



**International  
Energy  
Agency**

**Condensation and Energy**

# Catalogue of Material Properties

**Report Annex XIV, Volume 3**

**Energy Conservation in Buildings  
and Community Systems Programme**

Ann 14 1991: 3

IEA — ANNEX XIV : CONDENSATION AND ENERGY

---

Volume 3

# Catalogue of Material Properties

---

With many thanks to Arnold Janssens, Eric Senave and Paul Verbeek for reading, editing, correcting and/or doing the lay-out of the final proposals for this "Catalogue of Material Properties", Volume 3 of the IEA - Annex 14 report.

## PREFACE

### THE INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The International Energy Agency (IEA) was established in 1975 within the framework of the Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) to implement an International Energy programme. A basic aim of the IEA is to foster cooperation among the 21 IEA Participating Countries to increase energy security through energy conservation, development of alternative energy sources and energy research, development and demonstration (RD&D). This is achieved in part through a programme of collaborative RD&D consisting of forty-two implementing Agreements, containing a total of over eighty separate energy RD&D projects.

### ENERGY CONSERVATION IN BUILDING AND COMMUNITY SYSTEMS

As one element of the Energy Programme, the IEA sponsors research and development in a number of areas related to energy. In one of these areas, energy conservation in buildings, the IEA is backing various exercises to predict more accurately the energy use of buildings, including comparison of existing computer programmes, building monitoring, comparison of calculation methods, energy management systems, as well as air quality and inhabitants behaviour studies. Sixteen countries and the European Community, BELGIUM, CANADA, CEC, DENMARK, FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY, FINLAND, GREECE, ITALY, JAPAN, NETHERLANDS, NEW ZEALAND, NORWAY, SWEDEN, SWITZERLAND, TURKEY, U.K., U.S.A., have elected to participate and have designed contracting parties to the Implementing Agreement, covering collaborative research in this area. This designation by the government of a number of private organisations as well as universities and government laboratories, as contracting parties, has provided a broader range of expertise to tackle the projects in the different technology areas than would have been the case if participation was restricted to governments alone. The importance of associating industry with government sponsored energy RD&D is recognised in the IEA, and every effort is made to encourage this trend.

### THE EXECUTIVE COMMITTEE

Overall control of the programme is maintained by an Executive Committee, which not only monitors existing projects but also identifies new area where collaborative effort may be beneficial. The Executive Committee ensures all projects to fit into a predetermined strategy without unnecessary overlap or duplication but with effective liaison and communication.

Twenty-five projects have been initiated by the Executive Committee, more than half of which have been completed:

- ANNEX 1: Load energy determination of buildings (\*)
- ANNEX 2: Ekistics & advanced community energy systems (\*)
- ANNEX 3: Energy conservation in residential buildings (\*)
- ANNEX 4: Glasgow commercial building monitoring (\*)
- ANNEX 5: Air infiltration and ventilation centre (\*)
- ANNEX 6: Energy systems and design of communities (\*)
- ANNEX 7: Local government energy planning (\*)

- ANNEX 8: Inhabitants behaviour with regard to ventilation (\*)
- ANNEX 9: Minimum ventilation rates (\*)
- ANNEX 10: Building HVAC system simulation (\*)
- ANNEX 11: Energy auditing (\*)
- ANNEX 12: Windows and fenestration (\*)
- ANNEX 13: Energy management in hospitals (\*)
- ANNEX 14: Condensation and energy (\*)
- ANNEX 15: Energy efficiency of schools
- ANNEX 16: BEMS 1- User interfaces and system integration
- ANNEX 17: BEMS 2- Evaluation and emulation techniques
- ANNEX 18: Demand controlled ventilation systems
- ANNEX 19: Low slope roofs systems
- ANNEX 20: Air flow patterns
- ANNEX 21: Energy efficient communities
- ANNEX 22: Thermal modelling
- ANNEX 23: Air flow modelling
- ANNEX 24: Heat- air moisture transport in new and retrofitted insulated envelope parts
- ANNEX 25: Real time simulation and fault detection

#### ANNEX 14: CONDENSATION AND ENERGY

The idea to start an Annex on mould, surface condensation and energy grew in 1984-1985. In September 1985, a workshop was organised at the Leuven University, Belgium, focusing on the state of the art in different countries. This workshop revealed a real lack of overall knowledge and understanding, on the levels of data, modelling and measuring.

The Annex objectives were formulated as:

- providing architects, building owners and practitioners as well as researchers with a better knowledge and understanding of the physical backgrounds of mould and surface condensation, including the critical conditions for mould growth and the influencing material properties;
- to introduce better calculation models, taking into account air, heat and moisture transfer, in order to predict properly the phenomena of mould and surface condensation and to validate possible solutions;
- to develop energy conserving and cost effective strategies and complementary design methods, techniques and data for avoiding mould and surface condensation in new buildings or preventing further degradation in problem buildings.

At first 6, later 5 countries: BELGIUM, FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY, ITALY, NETHERLANDS, U.K., joined together for 3 years of intensified research on mould and surface condensation. The shared work included case studies, common exercises and the draft of a source book, a catalogue of material properties and a guidelines booklet. Also the national research efforts were scheduled in accordance with the Annex 14 scheme and the results brought together and used as base for the Annex publications.

Seven working meetings of 3 days each were held, the first to build up a common knowledge, the last to discuss research and reports and to elaborate a common performance philosophy.

---

(\*) completed

**LIST OF EXPERTS CONTRIBUTING TO ANNEX 14****OPERATING AGENT**

K.U.Leuven, Laboratory for Building Physics,  
represented by Prof. H. Hens, head of the lab.

**NATIONAL EXPERTS****Belgium**

ir. E. Senave, K.U.Leuven, Lab. for Building Physics, Leuven  
dr. ir. P. Standaert, Adviesbureau Physibel, Maldegem  
ir. B. Walley, NMH, National Housing Society, Brussels  
ir. P. Wouters, WTCB- CSTC, Belgian Building Research Institute, Brussels

**Federal Republic of Germany**

National coordinator: Dipl.-Ing. H. Erhorn,  
Fraunhofer institut für Bauphysik, Stuttgart  
Dipl.-Ing. W. Eisele, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart  
Dipl.-Ing. Z. Herbak, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart  
Dipl.-Ing. H. Künzel, Fraunhofer Insttut für Bauphysik, Holzkirchen  
Dipl.-Ing. J. Reiß, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart  
Dr W. Raatschen, Dornier GmbH, Friedrichshafen  
Dipl.-Ing. R. Stricker, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart

**Italy**

National coordinator: Prof. C. Lombardi,  
Politecnico di Torino  
Ing. G. Casetta, Consulting engineer

**Netherlands**

National coordinator: ir. P.C.H. Vanderlaan,  
Rijksgebouwendienst, Den Haag  
ir. O. Adan, TNO-IBBC, Rijswijk  
ir. J.J.M. Cauberg, Cauberg-Huyghen Raadgevende Ingenieurs, Maastricht  
dr. ir. J. de Wit, T.U. Eindhoven, Fakulteit bouwkunde, Vakgroep Fago, Eindhoven  
ir. W. Lichtveld, Lichtveld, Buis en Partners, Utrecht  
ir. J. Oldengarm, TNO-IBBC, Rijswijk  
ir. A.C. Van der Linden, Rijksgebouwendienst, Den Haag  
ir. R.J.P. Van Hees, TNO-IBBC, Rijswijk

**United Kingdom**

National coordinator: Mr. C. Sanders,  
BRE, Scottish Laboratory, East Kilbride  
Prof. P. Burberry, UMIST, Department of Building Engineering, Manchester  
Dr. M. Denman, Sheffield City Polytechnic, Sheffield  
Dr. C. Hunter, BRE, Garston, Watford  
Dr. T. Oresczyn, Bartlet School of Architecture and Planning,  
University College London

## CONTENTS

PREFACE	. . . . .	i
CONTENTS	. . . . .	v
SYMBOLS	. . . . .	vii
INTRODUCTION	. . . . .	ix
<b>CHAPTER 1: STANDARD LISTS</b>		
Belgium: NBN B62-002	. . . . .	1.3
The Netherlands: SBR REPORT 9	. . . . .	1.9
France: CSTB Règles Th- K77	. . . . .	1.21
Germany: DIN 4108	. . . . .	1.31
Italy: UNI 7357	. . . . .	1.43
United Kingdom: BS 5250	. . . . .	1.53
<b>CHAPTER 2: DATABASE</b>		
2.1 BUILDING MATERIALS (b)	. . . . .	2.2
b1 concrete	. . . . .	2.2
b2 lightweight concrete	. . . . .	2.3
b3 cellular concrete	. . . . .	2.4
b4 polystyrene concrete	. . . . .	2.5
b5 mortars	. . . . .	2.6
b6 bricks	. . . . .	2.7
b7 sand-lime stone	. . . . .	2.8
b8 masonry: bricks	. . . . .	2.9
b9 masonry: concrete blocks	. . . . .	2.11
b10 masonry: sand-lime stone	. . . . .	2.12
b11 masonry: cellular concrete	. . . . .	2.13
b12 gypsum plaster	. . . . .	2.14
b13 outside rendering	. . . . .	2.15
b14 timber	. . . . .	2.16
b15 particle board	. . . . .	2.17
b16 plywood	. . . . .	2.18
b17 woodwool cement board	. . . . .	2.19
b18 fibre cement	. . . . .	2.20
2.2 INSULATING MATERIALS (i)	. . . . .	2.21
i1 cork	. . . . .	2.21
i2 cellular glass	. . . . .	2.22
i3 glass-wool	. . . . .	2.23



i4	rock-wool	.	.	.	.	.	.	.	2.24
i5	expanded polystyrene	.	.	.	.	.	.	.	2.25
i6	extruded polystyrene	.	.	.	.	.	.	.	2.26
i7	polyurethane/polyisocyanurate foam	.	.	.	.	.	.	.	2.27
i8	perlite board	.	.	.	.	.	.	.	2.28
2.3	FINISHING MATERIALS (f)	.	.	.	.	.	.	.	2.29
f1	wallpaper	.	.	.	.	.	.	.	2.29
f2	wallpaint	.	.	.	.	.	.	.	2.30
f3	carpet	.	.	.	.	.	.	.	2.31
f4	timber slabs	.	.	.	.	.	.	.	2.32
2.4	VAPOUR RETARDERS (v)	.	.	.	.	.	.	.	2.33
2.5	COMPONENTS (c)	.	.	.	.	.	.	.	2.34
c1	gypsum board	.	.	.	.	.	.	.	2.34
2.6	OTHERS (o)	.	.	.	.	.	.	.	2.35
o1	newspaper	.	.	.	.	.	.	.	2.35
o2	periodical	.	.	.	.	.	.	.	2.36

## SYMBOLS

symbol	unit	Physical quantities
a	-	absorbivity
a	m <sup>2</sup> /s	thermal diffusivity
a <sub>w</sub>	-	water activity
b	J/(m <sup>2</sup> .K.s <sup>1/2</sup> )	thermal effusivity
c	kg/m <sup>3</sup>	water vapour concentration (humidity by volume)
c	J/(kg.K)	specific heat capacity
c'	J/(kg.K)	specific heat capacity of a wet material
d	m	thickness
e	-	emissivity
g <sub>m</sub>	kg/(m <sup>2</sup> .s)	density of moisture flow rate
k <sub>a</sub>	s	air permeability
k <sub>m</sub>	s	moisture conductivity
l	m	length
m	kg	mass
p	Pa	partial water vapour pressure
p'	Pa	partial water vapour saturation pressure
q	W/m <sup>2</sup>	heat flow density
n	h <sup>-1</sup> (s <sup>-1</sup> )	ventilation rate
r	-	reflectivity
t	s	time
u	%kg/kg	moisture content mass by mass
w	kg/m <sup>3</sup>	moisture content mass by volume
x	g/kg	water vapour ratio (humidity by mass)
-----		
A	kg/(m <sup>2</sup> s <sup>1/2</sup> )	water sorption coefficient
D <sub>w</sub>	m <sup>2</sup> /s	moisture diffusivity
E <sub>n</sub>		Energy consumption
G <sub>m</sub>	kg/s	moisture flow rate , vapour production
K <sub>a</sub>	s/m	air permeance
P	W/m <sup>2</sup> .K	thermal permeance inside surface - outside
R	m <sup>2</sup> .K/W	thermal resistance
S	-	degree of saturation
T	K	thermodynamic (absolute) temperature
U	W/m <sup>2</sup> .K	thermal permeance
-----		
α	K <sup>-1</sup>	specific heat strain
δ <sub>p</sub>	s	vapour permeability coupled to a vapour pressure gradient
δ <sub>v</sub>	m <sup>2</sup> /s	vapour permeability coupled to a vapour concentration gradient
ε	-	hygric strain
ρ	kg/m <sup>3</sup>	volumic mass (density)
ρ <sub>c</sub>	J/(m <sup>3</sup> .K)	volumic heat capacity
φ	-	relative humidity
μ	-	vapour resistance factor
μ <sub>d</sub>	m	(equivalent) vapour diffusion thickness

$\psi$	%m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	moisture content volume by volume
$\psi_a$	%m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	air content
$\lambda$	W/(mK)	thermal conductivity
$\theta$	°C	temperature
$\theta_{rs}$	°C	dry resulting temperature
$\tau$	-	transmissivity
	-	temperature ratio

## SUBSCRIPTS

---

a	ambient
c	capillary
cv	convective
e	exterior
h	hygroscopic
i	interior
m	moisture
max	maximal
r	radiation
s	surface
sat	saturation
v	vapour
w	water, liquid

## ABBREVIATIONS:

---

CFU	colony forming units
ERH	equilibrium relative humidity
IAQ	internal air quality
RUE	rational use of energy
MCF	mean growth factor
MW	mineral wool
MPS	extruded polystyrene
RH	relative humidity
TRY	test reference year

## INTRODUCTION

This 'Catalogue of Material Properties' report is divided in two parts. The first part contains the standard lists of Belgium, the Netherlands, France, Germany, Italy and the U.K. They are given in the original language. The second part is a database, giving the thermal, hygric and air properties of 31 commonly used building, insulating and finishing materials and components. Also added are vapour retarders, newspapers and periodicals, the last two very hygroscopic and important as hygric inertia load in rooms. As far as possible, the property values are related to the influencing parameters such as density, temperature, moisture content, relative humidity..

Each material takes 1 or 2 sheets.

In the right upper corner of the first sheet, the material type is given.

Then follow:

- the density or mass per unit area;
- the thermal properties;;
- the hygric properties;
- the air properties.

A property is incorporated, only when enough information was available.

Functional relationships are shaped in a programmed manner:

- thermal conductivity: linear or exponential function of the density, linear function of temperature and moisture content;
- hygroscopic moisture content: a function of the relative humidity of the form  $w_R = \varphi / (A_1 \cdot \varphi^2 + A_2 \cdot \varphi + A_3)$ ;
- Diffusion resistance number: linear or exponential function of the density, inverse power or exponential function of the relative humidity;
- moisture diffusivity: is calculated with the formula, given in the source book.

## Chapter 1

### STANDARD LISTS

1. BELGIAN STANDARD NBN B62-002**PROPERTIES :**

- density (dry material)
- specific heat capacity (dry material)
- thermal conductivity
- OR thermal resistance

**UNITS : S.I.**

kg/m<sup>3</sup>  
 J/(kg.K)  
 W/(m.K)  
 m<sup>2</sup>.K/W

**PARAMETERS :**

- temperature

limits for use of the list:  $-10^{\circ}\text{C} < \theta < 30^{\circ}\text{C}$

- moisture content

a difference is made between inside (i) and outside use (e).

inside : all layers not wetted by rain, or having the possibility to dry from a possibly high initial moisture content to the inside hygroscopic equilibrium.

outside: all layers wetted by rain

Tab. 2a - Conductivité thermique et chaleur massique des matériaux de construction isotropes ou assimilés  
Warmtegeleidbaarheden en massawarmte van isotrope of gelijkgestelde bouwmaterialen

n°	matériaux	masse volumique volumemassa $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda_i$ (W/m.K)	$\lambda_e$ (W/m.K)	c (J/kg.K)	matériau	nr
A	<u>Métaux</u>					<u>Metalen</u>	A
A.1	Plomb	11 340	-	35	130	Lood	A.1
A.2	Cuivre	8 300 $\leq \rho \leq$ 8 900	-	384	390	Koper	A.2
A.3	Acier	7 800	-	45	480 - 530	Staal	A.3
A.4	Aluminium 99 %	2 700	-	203	880	Aluminium 99 %	A.4
A.5	Fonte	7 500	-	56	530	Gietijzer	A.5
A.6	Zinc	7 000	-	113	390	Zink	A.6
B	<u>Pierres naturelles</u>					<u>Natuursteen</u>	B
B.1	Pierres lourdes (granit, gneiss, basalte, porphyres)	2 750 $\leq \rho \leq$ 3 000	3,49	3,49	840	Zware steen (granit, gneis, basalt, porfier)	B.1
B.2	Petit granit (pierre bleue)	2 700	2,91	3,49	840	"Petit granit" (blauwe steen)	B.2
B.3	Pierres calcaires (blanches)					Kalksteen (witte)	B.3
	marbres	2 750	2,91	3,49	} 840	marmer	
	pierres dures	2 550	2,21	2,68		harde steen	
	pierres fermes	2 350	1,74	2,09		vaste steen	
	pierres demi-fermes	2 200	1,40	1,69		halfvaste steen	
C	<u>Maçonneries</u>					<u>Metselwerk</u>	C
C.1	Maçonneries en briques pleines ou perforées (NBN B 24-001)					Metselwerk in volle baksteen of van geperforeerde baksteen (NBN B 24-001)	C.1
	maçonnerie légère	700 $\leq \rho \leq$ 999	0,27	0,41	} 840	licht metselwerk	
	maçonnerie moyenne	1 000 $\leq \rho \leq$ 1 599	0,54	0,75		halfzwaar metselwerk	
	maçonnerie lourde	1 600 $\leq \rho \leq$ 2 099	0,90	1,10		zwaar metselwerk	
	Dans le cas où la masse volumique (y compris les joints) est connue avec précision, on peut appliquer les valeurs suivantes :					In het geval waar de volumemassa (met inbegrip van de voegen) nauwkeurig gekend is, mogen de volgende waarden worden toegepast :	
		700 $\leq \rho \leq$ 799	0,22	0,34			
		800 $\leq \rho \leq$ 899	0,24	0,36			
		900 $\leq \rho \leq$ 999	0,27	0,41			
		1 000 $\leq \rho \leq$ 1 099	0,32	0,47			
		1 100 $\leq \rho \leq$ 1 199	0,37	0,52			
		1 200 $\leq \rho \leq$ 1 299	0,42	0,58			
		1 300 $\leq \rho \leq$ 1 399	0,45	0,63			
		1 400 $\leq \rho \leq$ 1 499	0,49	0,69			
		1 500 $\leq \rho \leq$ 1 599	0,54	0,75			
		1 600 $\leq \rho \leq$ 1 699	0,60	0,81			
		1 700 $\leq \rho \leq$ 1 799	0,66	0,87			
		1 800 $\leq \rho \leq$ 1 899	0,73	0,94			
		1 900 $\leq \rho \leq$ 1 999	0,79	1,00			
		2 000 $\leq \rho \leq$ 2 099	0,90	1,10			

Tab. 2a - (suite 1)  
(vervolg 1)

n°	matériaux	masse volumique volumemassa $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda_i$ (W/m.K)	$\lambda_e$ (W/m.K)	c (J/kg.K)	materiaal	nr
C.2	Maçonneries en blocs pleins de béton (béton d'argile expansée, béton cellulaire, béton de liège, de vermiculite, perlite, polystyrène expansé), ou en briques silico-calcaires					Metselwerk van volle betonblokken (beton van geëxpandeerde klei, cellenbeton, kurk-beton, vermiculietbeton, perlietbeton, beton van geëxpandeerd polystyreen), of van kalkzandsteen	C.2
	maçonneries de blocs très légers	$\rho < 599$	0,22	- (1)	840	metselwerk van zeer lichte blokken	
	maçonneries de blocs légers	$600 < \rho < 899$	0,30	0,50		metselwerk van lichte blokken	
	maçonneries de blocs moyens	$900 < \rho < 1\ 199$	0,40	0,62		metselwerk van middelzware blokken	
	maçonneries de blocs mi-lourds	$1\ 200 < \rho < 1\ 499$	0,60	0,90		metselwerk van halfzware blokken	
		$1\ 500 < \rho < 1\ 799$	0,85	1,20			
	Dans le cas où la masse volumique (y compris les joints) est connue avec précision, on peut adopter les valeurs suivantes :	$1\ 800 < \rho$	1,30	1,70		In het geval waarin de volumemassa (met inbegrip van de voegen) nauwkeurig gekend is, mogen de volgende waarden worden aangenomen	
		$450 < \rho < 499$	0,19	- (1)			
		$500 < \rho < 549$	0,20	- (1)			
		$550 < \rho < 599$	0,22	- (1)			
		$600 < \rho < 649$	0,24	0,42			
		$650 < \rho < 699$	0,25	0,43			
		$700 < \rho < 749$	0,26	0,44			
		$750 < \rho < 799$	0,28	0,46			
		$800 < \rho < 849$	0,29	0,48			
		$850 < \rho < 899$	0,30	0,50			
	$900 < \rho < 949$	0,31	0,52				
	$950 < \rho < 999$	0,32	0,55				
	$1\ 000 < \rho < 1\ 099$	0,35	0,58				
	$1\ 100 < \rho < 1\ 199$	0,40	0,62				
C.3	Maçonneries en blocs creux de béton lourd (voir tableau 2b)					Metselwerk van holle blokken van zwaar beton (zie tabel 2b)	C.3
C.4	Maçonneries en moellons (calcaires demi-fermes)	2 200	1,4	1,69	840	Metselwerk van breuksteen (half-vaste kalksteen)	C.4
D	<u>Eléments pierreux sans joints</u>					<u>Steenachtige bouw-delen zonder voegen</u>	D
D.1	Béton normal lourd armé	2 400	1,7	2,2	840	Zwaar normaal beton gewapend	D.1
	non armé	2 200	1,3	1,7		ongewapend	

(1) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatiques extérieures, comportant entre autres la possibilité d'humidification par la pluie, n'est pas recommandée, sauf si un agrément technique a été délivré pour une application spécifique, précisant la valeur  $\lambda_e$  à utiliser.

(1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buitenklimaatvoorwaarden, met o.a. de kans op bevochtiging door de regen, verdient geen aanbeveling tenzij er een technische goedkeuring afgeleverd werd voor een geëigende toepassing waarbij de te gebruiken  $\lambda_e$ -waarde wordt vermeld.



Tab. 2a - (suite 2)  
(vervolg 2)

n°	matériaux	masse volumique- volumemassa $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda_i$ (W/m.K)	$\lambda_e$ (W/m.K)	c (J/kg.K)	materiaal	nr	
D.2	Béton léger en panneaux pleins ou en chapes (béton d'argile expansé, béton cellulaire, béton de laitier, de vermiculite, de liège, de perlite, de polystyrène, etc.)					Licht beton in volle platen of in deklaag (beton van geëxpandeerde klei, cellenbeton, slakkenbeton, vermiculietbeton, kurkbeton, perlietbeton, polystyreenbeton, enz.)	D.2	
	béton très léger	$\rho < 599$	0,18	-(1)	840	zeer licht beton		
	béton léger	$600 < \rho < 899$	0,25	0,43		licht beton		
	béton moyennement léger à lourd	$900 < \rho < 1\ 199$	0,37	0,58		middelmatig licht tot zwaar beton		
		$1\ 200 < \rho < 1\ 499$	0,58	0,87				
		$1\ 500 < \rho < 1\ 799$	0,84	1,18				
		$1\ 800 < \rho < 2\ 200$	1,30	1,70				
	Dans le cas où la masse volumique est connue avec précision, on peut appliquer les valeurs suivantes :							In het geval waarin de volumemassa nauwkeurig gekend is, mogen de volgende waarden worden toegepast :
		$\rho < 350$	0,12	-(1)				
		$350 < \rho < 399$	0,14	-(1)				
		$400 < \rho < 449$	0,15	-(1)				
		$450 < \rho < 499$	0,16	-(1)				
		$500 < \rho < 549$	0,17	-(1)				
		$550 < \rho < 599$	0,18	-(1)				
		$600 < \rho < 649$	0,20	0,31				
		$650 < \rho < 699$	0,21	0,34				
		$700 < \rho < 749$	0,22	0,36				
		$750 < \rho < 799$	0,23	0,38				
		$800 < \rho < 849$	0,24	0,40				
		$850 < \rho < 899$	0,25	0,43				
		$900 < \rho < 949$	0,27	0,45				
	$950 < \rho < 999$	0,29	0,47					
	$1\ 000 < \rho < 1\ 099$	0,32	0,52					
	$1\ 100 < \rho < 1\ 199$	0,37	0,58					
D.3	Plâtre avec ou sans granulats légers	$\rho < 800$	0,22	-(1)	840	Gips met of zonder lichte granulaten	D.3	
		$800 < \rho < 1\ 099$	0,35	-(1)				
		$\rho > 1\ 100$	0,52	-(1)				
E	<u>Enduits</u>					<u>Bepleisteringen</u>	E	
E.1	Mortier de ciment	1 900	0,93	1,5	840	Cementmortel	E.1	
E.2	Mortier de chaux	1 600	0,70	1,2		Kalkmortel	E.2	
E.3	Plâtre	1 300	0,52	-(1)		Gips	E.3	

(1) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatologiques extérieures, comportant entre autres la possibilité d'humidification par la pluie, n'est pas recommandée, sauf si un agrément technique a été délivré pour une application spécifique, précisant la valeur  $\lambda_e$  à utiliser.

(1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buitenklimaatvoorwaarden, met o.a. de kans op bevochtiging door de regen, verdient geen aanbeveling tenzij er een technische goedkeuring afgeleverd werd voor een geëigende toepassing waarbij de te gebruiken  $\lambda_e$ -waarde wordt vermeld.

Tab. 2a - (suite 3)  
(vervolg 3)

n°	matériaux	masse volumique volumemassa $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda_1$ (W/m.K)	$\lambda_e$ (W/m.K)	c (J/kg.K)	materiaal	nr	
F	<u>Bois et dérivés du bois</u>					<u>Hout en houtderivaten</u>	F	
F.1	Bois feuillus durs (chêne, hêtre)	600 $\leq \rho \leq$ 800	0,17	0,19	1880	Hard loofhout (eik, beuk)	F.1	
F.2	Bois résineux (épicéa, pin sylvestre)	450 $\leq \rho \leq$ 600	0,12	0,13		Naaldhout (vuren, Europese grenen)	F.2	
F.3	Contreplaqué	600	0,14	0,15		Triplex, multiplex	F.3	
F.4	Panneaux de particules (bois ou lin, NBN 661)	300 500 700	0,09 0,12 0,14	-(1) -(1) -(1)	1880	Spaanplaten (hout of vlas, NBN 661)	F.4	
F.5	Panneaux de fibres de bois agglomérés au ciment (NBN 638)	400 500 600	0,12 0,14 0,16	-(1) -(1) -(1)		1470	Platen van houtvezels, geagglomereerd met cement (NBN 638)	F.5
G	<u>Matériaux isolants</u>						<u>Isolatiemateriaal</u>	G
G.1	<u>Liège</u>	$\rho < 100$ $\rho > 100$	0,040 0,045	-(1) -(1)	1760		<u>Kurk</u>	G.1
G.2	<u>Laines minérales</u>		0,040	-(1)		840	<u>Minerale wol</u>	G.2
G.3	<u>Mousses synthétiques</u>					<u>Kunstschuim</u>	G.3	
G.3.1	En général	$\rho < 100$	0,040	-(1)	1470	In het algemeen	G.3.1	
G.3.2	Polystyrène expansé, polyéthylène extrudé, mousse phénolique, mousse de phormaldéhyde d'ureum		0,040			Geëxpandeerd polystyreene, geëxtrudeerd polyethyleen, fenolschuim, ureumformaldehydeschuim	G.3.2	
G.3.3	Mousse de polyuréthane	$\rho \geq 30$	0,028	-(1)		Polyurethaanschuim	G.3.3	
G.3.4	Polystyrène extrudé	$\rho \geq 25$	0,035	-(1)		Geëxtrudeerd polystyreene	G.3.4	
G.4	<u>Verre cellulaire</u>					<u>Schuimglas</u>	G.4	
G.4.1	en plaques	120 $\leq \rho <$ 130 130 $\leq \rho <$ 140 140 $\leq \rho \leq$ 180	0,045 0,048 0,053	-(1) -(1) -(1)	840	in platen	G.4.1	
G.4.2	en granulés	150 $\leq \rho \leq$ 200	0,070	-(1)		korrelvormig	G.4.2	
G.5	<u>Perlite</u>					<u>Perliet</u>	G.5	
G.5.1	Perlite expansée pure	50 $\leq \rho \leq$ 80	0,046	-(1)	840	Zuiver geëxpandeerd perliet	G.5.1	
G.5.2	Panneaux durs à base de perlite expansée	170	0,055	-(1)		Harde platen op basis van geëxpandeerd perliet	G.5.2	
G.6	<u>Vermiculite</u>					<u>Vermiculiet</u>	G.6	
G.6.1	Vermiculite expansée pure	$\rho < 100$	0,058	-(1)	840	Zuiver geëxpandeerd vermiculiet	G.6.1	
G.6.2	Panneaux de vermiculite expansée	350	0,082	-(1)		Platen van geëxpandeerd vermiculiet	G.6.2	

(0) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatologiques extérieures, comportant entre autres la possibilité d'humidification par la pluie, n'est pas recommandée, sauf si un agrément technique a été délivré pour une application spécifique, précisant la valeur  $\lambda_e$  à utiliser.

(1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buitenklimaatvoorwaarden, met o.a. de kans op bevochtiging door de regen, verdient geen aanbeveling tenzij er een technische goedkeuring afgeleverd werd voor een geëigende toepassing waarbij de te gebruiken  $\lambda_e$ -waarde wordt vermeld.

Tab. 2a - (suite 4)  
(vervolg 4)

n°	matériaux	masse volumique volumemassa $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda_1$ (W/m.K)	$\lambda_e$ (W/m.K)	$c$ (J/kg.K)	materiaal	nr
H	<u>Matériaux divers</u>					<u>Verscheidene mate- rialen</u>	H
H.1	Verre	2 500	1	1	840	Glas	H.1
H.2	Carreaux de terre cuite	1 700	0,81	1	840	Tegels van gebakken klei	H.2
H.3	Carreaux de grès	2 000	1,2	1,3	840	Grèstegels	H.3
H.4	Caoutchouc	1 500	0,17	0,17	1 470	Rubber	H.4
H.5	Linoléum, carreaux PVC	1 200	0,19	(1)	1 470	Linoleum, PVC-te- gels	H.5
H.6	Panneaux en ciment renforcé par des fibres minérales na- turelles	1 400 < $\rho$ < 1 900	0,35	0,50	840	Platen van met na- tuurlijke minerale vezels versterkt ciment	H.6
H.7	Asphalte coulé (NBN B 46-101)	2 100	1,2	1,2	920	Gietasfalt (NBN B 46-101)	H.7
H.8	Feutres bitumés (NBN B 46-101)	1 100	0,23	0,23	1 700	Bitumenvilt (NBN B 46-101)	H.8

1) L'exposition directe de ces matériaux aux conditions climatiques extérieures, comportant entre autres la possibilité d'humidification par la pluie, n'est pas recommandée, sauf si un agrément technique a été délivré pour une application spécifique, précisant la valeur  $\lambda_e$  à utiliser.

1) De directe blootstelling van deze materialen aan de buitenklimaatvoorwaarden, met o.a. de kans op bevochtiging door de regen, verdient geen aanbeveling tenzij er een technische goedkeuring afgeleverd werd voor een geëigende toepassing waarbij de te gebruiken  $\lambda_e$ -waarde wordt vermeld.

Tab. 2b - Résistance thermique et chaleur massique des matériaux anisotropes  
Warmteweerstand en massawarmte van de niet isotrope materialen

n°	matériaux	épaisseur ou hauteur des éléments dike of hoogte van de delen	$R_u$ (m <sup>2</sup> K/W)	$c$ (J/kg.K)	materialen	n°
I.1	Maçonneries en blocs creux				Metselwerk van holle blokken	I.1
	a) de béton lourd, ( $\rho > 1200$ kg/m <sup>3</sup> )	$d = 14$ cm $d = 19$ cm $d = 29$ cm	0,11 0,14 0,20	840	a) van zwaarbeton, ( $\rho > 1200$ kg/m <sup>3</sup> )	
	b) de béton léger ( $\rho < 1200$ kg/m <sup>3</sup> )	$d = 14$ cm $d = 19$ cm $d = 29$ cm	0,30 0,35 0,45		b) van lichtbeton, ( $\rho < 1200$ kg/m <sup>3</sup> )	
I.2	Planchers bruts préfa- briqués en éléments creux en terre cuite				Voorafvervaardigde ruwe vloerplaten van holle delen van gebakken klei	I.2
	1 creux dans le sens du flux	$d = 8$ cm $d = 12$ cm	0,08 0,11	840	1 holte in de stroom- richting	
	2 creux dans le sens du flux	$d = 12$ cm $d = 16$ cm $d = 20$ cm	0,13 0,16 0,19		2 holten in de stroomrichting	
I.3	Planchers bruts préfa- briqués en béton lourd (avec éléments creux)	$d = 12$ cm $d = 16$ cm $d = 20$ cm	0,11 0,13 0,15		840	Voorafvervaardigde ruwe vloerplaten van zwaar beton (met holle delen)
I.4	Plaques de plâtre entre deux papiers forts	$d < 1,4$ cm $d > 1,4$ cm	0,05 0,08	840		Gipsplaten tussen twee lagen karton

2. DUTCH SBR- REPORT 9**PROPERTIES :**

- density (dry material)
- specific heat capacity (dry material)
- thermal conductivity
- emissivity
- specific thermal strain
- hygroscopic moisture content
- vapour permeability:
  - OR vapour resistance factor
  - OR vapour thickness
- irreversible hygric strain
- modulus of elasticity

**UNITS : S.I.**

kg/m<sup>3</sup>  
 J/(kg.K)  
 W/(m.K)  
 -  
 K<sup>-1</sup>  
 %m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>  
 -  
 m  
 %m/m  
 Pa

**PARAMETERS :**

- Temperature

Limits for use of the list:  $-10^{\circ}\text{C} < \theta < 30^{\circ}\text{C}$

- Moisture content

A difference is made between inside (i) and outside use (e)

Inside : all layers not wetted by rain, or having the possibility to dry from a perhaps high initial moisture content to the inside hygroscopic equilibrium.

Outside: all layers wetted by rain

## Thermische eigenschappen

Materiaal-soort	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/(m.K)		$c$ J/(kg.K)
		I *)	II *)	
<b>Metalen</b>				
Lood	12250	35	35	130
Koper	9000	370	370	390
IJzer	7900	72	72	530
Staal	7800	41-52	41-52	480-530
Zink	7200	110	110	390
Aluminium	2800	200	200	880
<b>Natuursteen</b>				
Basalt	3000	3,5	3,5	} 840
Graniet	3000	3,5	3,5	
Kalksteen	2750	2,3	2,9	
Hardsteen	2750	2,3	2,9	
Marmer	2750	2,3	2,9	
Zandsteen	2000-2300	2-4	4-6	
Tufsteen	1100-1500	0,35-0,50	0,5-0,7	
<b>Metselstenen</b>				
Gevelklinkers	2100	0,8	1,3	} 840
Hardgrauw	1700-1900	0,65-0,70	1,0-1,2	
Rood/Boerengrauw	1700	0,65	1,0	
	1500	0,55	0,85	
	1300	0,45	0,75	
Isolatiesteen	1000	0,30		
Kalkzandsteen	2000	1,0	1,5	
<b>Grindbeton</b>				
Verdicht gewapend	2500	1,9	2,3	} 840
Verdicht ongewapend	2400	1,7	2,2	
Niet verdicht gewapend	2300	1,4	1,9	
Niet verdicht ongewapend	2200	1,3	1,7	
<b>Lichte betonsoorten</b>				
Algemene indicatie	1900	0,95	1,4	} 840
	1600	0,70	1,2	
	1300	0,45	0,8	
	1000	0,35	0,5	
	700	0,23		
	500	0,17		
	300	0,12		
	200	0,08		

\*) Kolom I heeft betrekking op omstandigheden waarbij het vochtgehalte overwegend bepaald wordt door het binnenklimaat.

Kolom II slaat op omstandigheden waarbij gemiddeld op een hoger vochtgehalte moet worden gerekend.

## Thermische eigenschappen

Materiaal­soort	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/(m.K)		$c$ J/(kg.K)
		I <sup>o</sup>	II <sup>o</sup>	
Bimsbeton	700-1000	0,23-0,35		840
Beton met geëxpandeerde klei e.d. als toeslag	1000-1400 550-1000 1000-1800	0,35-0,50 0,18-0,35 0,35-0,85		
Polystyreenschuimbeton	220	0,07		840
	400	0,11		
	650	0,20		
Cellenbeton	1300	0,50	1,2	840
	1000	0,35	0,7	
	700	0,23		
	400	0,17		
Cellenbeton op cementbasis	400-750	0,17-0,26		840
Cellenbeton op kalkbasis				
Hoogovenslakkenbeton	1900	0,70	1,0	840
	1600	0,45	0,7	
	1300	0,30	0,45	
	1000	0,23	0,35	
<b>Andere anorganische materialen</b>				
Asbestcement	1600-1900	0,35-0,70	0,95-1,2	840
Gipsplaten	800-1400	0,23-0,46	(-)-0,65	
Glas (spiegelglas en vensterglas)	2500	0,8	0,8	
Glaskeramiek	2500	1,4	1,4	
Schuimglas	120-150	0,05-0,06		
Minerale toeslag voor beton	50-800	0,04-0,23		
Minerale wol	35-250	0,041		
<b>Pleisterlagen</b>				
Cementpleister	1900	0,93	1,5	840
Kalkpleister	1600	0,70	0,8	
Gipspleister	1300	0,52	0,8	
<b>Tegels</b>				
Hardgebakken tegels	2000	1,2	1,3	840
Plavuizen	1700	0,8	1,1	
<b>Organische materialen al dan niet gebonden (met uitzondering van houtprodukten en kunststoffen)</b>				
Geëxpandeerde kurk	100-200	0,041-0,046		1760
Geëxpandeerde geïmpregneerde kurk	100-200	0,041-0,046		1760

## Thermische eigenschappen

Materiaalsoorten	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/(m.K)		c J/(kg.K)
		I *)	II *)	
Linoleum	1200	0,17		1470
Rubber	1200-1500	0,17-0,29		1470
Geëxpandeerde eboniet	100	0,035		1470
Rietvezelplaat	250-350	0,08-0,09		2100
Strovezelplaat	200-400	0,08-0,12		2100
Vlasschevenplaat gebonden met kunsthars	300-700	0,08-0,17		1880
Vlasschevencementplaat	330-700	0,08-0,12		1470
<b>Houtprodukten</b>				
Hardhout	800	0,17 <sup>1)</sup>	0,23 <sup>1)</sup>	1880
Naaldhout	550	0,14 <sup>1)</sup>	0,17 <sup>1)</sup>	
Triplex-multiplex	700	0,17	0,23	
Hardboard	1000	0,29		1680
Zachtboard	250-300	0,08		2100
Spaanplaat	450	0,10		1880
	600	0,15		
	1000	0,29		
Houtspaan-cementplaat	350-700	0,09-0,21		1470
Houtwolcementplaat				
Houtwolmagnesiumplaat	400-500	0,10-0,12		
<b>Harde kunststoffen</b>				
Polyesterplaat (met glasvezels versterkt)	1200	0,2		1470
Polyethen	920-950			
Polymethacrylaat	1200			
Polypropeen	900			
Polyvinylchloride	1400			
ABS polymeren	1100			
<b>Kunststofschuimen</b>				
Polystyreenschuim geëxpandeerd	15-30	0,035		1470
Polystyreenschuim geëxtrudeerd	30-40	0,027		
Ureumharschuim	8-20	0,054 <sup>2)</sup>		
Polyurethaanschuim (met freon geblazen)	30-60	0,021-0,035 <sup>2)</sup>		
Fenolharschuim (hard)	25-200	0,035		
Polyvinylchlorideschuim	25-50	0,035		

Opmerking: wanneer twee waarden van  $\rho$  en  $\lambda$  zijn gegeven kan  $\lambda$  voor tussengelegen waarden van  $\rho$  lineair worden geïnterpoleerd.

1) Loodrecht op de vezels.

2) Bij toepassing als spouwvulling.

3)  $\lambda$  kan bij veroudering tengevolge van het verdwijnen van de freonvulling stijgen tot 0,035 W/(m.K).

## Hygrische eigenschappen

Materiaal-soort	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\delta$ 10 <sup>-12</sup> s	$\mu$ -	$\psi_H$ vol. %		
				$\phi = 40\%$	$\phi = 65\%$	$\phi = 95\%$
<b>Metalen</b>						
Alle metalen	-	0	$\infty$	0	0	0
<b>Natuursteen</b>						
Zandsteen	2000-2300	12	15	0	0	0
Tufsteen	1100-1500	37-18	5-10	0,1	0,15	0,40
<b>Metselstenen</b>						
Gevelklinkers	2100	6	31	0,1	0,15	0,30
Hardgrauw	1700-1900	21-13	9-14	0,2-0,3	0,3-0,4	0,8-1,1
Rood/boerengrauw	1700	21	9			
	1500	23	8			
	1300	25	7,5			
Kalkzandsteen	2000	7	25	0,5-2	1-4	6-12
<b>Grindbeton</b>						
Verdicht gewapend	2500	5-0,9	37-200	2-3	3-4	8
Onverdicht ongewapend	2400	6-0,9	31-200			
Niet verdicht gewapend	2300	7-0,9	27-200			
Niet verdicht ongewapend	2200	8-0,9	23-200			
<b>Lichte betonsoorten</b>						
Algemene indicatie	1900	14	13,0	2	2,5	7
	1600	23	8,0			
	1300	25	7,5			
	1000	28	6,5			
	700	34	5,5			
	500	41	4,5			
	300	50	3,5			
200	67	2,8				
<b>Bimsbeton</b>	700-1000	31	6			
	1000-1400	28-15	6,5-12			
Beton met geëxpandeerde klei als toeslag	550-1000	37-28	5-6,5	0,5-1	1-2	2-3
	1000-1800	28-15	6,5-12			
Isolatiebeton	300-700	41-34	4,5-5,5	0,5-1	1-2	2-4
Polystyreenschuimbeton	220	-	-	0,1	0,3	1,2
	400	12-9	16-20	3	4	7
	650	-	-	4,5	5,5	8,5
Cellenbeton	1300	25-21	7,5-9	-	-	-
	1000	34-25	5,5-7,5	-	-	-
	700	41-25	4,5-7,5	-	-	-
	400	61-25	3-7,5	-	-	-



## Hygrische eigenschappen

Materiaal-soort	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\delta$ 10 <sup>-12</sup> s	$\mu$ -	$\psi_H$ vol. %		
				$\phi = 40\%$	$\phi = 65\%$	$\phi = 95\%$
Cellenbeton op cementbasis	400-750	50-28	3,7-6,5	1	1,5	4
Cellenbeton op kalk basis				1,2-2	2-3	5-12
Hoogovenslakkenbeton	1900	13	14	1-2	2-3	4-5
	1600	19	10			
	1300	23	8			
	1000	28	6,5			
<b>Andere anorganische materialen</b>						
Asbestcement	1600-1900	5-1,2	37-150	4	7	20
Gipsplaten	800	13	14	1	1,2	5
Glas (spiegelglas en vensterglas)	800-1400	31	6	< 0,1	< 0,1	3,5
Schuimglas	2500	0	$\infty$	0	0	0
Minerale wol	120-150	0	$\infty$	0	0	0
	35-250	170-100	1,1-1,8	< 0,1	< 0,1	< 0,1
<b>Pleisterlagen</b>						
Cementpleister	1900	12-4,5	15-41	0,5	1	4
Kalkpleister	1600	21-4,5	9-41	-	-	-
Gipspleister	1300	31-18	6-10	-	1	3
<b>Tegels</b>						
Hardgebakken tegels	2000	6,5	28	< 0,5	< 0,8	< 1,0
Plavuizen	1700	8	23			
<b>Organische materialen al dan niet gebonden (met uitzondering van houtproducten en kunststoffen)</b>						
Geëxpandeerde kurk	100-200	41-6,4	4,5-29	0,6	1,2	3
Geëxpandeerde, geïmpregneerde kurk	100-200	21-4	9-46			
Linoleum	1200	0,1	1800	0	0	-
Rubber	1200-1500	0,2	900	0	0	0
Geëxpandeerde eboniet	100	0,4-0,2	450-900	-	-	-
Rietvezelplaat	250-350	60	3	2	3	5
Strovezelplaat	200-400					
Met kunsthars gebonden vlassevevencementplaat	300-700	26-4	7-46	2	3	7-9
Vlassevevencementplaat	350-500	52-26	3,5-7	2	2-3	4-7
<b>Houtproducten</b>						
Hardhout	800	-	-	2	4	10-12

## Hygrische eigenschappen

Materiaal-soort	$\rho$ kg. m <sup>3</sup>	$\delta$ 10 <sup>-12</sup> s	$\mu$ -	$w_H$ vol. %		
				$\varphi = 45\%$	$\varphi = 65\%$	$\varphi = 95\%$
Naaldhout	550	-	-	2-3	4-5	12-15
Balsahout <sup>1)</sup>	125	20-3,5	9-53	1,5	2	3
Vurehout <sup>1)</sup>	410	20-0,5	9-370	3	5	10
Pijnbomenhout <sup>1)</sup>	530	10-1,5	18-120	5	7	14
Teak <sup>1)</sup>	600	5-0,5	37-370	4	7	14
Triplex-multiplex	700	-	-	2-3	4-5	12-15
Hardboard	1000	4-2,5	46-75	3-7	5-10	10-20
Zachtboard	250-300	-	-	1,5	2,5	9
Spaanplaat	450-600	-	-	2	3	-
	1000	-	-	2	3	7-9
Houtspaan-cementplaat	350-700	50-18	3,7-10	1-2	2-3	4-7
Houtwolcementplaat						
Houtwolmagnesiumplaat						
<b>Harde kunststoffen</b>						
Polyesterplaat (met glasvezels versterkt)	1200	} < 0,02	> 9000	0	0	0
Polyetheen	920-1950					
Polymethylacrylaat	1200					
Polypropeen	900					
<b>Kunststofschuimen</b>						
Polystyreenschuim geëxpandeerd	15-30	8-1,2	23-150	0	0	< 0,2
Polystyreenschuim geëxtrudeerd	30-40	1,2-0,6	150-300	0	0	0
Ureumharsschuim	8-20	120-60	1,5-3	0	0	< 0,4
Polyurethaanschuim (met freon geblazen)	30-60	8-1	23-185	0	0	< 0,4
Fenolharsschuim	25-200	50	3,7	0	0	1,5
Polyvinylchloride-schuim (hard)	25-50	2-0,7	92-260	0	0	< 0,4

<sup>1)</sup> Gemeten  $\perp$  op de vezels;  $\delta$  neemt sterk toe wanneer de relatieve vochtigheid groter is dan 60%.

## Uitzetting, elasticiteitsmodulus en drogingskrimp

Materiaal soort	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\alpha$ 10 <sup>-6</sup> m/(m.K)	E 10 <sup>9</sup> Pa	drogingskrimp ‰		
<b>Metalen</b>						
Lood	12250	29	17	}		
Koper	9000	17	125			
IJzer	7900	13	70-105			
Staal	7800	12	210			
Zink	7200	28	125			
Aluminium	2800	24	72			
<b>Natuursteen</b>						
Basalt	3000	5-8	52-115	0,23-0,50		
Graniet	3000	5-9	30	0,06-0,15		
Kalksteen	2750	3,5-6	}	}		
Hardsteen	2750	5-9			60	0,04-0,26
Marmer	2750	4-7				
Zandsteen	2000-2300	10-13	10-50	0,06-2,0		
<b>Metselstenen</b>						
Gevelklinkers	2100	}	5-10	}		
Hardgrauw	1700-1900		3-8			
Rood/boerengrauw	1700	}	3-7	}		
	1500		2-6			
Kalkzandsteen	1300	}	1-5	}		
	2000		10-12		7-10	
<b>Beton</b>						
Grindbeton	2200-2500	12	5-50	0,2-0,8		
Bimsbeton	700-1400	5,5-7	2-15	0,5-0,8		
Beton met geëxpandeerde klei e.d. als toelag	550-1000	7-9	}	}		
	1000-1800	-			9-25	
Isolatiebeton	300-700	4-6,5	8-20	0,3-0,9		
Cellenbeton	400-1300	10-12	1,5-4,5	0,5-1,5		
Hoogovenslakkenbeton	1000-1900	5,8-6,6	2-5	0,2-0,8		
<b>Andere organische materialen</b>						
Asbestcement	1600-1900	10	3-4	3,5		
Gipsplaten	800-1400	-	-	0,3		
Glas (spiegelglas en vensterglas)	2500	8-9	70	0		
Glaskeramiek	2500	1	80	0		
Schuimglas	120-150	8-9	1,3	0		
<b>Pleisterlagen</b>						
Cementpleister	1900	10-12	6-15	0,3-0,7		

## Uitzetting, elasticiteitsmodulus en drogingskrimp

<i>Materiaal</i> soort	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\alpha$ 5 <sup>-6</sup> m/(m.K)	E 10 <sup>9</sup> Pa	drogingskrimp ‰
Kalkpleister	1600	10-12	7-11	-
Gipspleister	1300	10-12	7-11	-
<b>Tegels</b>				
Hardgebakken tegels en plavuizen	1700-2200	5-7	0,6-0,9	0,05-0,15
<b>Organische materialen al dan niet gebonden</b> (met uitzondering van houtprodukten en kunststoffen)				
Vlasschevenplaat met kunsthars gebonden	300-700	-	0,4-2,8	3,5
Vlasscheven-cementplaat	350-500	-	-	3,5
<b>Houtprodukten</b>				
Hardhout	800	4 <sup>1)</sup> -30 <sup>2)</sup>	{ 8,5-10 <sup>1)</sup> 0,4-1 <sup>2)</sup>	{ 3-4 <sup>1)</sup> 40-90 <sup>2)</sup>
Naaldhout	550	4 <sup>1)</sup> -30 <sup>2)</sup>	{ 8-10 <sup>1)</sup> 0,4-0,6 <sup>2)</sup>	{ 3-4 <sup>1)</sup> 30-70 <sup>2)</sup>
Hardboard	1000	-	-	50-80
Houtspaan-cementplaat	350-700	-	-	1-3,6
Houtwolcementplaat		-	-	
Houtwolmagnesiumplaat		-	-	
<b>Harde kunststoffen</b>				
Polyesterplaat (met glasvezels versterkt)	1200	25-100	5-50	-
Polyetheen	920-950	200	0,1-0,9	-
Polymethylacrylaat	1200	80-130	1,4-4,5	-
Polypropreen	900	110	-	-
Polyvinylchloride	1400	60-90	1,5-3,5	-
ABS polymeren	1100	85	-	-
<b>Kunststofschuimen</b>				
Polystyreenschuim geëxpandeerd	15-30	40-90	-	- <sup>3)</sup>
Polystyreenschuim geëxtrudeerd	30-40	40-90	-	- <sup>3)</sup>
Ureumharschuim	8-20	40-90	-	200
Polyurethaanschuim met freon geblazen	30-60	90	-	- <sup>3)</sup>
Polyvinylchlorideschuim (hard)	25-50	50	-	-

1) in de richting van de vezels

2) loodrecht op de vezels

3) de krimp van polystyreenschuim en van polyurethaanschuim is sterk afhankelijk van de fabricagemethode. Ook kan soms swelling optreden. Het was daarom niet verantwoord hier cijfers voor te geven.

**Emissiefactor van oppervlakken (tussen 0 en 200°C)**

<i>Materiaal en toestand van het oppervlak</i>	<i><math>\epsilon</math> (-)</i>
Zwarte straler	1
Edele metalen, gepolijst	0,016-0,050
Niet edele metalen, gepolijst	0,026-0,070
Aluminium, ruw	0,070-0,087
Lood, grijs geoxydeerd	0,28
Staal met wals- of grethuid	0,75-0,80
Staal, geslepen of gedraaid	0,24-0,44
Staal, rood verroest	0,68
Koper, gevakt	0,09
Koper, zwart geoxydeerd	0,79
Aluminiumlak	0,34-0,42
Emaillak, sneeuwwit	0,90
De meeste andere niet metaalachtige bouwmaterialen	0,85-0,95

**Tabel 5: Warmtegeleidingscoëfficiënt van gassen**

<i>Gas</i>	<i><math>\lambda</math> (W/(m.K))</i>
Lucht	0,025
Stikstof	0,025
Zuurstof	0,025
Waterdamp	0,018
Koolzuur	0,016
CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> (Freon 12)	0,010
CHCl <sub>2</sub> F (Freon 21)	0,011
CHClF <sub>2</sub> (Freon 22)	0,012

**Dampremmende lagen**

<i>Benaming</i>	$d$ $10^{-3} m$	$\mu$ $10^2 -$	$\mu d$ $m$	$Z$ $10^3 m/s$
Geblazen bitumen	-	70-120	1	-
Asfaltbitumenvilt 330-37	-	-	20	110
Gebitumineerd glasvlies	-	-	20-180	110-1000
Bezand asfaltbitumenvilt 500-56	2,6	-	50	270
Teervilt 280-40/45	-	-	14	75
Eenzijdig gebitumineerd papier	0,1	-	0,7	3,8
Flintkote (bitumenmengsel)	-	0,75	-	-
Polyesterfoelie	0,1	13	1,3	7
Polystyreenfoelie	0,1	42	4,2	23
Polyvinylchloridefoelie	0,1	10-100	1-10	5,4-54
Polyetheenfoelie	0,1	50-100	5-10	27-54
Asfaltbitumenvilt met aluminiumfoelie inlage	-	-	100-∞	540-∞
Eenzijdig met kunststof gecacheerd aluminiumfoelie 0,08 mm	-	-	100	540
Tweezijdig met kunststof gecacheerd aluminiumfoelie 0,08 mm	-	-	160	870

Bij de samenstelling van deze tabel werd ook gebruik gemaakt van enkele door 'Vebidak' ter beschikking gestelde gegevens.

3. FRENCH REGLES Th- K77**PROPERTIES :**

- density
- thermal conductivity
- OR thermal resistance

**UNITS : S.I.**

- kg/m<sup>3</sup>
- W/(m.K)
- m<sup>2</sup>.K/W

**PARAMETERS :**

- Temperature
  - Limits for use of the list:  $-20^{\circ}\text{C} < \theta < 30^{\circ}\text{C}$
- Moisture content
  - not explicitly taken into account

Matériau	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/m. °C
<b>3,1 PIERRES ET TERRE COMPRIMÉE (1)</b>		
<b>3,11 Pierres lourdes</b>		
— Granites .....	2 500 à 3 000	} <b>3,5</b>
— Gneiss .....	2 400 à 2 700	
— Basaltes .....	2 800 à 3 000	
— Silex .....	2 600 à 2 800	
— Porphyres .....	2 400 à 2 600	} <b>2,9</b>
— Laves .....	2 100 à 2 400	
— Ardoise .....	2 700	<b>2,1</b>
<b>3,12 Pierres calcaires</b>		
— Pierres froides (marbre) .....	$\rho > 2 590$	<b>2,9</b>
— Pierres dures .....	2 350 à 2 580	<b>2,2</b>
— Pierres fermes .....	2 160 à 2 340	<b>1,7</b>
— Pierres demi-fermes .....	1 840 à 2 150	<b>1,4</b>
— Pierres tendres n° 3 .....	1 650 à 1 840	<b>1,05</b>
— Pierres tendres n° 2 .....	1 470 à 1 640	<b>0,95</b>
<b>3,13 Grès et meulières</b>		
Les caractéristiques des grès et des meulières sont considérées comme identiques à celles des pierres calcaires de mêmes masses volumiques.		
Les grès courants correspondent aux calcaires durs.		
Les meulières courantes correspondent aux calcaires fermes.		
<b>3,14 Blocs de terre comprimée</b>		
	1 700 à 1 900	<b>1,05</b>
<b>3,2 TERRE CUITE</b>		
La masse volumique variant de 1 700 à 2 100 kg/m <sup>3</sup> la conductivité thermique peut varier de 1,0 à 1,35 W/m. °C les valeurs moyennes sont .....		
Pour les terres cuites allégées de masse volumique inférieure à 1 700 kg/m <sup>3</sup> , on se reportera aux documents d'agrément ou d'Avis Technique.	1 800 à 2 000	<b>1,15</b>
1. Les conductivités thermiques données dans ce paragraphe sont en fait des conductivités équivalentes tenant compte des joints.		



Matériau	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/m. °C
<b>3,3 BÉTONS</b>		
<b>3,31 Bétons de granulats lourds siliceux, silico-calcaires et calcaires</b> (granulats conformes aux spécifications de la norme NFP 18-301)		
3,311 BÉTON PLEIN .....	2 200 à 2 400	<b>1,75</b>
3,312 BÉTON CAVERNEUX .....	1 700 à 2 100	<b>1,4</b>
Toutefois sur justification d'une composition calcaire d'au moins 50 % et d'une masse volumique inférieure à 1 900 kg/m <sup>3</sup> , on adoptera la valeur .....	1 650 à 1 900	<b>1,15</b>
<b>3,32 Bétons de granulats lourds de laitier de hauts fourneaux</b> (granulats conformes aux spécifications de la norme NF P 18-302).		
Les conductivités thermiques données ci-dessous ne sont applicables qu'aux laitiers du Nord de la Lorraine (indice de basicité compris entre 1,2 et 1,4).		
<b>3,321 BÉTON PLEIN :</b>		
— avec sable de rivière ou de carrière .....	2 200 à 2 400	<b>1,4</b>
— avec laitier granulé (granulats conformes aux spécifications de la norme NF P 18-306) .....	2 100 à 2 300	<b>0,8</b>
<b>3,322 BÉTON CAVERNEUX</b> Bétons comportant moins de 10 % de sable de rivière ..	1 600 à 2 000	<b>0,7</b>
<b>3,33 Bétons de granulats légers</b>		
<b>3,331 BÉTON DE POUZZOLANE OU DE LAITIER EXPANSÉ A STRUCTURE CAVERNEUSE</b> Granulats conformes aux spécifications des normes NF P 18-307 et 18-308. Masse volumique apparente des granulats en vrac 750 kg/m <sup>3</sup> environ :		
— avec éléments fins ou sable .....	} 1 400 à 1 600 1 200 à 1 400	<b>0,52</b>
— sans éléments fins, ni sable .....		<b>0,44</b>
— sans éléments fins, ni sable .....	1 000 à 1 200	<b>0,35</b>
<b>3,332 BÉTON DE CENDRES VOLANTES FRITTÉES</b> Masse volumique apparente des granulats en vrac 650 kg/m <sup>3</sup> environ.	1 000 à 1 200	<b>0,35</b>
<b>3,333 BÉTON DE PONCE NATURELLE</b> Masse volumique apparente des granulats en vrac 600 kg/m <sup>3</sup> environ.	950 à 1 150	<b>0,46</b>
<b>3,334 BÉTON D'ARGILE EXPANSÉE OU DE SCHISTE EXPANSÉ</b> (Granulats conformes aux spécifications de la norme NFP 18-308)		
— Bétons de structure. Dosage en ciment égal ou supérieur à 300 kg/m <sup>3</sup> et masse volumique apparente des granulats en vrac comprise entre 350 et 550 kg/m <sup>3</sup> , ou supérieure à 550 kg/m <sup>3</sup> :		
- avec sable de rivière, sans sable léger .....	1 600 à 1 800	<b>1,05</b>
- avec sable de rivière et sable léger .....	1 400 à 1 600	<b>0,85</b>

Matériau	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/m <sup>2</sup> .C
<p>— Bétons « isolants et porteurs »            Dosage en ciment égal ou supérieur à 300 kg/m<sup>3</sup> et masse volumique apparente des granulats en vrac comprise entre 350 et 550 kg/m<sup>3</sup> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- avec sable léger et au plus 10 % de sable de rivière</li> <li>- avec sable léger, sans sable de rivière . . . . .</li> </ul>	<p>1 200 à 1 400            1 000 à 1 200</p>	<p>0,70            0,46</p>
<p>— Bétons caverneux et semi-caverneux.            Dosage en ciment inférieur ou égal à 250 kg/m<sup>3</sup> et masse volumique apparente des granulats en vrac inférieure à 350 kg/m<sup>3</sup>, ou comprise entre 350 et 550 kg/m<sup>3</sup> pour les bétons de masse volumique comprise entre 600 et 1 000 kg/m<sup>3</sup> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- avec sable léger, sans sable de rivière . . . . .</li> <li>- sans sable (léger ou de rivière) et ne nécessitant qu'un faible dosage en ciment . . . . .</li> </ul>	<p>800 à 1 000            600 à 800            inférieur à 600</p>	<p>0,33            0,25            0,20</p>
<p><i>Remarque.</i> Les compositions de béton indiquées ci-dessus sont données à titre indicatif ; en cas de non correspondance entre la composition et la masse volumique sèche, on ne tiendra compte, pour fixer la conductivité thermique utile du béton, que de la masse volumique sèche.</p>		
<p><b>3,34 Bétons de granulats très légers</b></p>		
<p>3,341 BÉTON DE PERLITE OU DE VERMICULITE            GRADE 3 (de 3 à 6 mm) coulé en place :</p> <p>dosage : 3/1. . . . .</p> <p>dosage : 6/1. . . . .</p>	<p>600 à 800            400 à 600</p>	<p>0,31            0,24</p>
<p>3,342 PLAQUES DE BÉTON DE VERMICULITE            FABRIQUÉES EN USINE . . . . .</p>	<p>400 à 450</p>	<p>0,19</p>
<p><b>3,35 Bétons cellulaires traités à l'autoclave</b></p>		
<p>Masse volumique nominale : 800 . . . . .</p> <p>— 750 . . . . .</p> <p>— 700 . . . . .</p> <p>— 650 . . . . .</p> <p>— 600 . . . . .</p> <p>— 550 . . . . .</p> <p>— 500 . . . . .</p> <p>— 450 . . . . .</p> <p>— 400 . . . . .</p>	<p>775 à 825            725 à 775            675 à 725            625 à 675            575 à 625            525 à 575            475 à 525            425 à 475            375 à 425</p>	<p>0,33            0,29            0,27            0,24            0,22            0,20            0,18            0,17            0,16</p>
<p><b>3,36 Bétons de bois</b></p>		
<p>3,361 BÉTON DE COPEAUX DE BOIS (conforme aux documents d'Agrément ou d'Avis Technique) .</p>	<p>450 à 650</p>	<p>0,16</p>
<p>3,362 PLAQUES DE BÉTON DE FIBRES DE BOIS            FABRIQUÉES EN USINE (fibragglos) (voir § 4,43)</p>	<p>450 à 550            350 à 450            250 à 350</p>	<p>0,15            0,12            0,10</p>

Matériau	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/m. °C
<b>3.4 MORTIERS D'ENDUITS ET DE JOINTS</b>	1 800 à 2 100	<b>1,15</b>
<b>3.5 AMIANTE-CIMENT ET AMIANTE-CIMENT CELLULOSE</b>		
<b>3.51 Amiante-ciment</b>	1 800 à 2 200 1 400 à 1 800	<b>0,95</b> <b>0,65</b>
<b>3.52 Amiante-ciment-cellulose</b>	1 400 à 1 800 1 000 à 1 400	<b>0,46</b> <b>0,35</b>
<b>3.6 PLATRES (*)</b>		
<b>3.61 Plâtres sans granulats</b> — Plâtre « gaché serré » ou « très serré » (plâtre de très haute dureté (THD) et plâtre projeté) . . . . . — Plâtre courant d'enduit intérieur [plâtre fin de construction (PFC) ou plâtre gros de construction (PGC)] ou plaques de plâtres à parement de carton « standard » et « haute dureté » ou éléments préfabriqués en plâtre à parements lisses . . . . .	1 100 à 1 300         750 à 1 000	<b>0,50</b>         <b>0,35</b>
<b>3.62 Plâtres avec granulats légers ou fibres minérales</b> — Plaques de plâtre à parement de carton « spéciales feu » et plaques de plâtre armées de fibres minérales . — Plâtre d'enduit avec perlite tout venant ou vermiculite grade 2 (de 1 à 2 mm) : - 1 volume pour 1 de plâtre . . . . . - 2 volumes pour 1 de plâtre . . . . .	800 à 1 000    700 à 900 500 à 700	<b>0,35</b>    <b>0,30</b> <b>0,25</b>
<b>3.7 FIBRES MINÉRALES</b> Panneaux semi-rigides et matelas de feutres souples, en laine de roche ou de verre, d'usage courant dans le bâtiment . . . . .	20 à 300 env.	<b>0,041</b>

2. Conventionnellement, la masse volumique sèche des plâtres est obtenue après séchage en étuve ventilée à 55 °C au lieu de 70 °C (voir NF B 12-001).

Matériau	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/m. °C
<b>3,8 VÉGÉTAUX</b> On caractérise généralement les végétaux par leur densité « normale » ou « nominale », qui est la masse volumique du matériau sec à l'air, correspondant pour les bois naturels à une humidité de 15 % en masse (définition et détermination obtenues suivant les spécifications des normes B 51-002 et B 51-004). <i>Cette densité est donc plus élevée que la masse volumique sèche indiquée dans la 2<sup>e</sup> colonne.</i>		
<b>3,81 Bois naturels définis (°) conformément à la norme NF B 51-002 :</b>		
— Feuillus mi-lourds (chêne, hêtre dur, frêne, fruitiers). Masse volumique « normale » 650 à 800 kg/m <sup>3</sup> . . . . .	600 à 750	} <b>0,23</b>
— Résineux très lourds (pitchpin). Masse volumique normale supérieure à 700 kg/m <sup>3</sup> . . . . .		
— Feuillus légers (tilleul, bouleau, érable, frêne, chêne, hêtre tendre). Masse volumique « normale » 500 à 650 kg/m <sup>3</sup> . . . . .	450 à 600	} <b>0,15</b>
— Résineux mi-lourds (pin sylvestre, pin maritime). Masse volumique « normale » 500 à 600 kg/m <sup>3</sup> . . . . .	450 à 550	
— Résineux légers (sapin, épicéa) ou très légers (cèdre rouge de l'ouest). Masse volumique « normale » 350 à 500 kg/m <sup>3</sup> . . . . .	300 à 450	} <b>0,12</b>
— Feuillus très légers (peuplier, okoumé). Masse volumique « normale » 350 à 500 kg/m <sup>3</sup> . . . . .	300 à 450	
<b>3,82 Bois naturels spéciaux (°)</b>		
— Balsa . . . . .	60 à 120	} <b>0,052</b> <b>0,29</b>
— Bois lourds . . . . .	800 à 1 000	
<b>3,83 Panneaux de fibres de bois définis conformément au projet de norme B 51-100</b>		
— Panneaux « durs » et « extra-durs » . . . . .	850 à 1 000	} <b>0,20</b>
— Panneaux « tendres » dits aussi « isolants » . . . . .	200 à 250	} <b>0,053</b>
— Panneaux « tendres spéciaux » asphaltés dans la masse, dits aussi « isolants spéciaux » . . . . .	250 à 300	} <b>0,065</b>

3. Les essences non mentionnées sont à classer dans la catégorie correspondant à leur masse volumique.

Matériau	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/m. <sup>°C</sup>
<b>3,84</b> Panneaux de particules ligno-cellulosiques agglomérées, définis conformément à la norme NF B 54-100		
<b>3,841</b> PANNEAUX DE PARTICULES DE BOIS PRESSÉS A PLAT		
Masse volumique nominale 700 à 800 .....	650 à 750	<b>0,17</b>
Masse volumique nominale 600 à 690 .....	550 à 640	<b>0,14</b>
Masse volumique nominale 500 à 590 .....	450 à 540	<b>0,12</b>
Masse volumique nominale 400 à 490 .....	360 à 404	<b>0,10</b>
<b>3,842</b> PANNEAUX DE PARTICULES DE BOIS EXTRUDÉS		
Masse volumique nominale 600 à 700 .....	550 à 650	<b>0,16</b>
<b>3,843</b> PANNEAUX DE PARTICULES DE LIN		
Masse volumique nominale 600 .....	500 à 600	<b>0,12</b>
500 .....	410 à 500	<b>0,10</b>
400 .....	320 à 410	<b>0,085</b>
300 .....	230 à 320	<b>0,073</b>
<b>3,85</b> Panneaux contreplaqués et lattés définis conformément aux normes NF B 50-004 et 54-150. On adoptera comme caractéristiques de ces panneaux celles des bois de même masse volumique. Ceci conduit pour les fabrications courantes aux valeurs suivantes :		
— panneaux en pin maritime ou pin d'Orégon .....	450 à 550	<b>0,15</b>
— panneaux en okoumé ou peuplier .....	350 à 450	<b>0,12</b>
<b>3,86</b> Liège		
— Comprimé .....	500	<b>0,10</b>
— Expansé pur .....	100 à 150	<b>0,043</b>
— Expansé aggloméré au brai ou aux résines synthétiques .....	150 à 250	<b>0,048</b>
	100 à 150	<b>0,043</b>
<b>3,87</b> Paille comprimée	300 à 400	<b>0,12</b>
<b>3,88</b> Varech (voir 4.8)		

Matériau	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/m.°C
<b>3,9 MATIÈRES PLASTIQUES ALVÉOLAIRES</b>		
<b>3,91 Polystyrène expansé</b>		
3,911 OBTENU PAR MOULAGE, DÉFINI CONFORMÉMENT A LA NORME NF T 56-201		
Classe I .....	9 à 13	0,044
Classe II .....	13 à 16	0,042
Classe III .....	16 à 20	0,039
Classe IV .....	20 à 25	0,037
Classe V .....	25 à 35	0,037
3,912 MOULÉ EN CONTINU PAR VOIE HUMIDE, SÉCHÉ ET STABILISÉ PAR DÉPRESSION	11 à 16	0,042
	16 à 20	0,038
	25 à 35	0,036
3,913 THERMO-COMPRIMÉ EN CONTINU PAR VOIE SÈCHE .....	12 à 15	0,041
	15 à 20	0,038
	20 à 25	0,036
	25 à 35	0,036
3,914 EXTRUDÉ SUIVANT LE PROCÉDÉ DE FABRICATION D'ORIGINE AMÉRICAIN		
Plaques sans peau de surface .....	28 à 32	0,035
Plaques avec peau de surface .....	30 à 35	0,029
	35 à 40	0,029
(Dans le cas où la dernière classe de densité est utilisée en toiture-terrace au-dessus de l'étanchéité, on se reportera pour le calcul des déperditions à travers la toiture aux documents d'Avis Technique).		
<b>3,92 Mousse rigide à base de polychlorure de vinyle, définie conformément à la norme NF T 56-202</b>		
Classe I .....	25 à 35	0,031
Classe II .....	35 à 48	0,034
<b>3,93 Mousse rigide de polyuréthane, définie conformément à la norme NF T 56-203, ou de polyisocyanurate, expansée au trichloro-monofluorométhane et (ou) au dichlorodifluorométhane.</b>		
(On ne donne ici que les caractéristiques des matériaux fabriqués en usine sous forme de blocs ou de plaques. En ce qui concerne les matériaux injectés dans des panneaux in situ ou en usine, on se reportera aux documents d'Avis Techniques ; si les parements de ces panneaux sont étanches (métal, verre...), la conductivité thermique du matériau est généralement inférieure aux valeurs données ci-contre) :		
— plaques et blocs expansés en continu .....	30 à 40	0,029
— blocs expansés en discontinu .....	30 à 40	0,030
	40 à 60	0,033
<b>3,94 Mousses formo-phénoliques</b>		
— Fabrications de l'usine de Vendin-le-Vieil (Pas-de-Calais) .....	30 à 35	0,037
	35 à 45	0,040
	55 à 65	0,042
	65 à 85	0,044
— Autres fabrications .....	30 à 100	0,044
<b>3,95 Autres matières plastiques alvéolaires</b>	10 à 60	0,046

Matériau	Masse volumique sèche ( $\rho$ ) en kg/m <sup>3</sup>	Conductivité thermique utile ( $\lambda$ ) en W/m.°C
<b>3.(10) MATIÈRES SYNTHÉTIQUES COMPACTES, MASTICS ET PRODUITS D'ÉTANCHÉITÉ</b>		
<b>3.(10)1 Matières synthétiques compactes d'usage courant dans le bâtiment :</b>		
Caoutchoucs synthétiques .....	1 300 à 1 500	0,4
Formo-phénoliques .....	1 000 à 1 500	
Polyamides (nylon, rilsan...) .....	1 000 à 1 150	
Polyesters .....	1 400 à 1 700	
Polyéthylènes .....	900 à 1 000	
Polyméthacrylates de méthyle (altuglass, plexiglass...) .....	1 200 à 1 300	0,2
Polychlorures de vinyle .....	1 300 à 1 400	
<b>3.(10)2 Mastics pour joints et garnitures d'étanchéité (silicones, polyuréthanes, polysulfures, acryliques) .....</b>	1 000 à 1 650	0,4
<b>3(10)3 Produits d'étanchéité (*)</b>		
3(10)31 ASPHALTE PUR .....	2 100	0,70
ASPHALTE SABLÉ .....		1,15
3(10)32 BITUME		
Cartons feutres et chapes souples imprégnées .....	1 000 à 1 100	0,23
<b>3(11) MÉTAUX</b>		
Fer pur .....	7 870	72
Acier .....	7 780	52
Fonte .....	7 500	56
Aluminium .....	2 700	230
Duralumin .....	2 800	160
Cuivre .....	8 930	380
Laiton .....	8 400	110
Plomb .....	11 340	35
Zinc .....	7 130	112
<b>3(12) VERRE .....</b>	2 700	1,15
<b>3.(13) PLAQUES A BASE DE VERMICULITE OU DE PERLITE EXPANSÉE, FABRIQUÉES EN USINE</b>		
<b>3.(13)1 PLAQUES A BASE DE VERMICULITE AGGLOMÉRÉES AUX SILICATES .....</b>	400 à 500	0,19
	300 à 400	0,14
	200 à 300	0,10
<b>3.(13)2 PLAQUES A BASE DE PERLITE EXPANSÉE AGGLOMÉRÉES AVEC UN LIANT BITUMINEUX .....</b>	170 à 190	0,058
<b>3.(14) VERRE CELLULAIRE .....</b>	120 à 130	0,050
	130 à 140	0,055
	140 à 180	0,063
<b>3(15) MATÉRIAUX EN VRAC</b>		
Les caractéristiques thermiques de ces matériaux, étant fonction de leur utilisation, elles ne peuvent être données ici.		
4. Les matériaux de protection, placés au-dessus de l'étanchéité ne sont pas pris en compte dans le calcul du coefficient K, sauf spécification contraire donnée dans un Avis technique.		

**4. GERMAN STANDARD DIN 4108****PROPERTIES :**

- density
- thermal conductivity
- vapour resistance factor

**UNITS : S.I.**

kg/m<sup>3</sup>  
W/(m.K)

-

**PARAMETERS :**

- Temperature

Limits for use of the list:  $-20^{\circ}\text{C} < \theta < 30^{\circ}\text{C}$

- Moisture content

not explicitly taken into account



Zeile	Stoff	Rohdichte oder Rohdichte- klassen <sup>1) 2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Rechenwert der Wärme- leitfähig- keit $\lambda_K$ <sup>3)</sup> W/(m · K)	Richtwert der Wasser- dampf-Diffu- sionswider- standszahl $\mu$ <sup>4)</sup>
<b>1 Putze, Estriche und andere Mörtelschichten</b>				
1.1	Kalkmörtel, Kalkzementmörtel, Mörtel aus hydraulischem Kalk	(1800)	0,87	15/35
1.2	Zementmörtel	(2000)	1,4	15/35
1.3	Kalkgipsmörtel, Gipsmörtel, Anhydritmörtel, Kalkanhydritmörtel	(1400)	0,70	10
1.4	Gipsputz ohne Zuschlag	(1200)	0,35	10
1) bis 4) Siehe Seite 11				

Zelle	Stoff	Rohdichte oder Rohdichte- klassen <sup>1) 2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Rechenwert der Wärme- leitfähig- keit $\lambda_R^3)$ W/(m·K)	Richtwert der Wasser- dampf-Diffu- sionswider- standszahl $\mu^4)$
1.5	Anhydritestrich	(2100)	1,2	
1.6	Zementestrich	(2000)	1,4	15/35
1.7	Magnesiaestrich nach DIN 272			
1.7.1	Unterböden und Unterschichten von zweilagigen Böden	(1400)	0,47	
1.7.2	Industrieböden und Gehschicht	(2300)	0,70	
1.8	Gußasphaltestrich, Dicke $\geq 15$ mm	(2300)	0,90	<sup>5)</sup>
<b>2 Großformatige Bauteile</b>				
2.1	Normalbeton nach DIN 1045 (Kies- oder Splittbeton mit geschlossenem Gefüge; auch bewehrt)	(2400)	2,1	70/150
2.2	Leichtbeton und Stahlleichtbeton mit geschlossenem Gefüge nach DIN 4219 Teil 1 und Teil 2, hergestellt:			
2.2.1	unter Verwendung von Zuschlägen mit porigem Gefüge nach DIN 4226 Teil 2	1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,47 0,59 0,72 0,87 0,99 1,2	70/150
2.2.2	ausschließlich unter Verwendung von Blähton, Blähschiefer, Naturbims und Schaumlava nach DIN 4226 Teil 2 ohne Quarzsandzusatz. Herstellung des Betons güteüberwacht gemäß DIN 4219 Teil 1	900 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600	0,30 0,35 0,38 0,44 0,50 0,56 0,62 0,67 0,73	70/150
2.3	Dampfgehärteter Gasbeton nach DIN 4223 (z. Z. noch Entwurf)	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,19 0,21 0,23	5/10
2.4	Leichtbeton mit hautwerksponigem Gefüge, z. B. nach DIN 4232			
2.4.1	mit nichtponigen Zuschlägen nach DIN 4226 Teil 1, z. B. Kies	1600 1800 2000	0,81 1,1 1,4	3/10 5/10
2.4.2	mit porigen Zuschlägen nach DIN 4226 Teil 2, ohne Quarzsandzusatz <sup>6)</sup>	600 700 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,22 0,26 0,28 0,36 0,46 0,57 0,75 0,92 1,2	5/15
<sup>1) bis <sup>6)</sup> Siehe Seite 11</sup>				

Zelle	Stoff	Rohdichte oder Rohdichte- klassen <sup>1) 2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Rechenwert der Wärme- leitfähig- keit $\lambda_R$ <sup>3)</sup> W/(m·K)	Richtwert der Wasser- dampf-Diffu- sionswider- standszahl $\mu$ <sup>4)</sup>
2.4.2.1	ausschließlich unter Verwendung von Naturbims	500 600 700 800 900 1000 1200	0,15 0,18 0,20 0,24 0,27 0,32 0,44	5/15
2.4.2.2	ausschließlich unter Verwendung von Blähton	500 600 700 800 900 1000 1200	0,18 0,20 0,23 0,26 0,30 0,35 0,46	5/15
<b>3 Bauplatten</b>				
3.1	Asbestzementplatten nach DIN 274 Teil 1 bis Teil 4	(2000)	0,58	20/50
3.2	Gasbeton-Bauplatten, unbewehrt, nach DIN 4166			
3.2.1	mit normaler Fugendicke und Mauerwerk nach DIN 1053 Teil 1 verlegt	500 600 700 800	0,22 0,24 0,27 0,29	5/10
3.2.2	dünntufig verlegt	500 600 700 800	0,19 0,22 0,24 0,27	5/10
3.3	Wandbauplatten aus Leichtbeton nach DIN 18162	800 900 1000 1200 1400	0,29 0,32 0,37 0,47 0,58	5/10
3.4	Wandbauplatten aus Gips nach DIN 18163, auch mit Poren, Hohlräumen, Füllstoffen oder Zuschlägen	600 750 900 1000 1200	0,29 0,35 0,41 0,47 0,58	5/10
3.5	Gipskartonplatten nach DIN 18180	(900)	0,21	8
<b>4 Mauerwerk einschließlich Mörtelfugen</b>				
4.1	Mauerwerk aus Mauerziegeln nach DIN 105			
4.1.1	Vollklinker	(2000)	0,96	50/100
4.1.2	Hochlochklinker	(1800)	0,61	50/100
4.1.3	Vollziegel, Lochziegel, hochfeste Ziegel	1200 1400 1600 1800 2000	0,50 0,58 0,68 0,81 0,96	5/10
1) bis 4) Siehe Seite 11				

Zelle	Stoff	Rohdichte oder Rohdichte- klassen <sup>1) 2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Rechenwert der Wärme- leitfähig- keit $\lambda_R$ <sup>3)</sup> W/(m·K)	Richtwert der Wasser- dampf-Diffu- sionswider- standszeit $\mu$ <sup>4)</sup>
4.1.4	Leichtlochziegel nach DIN 105 Teil 2 <sup>*)</sup> , Typ A und D	700 800 900 1000	0,36 0,39 0,42 0,45	5/10
4.1.5	Leichtlochziegel nach DIN 105 Teil 2 <sup>*)</sup> , Typ W <sub>1</sub>	700 800 900 1000	0,30 0,33 0,36 0,39	5/10
4.2	Mauerwerk aus Kalksandsteinen nach DIN 106 Teil 1 und Teil 2	1000	0,50	5/10
		1200 1400 1600 1800 2000 2200	0,56 0,70 0,79 0,99 1,1 1,3	15/25
4.3	Mauerwerk aus Hüttensteinen nach DIN 398	1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,47 0,52 0,58 0,64 0,70 0,76	70/100
4.4	Mauerwerk aus Gasbeton-Blocksteinen nach DIN 4165 <sup>*)</sup>	500 600 700 800	0,22 0,24 0,27 0,29	5/10
4.5	Mauerwerk aus Betonsteinen			
4.5.1	Lochsteine aus Leichtbeton nach DIN 18149	600 700 800 900 1000 1200 1400 1600	0,35 0,40 0,47 0,56 0,65 0,77 0,91 1,0	5/10
				10/15
4.5.2	Hohlblocksteine aus Leichtbeton nach DIN 18151 mit porigen Zuschlägen nach DIN 4226 Teil 2 ohne Quarzsandzusatz <sup>*)</sup>			
4.5.2.1	2-K-Steine, Breite ≤ 240 mm 3-K-Steine, Breite ≤ 300 mm 4-K-Steine, Breite ≤ 365 mm	500 600 700 800 900 1000 1200 1400	0,29 0,32 0,35 0,39 0,44 0,49 0,60 0,73	5/10
4.5.2.2	2-K-Steine, Breite = 300 mm 3-K-Steine, Breite = 365 mm	500 600 700 800 900 1000 1200 1400	0,29 0,34 0,39 0,46 0,55 0,64 0,76 0,90	5/10
*) Folgeausgabe z. Z. noch Entwurf 1) bis 4) und *) Siehe Seite 11				

Zelle	Stoff	Rohdichte oder Rohdichte- klassen <sup>1) 2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Rechenwert der Wärme- leitfähig- keit $\lambda_R$ <sup>3)</sup> W/(m·K)	Richtwert der Wasser- dampf-Diffu- sionswider- standszahl $\mu$ <sup>4)</sup>
4.5.3	Vollsteine und Vollblöcke aus Leichtbeton nach DIN 18152			
4.5.3.1	Vollsteine (V)	500 600 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,32 0,34 0,37 0,40 0,43 0,46 0,54 0,63 0,74 0,87 0,99	5/10          10/15
4.5.3.2	Vollblöcke (Vbl) (außer Vollblöcken S-W aus Bims nach Zeile 4.5.3.3 und aus Blähton nach Zeile 4.5.3.4)	500 600 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0,29 0,32 0,35 0,39 0,43 0,46 0,54 0,63 0,74 0,87 0,99	5/10          10/15
4.5.3.3	Vollblöcke S-W aus Bims  Bis zur Regelung in DIN 18152 <sup>*)</sup> dürfen Vollblöcke aus Bims mit Schlitz (S) mit dem Zusatzbuchstaben W bezeichnet werden, wenn sie folgende Bedingungen erfüllen:  a) Zuschläge Als Zuschlag ist ausschließlich Naturbims zu verwenden. Zumischungen von anderen Zuschlägen nach DIN 18152, Ausgabe Dezember 1978, Abschnitt 4.2, 2. Absatz, und Abschnitt 6.1, 2. Absatz, sind nicht zulässig.  b) Form Die Schlitz der Vollblöcke müssen stets mit einem Deckel abgeschlossen sein. Griffhilfen sind nicht zulässig. Es sind stets Stirnseitennuten anzuordnen.  c) Maße Es dürfen nur Vollblöcke der Zeilen 9 bis 12 der Tabelle 2 aus DIN 18152, Ausgabe Dezember 1978, verwendet werden.  d) Kennzeichnung Die Kennzeichnung nach DIN 18152 muß durch den Buchstaben W ergänzt werden.	500 600 700 800	0,20 0,22 0,25 0,28	5/10
<sup>1) bis 4)</sup> Siehe Seite 11 <sup>*)</sup> Eine Ergänzung A1 zu DIN 18152, Ausgabe Dezember 1978, ist z. Z. noch Entwurf.				

Zelle	Stoff	Rohdichte oder Rohdichte- klassen <sup>1) 2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Rechenwert der Wärme- leitfähig- keit $\lambda_R$ <sup>3)</sup> W/(m · K)	Richtwert der Wasser- dampf-Diffu- sionswider- standszahl $\mu$ <sup>4)</sup>
4.5.3.4	Vollblöcke S-W aus Blähton Bis zur Regelung in DIN 18152 <sup>*)</sup> dürfen Vollblöcke aus Blähton mit Schlitz (S) mit dem Zusatzbuchstaben W bezeichnet werden, wenn sie die folgenden Bedingungen erfüllen: a) Zuschläge Als Zuschlag ist ausschließlich Blähton zu verwenden. Zumischungen von anderen Zuschlägen nach DIN 18152, Ausgabe Dezember 1978, Abschnitt 4.2, 2. Absatz, und Abschnitt 6.1, 2. Absatz, sind nicht zulässig. b) Form Die Schlitz der Vollblöcke müssen stets mit einem Deckel abgeschlossen sein. Griffhilfen sind nicht zulässig. Es sind stets Stirnseitennuten zuzuordnen. c) Maße Es dürfen nur Vollblöcke der Zeilen 9 bis 12 der Tabelle 2 aus DIN 18152, Ausgabe Dezember 1978, verwendet werden. d) Kennzeichnung Die Kennzeichnung nach DIN 18152 muß durch den Buchstaben W ergänzt werden.	500 600 700 800	0,22 0,24 0,27 0,31	5/10
4.5.4	Hohlblocksteine und T-Hohlsteine aus Normalbeton mit geschlossenem Gefüge nach DIN 18153			
4.5.4.1	2-K-Steine, Breite $\leq 240$ mm 3-K-Steine, Breite $\leq 300$ mm 4-K-Steine, Breite $\leq 365$ mm	( $\leq 1800$ )	0,92	
4.5.4.2	2-K-Steine, Breite = 300 mm 3-K-Steine, Breite = 365 mm	( $\leq 1800$ )	1,3	
<b>5 Wärmedämmstoffe</b>				
5.1	Holzwohle-Leichtbauplatten nach DIN 1101 <sup>*)</sup> Plattendicke $\geq 25$ mm = 15 mm	(360 bis 480) (570)	0,093 0,15	2/5
5.2	Mehrschicht-Leichtbauplatten nach DIN 1104 Teil 1 aus Schaumkunststoffplatten nach DIN 18164 Teil 1 mit Beschichtungen aus mineralisch gebundener Holzwohle Schaumkunststoffplatte Holzwohleschichten (Einzelschichten) Dicke $\geq 10$ bis $< 25$ mm $\geq 25$ mm Holzwohleschichten (Einzelschichten) mit Dicken $< 10$ mm dürfen zur Berechnung des Wärmedurchlaßwiderstandes $1/\Lambda$ nicht berücksichtigt werden (siehe DIN 1104 Teil 1)	( $\geq 15$ )  (460 bis 650) (360 bis 460) (800)	0,040  0,15 0,093	20/70
5.3	Schaumkunststoffe nach DIN 18159 Teil 1 und Teil 2 an der Baustelle hergestellt			
5.3.1	Polyurethan(PUR)-Ortschaum nach DIN 18159 Teil 1	( $\geq 37$ )	0,030	30/100
1) bis 4) und *) Siehe Seite 11      *) Siehe Seite 6				

Zeile	Stoff	Rohdichte oder Rohdichte- klassen <sup>1)</sup> *) kg/m <sup>3</sup>	Rechenwert der Wärme- leitfähig- keit $\lambda_R$ *) W/(m · K)	Richtwert der Wasser- dampf-Diffu- sionswider- standszahl $\mu$ *)
5.3.2	Harnstoff-Formaldehydharz(UF)-Ortschaum nach DIN 18159 Teil 2	( $\geq 10$ )	0,041	1/3
5.4	Korkdämmstoffe Korkplatten nach DIN 18161 Teil 1 Wärmeleitfähigkeitsgruppe 045 050 055	(80 bis 500)	0,045 0,050 0,055	5/10
5.5	Schaumkunststoffe nach DIN 18164 Teil 1*)			
5.5.1	Polystyrol(PS)-Hartschaum Wärmeleitfähigkeitsgruppe 025 030 035 040		0,025 0,030 0,035 0,040	
	Polystyrol-Partikelschaum	( $\geq 15$ ) ( $\geq 20$ ) ( $\geq 30$ )		20/50 30/70 40/100
	Polystyrol-Extruderschaum	( $\geq 25$ )		80/300
5.5.2	Polyurethan(PUR)-Hartschaum Wärmeleitfähigkeitsgruppe 020 025 030 035	( $\geq 30$ )	0,020 0,025 0,030 0,035	30/100
5.5.3	Phenolharz(PF)-Hartschaum Wärmeleitfähigkeitsgruppe 030 035 040 045	( $\geq 30$ )	0,030 0,035 0,040 0,045	30/50
5.6	Mineralische und pflanzliche Faserdämmstoffe nach DIN 18165 Teil 1*) Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 040 045 050	(8 bis 500)	0,035 0,040 0,045 0,050	1
5.7	Schaumglas nach DIN 18174 Wärmeleitfähigkeitsgruppe 045 050 055 060	(100 bis 150)	0,045 0,050 0,055 0,060	*)
<b>6 Holz und Holzwerkstoffe<sup>10)</sup></b>				
6.1	Holz			
6.1.1	Fichte, Kiefer, Tanne	(600)	0,13	40
6.1.2	Buche, Eiche	(800)	0,20	
6.2	Holzwerkstoffe			
6.2.1	Sperrholz nach DIN 68705 Teil 2 bis Teil 4	(800)	0,15	50/400
1) bis 5), 9) und 10) Siehe Seite 11				

Zelle	Stoff	Rohdichte oder Rohdichte- klassen <sup>1) 2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Rechenwert der Wärme- leitfähig- keit $\lambda_R$ <sup>3)</sup> W/(m·K)	Richtwert der Wasserdampf-Diffu- sionswider- standszahl $\mu$ <sup>4)</sup>
6.2.2	Spanplatten			
6.2.2.1	Flachpreßplatten nach DIN 68 761 und DIN 68 763	(700)	0,13	50/100
6.2.2.2	Strangpreßplatten nach DIN 68 764 Teil 1 (Vollplatten ohne Beplankung)	(700)	0,17	20
6.2.3	Holzfaserverplatten			
6.2.3.1	Harte Holzfaserverplatten nach DIN 68 750 und DIN 68 754 Teil 1	(1000)	0,17	70
6.2.3.2	Poröse Holzfaserverplatten nach DIN 68 750 und Bitumen-Holzfaserverplatten nach DIN 68 752	≤ 200 ≤ 300	0,045 0,056	5
<b>7 Beläge, Abdichtstoffe und Abdichtungsbahnen</b>				
7.1	Fußbodenbeläge			
7.1.1	Linoleum nach DIN 18 171	(1000)	0,17	
7.1.2	Korklinoleum	(700)	0,081	
7.1.3	Linoleum-Verbundbeläge nach DIN 13 173	(100)	0,12	
7.1.4	Kunststoffbeläge, z. B. auch PVC	(1500)	0,23	
7.2	Abdichtstoffe, Abdichtungsbahnen			
7.2.1	Asphaltmastix, Dicke ≥ 7 mm	(2000)	0,70	5)
7.2.2	Bitumen	(1100)	0,17	
7.2.3	Dachbahnen, Dachdichtungsbahnen			
7.2.3.1	Bitumendachbahnen nach DIN 52 128	(1200)	0,17	10 000/60 000
7.2.3.2	nackte Bitumendachbahnen nach DIN 52 129	(1200)	0,17	2000/20 000
7.2.3.3	Glasvlies-Bitumendachbahnen nach DIN 52 143			20 000/60 000
7.2.4	Kunststoff-Dachbahnen			
7.2.4.1	nach DIN 16 730 (PVC-weich)			10 000/25 000
7.2.4.2	nach DIN 16 731 (PIB)			400 000/1 750 000
7.2.4.3	nach DIN 16 732 Teil 1 (ECB) 2.0 K			50 000/75 000
7.2.4.4	nach DIN 16 732 Teil 2 (ECB) 2.0			70 000/100 000
7.2.5	Folien			
7.2.5.1	PVC-Folien, Dicke ≥ 0,1 mm			20 000/50 000
7.2.5.2	Polyethylen-Folien, Dicke ≥ 0,1 mm			100 000
7.2.5.3	Aluminium-Folien, Dicke ≥ 0,05 mm			5)
7.2.5.4	Andere Metallfolien, Dicke ≥ 0,1 mm			5)
1) bis 5) Siehe Seite 11				



Zelle	Stoff	Rohdichte oder Rohdichte- klassen <sup>1) 2)</sup> kg/m <sup>3</sup>	Rechenwert der Wärme- leitfähig- keit $\lambda_R$ <sup>3)</sup> W/(m · K)	Richtwert der Wasser- dampf-Diffu- sionswider- standszahl $\mu$ <sup>4)</sup>
<b>8 Sonstige gebräuchliche Stoffe<sup>1)</sup></b>				
8.1	Lose Schüttungen <sup>12)</sup> , abgedeckt			
8.1.1	aus porigen Stoffen: Blahperlit Blähglimmer Korkschröt, expandiert Hüttenbims Blähton, Blähschiefer Bimskies Schaumlava	( $\leq 100$ ) ( $\leq 100$ ) ( $\leq 200$ ) ( $\leq 600$ ) ( $\leq 400$ ) ( $\leq 1000$ ) $\leq 1200$ $\leq 1500$	0,060 0,070 0,050 0,13 0,16 0,19 0,22 0,27	
8.1.2	aus Polystyrolschaumstoff-Partikeln	(15)	0,045	
8.1.3	aus Sand, Kies, Splitt (trocken)	(1800)	0,70	
8.2	Fliesen	(2000)	1,0	
8.3	Glas	(2500)	0,80	
8.4	Natursteine			
8.4.1	Kristalline metamorphe Gesteine (Granit, Basalt, Marmor)	(2800)	3,5	
8.4.2	Sedimentsteine (Sandstein, Muschelkalk, Nagelfluh)	(2600)	2,3	
8.4.3	Vulkanische porige Natursteine	(1600)	0,55	
8.5	Böden (naturfeucht)			
8.5.1	Sand, Kiessand		1,4	
8.5.2	Bindige Böden		2,1	
8.6	Keramik und Glasmosaik	(2000)	1,2	100/300
8.7	Wärmedämmender Putz	(600)	0,20	5/20
8.8	Kunstharzputz	(1100)	0,70	50/200
8.9	Metalle			
8.9.1	Stahl		60	
8.9.2	Kupfer		380	
8.9.3	Aluminium		200	
8.10	Gummi (kompakt)	(1000)	0,20	
1) bis 4), 11) und 12) Siehe Seite 11				

- 1) Die in Klammern angegebenen Rohdichtewerte dienen nur zur Ermittlung der flächenbezogenen Masse, z. B. für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes.
- 2) Die bei den Steinen genannten Rohdichten sind Klassenbezeichnungen nach den entsprechenden Stoffnormen.
- 3) Die angegebenen Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_R$  von Mauerwerk dürfen bei Verwendung von werksmäßig hergestellten Leichtmauermörteln aus Zuschlägen mit porigem Gefüge nach DIN 4226 Teil 2 ohne Quarzsandzusatz – bei einer Festmörtelrohddichte  $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$  – um  $0,06 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$  verringert werden, jedoch dürfen die verringerten Werte bei Vollblöcken S-W aus Bims und Blähton nach den Zeilen 4.5.3.3 und 4.5.3.4 sowie bei Gasbeton-Blocksteinen nach Zeile 4.4 die Werte der entsprechenden Zeilen 2.4.2.1, 2.4.2.2 und 2.3 nicht unterschreiten.
- 4) Es ist jeweils der für die Baukonstruktion ungünstigere Wert einzusetzen. Bezüglich der Anwendung der  $\mu$ -Werte siehe DIN 4108 Teil 3 und Beispiele in DIN 4108 Teil 5.
- 5) Praktisch dampfdicht. Nach DIN 52 615 Teil 1:  $s_d \geq 1500 \text{ m}$ .
- 6) Bei Quarzsandzusatz erhöhen sich die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit um 20%.
- 7) Die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit sind bei Hohlblocksteinen mit Quarzsandzusatz für 2-K-Steine um 20% und für 3-K-Steine und 4-K-Steine um 15% zu erhöhen.
- 8) Platten der Dicken  $< 15 \text{ mm}$  dürfen wärmeschutztechnisch nicht berücksichtigt werden (siehe DIN 1101).
- 9) Bei Trittschalldämmplatten aus Schaumkunststoffen oder aus Faserdämmstoffen wird bei sämtlichen Erzeugnissen der Wärmedurchlaßwiderstand  $1/\Lambda$  auf der Verpackung angegeben (siehe DIN 18164 Teil 2 und DIN 18165 Teil 2).
- 10) Die angegebenen Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_R$  gelten für Holz quer zur Faser, für Holzwerkstoffe senkrecht zur Plattenoberfläche. Für Holz in Faserrichtung sowie für Holzwerkstoffe in Plattenebene ist näherungsweise der 2,2fache Wert einzusetzen, wenn kein genauere Nachweis erfolgt.
- 11) Diese Stoffe sind hinsichtlich ihrer wärmeschutztechnischen Eigenschaften nicht genormt. Die angegebenen Wärmeleitfähigkeitswerte stellen obere Grenzwerte dar.
- 12) Die Dichte wird bei losen Schüttungen als Schüttdichte angegeben.

Tabelle 2. Rechenwerte der Wärmedurchlaßwiderstände von Luftschichten<sup>1)</sup>

Lage der Luftschicht	Dicke der Luftschicht mm	Wärmedurchlaßwiderstand $1/\Lambda$ $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$
lotrecht	10 bis 20	0,14
	über 20 bis 500	0,17
waagrecht	10 bis 500	0,17

<sup>1)</sup> Die Werte gelten für Luftschichten, die nicht mit der Außenluft in Verbindung stehen, und für Luftschichten bei mehrschaligem Mauerwerk nach DIN 1053 Teil 1.

5. ITALIAN STANDARD UNI 7357 (AGGIORNAMENTO n° 2)

## PROPERTIES :

- density
- thermal conductivity,  
reference and calculation values

## UNITS : S.I.

kg/m<sup>3</sup>

W/(m.K)

## PARAMETERS :

- Temperature  
Limits for use of the list:  $-20^{\circ}\text{C} < \theta < 30^{\circ}\text{C}$
- Moisture content  
not explicitly taken into account

Talloncino di aggiornamento N° 2 alla UNI 7357 (dic. 1974)  
Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici<sup>1)</sup>

Testo revisionato

Punto 7.1.2

Sostituire con quanto segue.

**7.1.2. Conduttività termica apparente dei materiali**

La conduttività termica definisce univocamente l'attitudine di un materiale, omogeneo e isotropo, a trasmettere il calore quando lo scambio avviene solo per conduzione. Nei materiali cellulari, granulari, fibrosi o porosi di bassa massa volumica, a causa della coesistenza di scambi per radiazione e talvolta per convezione, i valori misurati della conduttività aumentano all'aumentare degli spessori e dei gradienti. A rigore, per i materiali citati, non si dovrebbe quindi definire la conduttività del materiale, ma solo la resistenza termica, o la conduttanza termica specifica, del manufatto in assegnate condizioni di esercizio. Tuttavia, poiché nelle strutture edili si ha una ristretta gamma di condizioni di esercizio e poiché, in assenza di convezione, la conduttività misurata tende ad un valore costante al crescere dello spessore (di solito quando è maggiore di 10 cm), nella presente norma si definisce "conduttività apparente" di un materiale quella relativa a spessori maggiori o uguali a 10 cm. Il confronto con dati misurati su campioni di spessore minore di 10 cm può richiedere pertanto la conoscenza delle effettive condizioni di prova.

Nel prospetto sono riportate quattro colonne di dati:

- la massa volumica  $\rho$  del materiale secco;
- la conduttività indicativa di riferimento  $\lambda_m$ ;
- la maggiorazione percentuale  $m$ ;
- la conduttività utile di calcolo  $\lambda$ .

È consentita la interpolazione dei dati, mai la estrapolazione.

La colonna della conduttività indicativa di riferimento  $\lambda_m$  si riferisce alla conduttività apparente misurata o misurabile in laboratorio su campioni di spessore maggiore o uguale a 10 cm, alla temperatura media di 293 K, con le apparecchiature e i procedimenti indicati nelle UNI 7745 e UNI 7891. In aggiunta a quanto previsto dalle norme citate, la differenza di temperatura tra le facce delle provette deve essere maggiore di 15 K per materiali la cui massa volumica è minore di 300 kg/m<sup>3</sup>, inoltre l'umidità percentuale in massa al termine della prova su materiali inorganici deve essere minore del 2%. I valori numerici di  $\lambda_m$  definiscono il limite superiore della conduttività apparente misurata o misurabile nelle condizioni citate che non è superato dal 90% della produzione nazionale. La differenza tra i valori di  $\lambda_m$  ed i valori delle medie aritmetiche dei dati riscontrabili nella buona produzione è compreso usualmente tra il 5 ed il 50%. I dati relativi a prodotti scadenti possono superare talvolta anche del 50% i valori di  $\lambda_m$  indicati nel prospetto.

I valori di  $\lambda_m$  hanno valore indicativo poiché non è possibile identificare tutte le tecnologie di produzione e tutti i tipi di materiali esistenti sul mercato.

Quando i valori di  $\lambda_m$  sono stati desunti da specificazioni UNI relative alla conduttività apparente del materiale, il numero della norma è citato in prospetto.

Posteriormente alla pubblicazione del presente foglio di aggiornamento, i valori di  $\lambda_m$  saranno sostituibili con quelli desunti da nuove specificazioni relative alla conduttività apparente di materiali o relative alla conduttanza termica specifica o alla resistenza termica specifica di manufatti, purché dette specificazioni siano pubblicate dall'UNI e siano conformi ai criteri enunciati più sopra. Le maggiorazioni  $m$  si applicano pertanto ai valori così ottenuti della conduttività di riferimento.

È evidente invece che un certificato relativo ad una singola prova di laboratorio non fornisce al progettista informazioni circa i valori medi e circa la dispersione della produzione.

La colonna delle maggiorazioni  $m$  tiene conto, in condizioni medie di esercizio, del contenuto percentuale di umidità, espressa in massa di acqua riferita alla massa del materiale secco (minore dell'1% per laterizi, da 2 a 5% per calcestruzzi e malte, umidità di equilibrio con un ambiente a 293 K e 65% di umidità relativa per isolanti leggeri, salvo diversa indicazione data in prospetto); tiene conto inoltre dell'invecchiamento, del costipamento dei materiali sfusi, della manipolazione e della installazione eseguita a regola d'arte (è impossibile tenere conto dell'influenza di una cattiva manipolazione o di una cattiva installazione); tiene conto infine delle tolleranze sullo spessore quando esso è uguale a 10 cm (è perciò necessario un calcolo della sua influenza effettiva per spessori minori di 10 cm). Non tiene invece conto delle tolleranze sulle masse volumiche nominali.

Se le effettive condizioni di esercizio del materiale o del manufatto non coincidono con quelle indicate, occorre ricalcolare i coefficienti di correzione  $m$ .

La colonna delle conduttività utili di calcolo  $\lambda$  è stata ricavata applicando le maggiorazioni  $m$  alla conduttività indicativa di riferimento  $\lambda_m$ . Quando lo spessore dell'isolante è minore di 10 cm le maggiorazioni percentuali  $m$  possono essere modificate solo per tenere conto della effettiva influenza delle tolleranze nello spessore, come accennato sopra; è invece possibile modificare la conduttività indicativa di riferimento  $\lambda_m$  in funzione dello spessore se è nota la dipendenza di  $\lambda_m$  da questo parametro.

Quando sono reperibili dati di letteratura relativi ai soli dati di laboratorio o sono reperibili solo indicazioni di larga massima ai fini dei calcoli, il valore di  $m$  è stato omesso.

Per valutare i materiali non elencati nel prospetto e privi di specificazioni UNI o per accertare se le caratteristiche di un assegnato prodotto siano migliori di quelle indicate, il progettista deve disporre di documentazione che gli consenta di definire su basi statistiche il valore della conduttività apparente misurata o misurabile in laboratorio, nelle condizioni citate più sopra, che non deve essere superato dal 90% della produzione considerata. A detto valore, considerando con la dovuta cautela le maggiorazioni attribuite nella presente norma a materiali con caratteristiche simili, si applica poi una maggiorazione  $m$  che tenga conto, nelle effettive condizioni di esercizio, del contenuto di umidità, dell'invecchiamento e del costipamento e che tenga conto dell'effetto della manipolazione e della installazione eseguita a regola d'arte, nonché delle tolleranze sullo spessore.

I dati qui di seguito riportati riflettono la documentazione disponibile durante i lavori di elaborazione del testo. Sono pertanto previsti aggiornamenti conseguenti all'esame di nuova documentazione.

Materiale	Massa volumica del materiale secco $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Conduttività indicativa di riferimento $\lambda_m$ W/(m·K)	Maggiorazione $m$ %	Conduttività utile di calcolo $\lambda$ W/(m·K)
<b>Acqua</b>				
liquida in quiete a 293 K	1 000			0,6
ghiaccio				
— a 272 K	900			2,2
— a 263 K	900			2,5
<b>neve</b>				
— appena caduta e per strati fino a 3 cm	100			0,06
— soffice, per esempio strati da 3 a 7 cm	200			0,12
— moderatamente compatta, per esempio strati da 7 a 10 cm	300			0,23
— compatta, per esempio strati da 20 a 40 cm	500			0,70
<b>Amianto e derivati</b>				
amianto in lastre con alto contenuto di amosite	135			
— secco		0,05		
— umido		0,15		
— bagnato		0,20		
amianto a spruzzo	80	0,043		
	130	0,046		
	160	0,061		
	240	0,075		
amianto-cemento in lastre (umidità 2%)	1 800	0,40		0,60
	1 900	0,60	50	0,90
amianto e silicati in lastre (umidità 4%)	650	0,12	50	0,18
<b>Aria, in quiete a 293 K</b>	1,3			0,026
<b>Calcestruzzi</b>				
calcestruzzo confezionato con aggregati naturali (valori di calcolo per pareti interne o esterne protette; per pareti esterne non protette assumere $m = 25\%^{21}$ )	2 000	1,01		1,16
	2 200	1,29	15	1,48
	2 400	1,66		1,91

2) Si considerano pareti interne le pareti di separazione tra i locali, i solai tra i piani e le porzioni interne di pareti perimetrali composte a più strati. Si considerano pareti esterne protette le pareti e i solai esterni che operano con contenuti di umidità simili a quelli propri delle pareti interne a causa della coesistenza di bassa umidità relativa, di scarsità di precipitazioni e/o di protezioni superficiali esterne permeabili al vapore, ma impermeabili all'acqua in fase liquida e di sistemi di controllo della diffusione del vapore nella parete. Si considerano pareti esterne le pareti perimetrali ad un solo strato e le porzioni esterne di pareti composte di più strati, per esempio per pareti di mattoni o blocchi forati con intercapedine: si considera parete esterna la porzione di muratura tra l'esterno e l'intercapedine e si considera parete interna la porzione restante. Per pareti perimetrali di blocchi o mattoni forati si considera come parete esterna la porzione piena di parete esposta all'esterno, mentre si considera come parete interna la porzione piena di parete rivolta all'interno. Per pareti perimetrali piene di calcestruzzi cellulari o calcestruzzi contenenti inerti leggeri si considerano come parete esterna i primi 10 cm di spessore a partire dalla superficie esterna, mentre si considera parete interna la restante porzione di parete.

Materiale	Massa volumica del materiale secco	Conduktivita' indicativa di riferimento	Maggiorazione	Conduktivita' utile di calcolo
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_m$ W/(m·K)	$m$ %	$\lambda$ W/(m·K)
calcestruzzo di argilla espansa (conduktivita' di riferimento relativa a materiale secco; valori di calcolo per pareti interne o esterne protette con umidita' del 4%; per pareti esterne con umidita' del 6% assumere $m = 30\%$ ; per pareti di scantinati con 8% di umidita' assumere $m = 45\%$ ; per sottofondi non areati assumere $m = 100\%^{2)}$ )	500	0,14	20	0,16
	600	0,15		0,18
	700	0,18		0,21
	800	0,20		0,24
	900	0,22		0,27
	1 000	0,25		0,31
	1 100	0,29		0,35
	1 200	0,33		0,39
	1 300	0,37		0,44
	1 400	0,42		0,50
	1 500	0,47		0,57
calcestruzzo cellulare da autoclave (valori di calcolo per pareti interne o esterne protette con umidita' da 4 a 5%; per pareti esterne con umidita' da 6 a 7% assumere $m = 40\%$ ; per pareti di scantinati con umidita' da 8 a 10% assumere $m$ maggiore di 50% <sup>2)</sup> ) (per calcestruzzi espansi in situ maggiorare i dati dei calcestruzzi da autoclave del 10%)	400	0,12	25	0,15
	500	0,14		0,17
	600	0,15		0,19
	700	0,17		0,22
	800	0,20		0,25
calcestruzzi di inerti espansi di origine vulcanica (valori orientativi di calcolo per pareti interne o esterne protette)	1 000			0,38
	1 200			0,47
	1 400			0,58
calcestruzzo di perlite o di vermiculite (valori di calcolo per pareti interne o esterne protette con umidita' da 8% a 10%; per pareti esterne con umidita' da 10 a 12% assumere $m = 55\%$ ; per pareti di scantinati con umidita' da 12% a 14% assumere $m = 65\%^{2)}$ )	250	0,09	40	0,13
	400	0,11		0,15
calcestruzzo in genere, in mancanza di ulteriori informazioni (valori di calcolo per pareti interne o esterne protette; per pareti esterne o di scantinati utilizzare le maggiorazioni relative al tipo di calcestruzzo che si ritiene più simile al prodotto considerato <sup>2)</sup> )	400			0,19
	500			0,22
	600			0,24
	700			0,27
	800			0,30
	900			0,34
	1 000			0,38
	1 100			0,42
	1 200			0,47
	1 300			0,52
	1 400			0,58
	1 500			0,65
	1 600			0,73
1 700			0,83	
1 800			0,94	
1 900			1,06	
<b>Carta, cartone e derivati</b>				
carta e cartone	1 000			0,16
cartone bitumato	1 100			0,23
cartongesso in lastre	900			0,21
cartone ondulato	100			0,065

2) Vedere nota 2 di pagina 2 del presente FA.

Materiale	Massa volumica del materiale secco	Conduktività indicativa di riferimento	Maggiorazione	Conduktività utile di calcolo
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_m$ W/(m·K)		$\lambda$ W/(m·K)
<b>Fibre minerali</b>				
Sul valore di $m$ le tolleranze sullo spessore di feltri o pannelli con 10 cm di spessore incidono da 2 a 3% in molti casi, tuttavia per alcuni feltri i valori indicati vengono ampiamente superati. Ogni unità percentuale di umidità dà luogo ad aumenti dei valori utili di calcolo dall'1 al 5%; per applicazioni interne <sup>2)</sup> il contenuto di umidità è dell'1% ed il suo effetto è già compreso nei dati utili di calcolo. Per temperature comprese tra 270 e 370 K la conduktività dei materiali di fibre minerali subisce aumenti, al crescere della temperatura media, che vanno da 0,4%/K per materiali pesanti a 0,8%/K per i materiali più leggeri. L'effetto della manipolazione e dell'installazione per accostamento incide su $m$ dall'1 al 3%. Per montaggi con staffe o altri sistemi che introducono ponti termici maggiorare i valori di calcolo almeno del 5%; per montaggi contro il terreno <sup>3)</sup> i valori di calcolo devono essere maggiorati almeno del 25%. Per i materiali leggeri le resistenze termiche specifiche non sono rigorosamente additive; ricalcolare la resistenza termica specifica totale di ciascun manufatto o di ciascun isolamento composto di più strati sovrapposti di resistenza termica specifica nota.				
fibre di vetro				
— feltri resinati	11 14 16	0,048 0,044 0,042	10	0,053 0,048 0,046
— pannelli semirigidi	16 20 30	0,042 0,039 0,036	10	0,046 0,043 0,040
— pannelli rigidi (i valori minimi delle conduktività corrispondono a masse volumiche comprese tra 30 e 100 kg/m <sup>3</sup> )	100	0,035	10	0,038
fibre minerali ottenute da rocce feldspatiche				
— feltri resinati	30	0,041	10	0,045
— pannelli semirigidi	35 40 55	0,040 0,038 0,036	10	0,044 0,042 0,040
— pannelli rigidi	80 100 125	0,035 0,034 0,034	10	0,039 0,038 0,038
— pannelli di fibre orientate	100	0,044	10	0,048
fibre minerali ottenute da rocce basaltiche (verificare la influenza su $m$ delle tolleranze di spessore; il valore indicato ipotizza il 10%)				
— feltri trapuntati	60 80 100	0,037 0,037 0,038	20	0,044 0,044 0,045
fibre minerali ottenute da loppe di altoforno				
— feltri	40	0,049	10	0,054
— pannelli semirigidi e rigidi	40 60 80 100 150	0,049 0,044 0,042 0,042 0,044	10	0,054 0,048 0,046 0,046 0,048
2) Vedere nota 2 di pagina 2 del presente FA.				
3) L'isolante si intende montato contro il terreno quando è applicato esternamente ad una parete di scantinato, sotto un pavimento di scantinato o contro una fondazione; i dati così definiti presuppongono tuttavia che sia garantito un adeguato drenaggio che eviti il contatto dell'isolante con acqua allo stato liquido.				

Materiale	Massa volumica del materiale secco	Conductività indicativa di riferimento	Maggiorazione	Conductività utile di calcolo
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_m$ W/(m·K)	$m$ %	$\lambda$ W/(m·K)
<b>Intonachi e malte</b>				
malte di gesso per intonachi o in pannelli con inerti di vario tipo (per prodotti senza inerti e secchi le conduttività di riferimento possono valere il 60% dei valori di calcolo)	600			0,29
	750			0,35
	900			0,41
	1 000			0,47
	1 200			0,58
intonaco di gesso puro	1 200			0,35
intonaco di calce e gesso	1 400			0,70
malta di calce o di calce e cemento	1 800			0,90
malta di cemento	2 000			1,40
<b>Laterizi</b>				
mattoni pieni, forati, leggeri, mattoni ad alta resistenza meccanica. Per i mattoni forati la conduttività non è definibile né misurabile; i valori assegnati a $\lambda_m$ e a $\lambda$ devono intendersi pertanto solamente come grandezze dimensionalmente equivalenti a conduttività termiche, e ricavabili dal prodotto delle conduttanze per lo spessore. Le masse volumiche e le conduttività indicative di riferimento $\lambda_m$ si riferiscono al solo laterizio (incluso nel volume del laterizio fori o porosità), mentre le conduttività utili di calcolo $\lambda$ si riferiscono alla muratura completa; ne consegue che la maggiorazione $m$ non tiene solo conto degli usuali fattori di maggiorazione, ma congloba anche l'effetto della presenza delle malte tra laterizio e laterizio. Le presenti indicazioni sono necessariamente di prima approssimazione; dati più rigorosi possono essere calcolati dal progettista conoscendo il tipo di laterizio e il tipo di malta che compongono la muratura. Per alcune informazioni in proposito vedere anche il punto 7.1.4 della presente norma. Valori di calcolo relativi a pareti interne con umidità dello 0,5% <sup>2)</sup> ; per pareti esterne con umidità dell'1,5% raddoppiare i valori di $m$ .	600	0,13	90	0,25
	800	0,18	65	0,30
	1 000	0,24	48	0,36
	1 200	0,32	35	0,43
	1 400	0,40	25	0,50
	1 600	0,50	18	0,59
	1 800	0,63	14	0,72
2 000	0,80	12	0,90	
<b>Legnami</b>				
contenuti medi di umidità del 15%; la conduttività aumenta dell'1,2% per ogni per cento di umidità				
abete (flusso perpendicolare alle fibre)	450	0,10	20	0,12
pino (flusso perpendicolare alle fibre)	550	0,12	20	0,15
acero (flusso perpendicolare alle fibre)	715	0,15	20	0,18
quercia (flusso perpendicolare alle fibre)	850	0,18	20	0,22
altri legnami: interpolare i dati in funzione della massa volumica				
abete, pino, acero e quercia con flusso parallelo alle fibre: maggiorare i dati di ciascun tipo di legname fino al 50%				
Mastici per tenute siliconici, poliuretanic, polisulfurei, acrilici; massa volumica 1 000 a 1 650 kg/m <sup>3</sup>				0,40
<b>Materiali per impermeabilizzazioni</b>				
asfalto	2 100			0,70
asfalto con sabbia	2 300			1,15
bitume	1 200			0,17
bitume con sabbia	1 300			0,26
	1 600			0,50
cartone catramato	1 100			0,23
foglie di materiale sintetico (vedere materie plastiche compatte)				

2) Vedere nota 2 di pagina 2 del presente FA.



Materiale	Massa volumica del materiale secco $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Conduktivita' indicativa di riferimento $\lambda_m$ W/(m·K)	Maggiorazione $m$ %	Conduktivita' utile di calcolo $\lambda$ W/(m·K)
<b>Materiali sfusi e di riempimento</b>				
materiali sfusi a bassa massa volumica				
— argilla espansa in granuli da 3 a 25 mm (valori di calcolo relativi ad applicazioni interne con umidita' 1%; se applicata contro il terreno l'umidita' sale al 20% circa e i valori di calcolo vanno maggiorati almeno del 50% <sup>3)</sup> )	280 330 450	0,08 0,09 0,10	15	0,09 0,10 0,12
— fibre di cellulosa (umidita' del 15%, massa volumica relativa al materiale appena posato, costipamento per strati orizzontali inferiore al 25%; mancano informazioni sul costipamento di strati verticali)	32	0,040	45	0,058
— perlite espansa in granuli da 0,1 a 2,3 mm	100	0,055	20	0,066
— polistirolo espanso in granuli (umidita' 3%; verificare il costipamento; verificare la uniforme distribuzione in strati orizzontali)	15	0,045	20	0,054
— pomice naturale	400	0,08		
— scorie espanse	600			0,13
— vermiculite espansa in granuli da 0,1 a 12 mm	80 120	0,064 0,068	20	0,077 0,082
materiali sfusi ad alta massa volumica				
— ciottoli e pietre frantumate (umidita' 2%)	1 500	0,4	75	0,7
— ghiaia grossa senza argilla (umidita' 5%)	1 700	0,6	100	1,2
— sabbia secca (umidita' minore dell'1%)	1 700	0,35	70	0,6
<b>Materie plastiche cellulari</b>				
<p>Le conduktivita' di riferimento sono valide per materiali prodotti da non meno di 100 giorni. Per temperature medie comprese tra 270 e 320 K la conduktivita' delle materie plastiche cellulari aumenta da 0,4 a 0,5%/K al crescere della temperatura media del materiale. Sul valore di <math>m</math> le tolleranze di spessore, riferite a lastre di 10 cm di spessore, incidono dall'1 al 3%; l'effetto della installazione per incollaggio, accostamento, incastro o battentatura, ecc. incide dall'1 al 3%; per montaggi che impiegano staffe o altri sistemi che introducono ponti termici, maggiorare i dati di calcolo almeno del 5%. Per montaggi contro il terreno maggiorare i dati di calcolo dal 10 al 25%<sup>3)</sup>. Per i materiali leggeri le resistenze termiche specifiche non sono rigorosamente additive; ricalcolare la resistenza termica specifica totale di ciascun manufatto o di ciascun isolamento composto di più strati sovrapposti di resistenza termica specifica nota. Qualora in una norma pubblicata dall'UNI sia fornita, per un determinato materiale, una correlazione tra la conduktivita' a 100 giorni dalla produzione e la conduktivita' ad un diverso numero di giorni dalla produzione, si potranno ricalcolare i valori di <math>m</math> per prodotti conformi a tale norma. La scarsenza di informazioni sulle correlazioni citate e sugli intervalli tra produzione e certificazione inducono ad aumentare talvolta di qualche unita' percentuale il valore di <math>m</math></p>				
cloruro di polivinile espanso rigido in lastre <sup>4)</sup>	30 40	0,032 0,035	20	0,039 0,041

3) Vedere nota 3 di pagina 4 del presente FA.

4) Il comportamento del materiale nell'edilizia non è completamente conosciuto; il valore di  $m$  è pertanto indicativo.

Materiale	Massa volumica del materiale secco	Conduttività indicativa di riferimento	Maggiorazione	Conduttività utile di calcolo
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_m$ W/(m·K)		$m$ %
polietilene <sup>41</sup> — espanso estruso in continuo, non reticolato	30	0,042	20	0,050
	50	0,050		0,060
— espanso estruso in continuo, reticolato	33	0,040	20	0,048
	50	0,048		0,058
<p>polistirene (contenuto di umidità in pareti interne<sup>2)</sup> da 1 a 2%; per applicazioni contro il terreno<sup>3)</sup> fino al 20%. Per i prodotti estrusi i valori di umidità indicati vanno circa dimezzati. La conduttività aumenta da 0,1 a 0,5% per ogni per cento di umidità)</p>				
— espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi (conforme alla UNI 7819; le masse volumiche sono quelle nominali indicate nella norma; conduttività di riferimento ricalcolate a 293 K per 10 cm di spessore)	15	0,041	10	0,045
	20	0,037		0,041
	25	0,036		0,040
	30	0,036		0,040
— espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi	10	0,051	10	0,056
	15	0,043		0,047
	20	0,040		0,044
	25	0,039		0,042
	30	0,038		0,042
— espanso, in lastre stampate per termocompressione	20	0,036	10	0,040
	25	0,035		0,039
	30	0,035		0,039
— espanso estruso, con pelle (valori di calcolo applicabili fino a 10 anni di esercizio anche all'esterno senza protezione dall'acqua; per invecchiamento a tempo indeterminato mancano informazioni convalidate sperimentalmente)	30	0,031	15	0,036
	35	0,030		0,035
— espanso estruso, senza pelle (valori di calcolo applicabili fino a 10 anni di esercizio; per invecchiamento a tempo indeterminato mancano informazioni convalidate sperimentalmente)	30	0,037	10	0,041
	50	0,028	20	0,034
<p>poliuretani (contenuto di umidità in pareti interne<sup>2)</sup> pari a 1%; in montaggi contro il terreno<sup>3)</sup> fino al 10%. La conduttività aumenta da 0,1 a 0,5% per ogni per cento di umidità. Il valore di <math>m</math> è principalmente dovuto ai fenomeni di invecchiamento: essi possono durare decine di anni. L'invecchiamento è dovuto alla diffusione degli agenti schiumanti verso l'atmosfera e dell'aria all'interno del poliuretano espanso; i valori di <math>m</math> qui proposti si riferiscono a materiali senza membrane protettive contro i fenomeni di diffusione; una membrana metallica continua di spessore maggiore di 0,05 mm annulla quasi completamente i fenomeni di diffusione per cui <math>m</math> può essere ridotto in questo caso al 10%. Mancano invece informazioni attendibili per altri tipi di membrane)</p>				
— poliuretani in lastre ricavate da blocchi	25	0,031	10	0,034
	32	0,023	40	0,032
	40	0,022	45	0,032
	50	0,022	45	0,032
— polisocianurati in lastre ricavate da blocchi	32	0,025	30	0,032
	40	0,023	40	0,032

2) Vedere nota 2 di pagina 2 del presente FA.

3) Vedere nota 3 di pagina 4 del presente FA.

4) Vedere nota 4 di pagina 6 del presente FA.

Materiale	Massa volumica del materiale secco	Conducitiv� indicativa di riferimento	Maggiorazione	Conducitiv� utile di calcolo
	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_m$ W/(m-K)	$m$ %	$\lambda$ W/(m-K)
— poliuretani espansi in situ	37	0,023	50	0,035 ;
resine fenoliche in lastre <sup>4)</sup>	35	0,034		0,041 ;
	60	0,037	20	0,044 ;
	80	0,038		0,046 ;
resine ureiche espansi in situ (conducitiv� di riferimento e massa volumica relative a materiali essiccati in aria a 293 K e 50% di umidit� relativa e cio� non secondo UNI 7745 o UNI 7891. Contenuto di umidit� in esercizio del 20%; il valore di $m$ � dovuto alla fessurazione del materiale ed al contenuto di umidit�; dati applicabili non oltre 8 cm di spessore)	8	0,038		0,057 ;
	12	0,036	50	0,054 ;
	15	0,034		0,051 ;
	30	0,032		0,048 ;
<b>Materie plastiche compatte</b>				
acrilonitrile-butadiene-stirene (ABS)	1 050			0,28
carbammide e resine melamminiche con cariche	1 500			0,40
celluloide	1 350			0,35
ebanite, gomma dura	1 150			0,16
polimetilmetacrilato (PMMA)	1 200			0,18
poliammide (PA)	1 100			0,30
policarbonato (PC)	1 150			0,23
politetrafluoroetilene (PTFE)	2 200			0,24
polietilene (PE)	950			0,35
policloruro di vinile (PVC)	1 400			0,16
polistirene (PS)	1 100			0,17
resine acriliche	1 450			0,20
resine epossidiche	1 200			0,20
resine fenoliche con cariche organiche	1 400			0,30
resine poliestere con fibra di vetro	2 000			0,50
<b>Metalli</b>				
acciaio	7 800			52
acciaio inossidabile	8 000			17
argento	10 500			420
alluminio	2 700			220
leghe di alluminio	2 800			160
bronzo	8 700			65
ferro puro	7 870			80
ghisa	7 200			50
nicel	8 800			65
ottone	8 400			110
piombo	11 300			35
rame	8 900			380
zinco	7 100			110
<b>Pannelli e lastre varie</b>				
lastre a base di perlite espansa, fibre e leganti bituminosi	190	0,059	20	0,071
pannelli di fibre di legno duri ed estraduri (contenuto di umidit� 10%)	800	0,12		0,14
	900	0,13	20	0,16
	1 000	0,15		0,18
pannelli di lana di legno con leganti inorganici (contenuto di umidit� 15%)	300	0,071		0,085
	350	0,076	20	0,091
	400	0,081		0,097
	500	0,091		0,11
pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici (contenuto di umidit� 15%)	400	0,09		0,12
	500	0,11	30	0,14
	600	0,12		0,16

Materiale	Massa volumica secca: ma- teriale secco $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Conduttività indicativa di riferimento $\lambda_m$ W/(m·K)	Maggiorazione $m$ %	Conduttività utile di calcolo $\lambda$ W/(m·K)
pannelli di trucioli di legno (truciolare) (contenuto di umidità del 10%)				
— pressati	500	0,083		0,10
	600	0,10	20	0,12
	700	0,13		0,15
— estrusi	700	0,14	20	0,17
pannelli di legno compensato: usare i valori relativi ai legnami con cui sono prodotti				
sughero (contenuto di umidità da 2 a 4%)				
— espanso puro	130	0,041	10	0,045
— espanso con leganti	90	0,039		0,043
	130	0,041	10	0,045
	200	0,047		0,052
Porcellana (piastrelle)	2 300			1,0
Rocce naturali				
ardesia	2 700			2,0
basalto	2 800			3,5
calcare	1 900			1,5
	2 100			1,6
	2 700			2,9
	2 800			3,5
dolomite	2 700			1,8
feldspato	2 500			2,4
gneiss	2 700			3,5
granito	2 500			3,2
	3 000			4,1
lava	2 200			2,9
marmo	2 700			3,0
porfido	2 200			2,9
schisto parallelo al piano di sfaldamento	2 700			2,5
schisto normale al piano di sfaldamento	2 700			1,4
steatite	2 600			2,7
trachite	2 300			2,9
tufo	1 500			0,63
	2 300			1,7
Silicato di calcio in lastre				
(conduttività di riferimento relative a materiale secco; valori di calcolo relativi a contenuti di umidità dal 6 all'8%)				
— simile al tipo I della norma ASTM C 533	225	0,056	35	0,076
— simile al tipo II della norma ASTM C 533	240	0,070	35	0,094
Vetro				
— cellulare espanso	130	0,050		0,055
	150	0,055	10	0,060
	180	0,060		0,066
— da finestre	2 500			1,0

**6. U.K. STANDARD BS: 5250****PROPERTIES :**

- thermal resistivity
- thermal resistance
- vapour resistivity (z)

**UNITS : S.I.**

- (m.K)/W
- m<sup>2</sup>.K/W
- MN.s/(g.m)

conversions:

vapour resistivity (z) ⇒ vapour permeability (δ<sub>p</sub>):

$$\delta_p = \frac{1}{10^9 \cdot z}$$

vapour resistivity (z) ⇒ vapour resistance factor (μ):

$$\mu = \frac{z}{5.4}$$

**PARAMETERS :**

- Temperature

Limits for use of the list: -20°C < θ < 30°C

- Moisture content

not explicitly taken into account

BS 5250 : 1989

Appendix B

Table 6. Thermal and vapour resistivities

The values given in this table are the best currently available but should be considered only in general terms.

Material	Thermal resistivity	Vapour resistivity	
		Typical	Range
	m·K/W	MN·s/g·m	MN·s/g·m
Airspace	See table 8	5	
Asbestos cement sheeting and substitutes	2.5	300	200 to 1000
Asphalt (laid)	2.0	See table 7	
Blockwork			
(a) lightweight (800 kg/m <sup>3</sup> )	3.8	30	20 to 50
(b) medium weight (1400 kg/m <sup>3</sup> )	1.8	50	30 to 80
(c) dense (2000 kg/m <sup>3</sup> )	0.8	100	60 to 150
Brickwork			
(a) common/facing (1500 kg/m <sup>3</sup> )	1.5	50	25 to 100
(b) sandlime (1500 kg/m <sup>3</sup> )	1.5	100	80 to 200
(c) engineering (2000 kg/m <sup>3</sup> )	0.8	120	100 to 250
Carpeting			
(a) normal backing	20.0	10	7 to 20
(b) foam backed or with foam underlay	10.0	200	100 to 300
Chipboard	7.0	500	
Concrete (cast)			
(a) lightweight (1800 kg/m <sup>3</sup> )	1.0	40	30 to 80
(b) dense (2200 kg/m <sup>3</sup> )	0.8	200	
(c) no fines (1800 kg/m <sup>3</sup> )	1.0	20	
Cork board	24.0	100	50 to 200
Fibreboard (sheet or ceiling tile)	15.0	40	15 to 60
Fibre (glass or rock)	25.0	7	
Glass			
(a) sheet	1.0	See table 7	
(b) expanded or foamed	16.0	10 000	
Hardboard	8	600	450 to 1000
Metals or metal claddings	0.02	See table 7	
Phenolic (foamed (closed cell))	50.0	300	200 to 750
Plaster	2.0	60	
Plasterboard	6.0	60	
Polystyrene			
(a) expanded bead	30.0	300	100 to 600
(b) expanded extruded	40.0	1000	600 to 1300
Polyurethane (foamed (closed cell))	45.0	600	500 to 1000
Plywood			
(a) sheathing	7	450	150 to 1000
(b) decking	7	2000	1000 to 6000
PVC (polyvinyl chloride) sheet or tile	1.2	1000	800 to 1300
Rendering	1.8	100	
Roof (tiling or slating)	1.2	See table 7	See table 7
Roofing felt	2.0	See table 7	See table 7

<b>Table 6. (concluded)</b>			
<b>Material</b>	<b>Thermal resistivity</b>	<b>Vapour resistivity</b>	
		<b>Typical</b>	<b>Range</b>
	m <sup>2</sup> ·K/W	MN·s/g·m	MN·s/g·m
Screed			
(a) aerated	2.5	100	
(b) cast	0.8	200	
Stonework			
(a) granite, slate and marble	0.5	300	150 to 450
(b) limestone and sandstone	0.5	200	150 to 450
Tiling (ceramic)	0.6	2000	500 to 5000
Timber	7	60	40 to 70
Urea formaldehyde	25	15	10 to 30
Vermiculite	15	15	
Woodwool slabs	10	20	15 to 40

NOTE. Further information on material properties, particularly vapour resistivities, should be made available to the Technical Committee responsible for this standard for consideration at the time of a future revision.

BS 5250 : 1989

Appendix B

**Table 7. Vapour resistances**

The values given in this table are the best currently available but should be considered only in general terms.

Material	Vapour resistance	
	Typical	Range
	MN·s/g	MN·s/g
Aluminium foil	1000	200 to 4000
Asphalt (laid)	10 000	
Breather membrane	0.5	0.1 to 6
Building paper (bitumen impregnated)	10	
Felt		
(a) roofing felt laid in bitumen	1000	
(b) sarking	50	
Glass (sheet)	10 000	
Metals and metal claddings	10 000	
Paint		
(a) emulsion	0.5	
(b) gloss	15	8 to 40
(c) vapour resistant	25	
Polyester film (0.2 mm)	250	
Polyethylene		
(a) 500 gauge (0.12 mm)	250	200 to 350
(b) 1000 gauge (0.25 mm)	500	400 to 600
Roof tiling or slating	2.5	0.5 to 3.0
Vinyl wallpaper	10	

NOTE 1. The values above are for the material alone and when installed may be considerably lower.

NOTE 2. Thermal resistances of the above may in general be considered negligible for the purposes of these calculations.

NOTE 3. The values for asphalt, glass and metals are notional values for the purpose of calculation.

NOTE 4. Further information on material properties, particularly vapour resistances, should be made available to the Technical Committee responsible for this standard for consideration at the time of a future revision.



<b>Table 8. Thermal resistances for surfaces and air spaces</b>		
<b>Internal surface resistances</b>	<b>Heat flow direction</b>	<b>Thermal resistance (m<sup>2</sup>·K/W)</b>
Walls Ceilings, roofs (flat or pitched) and floors Floors and ceilings	Horizontal Upwards Downwards	0.12 0.10 0.14
<b>External surface resistances (normal exposure)</b>		
Walls Roofs Exposed floors		0.06 0.04 0.04
<b>Unventilated airspace resistances</b>	<b>Heat flow direction</b>	
5 mm (high emissivity)	All directions	0.10
5 mm (low emissivity)	All directions	0.18
25 mm or more (high emissivity)	Horizontal Upwards Downwards	0.18 0.17 0.22
25 mm or more (low emissivity)	Horizontal Upwards Downwards	0.35 0.35 1.06
<b>Ventilated airspace resistances (minimum 25 mm thickness)</b>		
Airspace in cavity wall construction		0.18
Airspace behind tiles on tile hung wall (includes resistance of the tile)		0.12
Loft space between flat ceiling and pitched roof lined with roofing felt or building paper		0.18
Airspace between tiles and roofing felt or building paper (includes resistance of the tiles)		0.12
NOTE 1. More detailed data are contained in CIBSE Guide Section A3, 'Thermal properties of building structures'.		
NOTE 2. In general the surfaces of most building materials are of high emissivity. Low emissivity values are applicable to cavities adjacent to a reflective foil or foils.		

## **Chapter 2**

### **DATABASE**

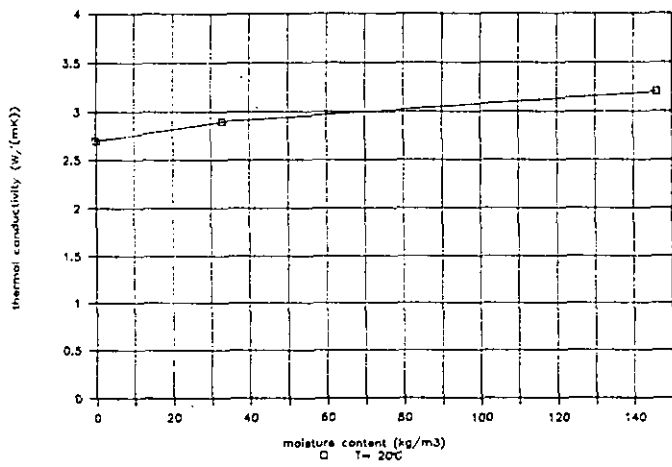


Fig. b1.1: CONCRETE:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. moisture content

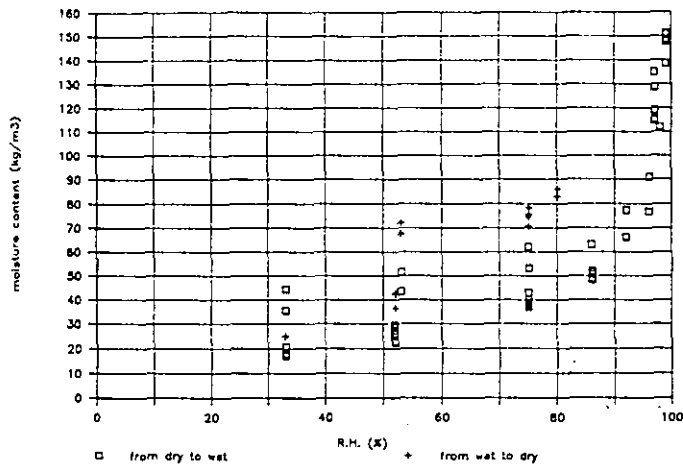


Fig. b1.2: CONCRETE:  
suction curve

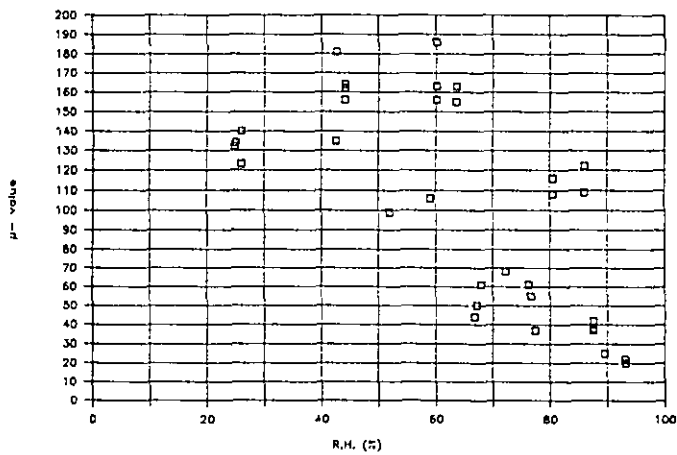


Fig. b1.3: CONCRETE:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. relative humidity

## b: BUILDING MATERIALS

## b1 CONCRETE

---

DENSITY : 2176 kg/m<sup>3</sup>  
*mean of 39 samples*  
 $\sigma = 40.5 \text{ kg/m}^3$

---

## THERMAL PROPERTIES

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 840 J/(kg.K) (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY :  $2.74 + 0.0032.w$  (W/(m.K))  
 (fig b1.1)  $r^2 = 0.960$   
 $w = \text{moisture content in kg/m}^3$   
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

T.2.3 ABSORBIVITY, REFLECTIVITY :  $300 \text{ K} \quad 5000 \text{ K}$

a:	0.88	0.6
e:	0.12	0.4

T.4.1 SPECIFIC THERMAL STRAIN :  $12.10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

---

## HYGRIC PROPERTIES

H.1.1 MOISTURE CONTENT (kg/m<sup>3</sup>,  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig b1.2
- sorption :  $\varphi / (-0.00069.\varphi^2 + 0.08095.\varphi - 0.4095)$
- desorption :  $\varphi / (0.000176.\varphi^2 - 0.02724.\varphi + 2.0274)$
- critical moisture content : 100- 110 kg/m<sup>3</sup>
- capillary moisture content : 110 kg/m<sup>3</sup> (mean of 7 samples)
- saturation moisture content : 153 kg/m<sup>3</sup> (mean of 13 samples)

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $1 / [0.0084 + 0.079.(\varphi/100)^{11}]$   
 (fig b1.3)  $\varphi$  in %

H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY :  $1,8.10^{-11}.\exp(0,0582.w)$  (m<sup>2</sup>/s)  
 $w$  in kg/m<sup>3</sup>

H.3.2 WATER SORPTION COEFF. :  $0.018 \text{ kg}/(\text{m}^2.\text{s}^{\frac{1}{2}})$  (mean of 5 samples)

---

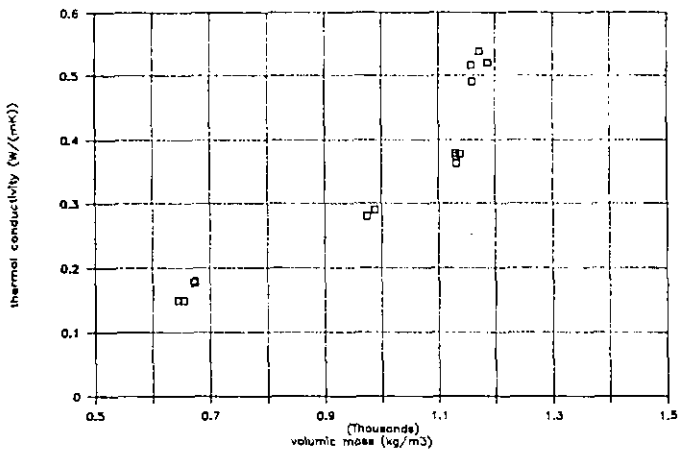


Fig. b2.1: LIGHTWEIGHT CONCRETE:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. volumic mass

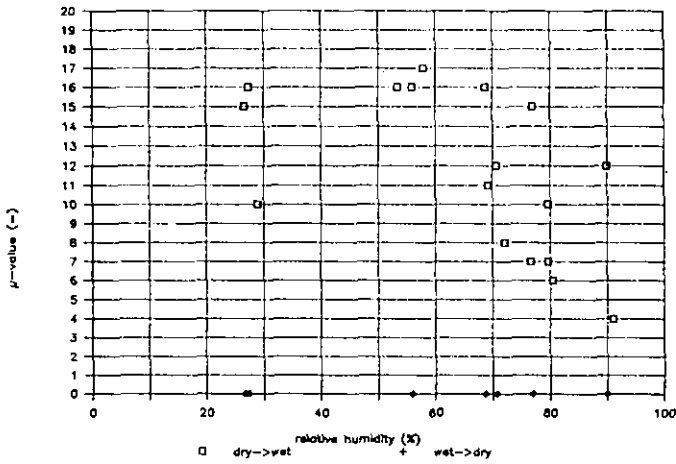


Fig. b2.2: LIGHTWEIGHT CONCRETE:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. relative humidity

b: BUILDING MATERIALS  
b2 LIGHTWEIGHT CONCRETE

DENSITY :  $644 \leq \rho \leq 1187 \text{ kg/m}^3$

## THERMAL PROPERTIES

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 840 J/(kg.K) (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. b2.1

$644 \leq \rho \leq 1187 \text{ kg/m}^3$   
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}, w = 0 \text{ kg/m}^3$  :  $0.042 \cdot \exp(0.0027 \cdot \rho)$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.951, 24 \text{ meas.}$

$1158 \leq \rho \leq 1187 \text{ kg/m}^3$   
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}, w \leq 74 \text{ kg/m}^3$  :  $0.511 + 0.00255 \cdot w$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.930, 20 \text{ meas.}$

$\rho = 1134 \text{ kg/m}^3$   
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}, w \leq 144 \text{ kg/m}^3$  :  $0.371 + 0.00104 \cdot w$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.935, 34 \text{ meas.}$

$644 \leq \rho \leq 674 \text{ kg/m}^3$   
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}, w \leq 144 \text{ kg/m}^3$  :  $0.161 + 0.00150 \cdot w$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.410, 20 \text{ meas.}$

## HYGRIC PROPERTIES

H.1.1 MOISTURE CONTENT (kg/m<sup>3</sup>,  $\varphi$  in %)

- suction curve (938  $\leq \rho \leq$  1442 kg/m<sup>3</sup>)  
sorption :  $\varphi / (-0.00047 \cdot \varphi^2 + 0.05527 \cdot \varphi - 0.6293)$   
desorption :  $\varphi / (0.000335 \cdot \varphi^2 - 0.03778 \cdot \varphi + 2.2121)$

- critical moisture content : 140 kg/m<sup>3</sup> ( $\rho = 935 \text{ kg/m}^3$ )

- capillary moisture content : 97 - 190 kg/m<sup>3</sup> ( $872 \leq \rho \leq 980 \text{ kg/m}^3$ )

- saturation moisture content : 584 kg/m<sup>3</sup> ( $\rho = 973 \text{ kg/m}^3$ )

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $1 / [0.0685 + 0.206 \cdot (\varphi/100)^6]$   
(fig. b2.2)  
 $\rho = 975 \text{ kg/m}^3$   
 $\varphi$  in %

H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY :  $1,3 \cdot 10^{-9} \cdot \exp(0.0351 \cdot w)$  (m<sup>2</sup>/s)  
 $\rho = 975 \text{ kg/m}^3$   
 $w$  in kg/m<sup>3</sup>

H.3.2 WATER SORPTION COEFF. : 0.08 kg/(m<sup>2</sup>·s<sup>1/2</sup>) ( $\rho = 975 \text{ kg/m}^3$ )  
: 0.029 kg/(m<sup>2</sup>·s<sup>1/2</sup>) ( $\rho = 1410 \text{ kg/m}^3$ )

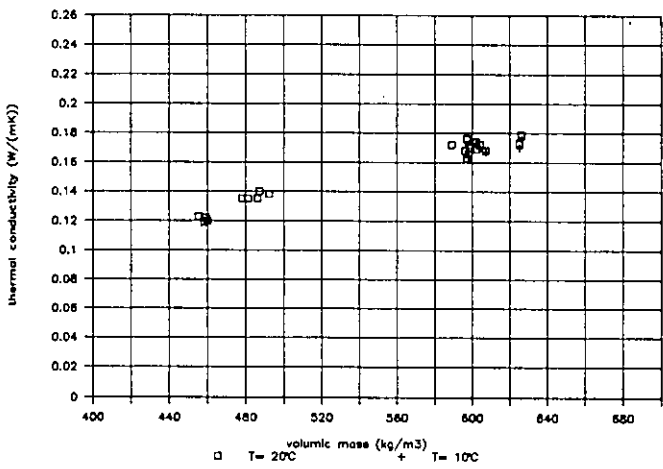


Fig. b3.1: CELLULAR CONCRETE:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. volumic mass

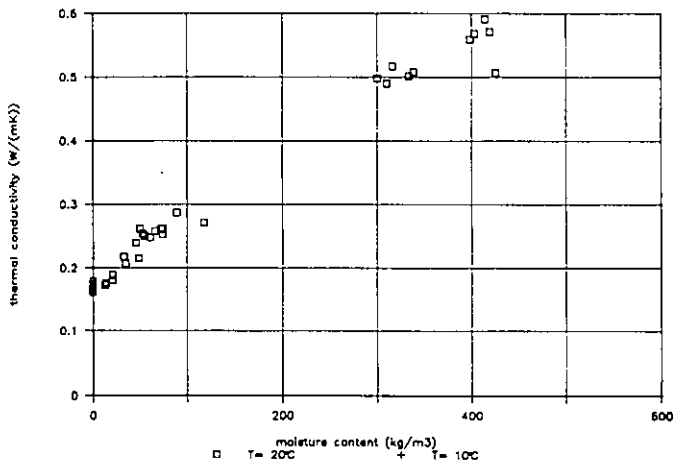


Fig. b3.2: CELLULAR CONCRETE:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. moisture content

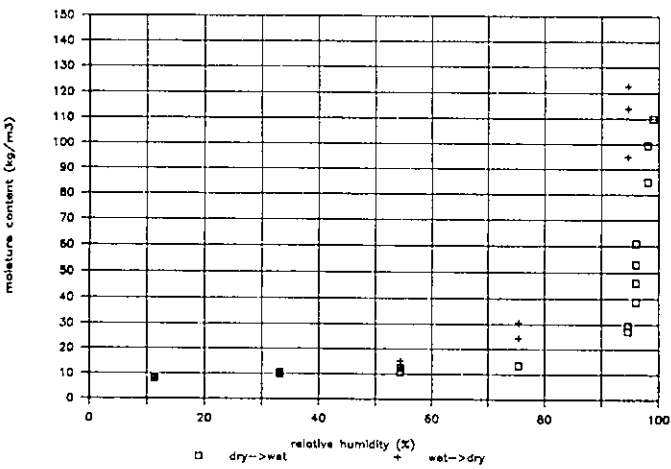


Fig. b3.3: CELLULAR CONCRETE  
(465 - 621 kg/m<sup>3</sup>):  
suction curve

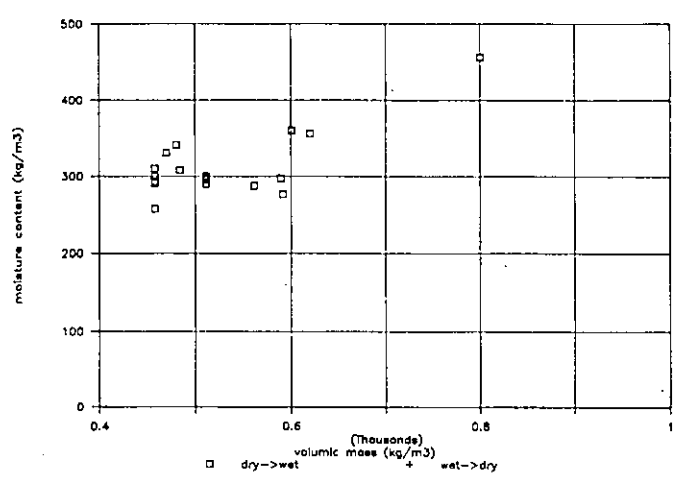


Fig. b3.4: CELLULAR CONCRETE:  
capillary moisture content  
vs. volumic mass

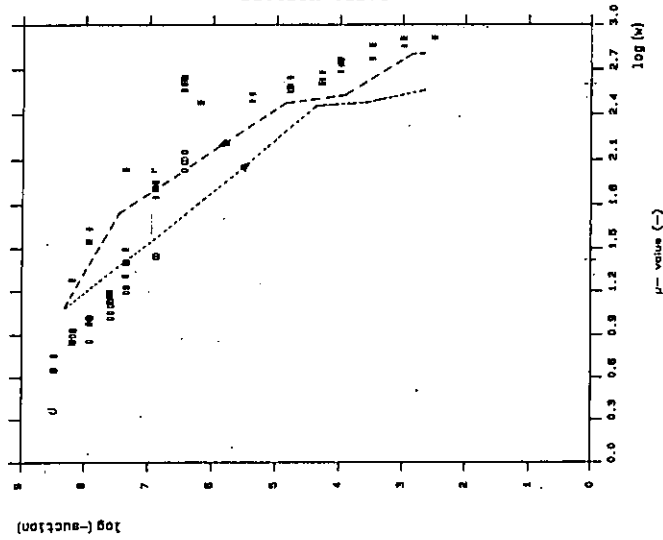


Fig. b3.5: CELLULAR CONCRETE:  
moisture retention curve

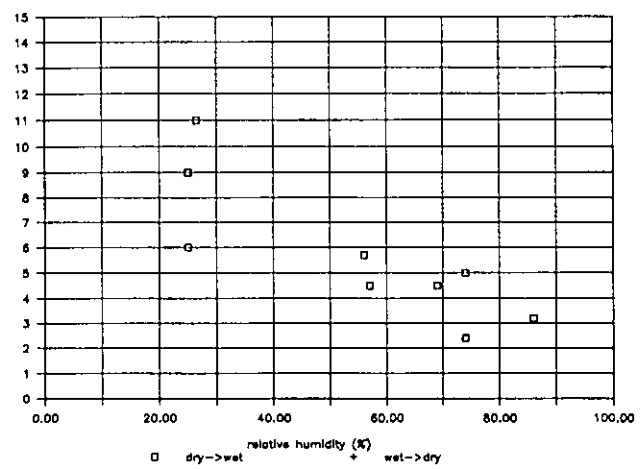


Fig. b3.6: CELLULAR CONCRETE:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. relative humidity

b: BUILDING MATERIALS

b3 CELLULAR CONCRETE

DENSITY :  $455 \leq \rho \leq 800 \text{ kg/m}^3$ **THERMAL PROPERTIES**

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 840 J/(kg.K) (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. b3.1, fig. b3.2

$596 \leq \rho \leq 626 \text{ kg/m}^3$  :  $0.176 + 0.000801.w$  (W/(m.K))  
 $\theta = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w \leq 425 \text{ kg/m}^3$   $r^2 = 0.968$ , 18 meas.

$596 \leq \rho \leq 626 \text{ kg/m}^3$  :  $0.177 + 0.000980.w$  (W/(m.K))  
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w \leq 425 \text{ kg/m}^3$   $r^2 = 0.981$ , 43 meas.

$455 \leq \rho \leq 492 \text{ kg/m}^3$  :  $0.138 + 0.000739.w$  (W/(m.K))  
 $\theta = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w \leq 298 \text{ kg/m}^3$

:  $0.172 - 1.67 \cdot 10^{-3}.w - 9.34 \cdot 10^{-3}.\theta$   
 $- 2.97 \cdot 10^{-6}.\rho + 3.77 \cdot 10^{-6}.\rho.w$   
 $+ 1.16 \cdot 10^{-4}.w.\theta + 1.60 \cdot 10^{-5}.\rho.\theta$   
 $- 1.62 \cdot 10^{-7}.w.\theta.\rho$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.981$ , 93 meas.

**HYGRIC PROPERTIES**

H.1.1 MOISTURE CONTENT (kg/m<sup>3</sup>,  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. b3.3 ( $465 \leq \rho \leq 621 \text{ kg/m}^3$ )  
sorption :  $\varphi / (-0.00187.\varphi^2 + 0.21319.\varphi - 1.1233)$   
desorption :  $\varphi / (-0.00155.\varphi^2 + 0.1585.\varphi - 0.2094)$

- critical moisture content :  $\pm 180 \text{ kg/m}^3$

- capillary moisture content :  $109 + 0.383.\rho$  (kg/m<sup>3</sup>)  
(fig. b3.4)  $r^2 = 0.56$ ; 24 meas.

- saturation moisture content :  $972 - 0.350.\rho$  (kg/m<sup>3</sup>)  
 $r^2 = 0.98$ ; 24 meas.

- moisture retention curve : fig. b3.5

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $1 / [0.1044 + 0.316.(\varphi/100)^2]$   
(fig. b3.6)  $458 \leq \rho \leq 770 \text{ kg/m}^3$   
 $r^2 = 0.61$ ; 10 meas.  
 $\varphi$  in %

H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY :  $9,2 \cdot 10^{-11} \cdot \exp(0.0215.w)$  (m<sup>2</sup>/s)  
 $\rho = 511 \text{ kg/m}^3$   
 $w$  in kg/m<sup>3</sup>

H.3.2 WATER SORPTION COEFF. : fig. b3.7 (see following page)



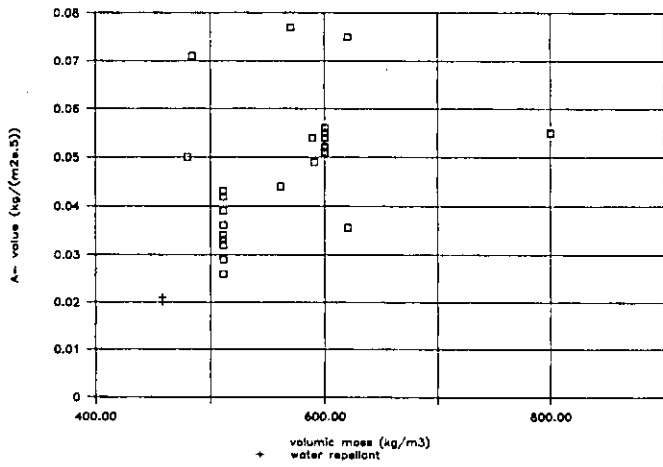


Fig. b3.7: CELLULAR CONCRETE:  
water sorption coefficient  
vs. volumic mass

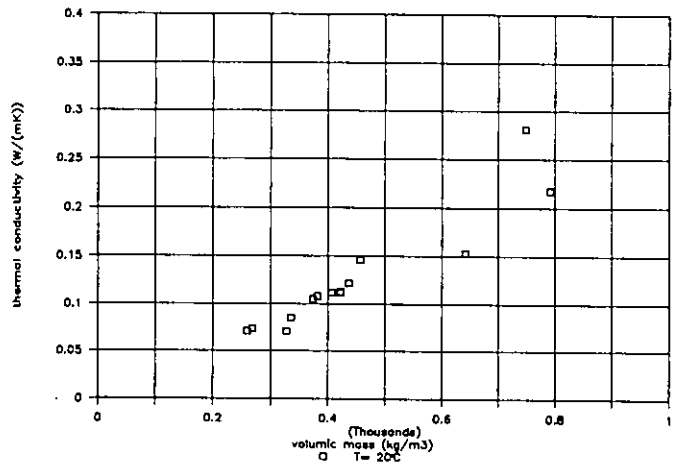


Fig. b4.1: POLYSTYRENE CONCRETE:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. volumic mass

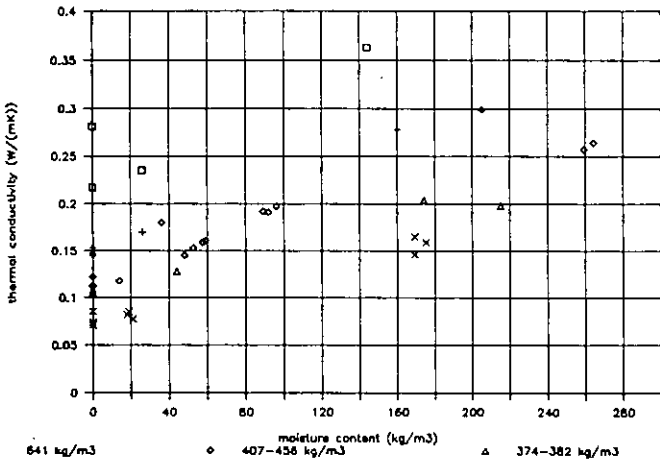


Fig. b4.2: POLYSTYRENE CONCRETE:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. moisture content

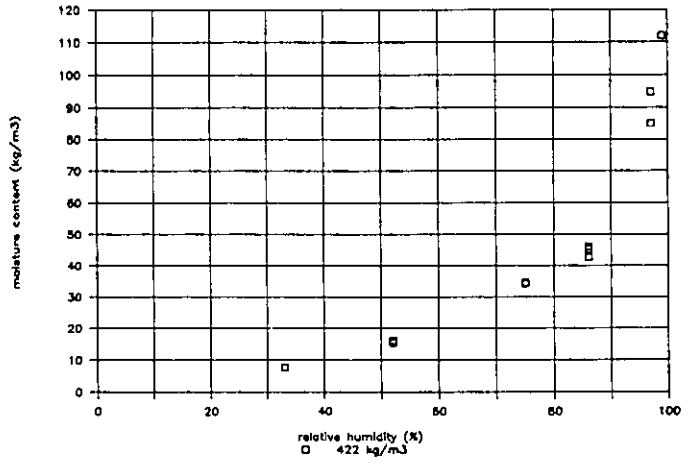


Fig. b4.3: POLYSTYRENE CONCRETE:  
suction curve

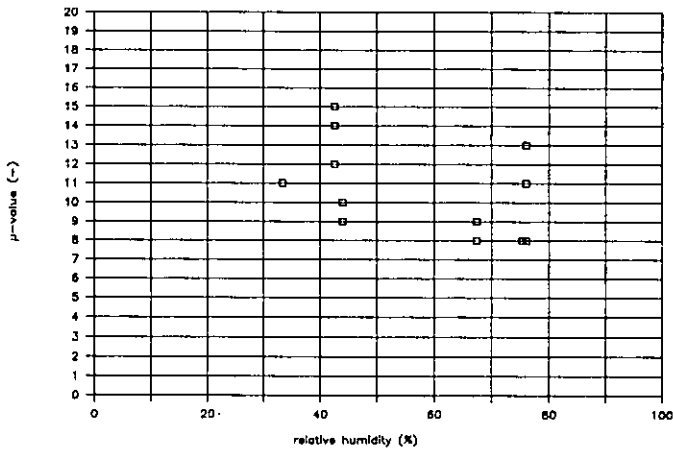


Fig. b4.4: POLYSTYRENE CONCRETE:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. relative humidity

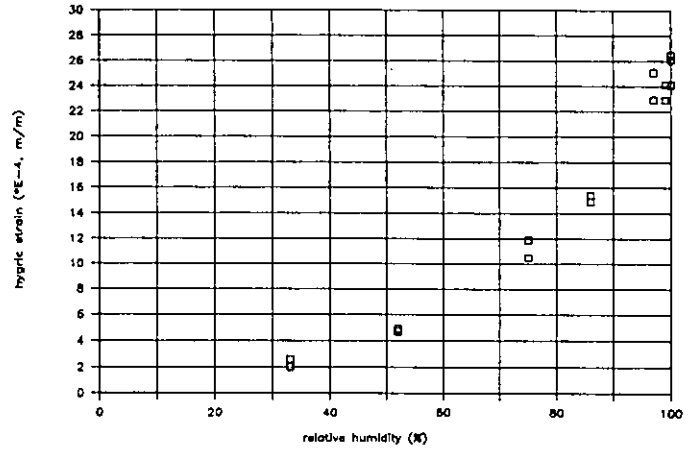


Fig. b4.5: POLYSTYRENE CONCRETE:  
hygric strain  
vs. relative humidity

## b: BUILDING MATERIALS

## b4 POLYSTYRENE CONCRETE

DENSITY :  $259 \leq \rho \leq 792 \text{ kg/m}^3$

## THERMAL PROPERTIES

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : depends of concentration of MPS-pearls;  
 $\rho = 259 \text{ kg/m}^3$  :  $c=1370 \text{ J/(kg.K)}$   
 $\rho = 792 \text{ kg/m}^3$  :  $c=1018 \text{ J/(kg.K)}$

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. b4.1, fig. b4.2

$259 \leq \rho \leq 792 \text{ kg/m}^3$  :  $0.041 \cdot \exp(0.002317 \cdot \rho) \text{ (W/(m.K))}$   
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w = 0 \text{ kg/m}^3$   $r^2 = 0.898$ ; 14 meas.

$\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w \leq 200 \text{ kg/m}^3$  :  $A_1 + A_2 \cdot w \text{ (W/(m.K))}$

$\rho(\text{kg/m}^3)$	$A_1$	$A_2$	meas.	$r^2$
327	0.069	$4,5 \cdot 10^{-4}$	3	0.998
382	0.106	$5,6 \cdot 10^{-4}$	3	0.998
456	0.149	$7,3 \cdot 10^{-3}$	3	0.998
792	0.213	$1,0 \cdot 10^{-3}$	3	0.996

$\rho = 422 \text{ kg/m}^3$ ,  $0 \leq \theta \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$  :  $B_1 + B_2 \cdot \theta \text{ (W/(m.K))}$

$w(\text{kg/m}^3)$	$B_1$	$B_2$	meas.	$r^2$
0	0.112	$1,3 \cdot 10^{-4}$	10	0.120
94	0.171	$1,2 \cdot 10^{-3}$	6	0.858
262	0.231	$1,5 \cdot 10^{-3}$	6	0.890

## HYGRIC PROPERTIES

H.1.1 MOISTURE CONTENT ( $\text{kg/m}^3$ ,  $\varphi$  in % )

- suction curve : fig. b4.3 ( $\rho = 422 \text{ kg/m}^3$ )  
sorption :  $\varphi / (-0.00007 \cdot \varphi^2 - 0.03867 \cdot \varphi + 5.5785)$   
- saturation moisture content :  $489 \text{ kg/m}^3$  ( $\rho = 422 \text{ kg/m}^3$ )

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $(199 - 1.23 \cdot \varphi)^{\frac{1}{2}}$   
(fig. b4.4)  $357 \leq \rho \leq 425 \text{ kg/m}^3$   
 $r^2 = 0.96$ ; 16 meas.  
 $\varphi$  in %

H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY :  $4,6 \cdot 10^{-10} \cdot \exp(0.064 \cdot w) \text{ (m}^2/\text{s)}$   
 $\rho = 422 \text{ kg/m}^3$   
 $w$  in  $\text{kg/m}^3$

H.3.2 WATER SORPTION COEFF. :  $0.026 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{\frac{1}{2}})$  (mean of 13 samples)  
 $360 \leq \rho \leq 457 \text{ kg/m}^3$

H.4.1 HYGRIC STRAIN :  $0,0024 \cdot 10^{-4} \cdot \varphi^2 \text{ (m/m)}$   
(fig. b4.5)  $\rho = 422 \text{ kg/m}^2$

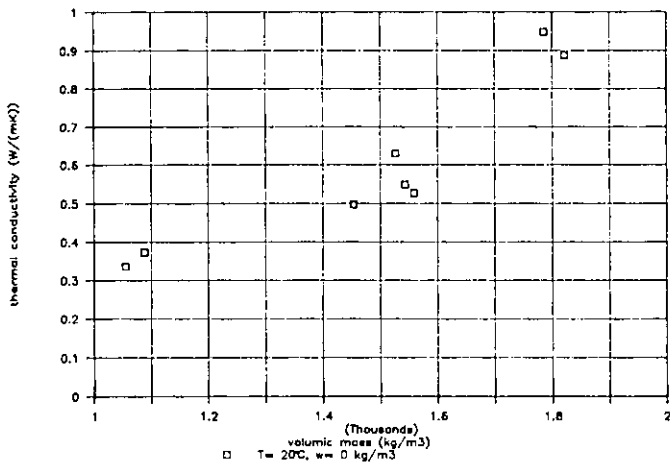


Fig. b5.1: MORTAR:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. volumic mass

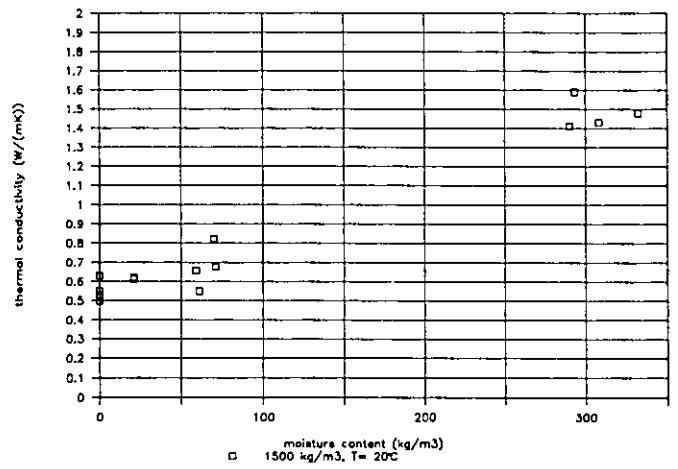


Fig. b5.2: MORTAR:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. moisture content

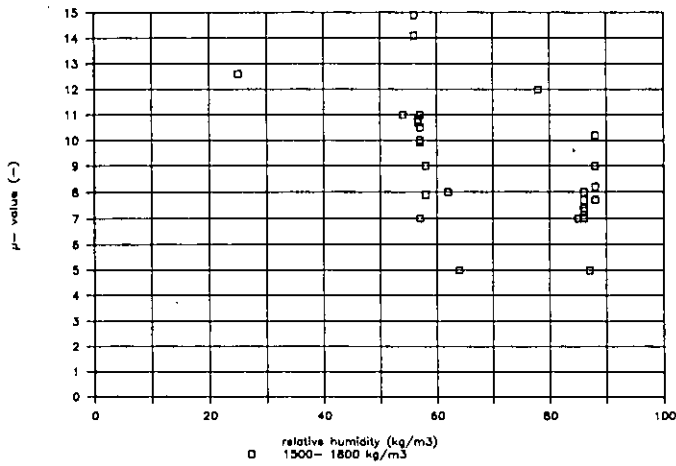


Fig. b5.3: MORTAR:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. relative humidity

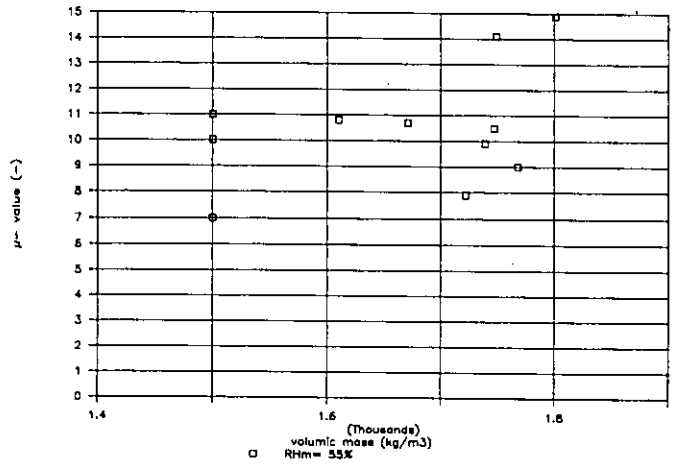


Fig. b5.4: MORTAR:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. volumic mass

b: BUILDING MATERIALS

b5 MORTAR

---

 DENSITY :  $1055 \leq \rho \leq 1822 \text{ kg/m}^3$ 


---

**THERMAL PROPERTIES**T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY :  $840 \text{ J/(kg.K)}$  (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. b5.1, fig. b5.2

 $1055 \leq \rho \leq 1822 \text{ kg/m}^3$  :  $0.088 \cdot \exp(0.00125 \cdot \rho)$  (W/(m.K))  
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w = 0 \text{ kg/m}^3$   $r^2 = 0.920$ ; 8 meas.

 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w \leq 330 \text{ kg/m}^3$  :  $A_1 + A_2 \cdot w$  (W/(m.K))

$\rho(\text{kg/m}^3)$	$A_1$	$A_2$	meas.	$r^2$
1072	0.346	$1,2 \cdot 10^{-3}$	6	0.984
1512	0.526	$3,1 \cdot 10^{-3}$	8	0.960
1800	0.854	$4,5 \cdot 10^{-3}$	6	0.970

---

**HYGRIC PROPERTIES**H.1.1 MOISTURE CONTENT ( $\text{kg/m}^3$ ,  $\varphi$  in %)

- suction curve (1055  $\leq \rho \leq 1822 \text{ kg/m}^3$ )  
 sorption :  $\varphi / (-0.00056 \cdot \varphi^2 + 0.05877 \cdot \varphi + 0.3391)$   
 desorption :  $\varphi / (-0.00022 \cdot \varphi^2 - 0.02542 \cdot \varphi + 0.0099)$   
 - capillary moisture content :  $283 \text{ kg/m}^3$  (mean of 11 samples;  $\sigma = 27 \text{ kg/m}^3$ )

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $1 / [0.0791 + 0.074 \cdot (\varphi/100)^2]$   
(fig. b5.3, fig. b5.4)  $\varphi$  in %H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY :  $C_1 \cdot \exp(C_2 \cdot w)$  ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
(varies from mortar to mortar)

$\rho(\text{kg/m}^3)$	$C_1$	$C_2$
1072	$2,0 \cdot 10^{-9}$	0.0220
1500	$2,7 \cdot 10^{-9}$	0.0204
1807	$1,4 \cdot 10^{-9}$	0.0270

---

 $w$  in  $\text{kg/m}^3$ H.3.2 WATER SORPTION COEFF. :  $0.042 \text{ à } 0.8 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{\frac{1}{2}})$  (measured)  
(varies from mortar to mortar)

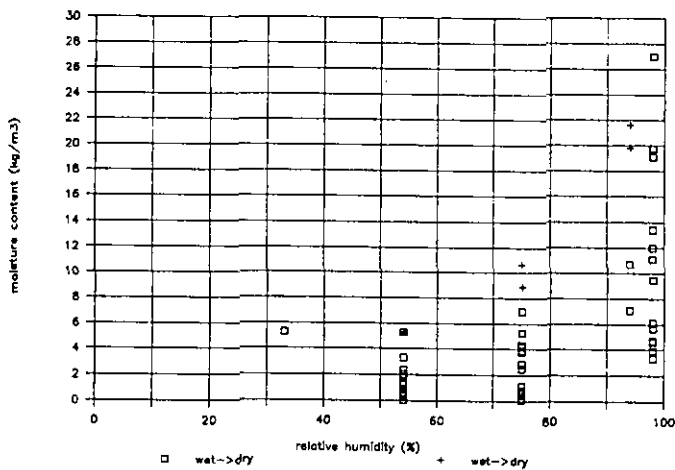


Fig. b6.1: BRICKS:  
suction curve

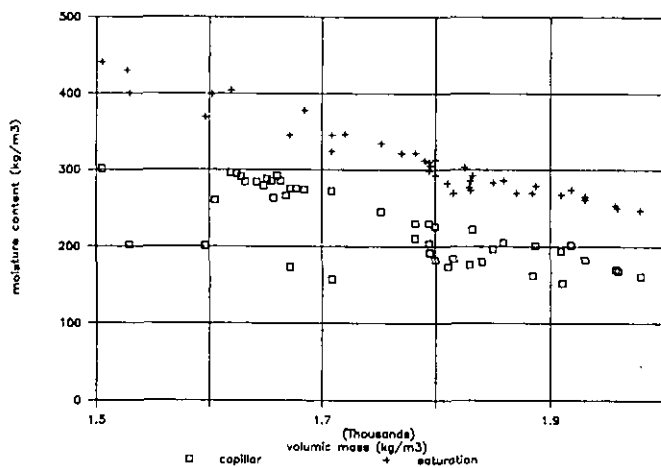


Fig. b6.2: BRICKS:  
capillary moisture content  
saturation moisture cont.

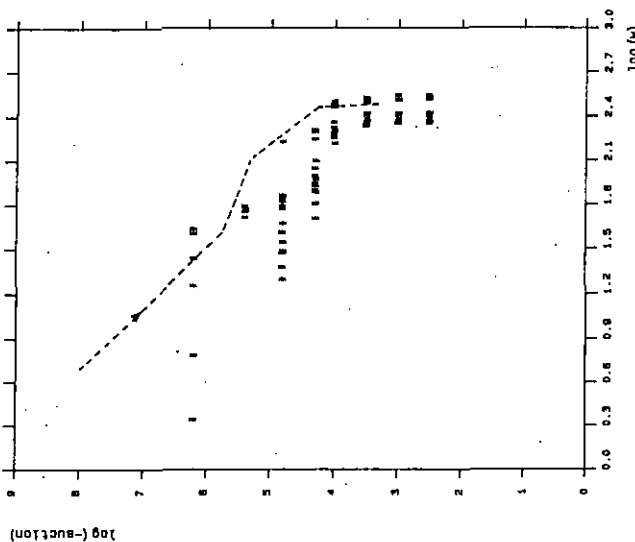


Fig. b6.3: BRICKS:  
moisture retention curve;  
"facade brick Ninove"

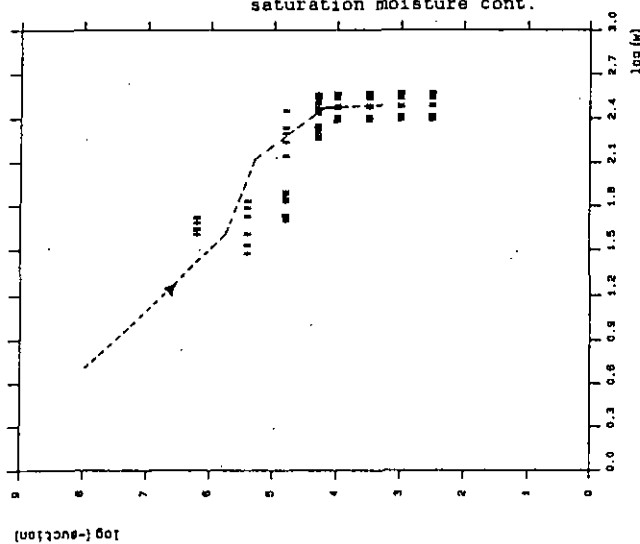


Fig. b6.4: BRICKS:  
moisture retention curve;  
"facade brick La Louviere"

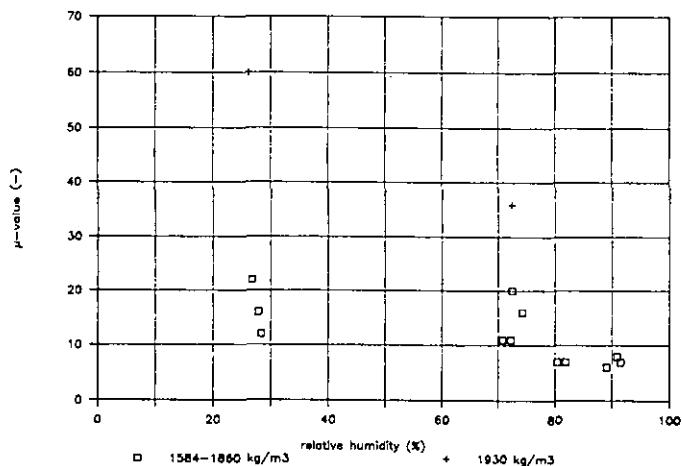


Fig. b6.5: BRICKS:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. relative humidity

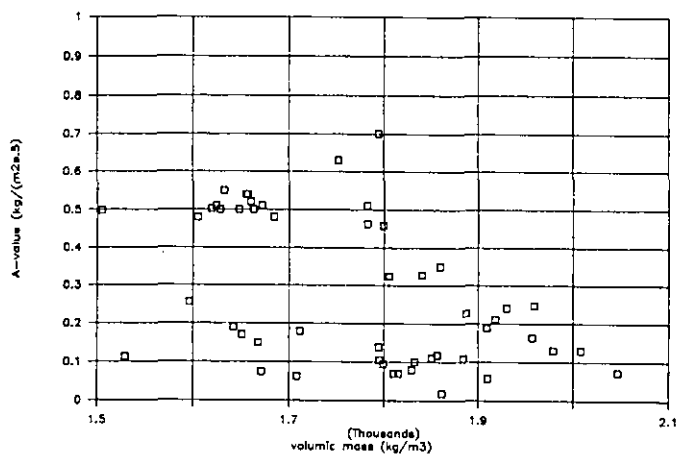


Fig. b6.6: BRICKS:  
water sorption coefficient  
vs. volumic mass

b: BUILDING MATERIAL

**b6 BRICKS**DENSITY :  $1505 \leq \rho \leq 2047 \text{ kg/m}^3$ **THERMAL PROPERTIES**T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY :  $840 \text{ J/(kg.K)}$  (dry material)**HYGRIC PROPERTIES**H.1.1 MOISTURE CONTENT ( $\text{kg/m}^3$ ,  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. b6.1
- sorption :  $\varphi / (-0.00823.\varphi^2 + 9.6489.\varphi - 148.40)$
- critical moisture content :  $\pm 100 \text{ kg/m}^3$
- capillary moisture content :  $730 - 0.287.\rho$  ( $\text{kg/m}^3$ )  
(fig. b6.2)  $1505 \leq \rho \leq 2047 \text{ kg/m}^3$   
 $r^2 = 0.57; 47 \text{ meas.}$
- saturation moisture content :  $1032 - 0.4036.\rho$  ( $\text{kg/m}^3$ )  
(fig. b6.2)  $1505 \leq \rho \leq 2047 \text{ kg/m}^3$   
 $r^2 = 0.93; 40 \text{ meas.}$
- moisture retention curves : fig. b6.3, fig. b6.4

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $1 / [0.0638 + 0.157.(\varphi/100)^6]$   
(fig. b6.5)  $1584 \leq \rho \leq 1860 \text{ kg/m}^3$   
 $\varphi$  in %

H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY :  $C_1.\exp(C_1.w)$  ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
(varies from brick to brick)

$\rho(\text{kg/m}^3)$	$C_1$	$C_2$
1529	$2,1.10^{-9}$	0.0316
1619	$1,9.10^{-8}$	0.022
1918	$7,4.10^{-9}$	0.0316

w in  $\text{kg/m}^3$ 

H.3.2 WATER SORPTION COEFF. : fig. b6.6

- clay-bricks ( $1505 \leq \rho \leq 2000 \text{ kg/m}^3$ ) :  $0.653 - 0.00030.\rho$  ( $\text{kg}/(\text{m}^2.\text{s}^{\frac{1}{2}})$ )
- loam-bricks ( $1628 \leq \rho \leq 2008 \text{ kg/m}^3$ ) :  $1.954 - 0.00087.\rho$  ( $\text{kg}/(\text{m}^2.\text{s}^{\frac{1}{2}})$ )

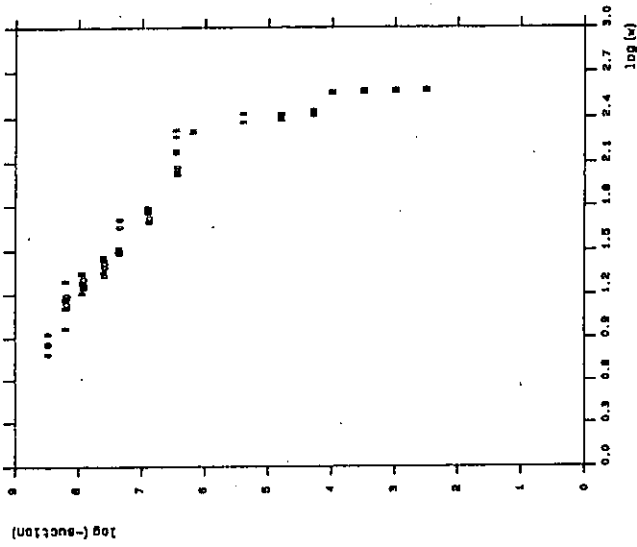


Fig. b7.1: SAND-LIME STONE:  
moisture retention curve

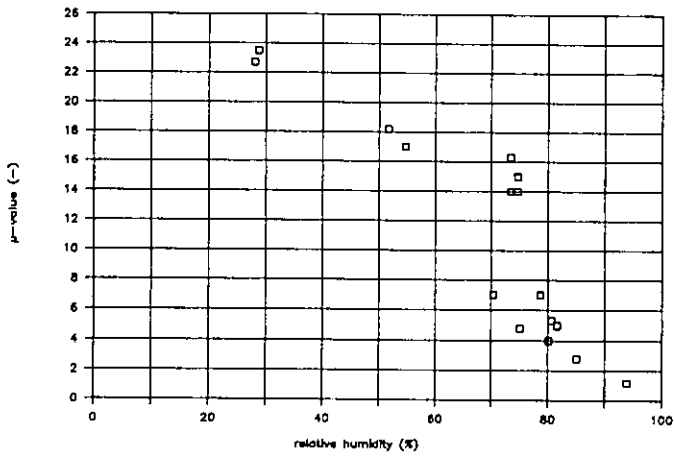


Fig. b7.2: SAND-LIME STONE:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. relative humidity

b: BUILDING MATERIALS

**b7 SAND-LIME STONE**DENSITY :  $1685 \leq \rho \leq 1807 \text{ kg/m}^3$ T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY :  $840 \text{ J/(kg.K)}$ **THERMAL PROPERTIES**

(dry material)

**HYGRIC PROPERTIES**H.1.1 MOISTURE CONTENT ( $\text{kg/m}^3$ ,  $\varphi$  in %)

- suction curve :  $(1685 \leq \rho \leq 1726 \text{ kg/m}^3)$
- sorption :  $\varphi / (-0.00032.\varphi^2 + 0.03881.\varphi + 0.9441)$
- desorption :  $\varphi / (0.00024.\varphi^2 - 0.00840.\varphi + 1.3492)$
- critical moisture content :  $120 \text{ kg/m}^3$  ( $\rho = 1807 \text{ kg/m}^3$ )
- capillary moisture content :  $233 \text{ kg/m}^3$  (mean of 3 samples)
- $1711 \leq \rho \leq 1777 \text{ kg/m}^3$
- moisture retention curve : fig. b7.1

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $(784 - 782.\varphi)^{\frac{1}{2}}$   
(fig. b7.2)  $\varphi$  in %H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY :  $2,2 \cdot 10^{-10} \cdot \exp(0.027.w)$  ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
 $\rho = 1807 \text{ kg/m}^3$   
 $w$  in  $\text{kg/m}^3$ H.3.2 WATER SORPTION COEFF. :  $0.042 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{\frac{1}{2}})$   
 $\rho = 1807 \text{ kg/m}^3$



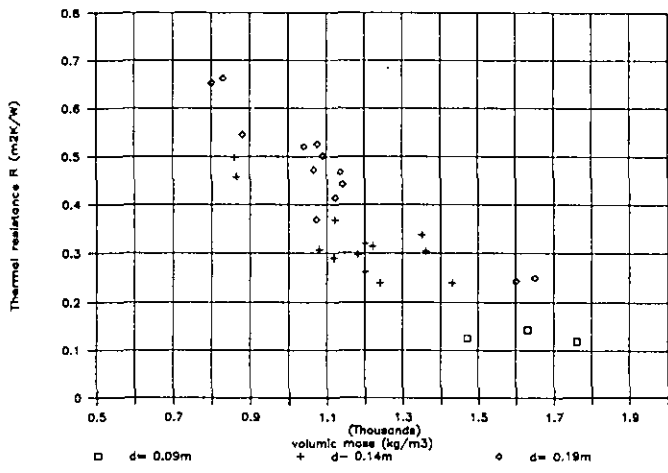


Fig. b8.1: MASONRY, BRICKS:  
 thermal resistance R  
 vs. volumic mass

## b: BUILDING MATERIALS

## b8 MASONRY: BRICKS

DENSITY :  $830 \leq \rho \leq 1760 \text{ kg/m}^3$

## THERMAL PROPERTIES

T.1.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY :  $840 \text{ J/(kg.K)}$  (dry material)

T.2.1 THERMAL RESISTANCE : fig. b8.1

$d = 14 \text{ cm}$   
 $850 \leq \rho \leq 1430 \text{ kg/m}^3$   
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w = 0 \text{ kg/m}^3$   
 :  $1 / [0,98.\exp(0,000994.\rho)] \text{ (m}^2.\text{K/W)}$   
 $r^2 = 0,600$ ; 13 meas.

$d = 19 \text{ cm}$   
 $830 \leq \rho \leq 1630 \text{ kg/m}^3$   
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w = 0 \text{ kg/m}^3$   
 :  $1 / [0,585.\exp(0,001182.\rho)] \text{ (m}^2.\text{K/W)}$   
 $r^2 = 0,962$ ; 12 meas.

$\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $X \leq X_c$  (= cap.), X in %kg/kg  
 :  $1 / [A_1 + A_2.X] \text{ (m}^2.\text{K/W)}$

d(m)	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$A_1$	$A_2$	meas.	$r^2$
0.09	1470	7.94	0.397	3	1
0.14	863	2.09	0.09	8	0.98
	1100	3.35	0.18	4	0.93
	1120	2.72	0.28	3	1
	1180	3.37	0.31	3	1
	1200	3.13	0.32	3	1
	1240	4.17	0.38	3	0.99
0.19	1360	2.96	0.34	3	1
	1430	4.17	0.42	3	0.99
	800	1.53	0.096	3	1
	830	1.51	0.076	4	1
	880	1.83	0.13	3	1
	1100	2.41	0.094	10	0.64
	1140	2.26	0.13	3	1
1650	4.00	0.34	3	1	

## HYGRIC PROPERTIES

H.2.2 DIFFUSION THICKNESS : equivalent value, included mortar joints

d(m)	spec.	samples	$\varphi_m(\%)$	$[\mu d]_{eq}(m)$
0.09	bricks, 6.5x9x19	2	54	1.20
		1	86	0.51
0.09	bricks, acryl painted	2	54	2.20
0.09	bricks, waterrepell.	1	86	0.65
0.09	bricks, glazed	2	86	4.00
0.20	bricks, 6.5x9x19	3	59	1.60
			81	0.61

## H.2.2 DIFFUSION THICKNESS

: equivalent value, included mortar joints

(continued)

d(m)	spec.	samples	$\varphi_m(\%)$	$[\mu d]_{eq}(m)$
0.20	bricks, 6.5x9x19	3	88	0.53
0.14	perfor. bricks 14x19x29	8	58 84	1.30 0.84

## AIR PROPERTIES

## A.2.2 AIR PERMEANCE

:  $a \cdot (\Delta p)^b$ 

(m/(s.Pa))

(Density of air flow in  $m^3/(s.m^2)$ )

d(m)	spec.	samples	a ( $\cdot 10^{-4}$ )	b
0.09	handmade brick 4.5x9x19			
	not joined	6	4.6	-0.33
			$\sigma = 3.7$	0.06
	joined	3	0.29	-0.19
0.09	machine brick 6.5x9x19			
	not joined	9	27.6	-0.43
			$\sigma = 21.6$	0.09
	joined	3	0.32	-0.19
0.14	perforated brick 14x14x29			
	not joined	1	22.9	-0.41
	joined	3	0.18	-0.21
	plastered	1	0.095	-0.22

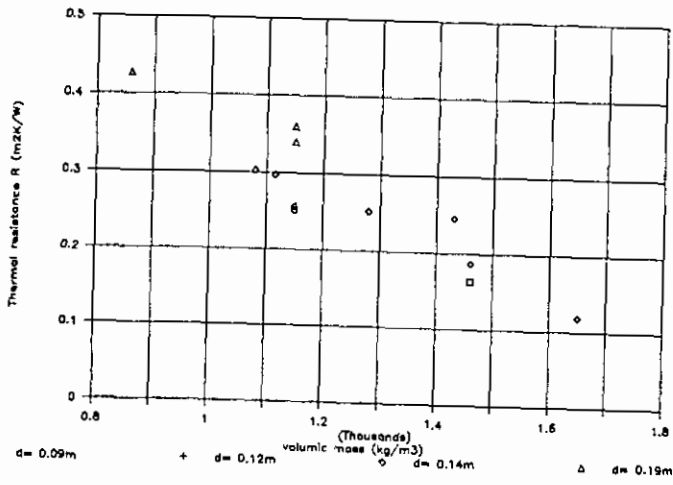


Fig. b9.1: MASONRY, CONCRETE BLOCKS:  
 thermal resistance R  
 vs. volumic mass

b: BUILDING MATERIALS

b9 MASONRY: CONCR. BLOCKS

---

 DENSITY :  $860 \leq \rho \leq 1650 \text{ kg/m}^3$ 


---

**THERMAL PROPERTIES**T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY :  $840 \text{ J/(kg.K)}$  (dry material)

T.2.1 THERMAL RESISTANCE : fig. b9.1

$d = 14 \text{ cm}$   
 $860 \leq \rho \leq 1650 \text{ kg/m}^3$   
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w = 0 \text{ kg/m}^3$

$: 1 / [0.73 \cdot \exp(0.00138 \cdot \rho)] \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K/W})$   
 $r^2 = 0.880$ ; 9 meas.

$\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $X \leq X_c (= \text{cap.})$ , X in %kg/kg

$: 1 / [A_1 + A_2 \cdot X] \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K/W})$

d(m)	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$A_1$	$A_2$	meas.	$r^2$
0.12	980	2.92	0.12	3	1
0.14	1080	3.12	0.24	3	1
	1115	3.37	0.16	3	1
0.19	860	2.35	0.08	3	1

---

**HYGRIC PROPERTIES**

H.2.2 DIFFUSION THICKNESS : equivalent value, included mortar joints

d(m)	spec.	samples	$\varphi_m(\%)$	$[\mu\text{d}]_{\text{eq}}(\text{m})$
0.14	blocks, 14x14x29	2	60	1.30
	960 kg/m <sup>3</sup>	2	86	0.54
0.14	blocks, 14x14x29	1	61	0.61
	1450 kg/m <sup>3</sup>	1	64	0.58
		1	83	0.61
		1	90	0.28

---

**AIR PROPERTIES**
 A.2.2 AIR PERMEANCE :  $a \cdot (\Delta p)^b$  (m/(s.Pa))  
 (Density of air flow in m<sup>3</sup>/(s.m<sup>2</sup>))

(jd. = joined)

d(m)	spec.	samples	a(.10 <sup>-4</sup> )	b
0.09	blocks, 9x9x19			
	1955 kg/m <sup>3</sup> , jd.	1	1.23	-0.12
	1927 kg/m <sup>3</sup> , jd.	1	1.61	-0.14
	1881 kg/m <sup>3</sup> , jd.	1	2.35	-0.18
0.14	hollow blocks, 14x19x39			
	987 kg/m <sup>3</sup> , jd.	1	1.69	-0.09
	954 kg/m <sup>3</sup> , jd.	1	3.46	-0.25
	910 kg/m <sup>3</sup> , jd.	1	5.13	-0.30
0.14	heavy hollow block, 14x14x29			
	not jd.	1	33.6	-0.42
	jd.	2	33.3	-0.27
	plastered	2	0.103	-0.23

---

b: BUILDING MATERIALS

b10 MASONRY: SAND-LIME ST.

DENSITY :  $1170 \leq \rho \leq 1230$  kg/m<sup>3</sup>**THERMAL PROPERTIES**

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 840 J/(kg.K) (dry material)

T.2.1 THERMAL RESISTANCE :

 $\theta = 20$  °C :  $1 / [A_1 + A_2 \cdot X]$  (m<sup>2</sup>.K/W)X ≤ X<sub>c</sub> (= cap.), X in %kg/kg

d(m)	ρ(kg/m <sup>3</sup> )	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	meas.	r <sup>2</sup>
0.14	1140	4.07	0.24	3	1

**HYGRIC PROPERTIES**

H.2.2 DIFFUSION THICKNESS : equivalent value, included mortar joints

d(m)	spec.	samples	φ <sub>m</sub> (%)	[μd] <sub>eq</sub> (m)
0.13	blocks	1	25	3.70

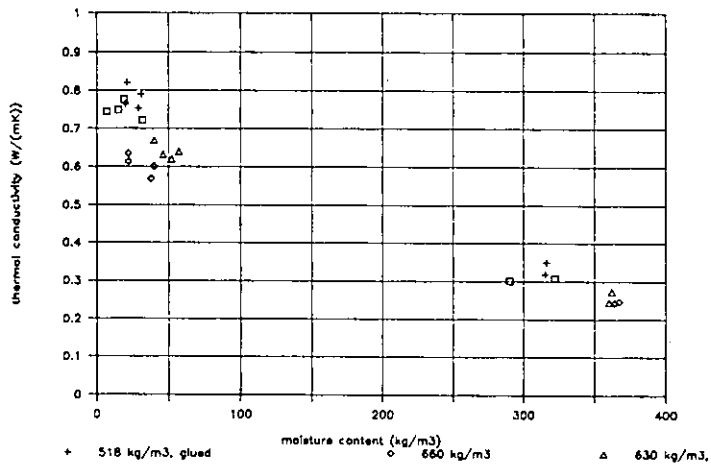


Fig. b11.1: MASONRY, CELLULAR CONCRETE:  
 thermal resistance R  
 vs. moisture content

b: BUILDING MATERIALS

b11 MASONRY: CELL. CONCR.

DENSITY :  $500 \leq \rho \leq 650 \text{ kg/m}^3$ **THERMAL PROPERTIES**T.1.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY :  $840 \text{ J}/(\text{kg.K})$  (dry material)

T.2.1 THERMAL RESISTANCE : fig. b11.1

 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  :  $1 / [A_1 + A_2.w]$  ( $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ ) $w \leq w_c$  (= cap.), w in  $\text{kg/m}^3$ 

d(m)	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$A_1$	$A_2$	meas.	$r^2$
mortar:					
0.15	524	1.23	0.0067	6	0.99
	660	1.44	0.0073	6	1
glued:					
0.15	518	1.13	0.0059	6	0.99
	634	1.20	0.0074	6	0.99
mortar:					
0.18	550	1.25	0.0094	4	1

**AIR PROPERTIES**A.2.2 AIR PERMEANCE :  $a.(\Delta p)^b$  ( $\text{m}/(\text{s.Pa})$ )(Density of air flow in  $\text{m}^3/(\text{s.m}^2)$ )

(v. = vertical joints)

d(m)	spec.	samples	$a(.10^{-4})$	b
0.14	blocks, 14x24x60, 510 $\text{kg/m}^3$			
	glued, open v.	2	1.99	-0.39
	glued, closed v.	1	0.83	-0.36
	plastered	1	0.11	-0.24



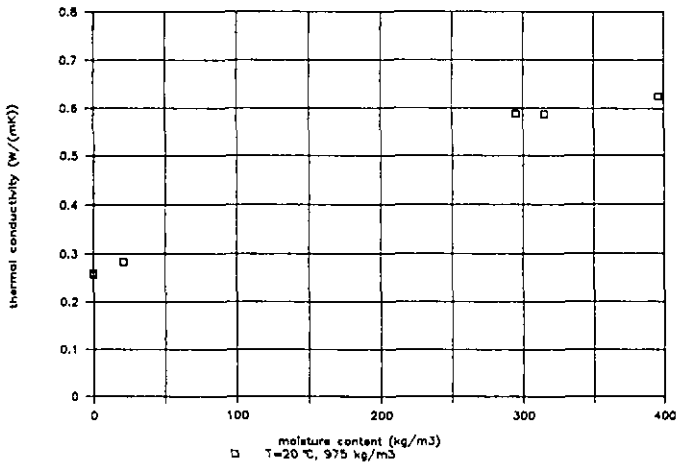


Fig. b12.1: GYPSUM PLASTER:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. moisture content

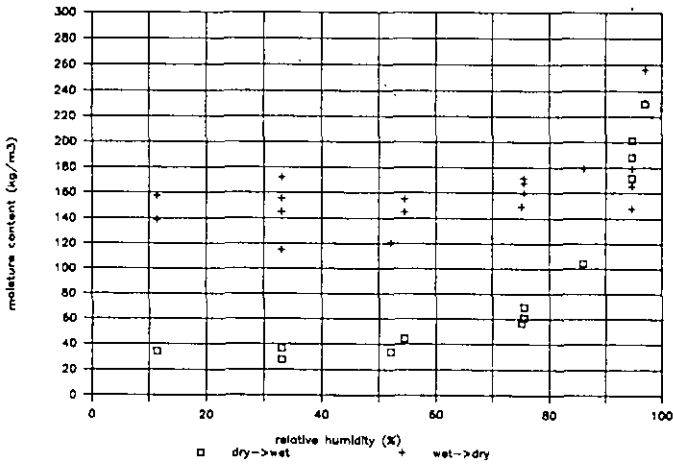


Fig. b12.2: GYPSUM PLASTER:  
suction curve

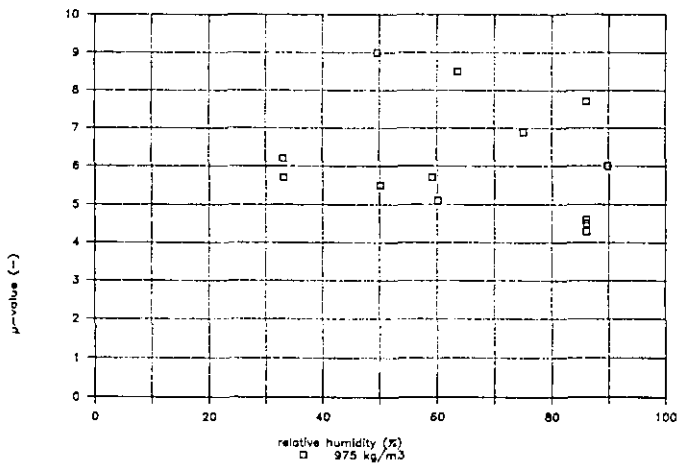


Fig. b12.3: GYPSUM PLASTER:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. relative humidity

b: BUILDING MATERIALS

**b12 GYPSUM PLASTER**DENSITY : 975 kg/m<sup>3</sup>**THERMAL PROPERTIES**

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 840 J/(kg.K) (dry material)  
 T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY :  $0.263 + 0.000995 \cdot w$  (W/(m.K))  
 (fig. b12.1)  $r^2 = 0.988$   
 $w$  in kg/m<sup>3</sup>  
 $\theta = 20$  °C

**HYGRIC PROPERTIES**

H.1.1 MOISTURE CONTENT (kg/m<sup>3</sup>,  $\varphi$  in %)  
 - suction curve : fig. b12.2  
   sorption :  $\varphi / (-0.00056 \cdot \varphi^2 + 0.00997 \cdot \varphi - 0.0398)$   
   desorption :  $\varphi / (-0.00004 \cdot \varphi^2 + 0.00997 \cdot \varphi - 0.0398)$   
 - capillary moisture content : 310 kg/m<sup>3</sup> (mean of 2 samples)

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $1 / [0.1573 + 0.075 \cdot (\varphi/100)^4]$   
 (fig. b12.3)  $\varphi$  in %

H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY :  $1,7 \cdot 10^{-9} \cdot \exp(0.0206 \cdot w)$  (m<sup>2</sup>/s)  
 $w$  in kg/m<sup>3</sup>

H.3.2 WATER SORPTION COEFF. : 0.155 kg/(m<sup>2</sup>·s<sup>1/2</sup>) (mean of 6 samples)

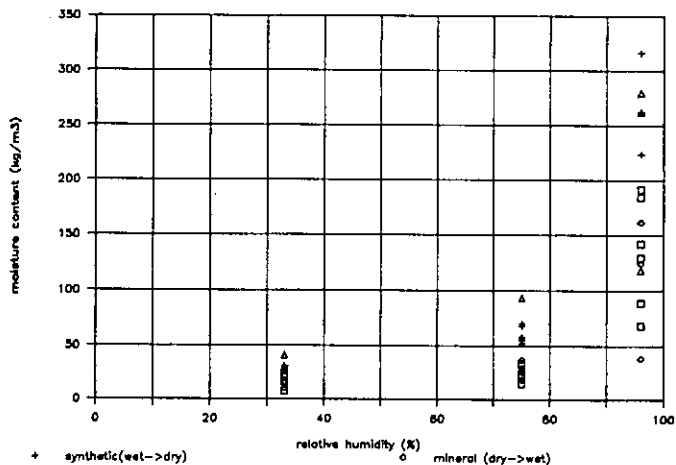


Fig. b13.1: OUTSIDE RENDERING:  
suction curve

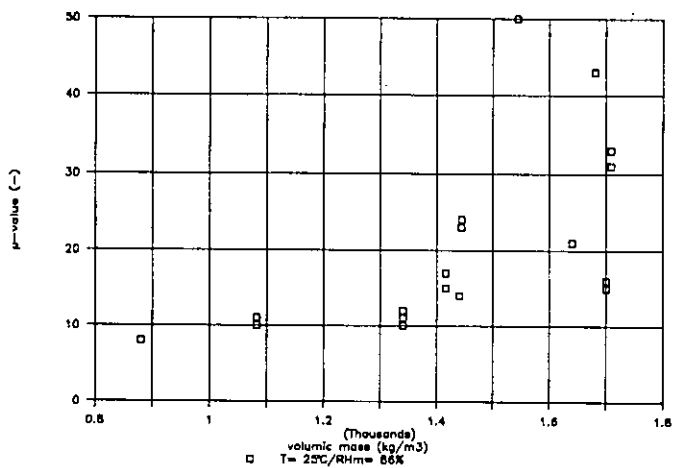


Fig. b13.2: OUTSIDE RENDERING:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. volumic mass

b: BUILDING MATERIALS

b13 OUTSIDE RENDERING

DENSITY :  $878 \leq \rho \leq 1736 \text{ kg/m}^3$ 

## THERMAL PROPERTIES

T.4.1 SPECIFIC THERMAL STRAIN :  $10,9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$   
 $\rho = 1736 \text{ kg/m}^3$   
 $\sigma = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

## HYGRIC PROPERTIES

H.1.1 MOISTURE CONTENT ( $\text{kg/m}^3$ ,  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. b13.1  
 The important spread in measuring results, depending of the type of outside rendering, makes an overall curve useless

- capillary moisture content :  $185 \text{ kg/m}^3$  (mean of 27 samples)  
 $878 \leq \rho \leq 1736 \text{ kg/m}^3$   
 $\sigma = 68.1 \text{ kg/m}^3$   
 no correlation with density

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR (fig. b13.2) :  $1.86 \cdot \exp(0.00156 \cdot \rho)$   
 $880 \leq \rho \leq 1709 \text{ kg/m}^3$   
 $r^2 = 0.543$ ; 19 meas.  
 $\varphi = 86\%$

$\rho(\text{kg/m}^3)$	$\varphi(\%)$	$\mu(-)$
1680	86	43
	95	15

H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY :  $C_1 \cdot \exp(C_2 \cdot w)$  ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

extremes:		
$\rho(\text{kg/m}^3)$	$C_1$	$C_2$
878	$4,4 \cdot 10^{-12}$	0.027
1341	$2,1 \cdot 10^{-11}$	0.019

H.3.2 WATER SORPTION COEFF. :  $0.0128 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{\frac{1}{2}})$  (mean of 28 samples)  
 $\sigma = 0.0077 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{\frac{1}{2}})$   
 extremes:  $0.0039 \leq A \leq 0.029 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{\frac{1}{2}})$

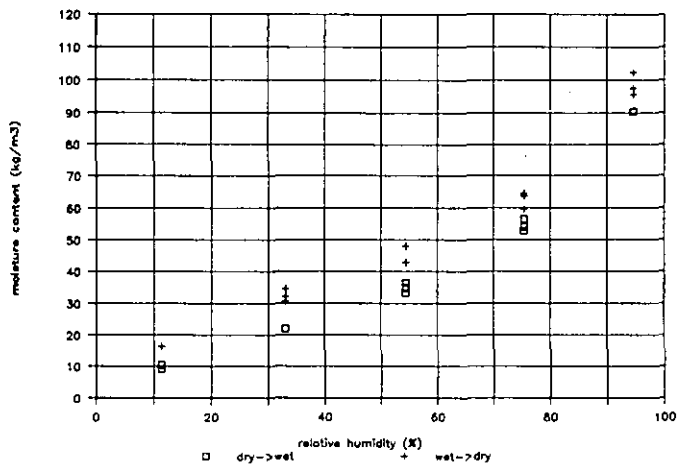


Fig. b14.1: TIMBER:  
 (Red pine, 400 kg/m³)  
 suction curve

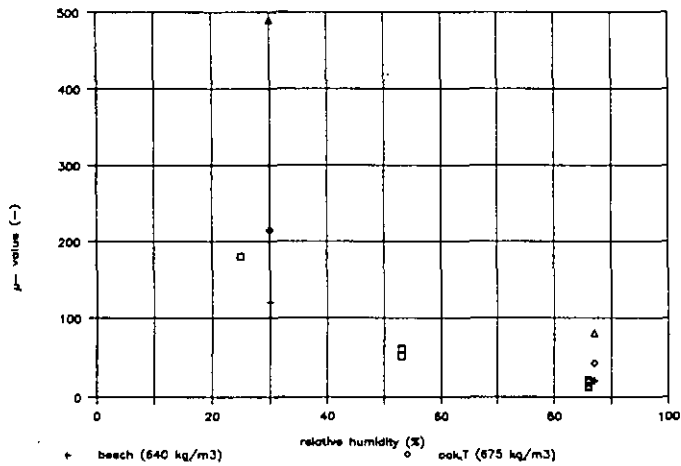


Fig. b14.2: TIMBER:  
 vapour resistance factor  $\mu$   
 vs. relative humidity

## b: BUILDING MATERIALS

## b15 PARTICLE BOARD

---

 DENSITY :  $570 \leq \rho \leq 800 \text{ kg/m}^3$ 


---

## THERMAL PROPERTIES

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY :  $1880 \text{ J/(kg.K)}$  (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. b15.1

 $587 \leq \rho \leq 702 \text{ kg/m}^3$  :  $0.095 + 0.000094 \cdot (\rho - 550)$  (W/(m.K))  
 $\theta = 20^\circ\text{C}$ ,  $w = 0 \text{ kg/m}^3$   $r^2 = 0.265$ ; 16 meas.

 $587 \leq \rho \leq 702 \text{ kg/m}^3$  :  $0.106 + 1,3 \cdot 10^{-4} \cdot w + 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot w^2$  (W/(m.K))  
 $\theta = 20^\circ\text{C}$   $r^2 = 0.980$ ; 47 meas.

## HYGRIC PROPERTIES

H.1.1 MOISTURE CONTENT ( $\text{kg/m}^3$ ,  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. b15.2
- sorption: :  $\varphi / (-0.00156 \cdot \varphi^2 + 0.18329 \cdot \varphi + 1.5642)$
- desorption: :  $\varphi / (-0.00054 \cdot \varphi^2 + 0.07355 \cdot \varphi + 2.6176)$
- critical moisture content :  $600 \text{ kg/m}^3$  (mean of 16 samples)  
 $\sigma = 85 \text{ kg/m}^3$
- capillary moisture content : see critical
- maximal moisture content : see critical

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $A_1 \cdot \exp(A_2 \cdot \rho)$   
(fig. b15.3)

$\varphi(\%)$	$A_1$	$A_2$	$r^2$
25	0.654	0.00732	0.654
86	0.293	0.00769	0.783

 H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY : (UF)  $2,3 \cdot 10^{-13} \cdot \exp(0.01 \cdot w)$  ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
 (UF, UMF, FF = type of resin) : (UMF)  $2,3 \cdot 10^{-13} \cdot \exp(0.01 \cdot w)$  ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
 : (FF)  $4,5 \cdot 10^{-12} \cdot \exp(0.01 \cdot w)$  ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
 $w$  in  $\text{kg/m}^3$ 

 H.3.2 WATER SORPTION COEFF. : (UF)  $0.0035 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2})$  (mean of 20 samples)  
 : (UMF)  $0.0035 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2})$   
 : (FF)  $0.0220 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2})$  (mean of 10 samples)

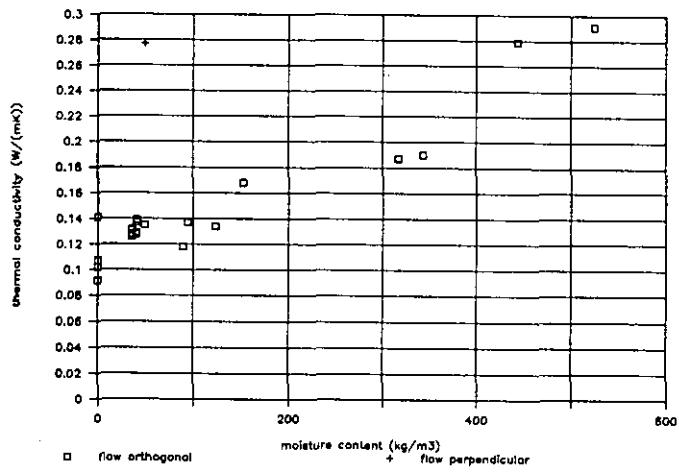


Fig. b16.1: PLYWOOD:  
 thermal conductivity  $\lambda$   
 vs. moisture content

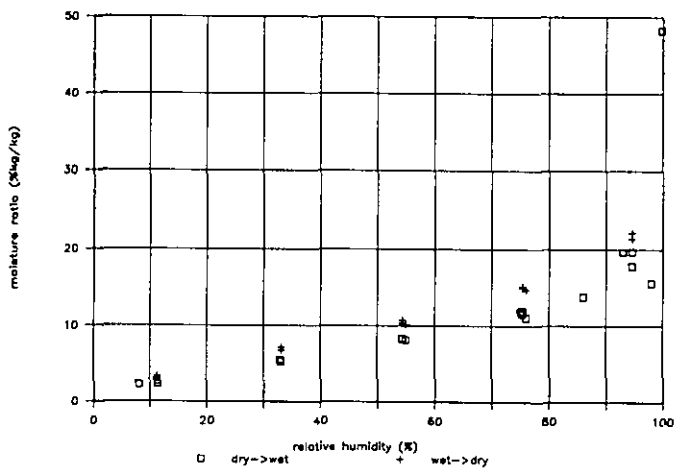


Fig. b16.2: PLYWOOD (442 - 585 kg/m³):  
 suction curve

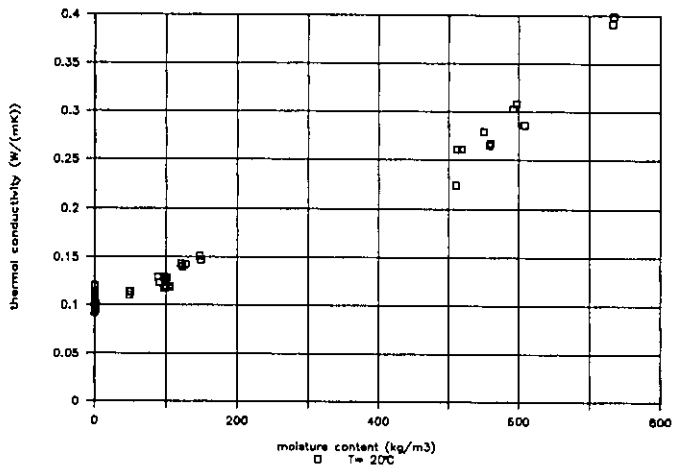


Fig. b15.1: PARTICLE BOARD:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. moisture content

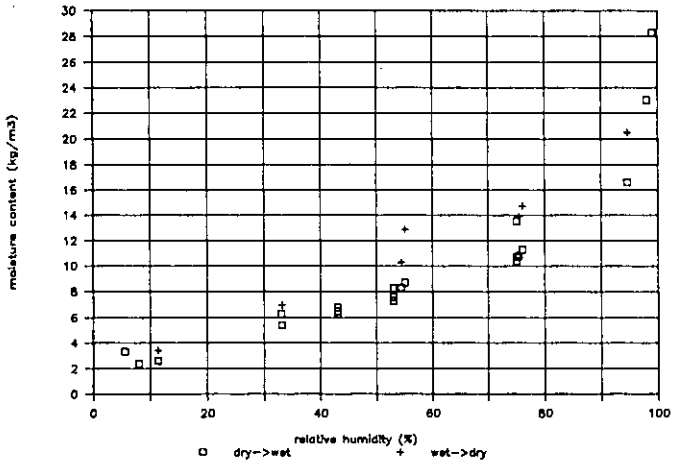


Fig. b15.2: PARTICLE BOARD:  
suction curve

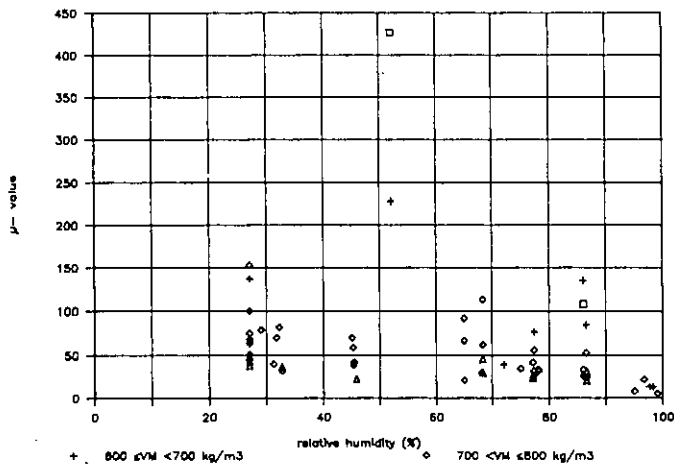


Fig. b15.3: PARTICLE BOARD:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. relative humidity



b: BUILDING MATERIALS

**b14 TIMBER**


---

 DENSITY : 400 (pine)  $\leq \rho \leq$  690 (beech) kg/m<sup>3</sup>


---

**THERMAL PROPERTIES**

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 1880 J/(kg.K) (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : 0.11 W/(m.K)

pine

 $\theta = 20$  °Cw = 0 kg/m<sup>3</sup>**HYGRIC PROPERTIES**H.1.1 MOISTURE CONTENT (kg/m<sup>3</sup>,  $\varphi$  in %)

- suction curve for pine : fig. b14.1  
 sorption :  $\varphi / (-0.00026.\varphi^2 + 0.02687.\varphi + 0.8949)$   
 desorption :  $\varphi / (-0.00021.\varphi^2 - 0.02595.\varphi + 0.4091)$

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR : 1 / [0.0021.exp(0.0396. $\varphi$ )]  
(fig. b14.2)

pine

 $r^2 = 0.975$ : 1 / [0.0038.exp(0.0294. $\varphi$ )]

beech

 $r^2 = 0.99$  $\varphi$  in %H.3.2 WATER SORPTION COEFF. : 0.0040 kg/(m<sup>2</sup>.s<sup>1/2</sup>)pine,  $\perp$  fibres: 0.0163 kg/(m<sup>2</sup>.s<sup>1/2</sup>)

pine, // fibres

b: BUILDING MATERIALS

b16 PLYWOOD

DENSITY :  $445 \leq \rho \leq 799 \text{ kg/m}^3$

## THERMAL PROPERTIES

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 1880 J/(kg.K) (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. b16.1

$445 \leq \rho \leq 692 \text{ kg/m}^3$  :  $0.094 + 0.000175 \cdot (\rho - 445)$  (W/(m.K))  
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w = 0 \text{ kg/m}^3$   $r^2 = 0.265$ ; 4 meas.

$445 \leq \rho \leq 799 \text{ kg/m}^3$  :  $0.112 + 3.1 \cdot 10^{-4} \cdot w$  (W/(m.K))  
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$   $r^2 = 0.90$ ; 21 meas.

## HYGRIC PROPERTIES

H.1.1 MOISTURE CONTENT (% kg/kg (X) or kg/m<sup>3</sup> (w),  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. b16.2  
 sorption ( $X_h$ ) :  $\varphi / (-0.00131 \cdot \varphi^2 + 0.14673 \cdot \varphi + 2.7558)$   
 desorption ( $X_h$ ) :  $\varphi / (-0.00074 \cdot \varphi^2 + 0.08840 \cdot \varphi + 2.6371)$   
 - critical moisture content : 435 kg/m<sup>3</sup>  
 - capillary moisture content : see critical  
 - maximal moisture content : see critical

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $50.8 \cdot \exp(0.0047 \cdot \rho - 0.03866 \cdot \varphi)$   
 $r^2 = 0.72$   
 $\varphi$  in %

H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY :  $3,2 \cdot 10^{-13} \cdot \exp(0.015 \cdot w)$  (m<sup>2</sup>/s)  
 $w$  in kg/m<sup>3</sup>

H.3.2 WATER SORPTION COEFF. : 0.003 kg/(m<sup>2</sup>·s<sup>1/2</sup>) (mean of 9 samples)

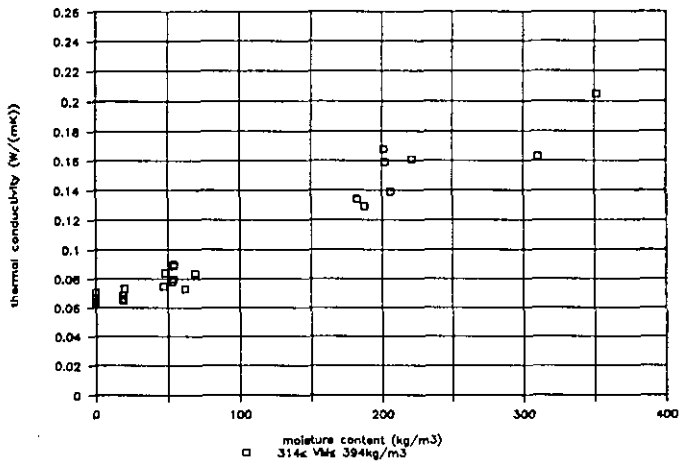


Fig. b17.1: WOODWOOL CEMENT (314 - 394 kg/m<sup>3</sup>):  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. moisture content

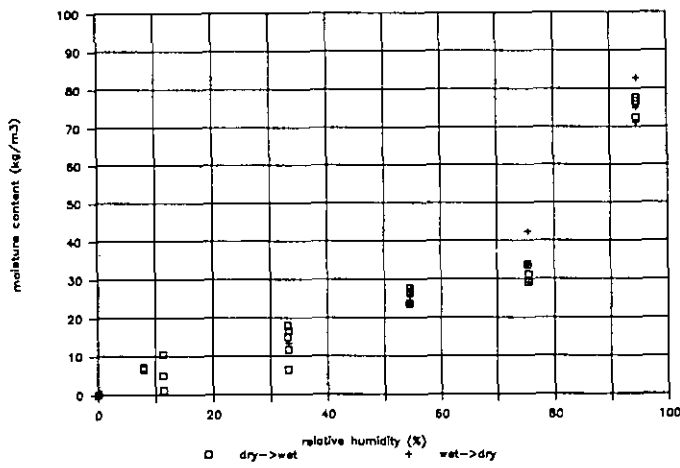


Fig. b17.2: WOODWOOL CEMENT (375 - 767 kg/m<sup>3</sup>):  
suction curve

## b: BUILDING MATERIALS

## b17 WOODWOOL CEMENT

---

 DENSITY :  $314 \leq \rho \leq 767 \text{ kg/m}^3$ 


---

## THERMAL PROPERTIES

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 1880 J/(kg.K) (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. b17.1

$$314 \leq \rho \leq 394 \text{ kg/m}^3$$

$$\theta = 20^\circ\text{C}$$
 :  $0.056 + 2,7 \cdot 10^{-5} \cdot \rho$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.1; 8 \text{ meas.}$ 

$$314 \leq \rho \leq 394 \text{ kg/m}^3$$

$$\theta = 20^\circ\text{C}$$
 :  $0.0631 + 0.000395 \cdot w$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.953; 28 \text{ meas.}$ 


---

## HYGRIC PROPERTIES

H.1.1 MOISTURE CONTENT (% kg/kg (X) or kg/m<sup>3</sup> (w),  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. b17.2  
 sorption ( $X_h$ ) :  $\varphi / (-0.00074 \cdot \varphi^2 - 0.06408 \cdot \varphi + 23.434)$   
 - critical moisture content : 180 kg/m<sup>3</sup> ( $\rho = 360 \text{ kg/m}^3$ )  
 - capillary moisture content : 240 kg/m<sup>3</sup> ( $\rho = 360 \text{ kg/m}^3$ )

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $\pm 4$ H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY :  $6,2 \cdot 10^{-12} \cdot \exp(0.027 \cdot w)$  (m<sup>2</sup>/s)  
 $w$  in kg/m<sup>3</sup>H.3.2 WATER SORPTION COEFF. : 0.007 kg/(m<sup>2</sup>·s<sup>1/2</sup>)

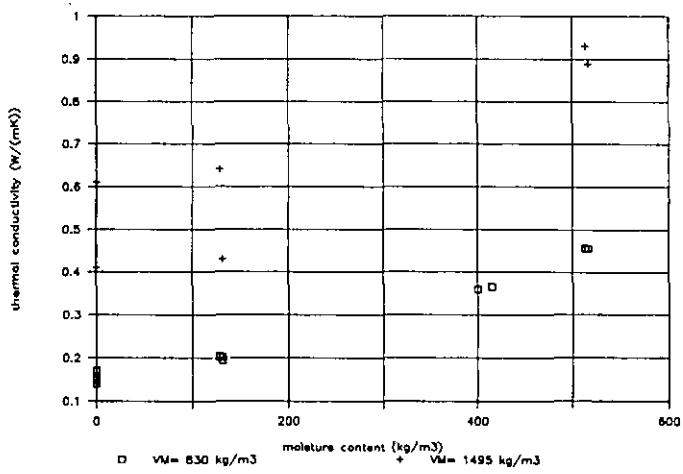


Fig. b18.1: FIBRE CEMENT:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. moisture content

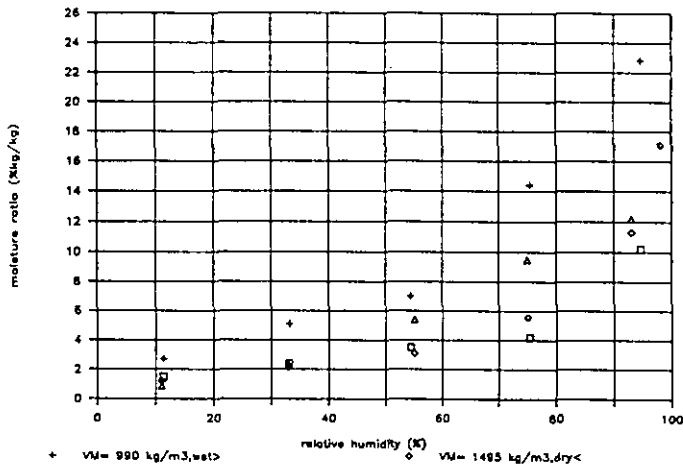


Fig. b18.2: FIBRE CEMENT:  
suction curve

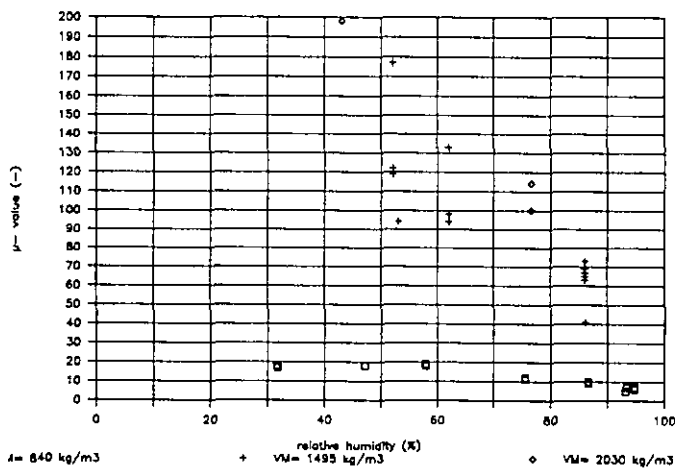


Fig. b18.3: FIBRE CEMENT:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. relative humidity

## b: BUILDING MATERIALS

**b18 FIBRE CEMENT**DENSITY :  $823 \leq \rho \leq 2052 \text{ kg/m}^3$ **THERMAL PROPERTIES**T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY :  $840 \text{ J/(kg.K)}$  (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. b18.1

 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  :  $A_1 + A_2 \cdot w$  ( $W/(m.K)$ )

$\rho(\text{kg/m}^3)$	$A_1$	$A_2$	$r^2$
823-862	0.14	$5,8 \cdot 10^{-4}$	(12 meas.) 0.98
1495	0.42	$1,2 \cdot 10^{-3}$	(6 meas.) 1.0

**HYGRIC PROPERTIES**H.1.1 MOISTURE CONTENT ( $\text{kg/m}^3$ ,  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. b18.2
  - sorption ( $\rho = 990 \text{ kg/m}^3$ ) :  $\varphi / (-0.00047 \cdot \varphi^2 + 0.05465 \cdot \varphi + 0.1549)$
  - ( $\rho = 1495 \text{ kg/m}^3$ ) :  $\varphi / (-0.00033 \cdot \varphi^2 + 0.03439 \cdot \varphi + 0.2747)$
  - desorption ( $\rho = 990 \text{ kg/m}^3$ ) :  $\varphi / (-0.00018 \cdot \varphi^2 + 0.01849 \cdot \varphi + 0.2458)$
  - ( $\rho = 1495 \text{ kg/m}^3$ ) :  $\varphi / (-0.00003 \cdot \varphi^2 - 0.00156 \cdot \varphi + 0.9172)$
- critical moisture content :  $350 \text{ kg/m}^3$  ( $\rho = 840 \text{ kg/m}^3$ )
- capillary moisture content :  $358 \text{ kg/m}^3$  ( $\rho = 1495 \text{ kg/m}^3$ )
- maximal moisture content :  $430 \text{ kg/m}^3$  ( $\rho = 1495 \text{ kg/m}^3$ )

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR : fig. b18.3

$\rho(\text{kg/m}^3)$	$\mu(-)$
840	$1 / [0.045 + 0.140 \cdot (\varphi/100)^4]$
1495	$1 / [0.007 + 0.017 \cdot (\varphi/100)^4]$
2052	$(76133 - 74491 \cdot \varphi)^{\frac{1}{2}}$

 $\varphi$  in %H.3.1 MOISTURE DIFFUSIVITY :  $3,4 \cdot 10^{-11} \cdot \exp(0.018 \cdot w) \text{ (m}^2/\text{s)}$   
 $840 \leq \rho \leq 1495 \text{ kg/m}^3$ H.3.2 WATER SORPTION COEFF. :  $0.024 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{s}^{\frac{1}{2}})$

i: INSULATING MATERIALS

i1 CORK

DENSITY :  $\rho \geq 111 \text{ kg/m}^3$ **THERMAL PROPERTIES**

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 1880 J/(kg.K) (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : 0.042 W/(m.K)  
 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}, w = 0 \text{ kg/m}^3$ **HYGRIC PROPERTIES**H.1.1 MOISTURE CONTENT (kg/m<sup>3</sup>,  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. i1.1  
 sorption :  $\varphi / (-0.00255 \cdot \varphi^2 + 0.36705 \cdot \varphi + 5.3979)$   
 - critical moisture content : 60 kg/m<sup>3</sup>

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR : 22 (no  $\varphi$ -influence under 88%)  
 $\sigma = 2.3; 7 \text{ meas.}$

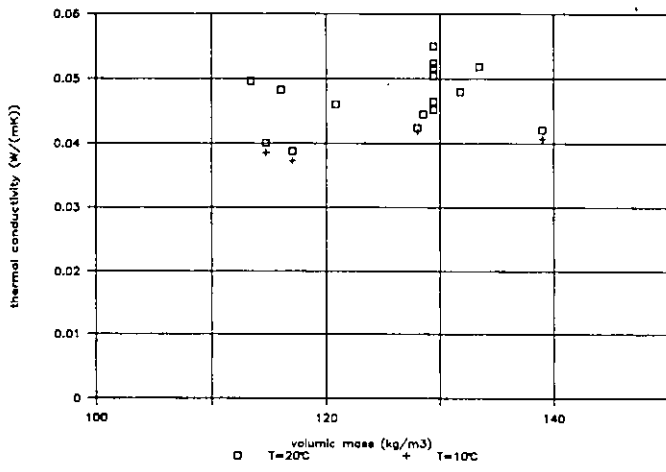


Fig. i2.1: CELLULAR GLASS:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. volumic mass

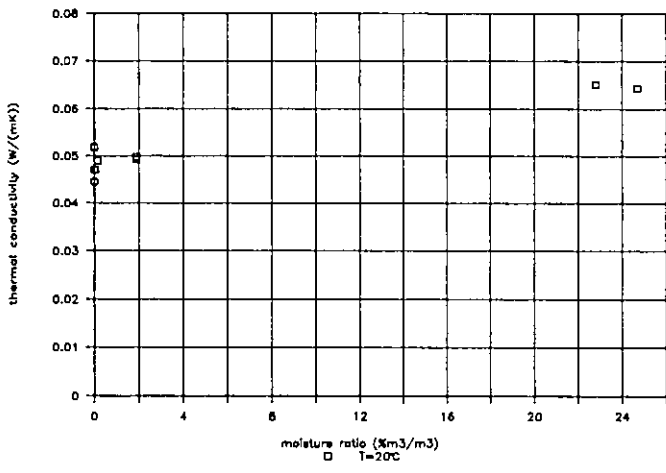


Fig. i2.2: CELLULAR GLASS:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs moisture ratio



i: INSULATING MATERIALS

i2 CELLULAR GLASS

DENSITY :  $114 \leq \rho \leq 140 \text{ kg/m}^3$

**THERMAL PROPERTIES**

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 840 J/(kg.K) (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. i2.1, fig. i2.2

$\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $w = 0 \text{ kg/m}^3$  :  $0.0405 + 0.000189 \cdot (\rho - 100)$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.084$ ; 20 meas.

$\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\rho = 128.5 \text{ kg/m}^3$  :  $0.0478 + 0.00079 \cdot w$  (W/(m.K))  
 (moistening by frost-thaw)  $r^2 = 0.934$ ; 10 meas.

$\rho = 129 \text{ kg/m}^3$  :  $0.0464 + 0.000242 \cdot \theta$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.96$ ; 5 meas.

**HYGRIC PROPERTIES**

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR : 5000 à 70000

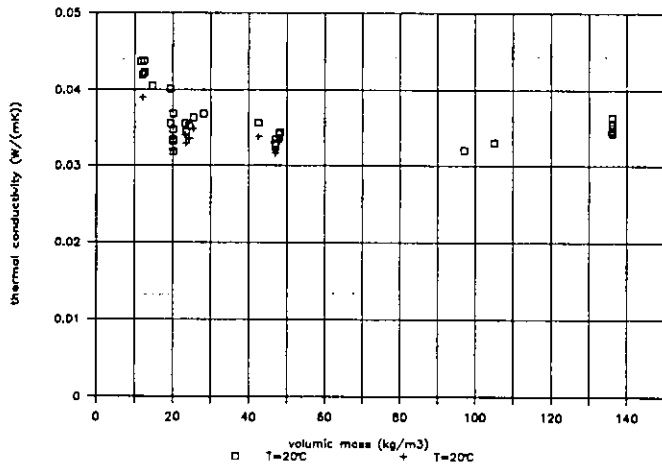


Fig. 13.1: GLASS-WOOL:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. volumic mass

i: INSULATING MATERIALS

**i3 GLASS-WOOL**DENSITY :  $11.6 \leq \rho \leq 136 \text{ kg/m}^3$ **THERMAL PROPERTIES**

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 840 J/(kg.K) (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. i3.1

 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  :  $0.0262 + 5,6 \cdot 10^{-5} \cdot \rho + 0.184/\rho$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.711$ ; 32 meas.

 $\rho = 47 \text{ kg/m}^3$  :  $0.0315 + 0.000118 \cdot \theta$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.308$ ; 12 meas.
**HYGRIC PROPERTIES**H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR : 1.2 (mean of 3 meas.)  
 $19 \leq \rho \leq 102 \text{ kg/m}^3$ **AIR PROPERTIES**H.2.1 AIR PERMEABILITY :  $k_a = 4,3 \cdot 10^{-3} \cdot \rho^{-1.3}$  (s)

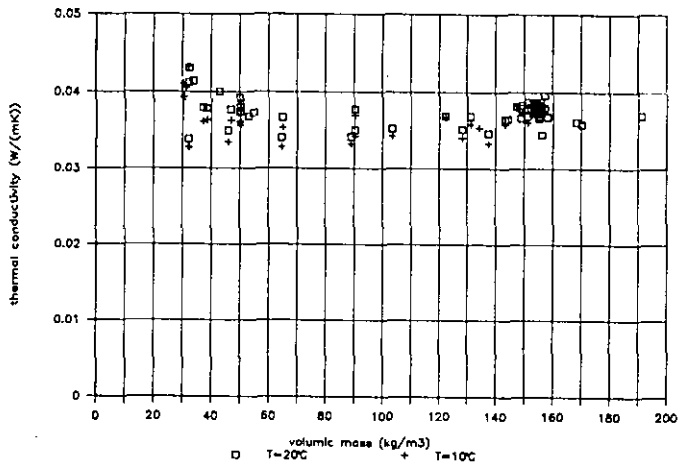


Fig. i4.1: ROCK-WOOL:  
 thermal conductivity  $\lambda$   
 vs. volumic mass

i: INSULATING MATERIALS

i4 ROCK-WOOL

DENSITY :  $32 \leq \rho \leq 191 \text{ kg/m}^3$ **THERMAL PROPERTIES**T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY :  $840 \text{ J/(kg.K)}$  (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. i4.1

 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  :  $0.0311 + 3,2 \cdot 10^{-5} \cdot \rho + 0.221/\rho$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.105; 76 \text{ meas.}$ 
 $\rho = 140 \text{ kg/m}^3$  :  $0.036 + 0.00063 \cdot \theta$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.100; 16 \text{ meas.}$ 
**HYGRIC PROPERTIES**H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR : 1.5 (mean of 14 meas.)  
 $148 \leq \rho \leq 172 \text{ kg/m}^3$ **AIR PROPERTIES**H.2.1 AIR PERMEABILITY :  $k_a = 2 \cdot 10^{-2} \cdot \rho^{-1.5}$  (s)

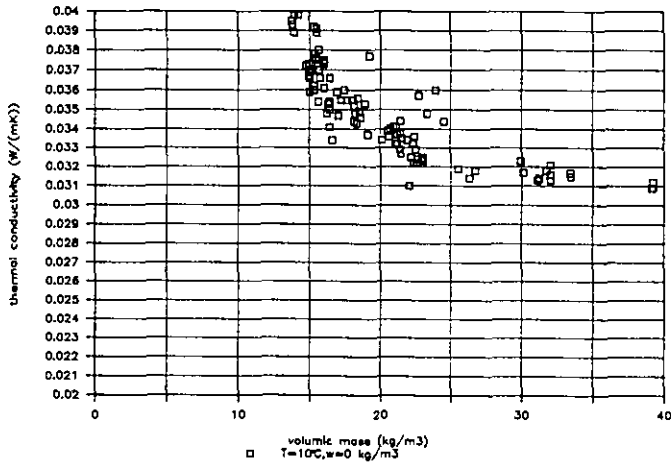


Fig. i5.1: EXPANDED POLYSTYRENE (MPS):  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. volumic mass;  $\theta = 10^\circ\text{C}$

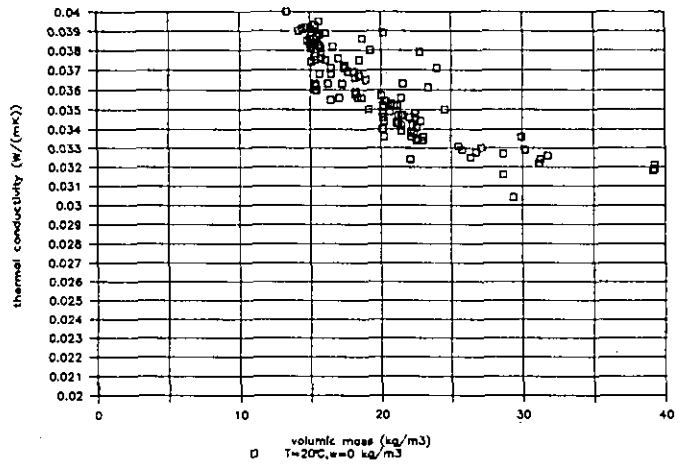


Fig. i5.2: EXPANDED POLYSTYRENE (MPS)  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. volumic mass;  $\theta = 20^\circ\text{C}$

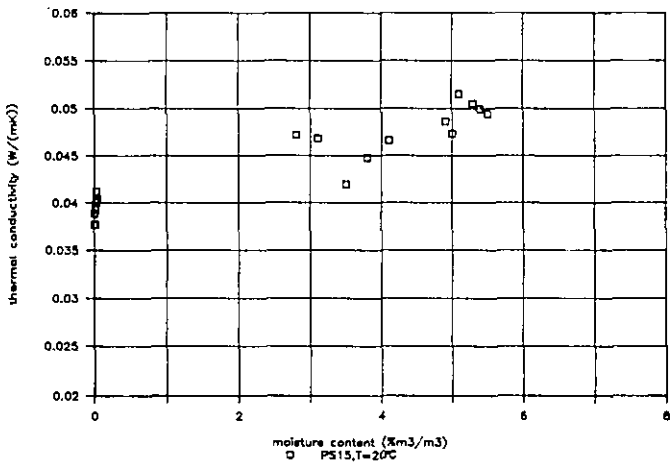


Fig. i5.3: EXPANDED POLYSTYRENE (MPS):  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. moisture content

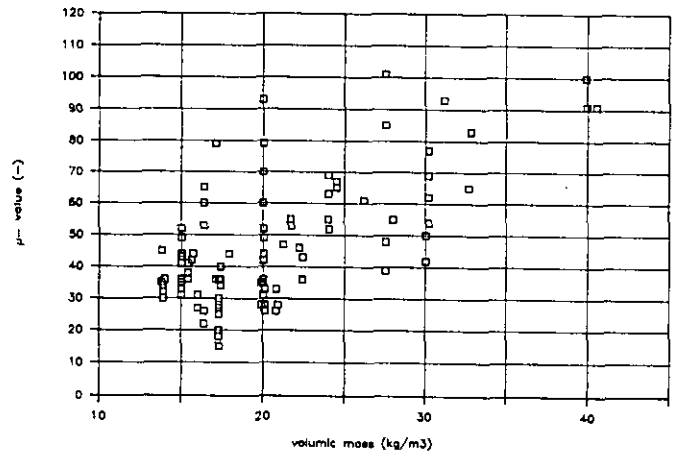


Fig. i5.4: EXPANDED POLYSTYRENE (MPS)  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. volumic mass

i: INSULATING MATERIALS

i5 EXPANDED POLYSTYRENE

DENSITY :  $13 \leq \rho \leq 40 \text{ kg/m}^3$ 

## THERMAL PROPERTIES

T.1.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY :  $1470 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. i5.1, fig. i5.2, fig. i5.3

:  $A_1 + A_2 \cdot \rho + A_3/\rho$  (W/(m.K))

$\theta$ (°C)	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$r^2$
10	0.0174	$1,9 \cdot 10^{-4}$	0.258	(101 m.) 0.817
20	0.0210	$1,2 \cdot 10^{-4}$	0.239	(125 m.) 0.804

 $\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  :  $B_1 + B_2 \cdot w$  (W/(m.K))

$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$B_1$	$B_2$	$r^2$
15	0.0393	0.00189	(19 m.) 0.875
20	0.0344	0.00199	(15 m.) 0.794
25	0.0326	0.00274	( 9 m.) 0.774
30	0.0331	0.00123	( 6 m.) 0.758

 $\rho = 15 \text{ kg/m}^3$  :  $0.0353 + 0.0167 \cdot d^{1/2}$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.322$ ; 42 meas. $\rho = 15 \text{ kg/m}^3$  :  $0.0354 + 0.00016 \cdot \theta$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.287$ ; 83 meas.

## HYGRIC PROPERTIES

H.2.1.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $35 + 2.11 \cdot (\rho - 15)$   
(fig. i5.4)  
 $15 \leq \rho \leq 40 \text{ kg/m}^3$   
 $\sigma(35) = 14$ ;  $\sigma(2.11) = 0.25$   
 $r^2 = 0.42$ ; 100 meas.

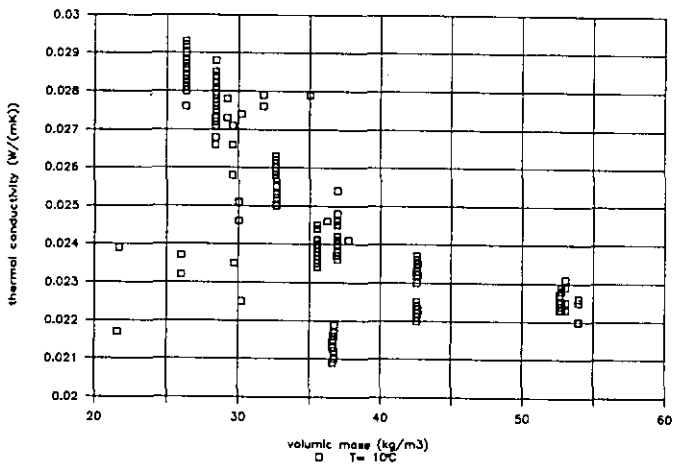


Fig. 16.1: EXTRUDED POLYSTYRENE (EPS):  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. volumic mass;  $\theta = 10^\circ\text{C}$

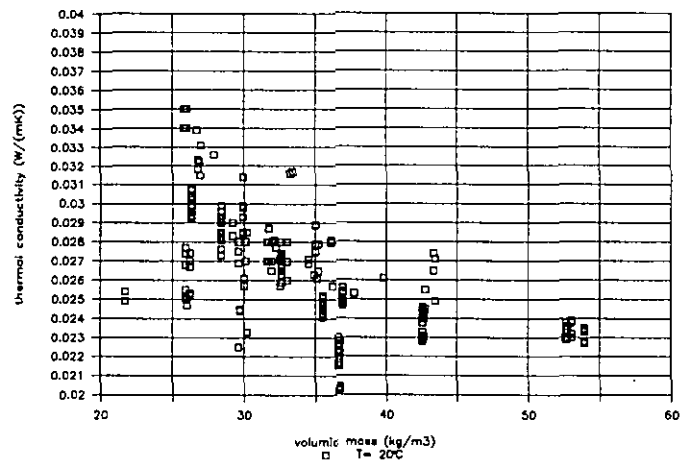


Fig. 16.2: EXTRUDED POLYSTYRENE (EPS)  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. volumic mass;  $\theta = 20^\circ\text{C}$

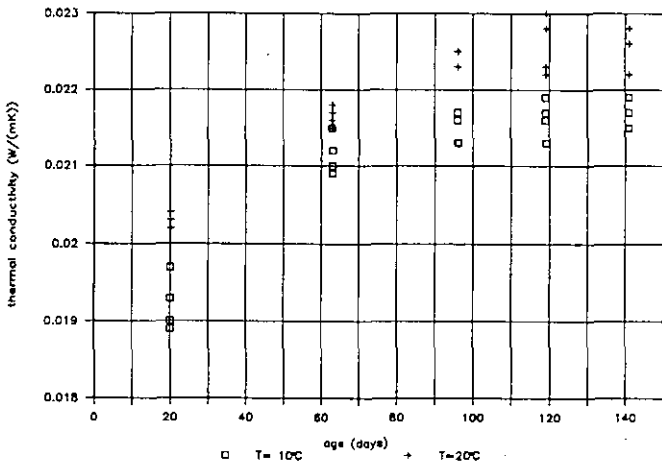


Fig. 16.3: EXTRUDED POLYSTYRENE (EPS):  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. time

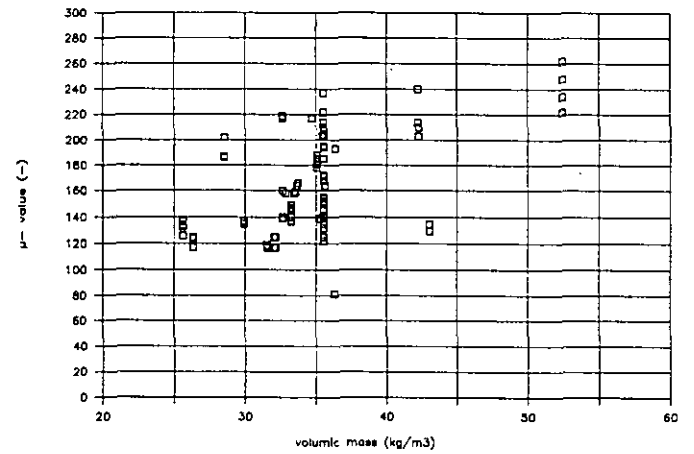


Fig. 16.4: EXTRUDED POLYSTYRENE (EPS)  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. volumic mass



i: INSULATING MATERIALS

i6 EXTRUDED POLYSTYRENE

DENSITY :  $25 \leq \rho \leq 55 \text{ kg/m}^3$ **THERMAL PROPERTIES**

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 1470 J/(kg.K) (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. i6.1, fig. i6.2,  
fig. i6.3 (= influence of time) $\theta = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  :  $0.0085 + 1.10^{-4} \cdot \rho + 0.428/\rho$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.525$ ; 185 meas. $\theta = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  :  $0.0241 + 1,3 \cdot 10^{-4} \cdot w + 5,9 \cdot 10^{-5} \cdot w^2$  (W/(m.K))  
 $\rho = 35 \text{ kg/m}^3$   $r^2 = 0.957$ ; 32 meas.**HYGRIC PROPERTIES**H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR : 164 (mean value;  $\sigma = 38$ )  
(fig. i6.4):  $114 + 3.42 \cdot (\rho - 20)$   
 $25 \leq \rho \leq 40 \text{ kg/m}^3$   
 $\sigma(114) = 33$ ;  $\sigma(3.42) = 0.61$   
 $r^2 = 0.28$ ; 84 meas.:  $160 + 0.451/d$   
 $\rho = 26 \text{ kg/m}^3$   
 $r^2 = 0.02$ ; 31 meas.  
d in m

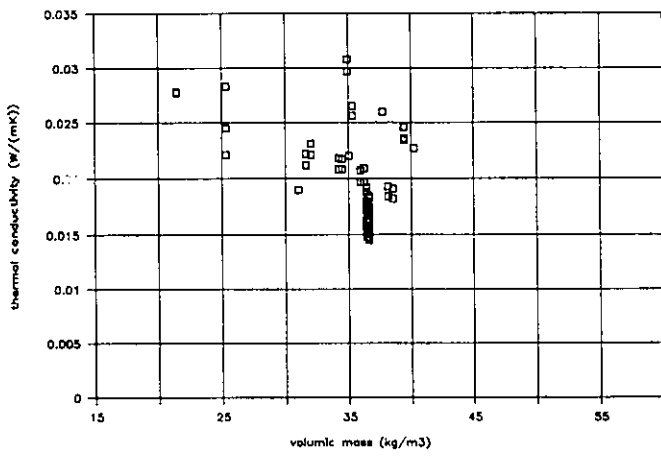


Fig. i7.1: PUR/PIR-FOAM:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. volumic mass

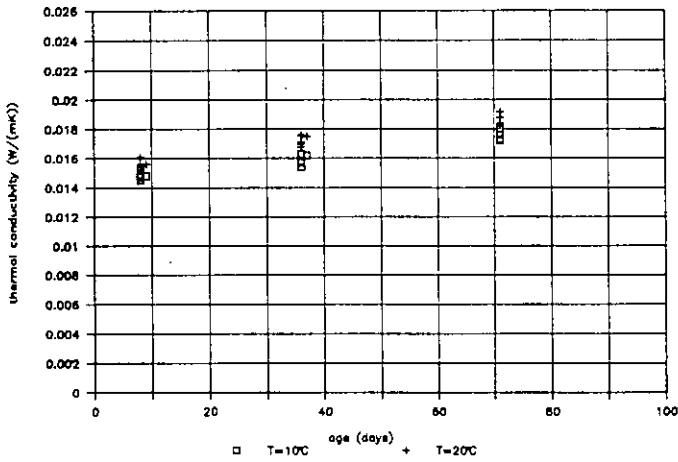


Fig. i7.2: PUR/PIR-FOAM:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. time

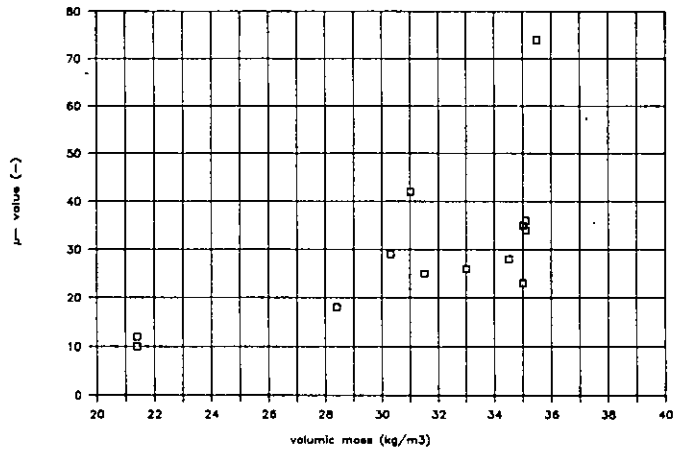


Fig. 17.3: PUR/PIR-FOAM:  
vapour resistance factor  $\mu$   
vs. volumic mass

i: INSULATING MATERIALS

i7 PUR/PIR-FOAM

DENSITY :  $20 \leq \rho \leq 40 \text{ kg/m}^3$ **THERMAL PROPERTIES**

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 1470 J/(kg.K) (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. i7.1, fig. i7.2 (=influence of time)

$$\theta = 20 \text{ }^\circ\text{C} : -0.020 + 4,6 \cdot 10^{-4} \cdot \rho + 0.839/\rho \text{ (W/(m.K))}$$

$$r^2 = 0.225; 61 \text{ meas.}$$
**HYGRIC PROPERTIES**H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR : 29 (mean value;  $\sigma = 15.8$ ; 14 meas.)  
(fig. i7.3)
$$: 1.7 \cdot \exp(0.088 \cdot \rho)$$

$$20 \leq \rho \leq 40 \text{ kg/m}^3$$

$$r^2 = 0.69; 14 \text{ meas.}$$

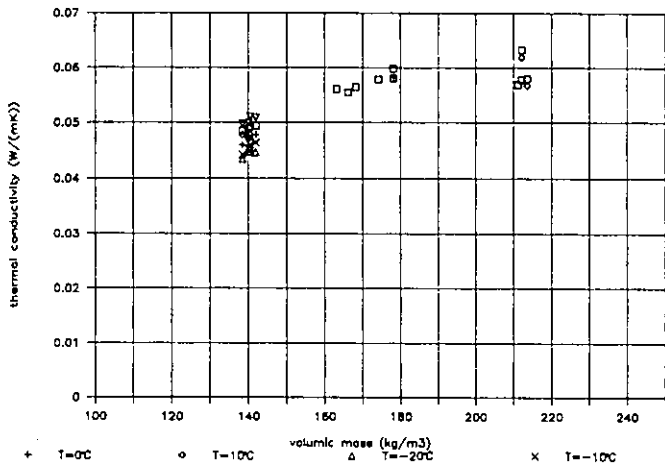


Fig. i8.1: PERLITE BOARD:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. volumic mass

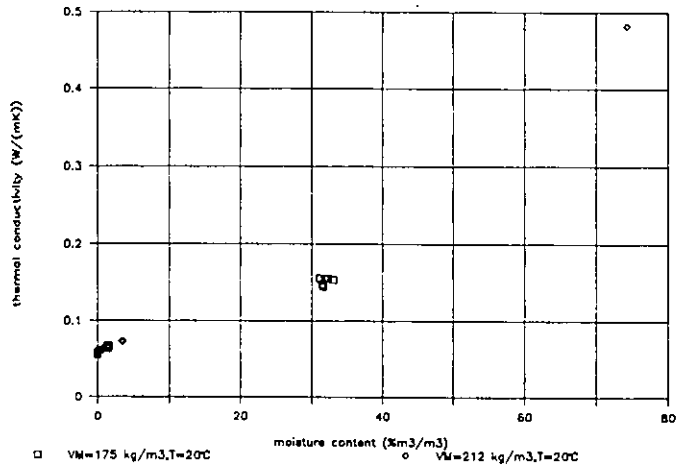


Fig. i8.2: PERLITE BOARD:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. moisture content

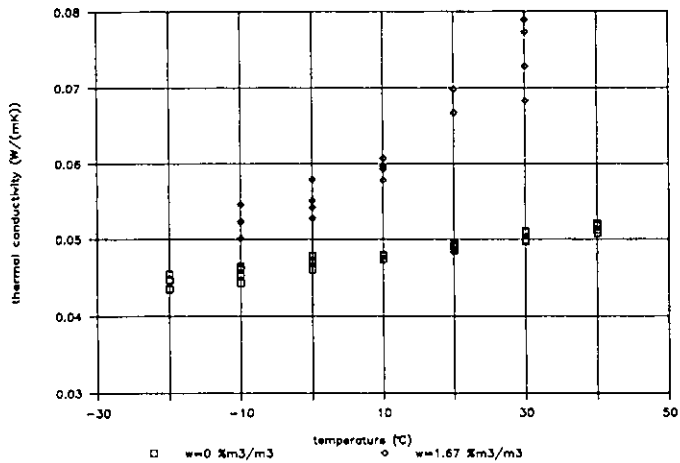


Fig. i8.3: PERLITE BOARD:  
thermal conductivity  $\lambda$   
vs. temperature

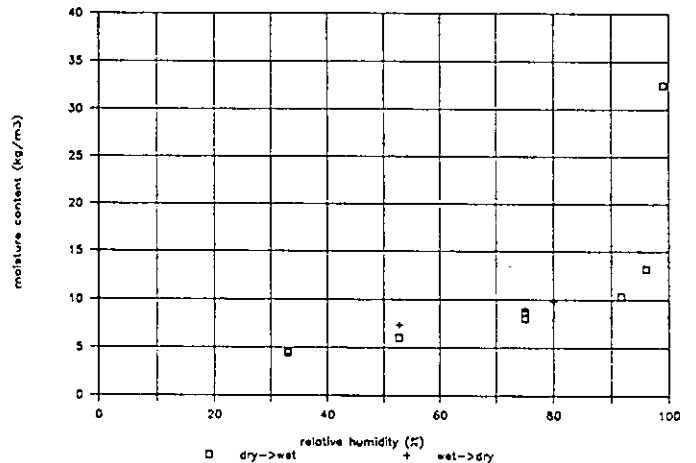


Fig. i8.4: PERLITE BOARD:  
suction curve

## i: INSULATING MATERIALS

## i8 PERLITE BOARD

DENSITY :  $135 \leq \rho \leq 215 \text{ kg/m}^3$

## THERMAL PROPERTIES

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY :  $1000 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  (dry material)

T.2.1 THERMAL CONDUCTIVITY : fig. i8.1, fig. i8.2, fig i8.3

$\theta = 20^\circ\text{C}$ ,  $w = 0 \text{ kg/m}^3$  :  $0.0455 + 0.000135 \cdot (\rho - 100)$  (W/(m.K))  
 $r^2 = 0.694$ ; 15 meas.

$\theta = 20^\circ\text{C}$  :  $B_1 + B_2 \cdot w$  (W/(m.K))

$\rho(\text{kg/m}^3)$	$B_1$	$B_2$	$r^2$
142	0.0500	0.00514	(38 m.) 0.949
171	0.0592	0.00290	(18 m.) 0.994

$\theta = 15^\circ\text{C}$  :  $0.061 + 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot w + 5,6 \cdot 10^{-5} \cdot w^2$  (W/(m.K))  
 $\rho = 212 \text{ kg/m}^3$   $r^2 = 0.997$ ; 38 meas.

$\rho = 140 \text{ kg/m}^3$  :  $D_1 + D_2 \cdot \theta$  (W/(m.K))

$w(\text{kg/m}^3)$	$D_1$	$D_2$	$r^2$
0	0.0625	$1,35 \cdot 10^{-4}$	(28 m.) 0.008
1.6	0.0561	$5,68 \cdot 10^{-4}$	(18 m.) 0.890

## HYGRIC PROPERTIES

H.1.1 MOISTURE CONTENT ( $\text{kg/m}^3$ ,  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. i8.4
- sorption :  $\varphi / (-0.00193 \cdot \varphi^2 + 0.2052 \cdot \varphi + 2.793)$
- critical moisture content :  $150 \text{ à } 210 \text{ kg/m}^3$
- capillary moisture content : up to  $550 \text{ kg/m}^3$

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACTOR :  $1 / [0.13 + 0.193 \cdot (\varphi/100)^4]$   
 $r^2 = 0.64$ ; 9 meas.  
 $\varphi$  in %

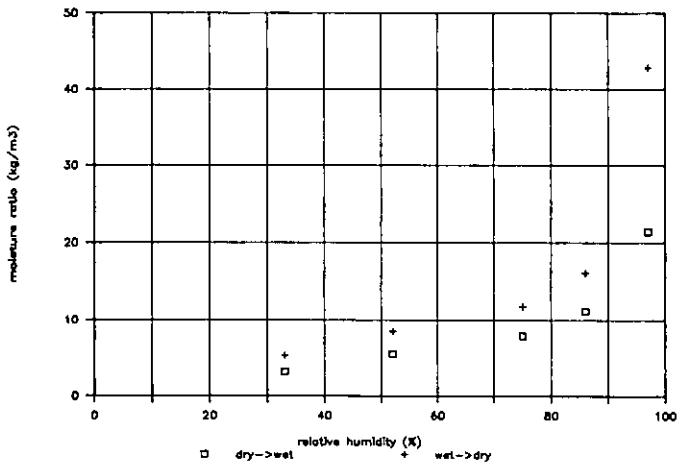


Fig. f1.1/1: WALLPAPER 1:  
suction curve

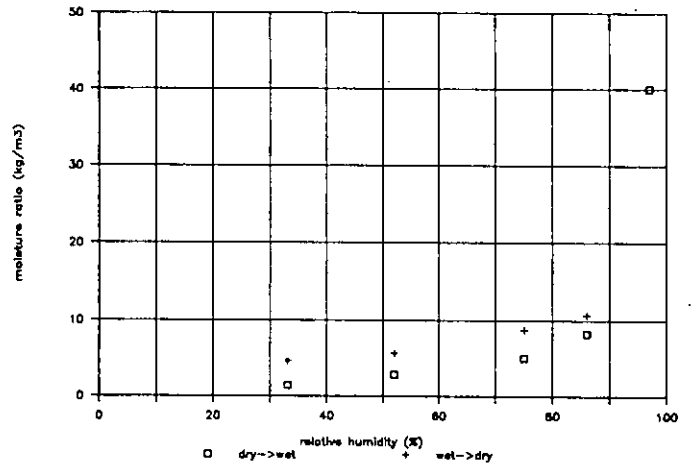


Fig. f1.1/2: WALLPAPER 2:  
suction curve

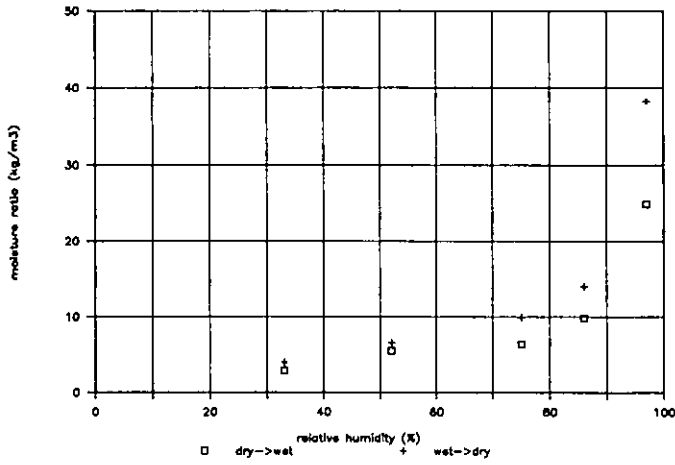


Fig. f1.1/3: WALLPAPER 3:  
suction curve

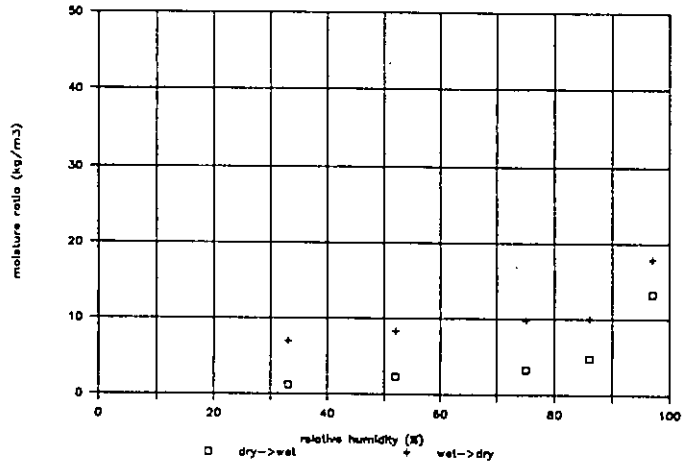


Fig. f1.1/4: WALLPAPER 4:  
suction curve

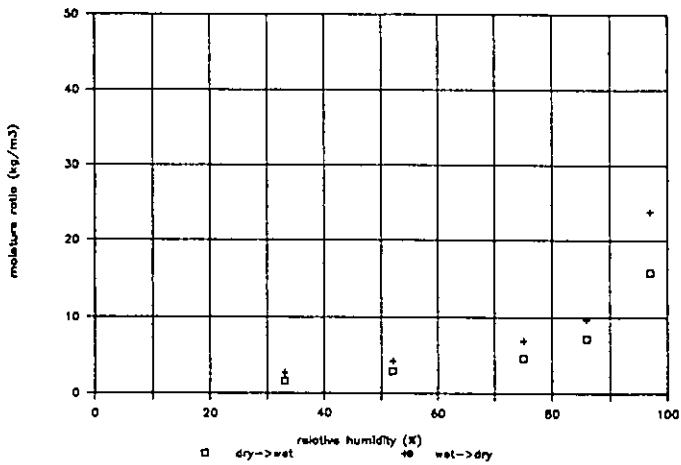


Fig. f1.1/5: WALLPAPER 5:  
suction curve

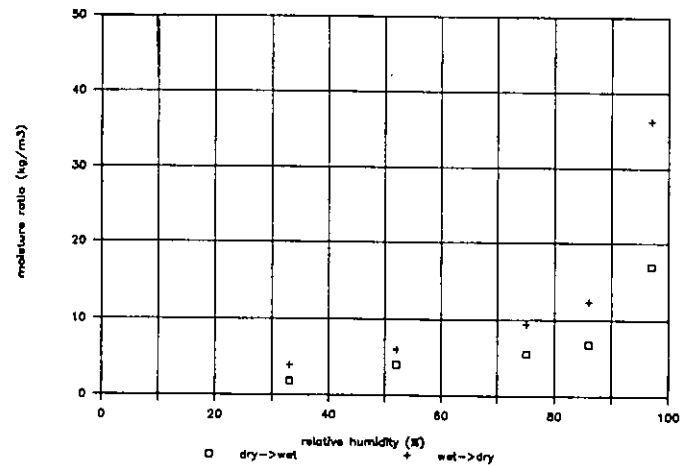


Fig. f1.1/6: WALLPAPER 6:  
suction curve

f: FINISHING LAYERS

f1 WALL PAPER

MASS PER M<sup>2</sup>

Wallpaper	Type	mass(kg/m <sup>2</sup> )	d(mm)
1	textile	0.291	0.425
2	vinyl	0.216	0.325
3	textile	0.333	0.700
4	vinyl	0.212	0.450
5	paper	0.168	0.280
6	paper	0.151	0.280

## HYGRIC PROPERTIES

H.1.1 MOISTURE CONTENT (%kg/kg (X),  $\varphi$  in %)- suction curve  
sorption:

: fig. f1.1

$\varphi$ (%)	X (%kg/kg)					
	1	2	3	4	5	6
paper:						
33	3.2	1.4	2.9	1.2	1.6	1.8
52	5.5	2.8	5.5	2.3	2.9	4.0
75	7.9	5.0	6.4	3.3	4.6	5.5
86	11.2	8.2	9.8	4.8	7.2	6.8
97	21.4	40.0	24.9	13.3	15.8	16.9

desorption:

$\varphi$ (%)	X (%kg/kg)					
	1	2	3	4	5	6
paper:						
33	5.3	4.6	4.0	7.0	2.7	3.9
52	8.5	5.6	6.6	8.3	4.2	6.0
75	11.8	8.7	9.9	9.8	6.9	9.4
86	16.1	10.7	14.0	10.0	9.7	12.3
97	42.8	52.2	38.3	17.9	23.8	36.2

H.2.2 DIFFUSION THICKNESS:

$\varphi$ (%)	$\mu d$ (m)					
	1	2	3	4	5	6
paper:						
33-52	0.280	2.140	0.155	0.090	0.035	0.025
52-98	0.006	0.180	0.019	0.025	0.012	0.008

f: FINISHING LAYERS

f2 WALL PAINT

## HYGRIC PROPERTIES

H.2.2 DIFFUSION THICKNESS:

paint	$\varphi(\%)$ :	$\mu d$ (m)	
		42.5	75.4 86.0
PAINT ON GYPSUM			
primer + 2*latex 1			0.17
primer + 2*latex 2	4.50		1.10
primer + 2*acryl			0.46
primer + 2*synthetic	3.20		1.00
primer + 2*oil			0.76
PAINT ON CELLULAR CONCRETE			
primer + 2*acryl (weathered)		0.43	
structured paint (d = 1.5mm)		1.10	



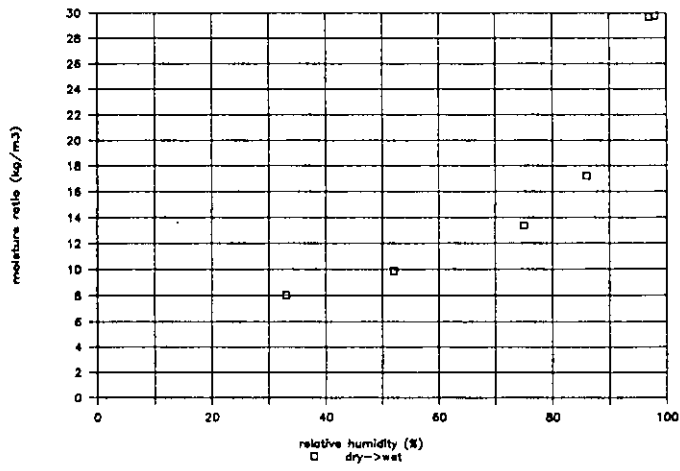


Fig. f3.1: WOOL CARPET:  
suction curve

f: FINISHING LAYERS

f3 CARPET

MASS PER M<sup>2</sup> : 2.18 kg/m<sup>2</sup>**HYGRIC PROPERTIES**H.1.1 MOISTURE CONTENT: (%kg/kg (X),  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. f3.1  
 sorption ( $X_h$ ) :  $\varphi / (-0.002.\varphi^2 + 0.255.\varphi - 2.195)$

$\varphi(\%)$	X(%kg/kg)
33	8.0
52	9.9
75	13.4
86	17.2
97	29.7
98	29.8

f: FINISHING LAYERS

f4 TIMBER SLABS

MASS PER M<sup>2</sup> : 4.00 kg/m<sup>2</sup> (d = 0.01m)

## HYGRIC PROPERTIES

H.1.1 MOISTURE CONTENT: (%kg/kg (X),  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. f4.1  
 sorption ( $X_h$ ) :  $\varphi / (-0.00145 \cdot \varphi^2 + 0.154 \cdot \varphi + 1.943)$   
 desorption ( $X_h$ ) :  $\varphi / (-0.00150 \cdot \varphi^2 + 0.168 \cdot \varphi + 0.454)$

$\varphi(\%)$	sorption X(%kg/kg)	desorption X(%kg/kg)
33	5.8	7.1
52	9.4	12.3
75	13.7	15.4
86	17.6	20.8
97	31.4	37.3
98	34.5	

H.2.2 DIFFUSION THICKNESS : 0.86 m (mean of 5 samples)

$r = 0.12$  m

$\varphi = 55$  %

v: VAPOUR BARRIER  
v1 FOILS

---

**HYGRIC PROPERTIES**

H.2.1 VAPOUR RESIST. FACT.:

vapour barrier	d(mm)	$\mu$ ( $\cdot 10^3$ )				
	$\varphi(\%)$ :	28	52	70	75.4	86
PE-foil	0.1 à 0.2	321			289	271

H.2.2 DIFFUSION THICKNESS:

upper number = lowest value measured  
lower number = highest value measured

vapour barrier	d(mm)	$\mu d$ (m)			
	$\varphi(\%)$ :	52	70	75.4	86
bituminous paper	0.1				1.80 2.80
bituminous paper	0.2	0.70			
bituminous paper	1.4			1.70 6.90	
bituminous paper	0.4		3.90 8.10		
aluminium-paper	0.1				2.00 2.80
aluminium paper	0.2				0.17 0.33
aluminium paper	0.24		17.80 77.30		
aluminium paper	-				6.80 17.80
glass fabric reinf. aluminium paper	0.4		3.80 4.70		
glass fabric reinf. PVC-foil	0.4				12.00 29.00
PE-foil, stapled	0.15			7.70	

---

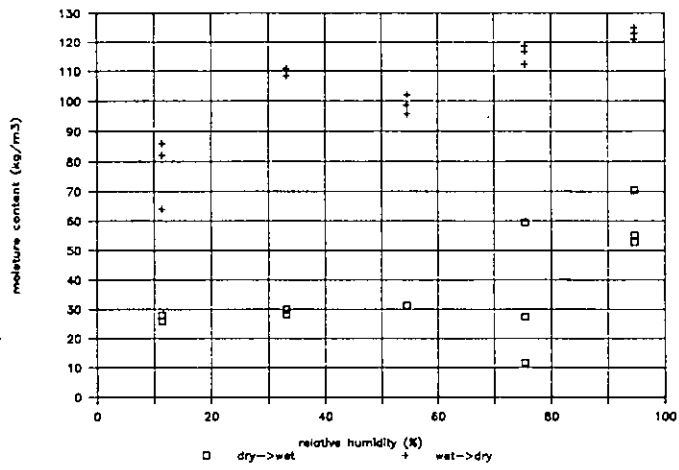


Fig. c1.1: GYPSUM BOARD:  
suction curve

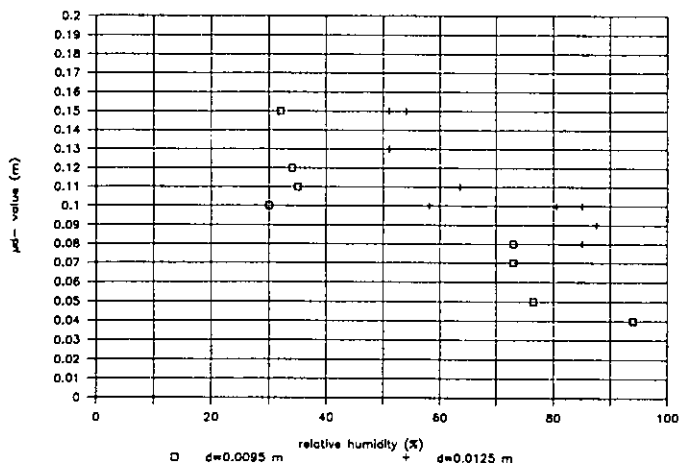


Fig. c1.2: GYPSUM BOARD:  
diffusion thickness  $\mu d$   
vs. relative humidity

c: COMPONENTS  
c1 GYPSUM BOARD

---

MASS PER M<sup>2</sup> :  $6.5 \leq \rho_A \leq 13 \text{ kg/m}^2$

---

**THERMAL PROPERTIES**

T.1.1 SPECIFIC HEAT CAPACITY : 840 J/(kg.K) (dry material)  
 T.2.2 THERMAL RESISTANCE : 0.097 - 0.000207.w (m<sup>2</sup>.K/W)  
 $r^2 = 0.992$ ; 4 meas.  
 $\theta = 20^\circ\text{C}$ ; d = 9.5 mm

---

**HYGRIC PROPERTIES**

H.1.1 MOISTURE CONTENT (kg/m<sup>3</sup>,  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. c1.1  
 sorption :  $\varphi / (-0.00075.\varphi^2 + 0.1033.\varphi - 0.986)$   
 desorption :  $\varphi / (-0.00020.\varphi^2 + 0.0249.\varphi + 0.114)$

H.2.2 DIFFUSION THICKNESS : fig. c1.2

d = 0.0095 m :  $1 / 4.7.\exp(0.017.\varphi)$  (m)  
 $r^2 = 0.92$ ; 14 meas.

d = 0.0125 m :  $1 / 3.7.\exp(0.013.\varphi)$  (m)  
 $r^2 = 0.74$ ; 11 meas.  
 $\varphi$  in %

---

**AIR PROPERTIES**

A.2.2 AIR PERMEANCE :  $3,1.10^{-5}.\Delta p^{-0.19} \text{ s/m}$

---

o: OTHER

o1 NEWSPAPER

---

 MASS PER M<sup>2</sup>, PER PAGE : 0.041 kg/m<sup>2</sup>


---

**HYGRIC PROPERTIES**H.1.1 MOISTURE CONTENT (%kg/kg (X),  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. o1.1  
 sorption ( $X_h$ ) :  $\varphi / (-0.0017 \cdot \varphi^2 + 0.174 \cdot \varphi + 1.986)$

$\varphi$ (%)	X(%kg/kg)
33	5.3
52	9.0
75	12.9
86	16.9
97	32.1
98	40.9

---

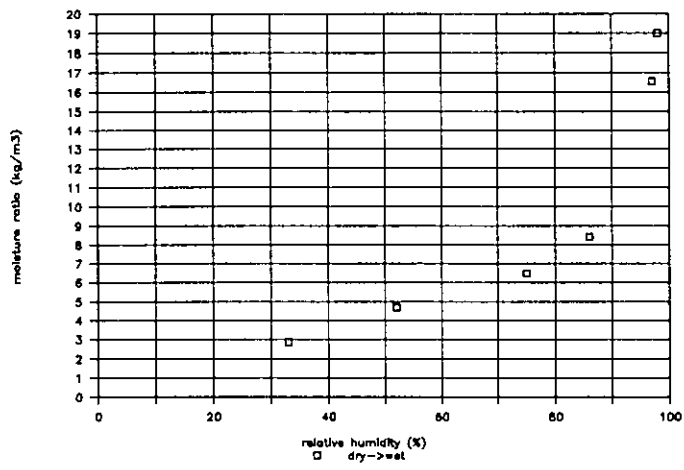


Fig. o2.1: PERIODICAL:  
suction curve



o: OTHER

o2 PERIODICAL

---

 MASS PER M<sup>2</sup>, PER PAGE : 0.047 kg/m<sup>2</sup>


---

## HYGRIC PROPERTIES

H.1.1 MOISTURE CONTENT (%kg/kg (X),  $\varphi$  in %)

- suction curve : fig. o2.1  
 sorption ( $X_h$ ) :  $\varphi / (-0.0035 \cdot \varphi^2 + 0.383 \cdot \varphi + 2.156)$

$\varphi(\%)$	X(%kg/kg)
33	2.9
52	4.7
75	6.5
86	8.4
97	16.6
98	19.0

---

ecbcs bookshop

ANN 14 1991: 3