	kg/h	609	936	1393
lucht (Nm)	m <sup>3</sup> /h	2030	3120	4644
aardgas (Nm)	m <sup>3</sup> /h	350	160	—
lucht	m <sup>3</sup> /h	2912	1248	—
totaal lucht netto	m <sup>3</sup> /h	4942	4451	4644
luchttoevoer				
bruto	m <sup>3</sup> /h	6400	6400	6400
reserve luchttoevoer				
capaciteit % dr. st.	%	23	32	27
capaciteit % dr. st.	%	51	74	100

\*\* De aangevoerde hoeveelheden slib zijn, zoals bij elke slibbehandeling, moeilijk meetbaar. Het beste gegeven wordt te Oyen nog verkregen door per dag het aantal mengtanks van 100 m<sup>3</sup> 'nat' slib te noteren, die worden verwerkt.

Binnen de thans bekende gegevens wordt verwacht dat de hier gegeven benadering met een variatie van 10 % moet worden gezien. Vast staat, dat in het geval van 24 % dr.st. nooit een hogere capaciteit werd bereikt dan de vermelde 4,3 m<sup>3</sup> koek/h.

	aardgas per N m <sup>3</sup>
gehalte CH <sub>4</sub>	82 %
calorische waarde	7560 k. kal.
netto zuurstofbehoefte, als	
netto luchtbehoefte	8,32 N m <sup>3</sup>
1 N m <sup>3</sup> lucht =	300 g zuurstof
1 kg CZV =	3100 k. kal. (par. 4.3.)

Op de zuiveringsinrichting zijn een aantal stookomstandigheden bij benadering bekend. Deze zijn samengevat in het eerste gedeelte van tabel III. Met behulp van de hierboven en in de paragraaf 4 vermelde gegevens werden vervolgens kalkulaties uitgevoerd over de zuurstofbehoefte van de oven onder drie bij benadering bekende stookomstandigheden.

De hier behandelde gegevens staan ook een benadering toe van dat gedeelte van de warmtebalans met 'ingående warmtestromen'. Deze is samengevat in tabel IV.

TABEL IV - Ingaande warmtestromen in 10<sup>6</sup> k.kal.

droge stof %	16	20	24
slib 20 °C (kg x 0,9 k.kal./kg) x °C	0,06	0,07	0,08
organische stof kg CZV x 3100 k.kal.	1,89	2,90	4,32
aardgas Nm <sup>3</sup> x 8400	2,94	1,34	—
lucht voorverwarmd tot 580 °C Nm <sup>3</sup> /h x 0,324 k.kal./Nm <sup>3</sup> x °C	1,20	1,20	1,20
stoom 900 k.kal./kg ca. 90 kg	0,08	0,08	0,08
totaal x 10 <sup>6</sup>	6,17	5,59	5,68
gegarandeerde capaciteit x 10 <sup>6</sup>	6,9	6,9	6,9

## 7. Bespreking van de resultaten

Bij een eerste beschouwing blijkt reeds, dat de inleidende berekening, gegeven in paragraaf 3, tabel I, niet juist is. Deze was ook alleen bedoeld om de lezer in te leiden in de problematiek.

Het is gebruikelijk de capaciteit van een slibverwerking uit te drukken in een aantal tonnen droge stof die per tijdseenheid afgevoerd of ontwaterd en in dit geval verbrand moeten worden. Dit sluit immers aan bij de benadering van de slibproductie in de afvalwatertechnologie. Uit het overzicht (tabel III) blijkt, dat naar deze factor beoordeeld, per % dr. st. lager dan 24 de ovencapaciteit terugloopt met ca. 6 %. Dit is ondanks het feit, dat bij de natte koeksoorten minder water wordt verdampd (3,27 → 2,77 m<sup>3</sup>/h). Een tweede saillant punt is, dat het aardgas als aanvulling van de calorische waarde een grote zuurstofvreter (luchtvreter) is. In dit verband is het goed op te merken,

dat onder de huidige randvoorwaarden van het stookregiem de gegarandeerde calorische capaciteit niet kan worden gehaald.

Een van de randvoorwaarden is, dat in de gekoelde verbrandingsgassen nog een rest zuurstofgehalte van ca. 6 volumeprocenten aanwezig moet zijn. Deze eis is gesteld, om zeker te zijn van zuurstofovermaat in de oven om gevaren voor explosiegrenzen bij volledig gebruik van zuurstof te vermijden. De meting van de rest-zuurstofgehalte geschiedt in een gekoelde shuntleiding. De eis van 6 vol. % betekent echter, dat ongeveer <sup>15</sup>/<sub>21</sub> of ca. 71 % van de met lucht toegevoerde zuurstof verbruikt kan worden. In het geval van 20 en 24 % droge stof is gemiddeld 4.500 van de toegevoerde 6.400 m<sup>3</sup>/lucht of 70 % vereist voor de verbrandingsprocessen. Het is bijna te mooi om waar te zijn hoe goed meting en berekening overeenstemmen. Is de konklusie gerechtvaardigd, dat onder de thans aangehouden randvoorwaarden van het stoken ondermeer de hoeveelheid zuurstof beperkend is voor de stookcapaciteit van de oven? Indien de zuurstofreserve in de verbrandingsgassen wat kleiner zou mogen zijn, zou al spoedig een 10 % hogere capaciteit kunnen worden bereikt. Dit is ook mogelijk door de luchttoevoer wat omhoog te brengen. Beide factoren, die in het bestek van dit artikel niet nader zullen worden uitgewerkt, lijken het niet onmogelijk te maken, om de capaciteit met betrekking tot de zuurstofvoorziening met 15 % te vergroten.

Uit een oogpunt van warmtebalans behoeft dit geen bezwaar te ontmoeten. De gegevens in tabel IV tonen aan dat naar warmtecapaciteit deze ruim beschikbaar is.

## 8. Samenvatting

In dit artikel is een benadering gegeven van de capaciteit van de verbrandingsoven te Oyen bij voeding met slib van verschillende drogestofgehalten. De gedachte om de calorische waarde van slib te kunnen beschrijven met behulp van de CZV maakte het mogelijk via een andere ingangshoek beter en meer materiaal te verzamelen over zowel het zuurstofverbruik als de verbrandingswaarden van verschillende slibsoorten. Hierdoor kan met gemiddelde waarden van verwerkte hoeveelheden slibkoek zowel een overzicht worden gegeven van de zuurstofbalans als van de calorische capaciteit onder de huidige stookomstandigheden. De randvoorwaarden betreffende de stooktechniek werden behoudens het zuurstofgehalte van de verbrandingsgassen niet in de discussie betrokken. Het ziet er naar uit, dat de zuurstofvoorziening met betrekking tot de gegarandeerde capaciteit een beperkende factor is. Op het kostenvraagstuk is in dit artikel niet ingegaan.