

Do2

1

DE SPLEETJETDROGER

Een nieuw drogerijtype voor de industrie van bouwkeramiek.

door Jan van der Velden

doss. EST 837
datum: 880920

DE SPLEETJETDROGER

1 BIJZONDERE KENMERKEN VAN HET DROOGSYSTEEM

De spleetjetdroger onderscheidt zich van bestaande droogsystemen in de keramische industrie door:

- A - Een onderling volkomen gelijke zijdelingse toevoer van geconditioneerde drooglucht aan elk van de met vormelingen beladen etages van de zich in de droger bevindende droogkooien. Dit bevordert de gelijkmatigheid van de droging in verticale doorsneden van de charge loodrecht op de bewegingsrichting van de drooglucht.
- B - Een droogluchttoevoer door middel van spleetvormige blaasmonden (jets) met luchtaanzuigend vermogen, die aan weerszijden van de charge uitmonden in de niet bezette doorsnede. De krachtige dunne platte stralen treffen de drogende vormelingen daarbij niet direct, waardoor een te sterke plaatselijke waterverdamping wordt vermeden en waardoor, bij droging van bezande vormelingen, tot transportstoringen aanleiding gevende zandverstuivingen worden voorkomen. De belasting van de jets is zodanig, dat de luchtsnelheid in de ledig gedachte verticale doorsnede van de droogruimte 1,0 - 1,25 m/s bedraagt.
- C - Een alternerende werking van de jets aan weerszijden van de charge met instelbare periodiciteit. Dit resulteert in een pulserende droging met een beter beheersbaar veilig droogregime, dan zulks bij continue droging van vormelingen met ongunstige droogeigenschappen doorgaans mogelijk is.
- D - De afwezigheid van bewegende conditioneringsinrichtingen, zoals bijvoorbeeld ventilatoren, in de droogruimte zelf. Dit vergemakkelijkt de controle op de juiste werking van het droogstelsel en bevordert een storingsvrije bedrijfsvoering.

2 BIJZONDER KENMERKEN VAN DE UITVOERINGSVORM VAN DE SPLEETJETDROGER.

- In de uitvoeringsvorm van de droger wordt bijzondere zorg besteed
- aan een flexibele automatische regelbaarheid van het droogproces
- aan maatregelen, die het warmteverbruik van het droogproces tot een minimum beperken,
- alsmede aan een adequate oplossing voor een automatisch transportsysteem van de drogerkooien, die bij droging van bezande vormelingen, voor het opvangen van vallend zand, bij voorkeur worden voorzien van zandschotels.

3 ONTWIKKELING VAN DE UITVOERINGSVORM.

De spleetjetdroger bevindt zich thans nog in de ontwikkelingsfase.

De toepassing van spleetjets werd theoretisch onderzocht en zeer wel mogelijk bevonden.

Uit deze studie bleek onder meer ook, dat de spuitstukdruk relatief laag gekozen kan worden (6 - 8 mm WK) om het gewenste effect te sorteren. Het krachtverbruik van het systeem zal op grond hiervan, naar mag worden verwacht, alleszins aanvaardbaar blijven.

Een toetsing van de resultaten van deze studie onder praktijkomstandigheden is evenwel absoluut noodzakelijk, alvorens tot toepassing op industriële schaal kan worden besloten.

Met name ten aanzien van het luchtaanzuigend vermogen van de geprojecteerde jets is men aangewezen op nader gedegen experimenteel onderzoek op semi-technische schaal.

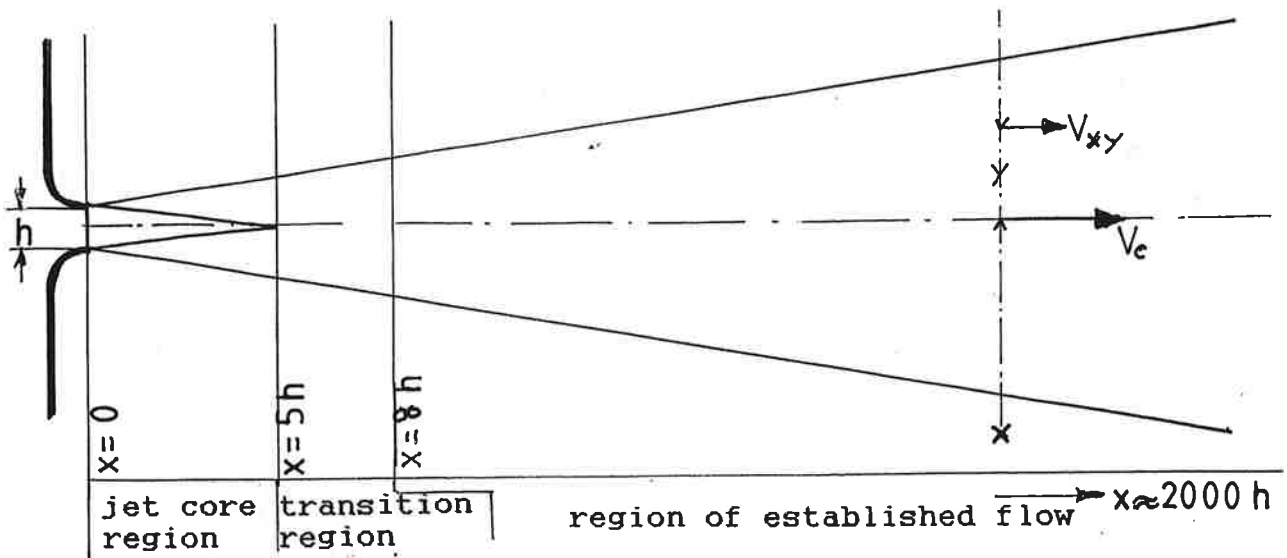
Voorts zijn aan een adequate detaillering van het systeem nog aanzienlijke ontwikkelingsinspanningen verbonden.

Ter concretisering van deze opgave zijn in hoofdstuk 4, alsmede in de bijlagen EST-01 tot en met EST-06 voor een praktijksituatie enkele basisgegevens voor een uitvoeringsontwerp van een spleetjetdroger vermeld.

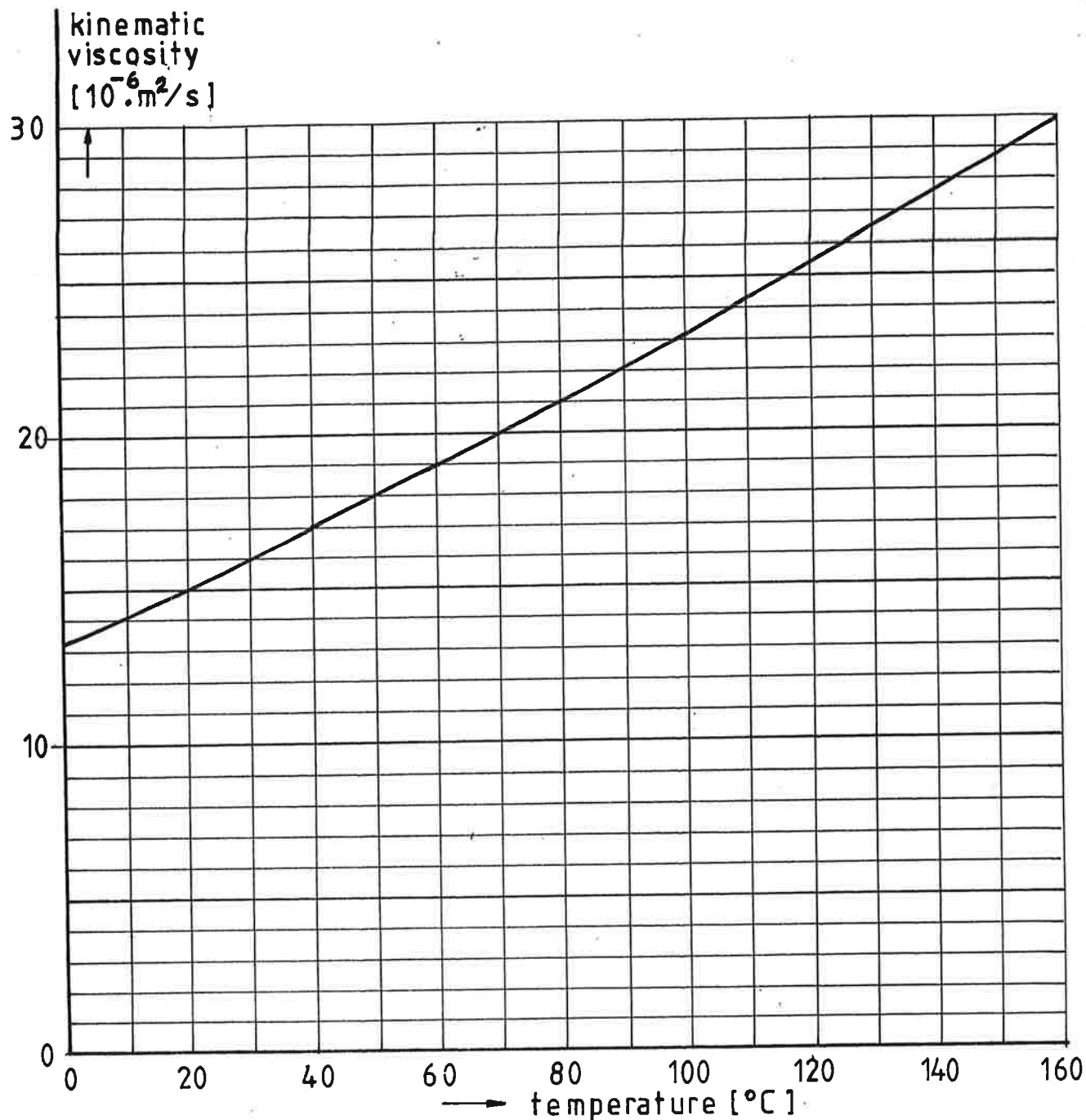
In de figuren EST-07 tot en met EST-11 wordt een voorlopige uitvoeringsvorm ter discussie en evaluatie aangedragen.

4 ENKELE BASISGEGEVENS VOOR EEN ONTWERP VAN EEN SPLEETJETDROGER
(ontleend aan specificatie WOL B36 B)

4.1 soort vormelingen		vormbakstenen
4.2 formaat		waalformaat (W)
4.3 per vormeling te verdampen water	kg	0,52
4.4 inhoud droogkamer	st.W	45220
4.5 per kamer te verdampen water	kg	23514
4.6 beschikbare droogtijd	h	39,2
4.7 per uur per kamer te verdampen	kg	600
4.8 specifiek warmteverbruik	kJ/kg H ₂ O	≤ 4000
4.9 gemiddeld enthalpieniveau van het proces	kJ/kg lucht	165
4.10 specifiek luchtverbruik	kg/kg H ₂ O	29,63
4.11 gemiddeld luchtverbruik per uur en per kamer	kg/h (droog)	17778
4.12 gemiddeld warmteverbruik per uur en per kamer (incl. ovenwarmte)	MJ/h	2400
4.13 maximum warmteverbruik per uur en per kamer tijdens droogproces, 1,5x 2400 =	MJ/h	3600
4.14 maximum luchtverbruik per uur en per kamer tijdens droogproces 1,5x 17778x 1,008/0,847	m ³ /h	31736
4.15 aantal droogkamers in werking	st.	7
4.16 luchtverbruik totale drogerij, excl. bufferruimte: 7x17778	kg/h (droog)	124446



1	$V_0 = \sqrt{2 \Delta p / \rho_0}$	V_0 jet discharge velocity Δp pressure difference across slot	m/s N/m ²
2	$q_{v0} = h W \sqrt{2 \Delta p / \rho_0}$	ρ density of air h slot height W slot width	kg/m ³ m m
3	$q_{m0} = h W \sqrt{2 \Delta p \rho_0}$	q_{v0} initial volume rate of flow q_{m0} initial mass rate of flow F jet force	m ³ /s kg/s N
4	$F = q_{m0} V_0 = 2 h W \Delta p$	E_k kinetic energy of jet V_{xy} longitudinal velocity	Nm/s m/s
5	$E_k = (1/2) q_{m0} V_0^2 = (1/2) F V_0$	y distance from jet center-l. x distance from jet discharge $\Delta \theta_{xy}$ temperature difference with surroundings	m m K
6	$V_{xy} = V_0 \frac{2.5}{\sqrt{x/h}} \sqrt{\rho_0 / \rho_1} e^{-75(y/x)^2}$	$\Delta \theta_0$ temperature difference betw. jet core and surroundings q_{mx} mass rate of jet flow at distance x ν kinematic viscosity of air Re Reynolds number	K kg/s m ² /s -
7	$\Delta \theta_{xy} = \Delta \theta_0 \frac{2.0}{\sqrt{x/h}} \sqrt{\rho_0 / \rho_1} e^{-40(y/x)^2}$	ind.0 relates to initial jet flow ind.1 relates to surrounding air	
8	$q_{mx} = 0.55 q_{m0} \sqrt{x/h} \sqrt{\rho_1 / \rho_0}$		
9	$Re = \frac{2V_0 h}{\nu}$		
<p>Conditions:</p> <ul style="list-style-type: none"> - air slot: wel rounded - velocity of approach: negligible - gas expansion: negligible - Re: > 10000 - <math>B</math>: $B < (x/h) < 2000$ - W/h: $W/h > 15$ 		<p>References:</p> <p>[1] Günther, R. Grundlagen der Feuerungstechnik, Gaskursus 1964 Technische Hochschule, Karlsruhe.</p> <p>[2] Eck, B. Technische Strömungslehre, Auflage 7, 1966 Springer Verlag, Berlin.</p> <p>[3] Perry, J.H. Chemical Engineers' Handbook, 4th. edition, 1963 Mc.Graw-Hill Book Company, New York.</p>	



At pressures in the neighbourhood of atmospheric pressure, the kinematic viscosity is inversely proportional to the absolute pressure.

$$Re = \frac{v \cdot l}{\nu}$$

$$l = \frac{4 \cdot A}{P}$$

Re : Reynolds Number

v : air velocity, m/s

l : characteristic length, m

ν : kinematic viscosity, m²/s

A : cross-sectional area of channel, m²

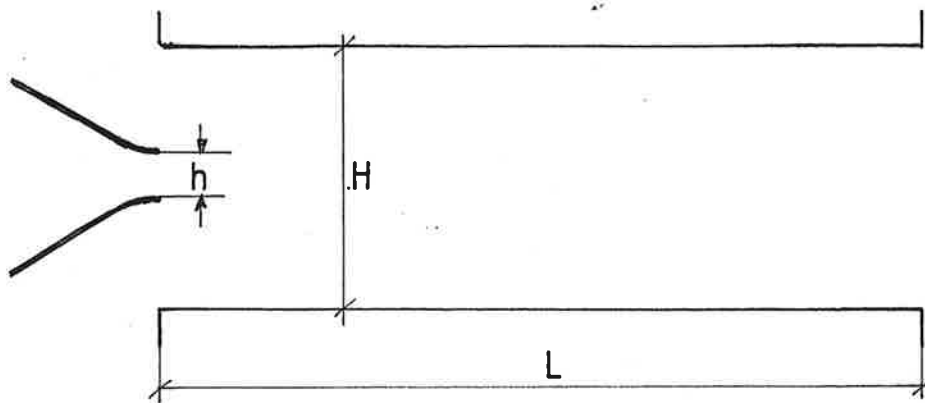
P : wetted perimeter, m

**KINEMATIC VISCOSITY OF AIR FOR AN ATMOSPHERIC
PRESSURE OF 101,325 kN/m²**

Reference: Spiers, H.M. "Technical Data on Fuel" (1962).

doss. EST837
fig. EST-02

Jan vandervelden



$$q_{m0} = hW \sqrt{2 \Delta p \rho_0} \quad (1)$$

$$q_m = k q_{m0} \sqrt{H/h} \cdot \sqrt{\rho/\rho_0} \quad (2)$$

h	slot height	m
W	slot width	m
H	height of entrainment channel	m
L	length of entrainment channel	m
ρ	density of air	kg/m ³
Δp	pressure difference across slot	N/m ²
q_{m0}	initial mass rate of flow	kg/s
q_m	mass rate of jet flow	kg/s
k	coefficient of entrainment	-
ind.0	relates to initial jet flow	-
ind.1	relates to surrounding air	-

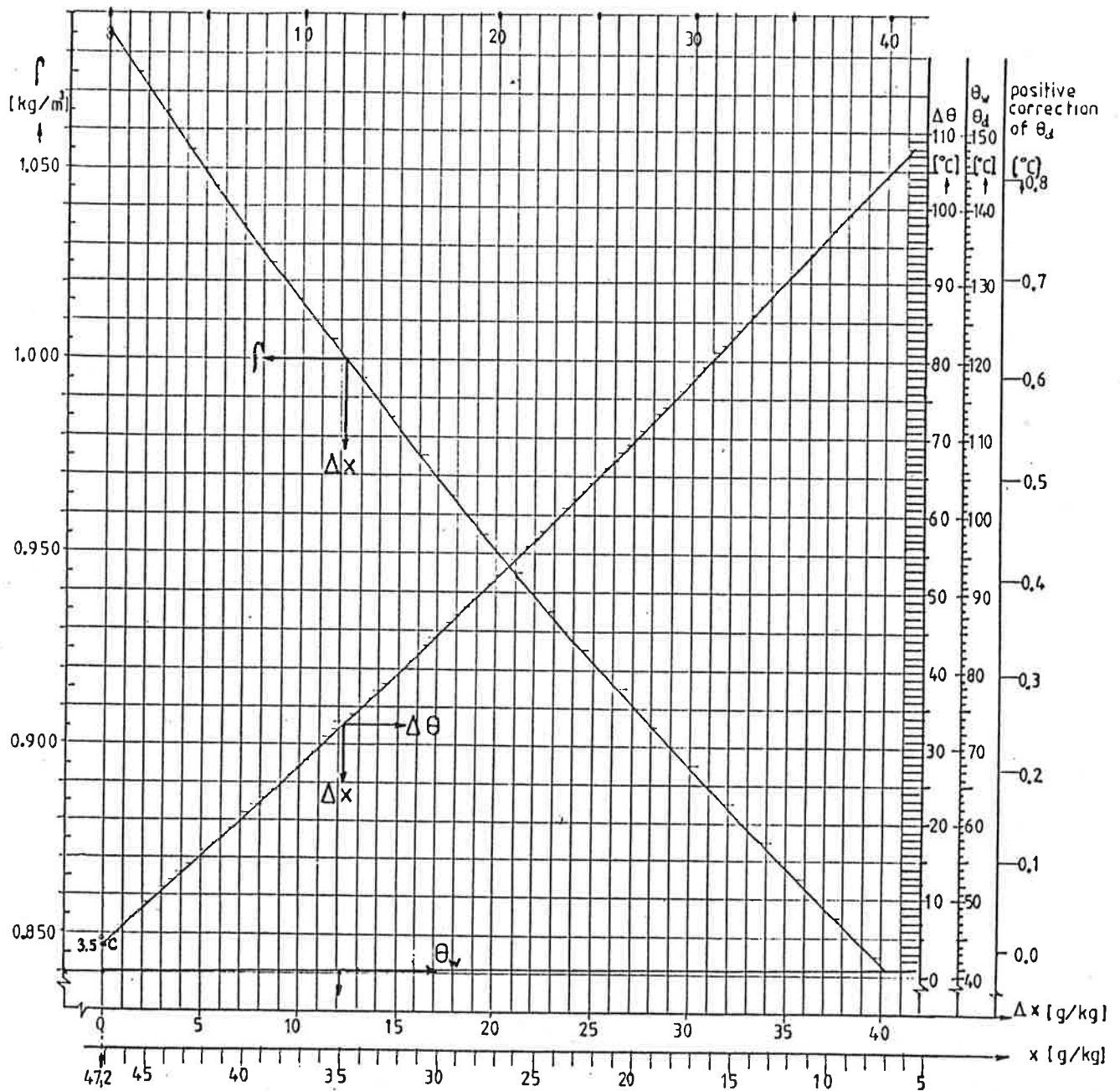
k = 0.94 for unhampered supply of entrained air and $L < 10 H$

Conditions:

- air slot well rounded
- velocity of approach negligible
- gas expansion negligible
- Re > 10000
- W/h > 15

References:

- Günther, R Grundlagen der Feuerungstechnik, Gaskursus 1964, Technische Hochschule Karlsruhe.

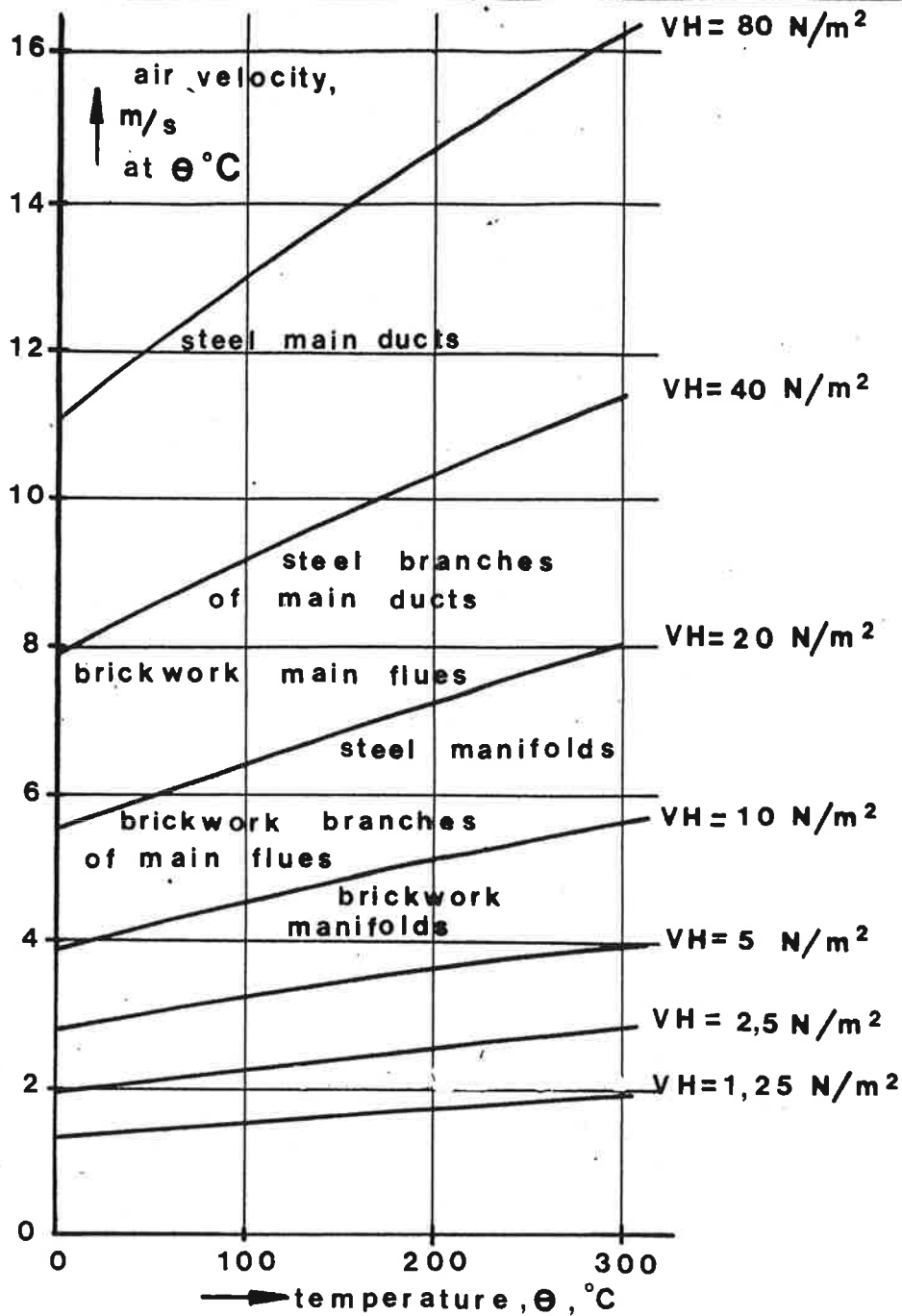


- x water content of air per kg of dry air g/kg
- Δx capacity of water absorption of the air up to a relative humidity of 0.8 g/kg
- θ_w wet bulb temperature °C
- θ_d dry bulb temperature °C
- $\Delta\theta$ psychrometric temperature difference °C
- ρ air density kg/m³

References: Mollier diagram for humid air.

INTERRELATIONS OF AIR CONDITIONS IN ADIABATIC DRYING PROCESSES, AT AN ENTHALPY LEVEL OF 165 kJ/kg OF DRY AIR.

doss. EST837
fig. T 04
Jan Velden



Standard Industrial Indoor Climate:

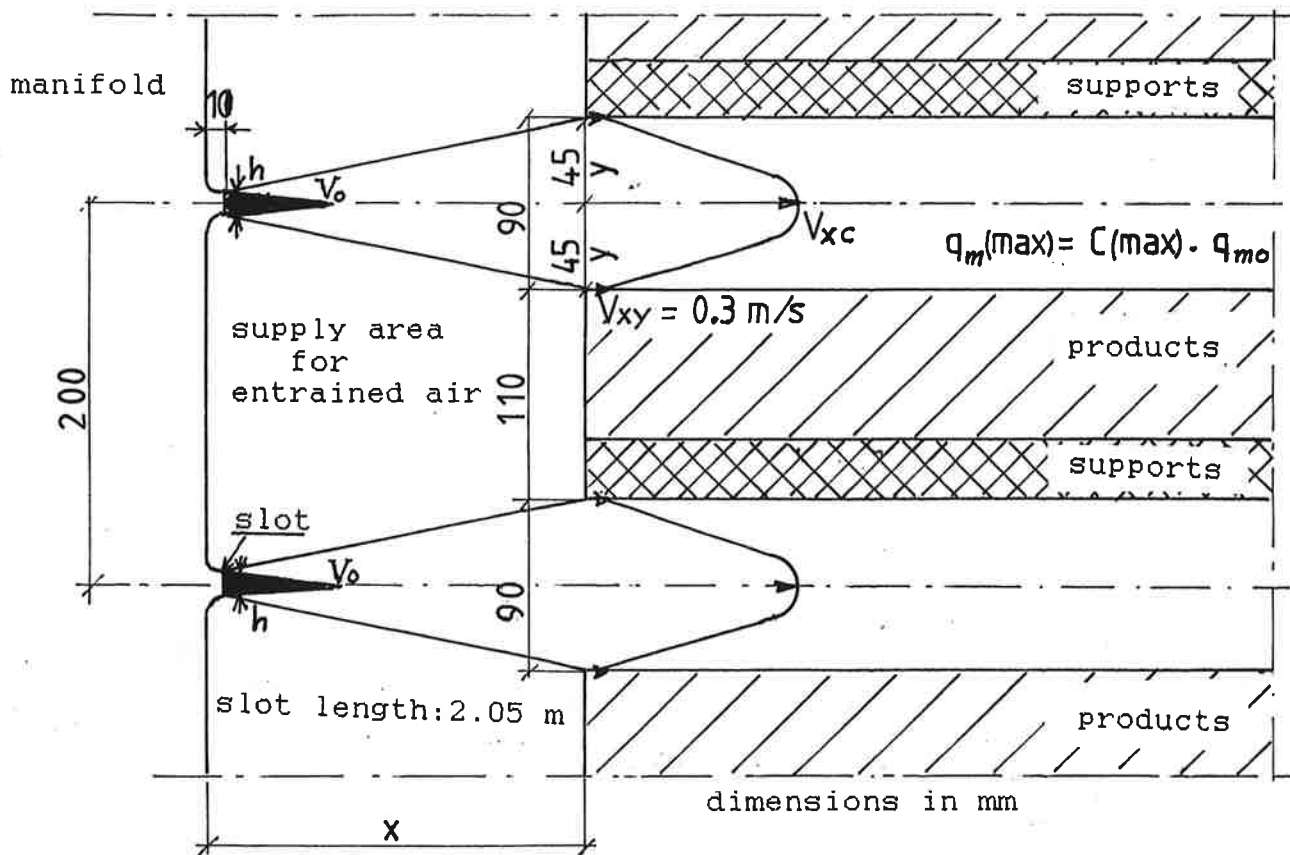
- air temperature : 15° C
- relative humidity : 60%
- density : 1,22 kg/m³

$$VH = \text{velocity head} = \frac{f \cdot v^2}{2} \text{ in N/m}^2$$

f = density, kg/m³

v = air velocity, m/s

$$1 \text{ N/m}^2 \equiv 0,01 \text{ mbar} \equiv 0,102 \text{ mm H}_2\text{O}$$



Assumptions:

dry bulb temperature: 55°C

air density: 1.05 kg/m³

wet bulb temperature: 40°C

kin. viscosity: 18.5 × 10⁻⁶ m²/s

height of entrainment channel: H = 90 mm

JET PROPERTIES FOR $V_0 = 10 \text{ m/s}$, $\Delta p = 52.5 \text{ N/m}^2$

Enclosed Jet				Free Jet	
h	q_{mo}	C-max	$q_m \text{ max}$	$V_{xy} = 0.3 \text{ m/s}$	
mm	kg/s	--	kg/s	x	V_{xc}
				mm	m/s
9	0.1937	2.972	0.576	233	4.91
10	0.2152	2.820	0.607	231	5.20
11	0.2368	2.688	0.636	228	5.49
12	0.2583	2.575	0.665	227	5.75

JET PROPERTIES FOR $V_0 = 12 \text{ m/s}$, $\Delta p = 75.6 \text{ N/m}^2$

Enclosed Jet				Free Jet	
h	q_{mo}	C-max	$q_m \text{ max}$	$V_{xy} = 0.3 \text{ m/s}$	
mm	kg/s	--	kg/s	x	V_{xc}
				mm	m/s
9	0.2325	2.972	0.691	225	6.00
10	0.2583	2.820	0.728	223	6.35
11	0.2841	2.688	0.764	221	6.69
12	0.3100	2.575	0.798	220	7.01

REQUIRED VELOCITY IN FREE CROSS SECTION (0.2x2.1) : $\geq 1 \text{ m/s}$

REQUIRED CAPACITY PER JET: $0.2 \times 2.1 \times 1 \times 1.05 \geq 0.441 \text{ kg/s}$

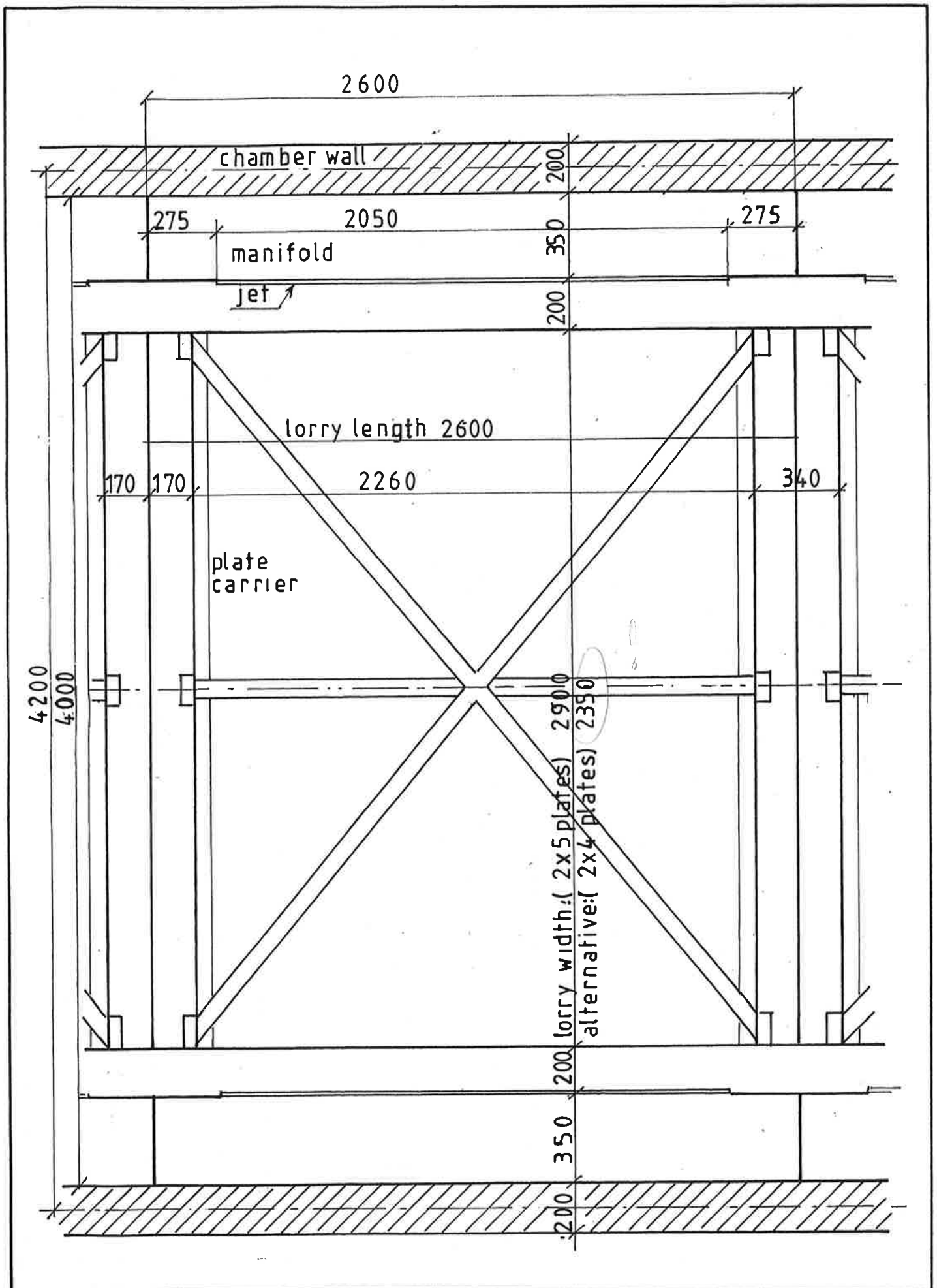
Select h = 10 mm and x = 200 mm

air entrainment area: $0.2 \times 0.155 = 0.031 \text{ m}^2$ per jet

capacity of air entrainment: $5 \times 0.031 \times 2 \times 1.05 = 0.326 \text{ kg/s}$
(m/s)

POSITION OF JETS WITH REGARD TO SETTING
OF PRODUCTS IN DRYER

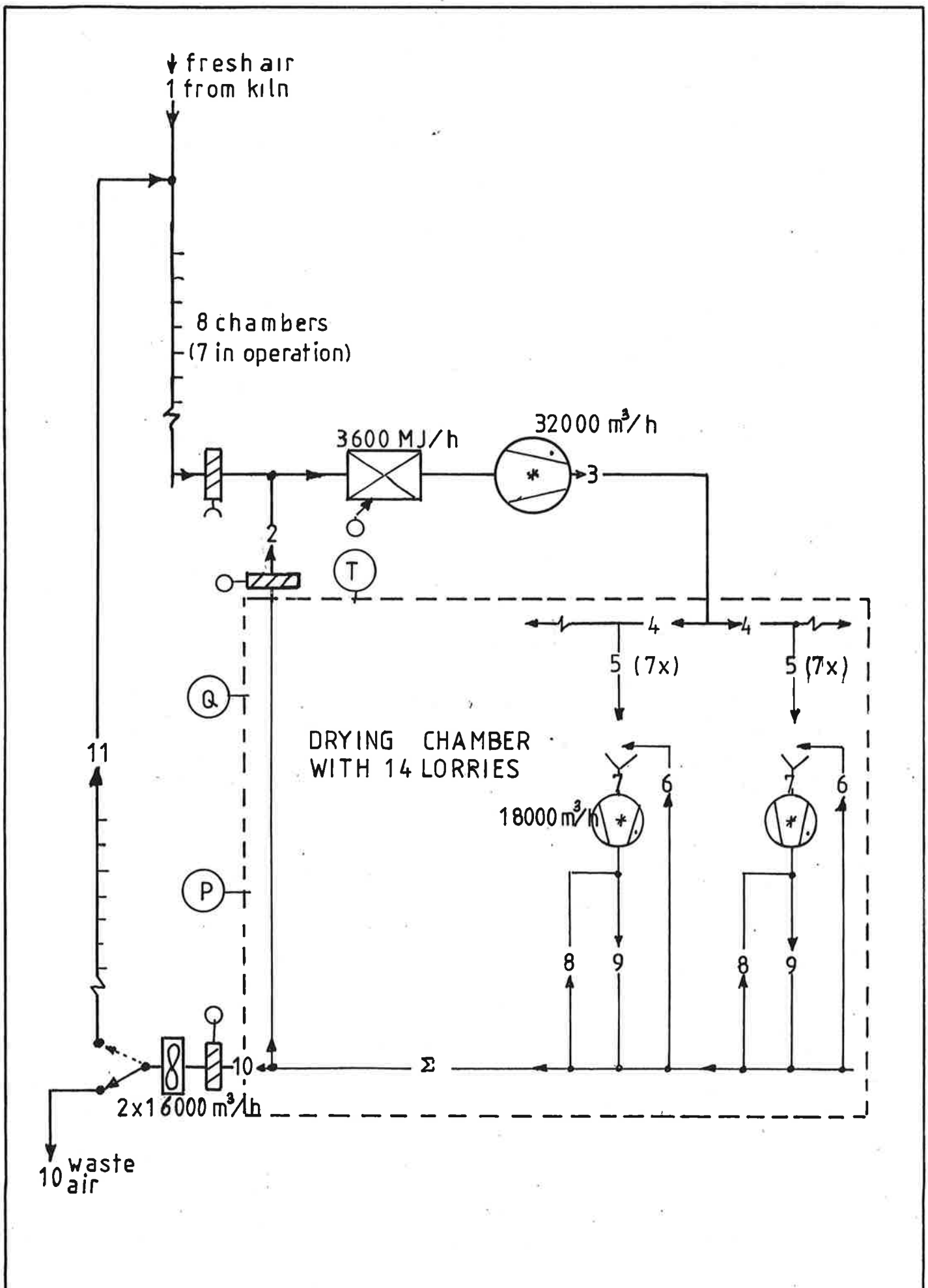
doss.EST837
fig. EST-06
Jan v.d.Velden



HORIZONTAL CROSS SECTION OF DRYING CHAMBER WITH LORRY.

scale 1:20

doss. EST837
fig. EST-07
Jan v.d.Velden



AIR FLOW SCHEME FOR DISCUSSION

doss. EST 837
fig. EST 08
Jan v.d. Velden

Grenze zwischen
zwei Wagen

Kupplung von zwei
Klappenarmaturen

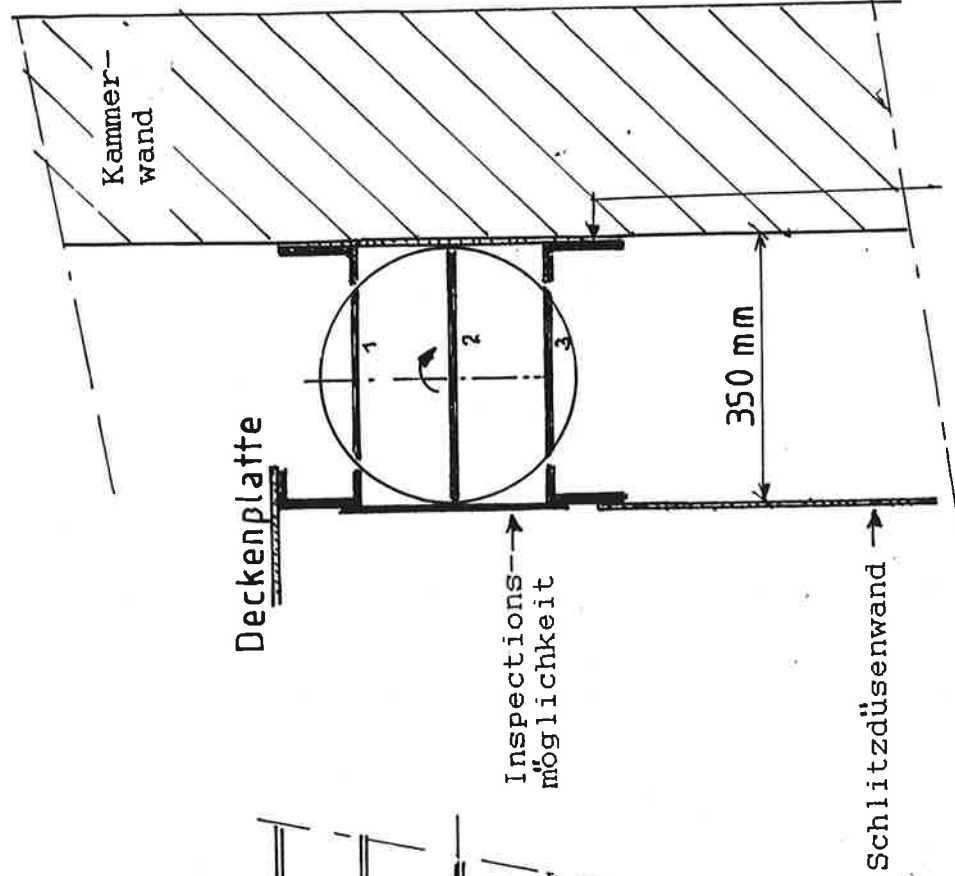
Lagerung

DICHT

OFFEN

Durchlauf zu den
Strahlschlitzen

In Zeitabständen von
30 Sek. bis 180 Sek.
dreht die Klappe um 90 Grad.

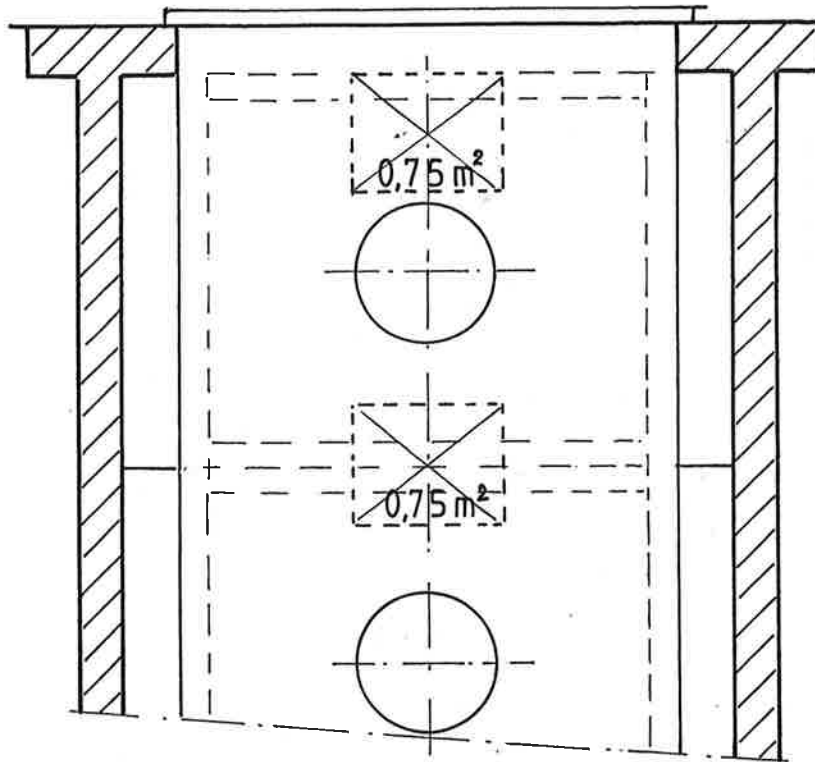


Montage der Klappenarmatur
an der Kammerwand
(Länge pro Armatur z.B.:
zwei Wagenlängen)

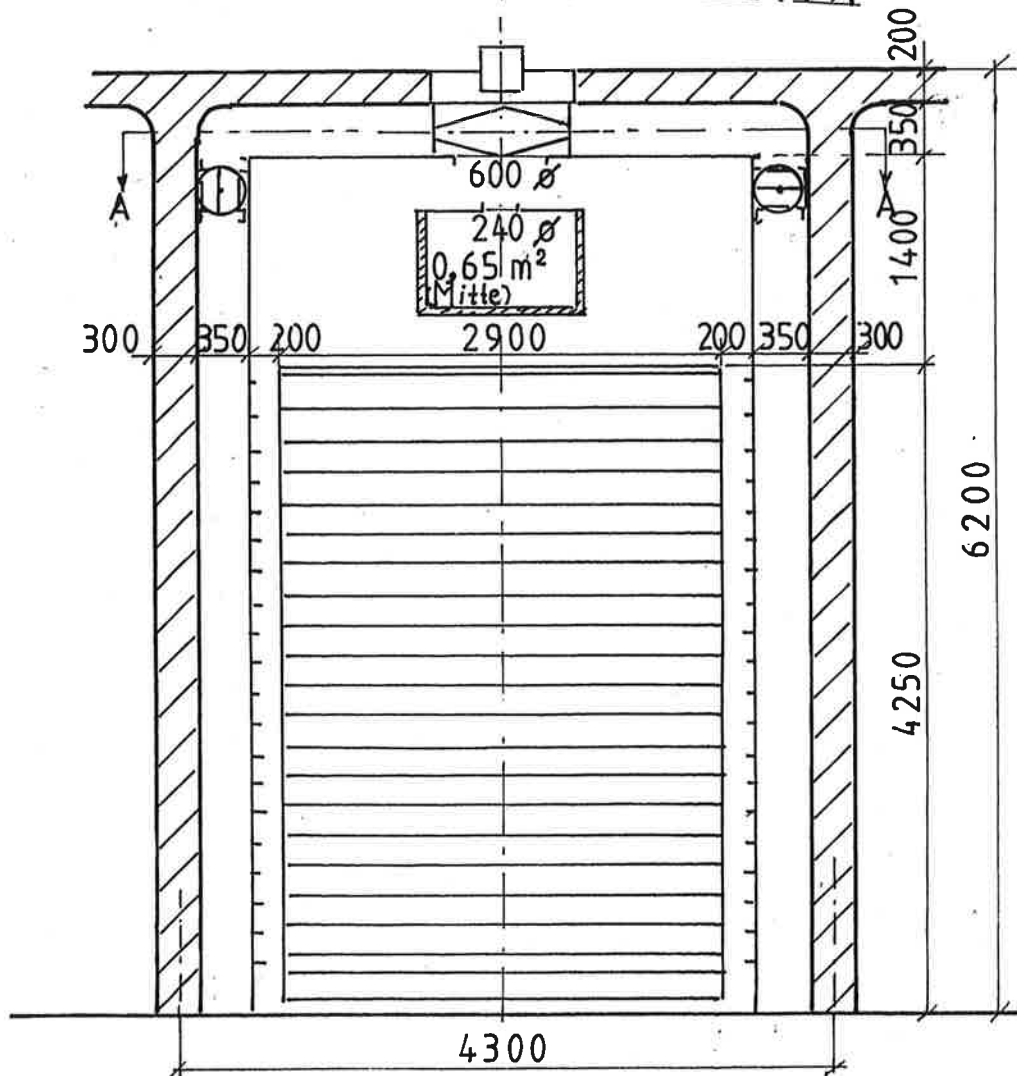
PRIZIPIENSKIZZE EINER DREHKLAPPE MIT
DREIFACHER ABDICHTUNG UND
GERINGER TORSION

im Masz, 1:10

doss. EST 837
Fig. EST 09
Jan v.d.Velden



Durchschnitt A-A
zur Beurteilung
der Einbau-
möglichkeit von
Eintritts- und
Austritts-
öffnungen.



SKIZZE EINES PULSIEREND ARBEITENDEN
SCHLITZDÜSENTROCKNERS FÜR TONWAREN

im Maßz. 1:50

doss. EST837
Fig. EST-10
Jan v.d.Velden

