



# **Air Infiltration Rate of Windows Under Temperature And Pressure Differentials**

## **Prepared For:**

CANMET Energy Technology Centre-Ottawa  
Buildings Group - Energy Sector  
Department of Natural Resources Canada  
Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0E4  
DSS Contract No. 23440-3-9529/01-SQ  
October 1995

## **Prepared By:**

Armand Patenaude ing., M.Sc. A.  
Air-Ins Inc.  
1320, Montée Ste-Julie  
Varenes, Québec, Canada, J3X 1P8  
Tel: (450) 652-0838: Fax: (450) 652-7588

## **Scientific Authority:**

François Dubros  
Buildings Group - Energy Sector  
CANMET Energy Technology Centre-Ottawa  
Department of Natural Resources Canada  
580 Booth Street, 13<sup>th</sup> Floor  
Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0E4

## CITATION

Armand Patenaude, R. Jutras and C. Giasson, Air-Ins Inc. *Air Infiltration Rate of Windows Under Temperature and Pressure Differentials*. DSS Contract No. 23440-3-9529/01-SQ. Buildings Group, Energy Sector, CANMET Energy Technology Centre—Ottawa, Department of Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario, 1995. (99 pages).

Copies of this report may be obtained through the following:

CANMET Energy Technology Centre (CETC)  
Energy Sector  
Department of Natural Resources Canada  
580 Booth Street, 13th Floor  
Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0E4

## DISCLAIMER

This report is distributed for informational purposes only and does not necessarily reflect the views of the Government of Canada nor constitute an endorsement of any commercial product or person. Neither Canada, its ministers, officers, employees nor agents make any warranty or representation, expressed or implied, with respect to the use of any information, apparatus, method, process or similar items disclosed in this report, that such use does not infringe on or interfere with the privately owned rights, including any party's intellectual property or assume any liability or responsibility arising out of this report.

## NOTE

Funding for this project was provided by the Federal Panel on Energy Research and Development, Department of Natural Resources Canada (NRCan) and the Industrial Research Assistance Program (IRAP).

## TABLE OF CONTENTS

1.	RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE.....	1
1.1	INTRODUCTION .....	1
1.2	RÉSULTATS .....	1
1.3	CONCLUSIONS .....	4
1.4	RECOMMANDATIONS .....	6
2.	EXECUTIVE SUMMARY .....	6a
2.1	INTRODUCTION .....	6a
2.2	RESULTS .....	6a
2.3	CONCLUSIONS .....	9
2.4	RECOMMENDATIONS .....	11
3.	INTRODUCTION .....	12
3.1	STANDARD PRACTICE.....	12
3.2	OBJECTIVES .....	12
3.3	DESCRIPTION OF TEST SPECIMENS .....	13
3.4	DESCRIPTION OF TEST APPARATUS .....	17
4.	METHODOLOGY .....	21
4.1	PREPARATION OF SPECIMEN (WINDOW) AND MASK .....	21
4.2	TEST PROCEDURE .....	24
5.	RESULTS .....	27
5.1	AIR INFILTRATION RATES .....	27
5.2	OBSERVATIONS .....	30
6.	VERIFICATION OF TEST METHOD .....	33
6.1	INTRODUCTION .....	33
6.2	SPECIMEN SELECTION .....	35
6.3	RESULTS .....	35
6.4	ANALYSIS OF VERIFICATION METHOD .....	36
6.5	CONCLUSIONS .....	39
7.	ANALYSIS OF RESULTS AND DISCUSSION .....	39
7.1	SELECTION OF TEST TEMPERATURE.....	39
7.2	SELECTION OF TEST PRESSURE DIFFERENTIAL (WINTER).....	41
7.3	VARIATION IN AIR INFILTRATION RATE AS A FUNCTION OF EXTERIOR AMBIENT TEMPERATURE	

	( $\Delta P = \text{CONSTANT}$ ) .....	42
7.4	PRODUCT CLASSIFICATION .....	45
7.5	INFLUENCE OF TEST PRESSURE DIFFERENTIAL .....	46
8.	CONCLUSIONS .....	47
8.1	TEST METHOD .....	47
8.2	RATE OF AIR INFILTRATION THROUGH WINDOWS AS A FUNCTION OF A TEMPERATURE GRADIENT AND A PRESSURE GRADIENT .....	47
9.	RECOMMENDATIONS .....	48
-	REFERENCE WORKS .....	49
-	APPENDIX "A": DESCRIPTION OF SPECIMENS	
-	APPENDIX "B": OBSERVATIONS	
-	APPENDIX "C": RESULT VERIFICATION	

## 1. EXECUTIVE SUMMARY

### 1.1 INTRODUCTION

The primary objective of this project is to determine the influence of outdoor air temperature and pressure difference acting across different windows on the rate of air infiltration through windows.

The test method used is a modified version of ASTM E1424-91 Standard. The validation of the modified test method has been accomplished by comparing experimental results on 3 windows with another independent laboratory (CANBEST).

The study included tests on 22 windows. The types of window covered include: casements (14), tilt-turn (1), awning (1), horizontal sliders (3) and vertical sliders (3). The different frame and sash materials include: aluminum (5), wood (3), PVC (14).

### 1.2 RESULTS

Table 1 provides the rate of air infiltration per unit length of crack through the 22 tested windows as a function of the outdoor air temperature and the pressure difference acting across the product.

**TABLE 1: RATE OF AIR INFILTRATION THROUGH WINDOWS VERSUS THE OUTDOOR AIR TEMPERATURE AND THE PRESSURE DIFFERENCE**

**INDOOR AIR TEMPERATURE = 20°C**

**SUMMARY OF RESULTS**

SPECI-MEN NO.	WINDOW TYPE  (FRAME & SASH MATERIAL + OTHER WINDOW CHARACTERISTICS)	RATE OF AIR INFILTRATION PER UNIT LENGTH OF CRACK (m <sup>3</sup> /h-m)							
		ΔP = 75 Pa				ΔP = 300 Pa			
		OUTDOOR AIR TEMPERATURE (°C)							
		-30	0	20	50	-30	0	20	50
1	Casement (wood frame with PVC cladding, PVC sash, 2 locks, 1 snubber)	1.10	0.65	0.45	0.38	2.14	1.55	1.01	0.94
2	Casement (wood, 2 locks, 1 snubber)	0.25	0.25	0.20	0.27	0.66	0.63	0.52	0.65
3	Casement (wood frame with PVC cladding, PVC sash, 2 locks, 1 snubber)	0.45	0.21	0.18	0.34	1.15	0.78	0.49	0.83
4	Casement (PVC, 2 locks, 1 snubber)	0.18	0.07	0.06	0.11	--	--	--	--
5	Casement (PVC, multipoint locking (3), 1 snubber)	0.12	0.12	0.06	0.11	0.26	0.22	0.15	0.16
6	Casement (PVC, 3 locks, 2 snubbers)	0.23	0.21	0.16	0.16	0.44	0.41	0.34	0.37
7	Casement (PVC, multipoint locking (3), 2 snubbers)	2.84	0.90	0.59	0.54	4.61	1.60	1.29	1.18

SPECI- MEN NO.	WINDOW TYPE  (FRAME & SASH MATERIAL + OTHER WINDOW CHARACTERISTICS)	RATE OF AIR INFILTRATION PER UNIT LENGTH OF CRACK (m <sup>3</sup> /h-m)							
		$\Delta P = 75 \text{ Pa}$				$\Delta P = 300 \text{ Pa}$			
		OUTDOOR AIR TEMPERATURE (°C)							
		-30	0	20	50	-30	0	20	50
8	Casement (PVC, multipoint locking (3), 2 snubbers)	1.35	0.28	0.27	0.33	2.26	0.60	0.61	0.60
9	Casement (same as no.8 with a larger bulb weatherstrip)	0.83	0.27	0.24	0.33	1.50	0.59	0.57	0.59
10	Casement (same as no.8, 2 locks, 2 snubbers)	0.58	0.52	0.47	0.55	1.50	1.27	1.12	1.27
11	Casement (Alum., multipoint locking (2))	2.72	1.07	0.82	0.86	3.44	1.54	0.85	0.90
12	Casement (Alum., 2 locks)	0.45	0.37	0.34	0.38	1.17	0.95	0.83	0.86
13	Casement (Alum., multipoint locking (3), 3 snubbers)	0.78	0.39	0.25	0.26	1.26	0.73	0.61	0.55
14	Casement (Frame: Alu., wood and PVC, sash: alu. and PVC)	1.09	0.72	0.58	0.60	2.43	1.78	1.33	1.44
15	Tilt-turn (PVC, 5 locks)	0.58	0.40	0.37	0.42	1.38	1.00	0.97	1.02
16	Awning (wood, 2 locks)	0.43	0.41	0.37	0.41	1.04	0.94	0.84	0.90
17	Horizontal sliding (Alum, 4 moving sashes)	0.61	0.63	0.55	0.56	1.56	1.39	1.32	1.25

SPECI- MEN NO.	WINDOW TYPE  (FRAME & SASH MATERIAL + OTHER WINDOW CHARACTERISTICS)	RATE OF AIR INFILTRATION PER UNIT LENGTH OF CRACK (m <sup>3</sup> /h-m)							
		$\Delta P = 75 \text{ Pa}$				$\Delta P = 300 \text{ Pa}$			
		OUTDOOR AIR TEMPERATURE (°C)							
		-30	0	20	50	-30	0	20	50
18	Horizontal sliding (PVC, 1 moving sash)	3.23	2.59	1.89	1.23	10.05	8.80	9.20	7.66
19	Horizontal sliding (PVC, 1 moving sash)	1.17	1.06	1.01	0.93	2.74	2.48	2.41	2.15
20	Vertical sliding (Frame: wood and PVC cladding, 2 tilt-in sashes)	0.62	0.58	0.46	0.48	1.84	1.54	1.26	1.23
21	Vertical sliding (PVC, 1 moving sash)	1.62	1.93	2.85	2.90	6.90	8.47	9.07	10.2
22	Vertical sliding (PVC, 1 tilt-in sash)	9.19	5.83	3.69	6.55	*	*	*	15.1

\* Exceeds the maximum measurable air flow rate of 19.47 m<sup>3</sup>/h-m.

### 1.3 CONCLUSIONS

#### 1.3.1 TEST METHOD

Except for some minor modifications, the test method provided by the ASTM E1424 proved to be excellent. The required modifications are related to the measurement of extraneous leakage for the test chamber. These modifications are summarized as follows:

- a) To reduce the likelihood of large extraneous leakage through the test chamber, the polyethylene film should be firmly attached to the mask wall rather than on the window frame.



- b) When measuring the rate of extraneous air leakage through the test chamber, the pressure difference between the outdoor chamber and the cavity formed by the polyethylene film and the window should be equal to the pressure difference for which the extraneous leakage is desired. Perfection being utopic, the testing agency should be allowed to maintain the pressure difference acting across the film equal to or greater than 97% of the pressure difference for which the extraneous leakage is desired.

**1.3.2 RATE OF AIR INFILTRATION THROUGH WINDOWS VERSUS OUTDOOR AIR TEMPERATURE AND PRESSURE DIFFERENCE**

- Independent of the window type, frame (sash) material and design (number of locking points, snubbers, weatherstripping, etc...), all windows exhibited a change of air leakage rate for outdoor air temperatures other than the base air temperature ( $T = 20^{\circ}\text{C}$ ).
- For a given window type, the change in air leakage rate versus the outdoor air temperature is intimately tied to the overall design of the product.
- For a given product and pressure difference (75 Pa) with an outdoor air temperature lower than  $20^{\circ}\text{C}$ , the rate of air leakage is always in excess to the value measured at the base temperature.
  - For an outdoor air temperature of  $0^{\circ}\text{C}$ , the rate of air leakage through a given window varies between 1.03 and 2 times the value measured at  $20^{\circ}\text{C}$ .
  - For an outdoor air temperature of  $-30^{\circ}\text{C}$ , the rate of air leakage through a given window varies between 1.11 and 5 times the value measured at  $20^{\circ}\text{C}$ .

- For a given pressure difference (75 Pa) and an outdoor air temperature of 50°C, the rate of air leakage through most specimens showed a slight increase or decrease when compared to the value measured at 20°C. The air leakage rate ratio between measurements made at 50°C versus those made at 20°C varies between 0.65 and 1.89.

#### 1.4 **RECOMMENDATIONS**

To ensure occupant comfort, low energy consumption and an adequate power input from the heating system, the following is recommended:

- a) When tested in accordance to the ASTM E1424-91 Standard with an outdoor air temperature of -30°C and an indoor air temperature of 20°C, all windows consisting of one or more sashes (fixed or movable) should meet the existing air leakage rating of the CAN/CSA-A440-M90 Standard (i.e. A1, A2, A3, fixed).
- b) Include with the ASTM E1424-91 procedure, the specified modifications with respect to the measurement of extraneous leakage through the test chamber.

## **2. RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE**

### **2.1 INTRODUCTION**

Ce projet a pour objectif principal de déterminer l'influence de la température de l'air extérieur et de l'écart de pression entre les ambiances externe et interne sur le taux d'infiltration d'air à travers différentes fenêtres.

La méthode d'essai utilisée est une version modifiée de la norme ASTM E 1424-91. La validation de la méthode d'essai a été réalisée par comparaison des résultats obtenus sur 3 échantillons avec un autre laboratoire indépendant (CANBEST).

L'étude globale porte sur 22 fenêtres. Les différents types de fenêtres soumis à l'essai sont: à battant (14), à auvent (1), oscillo-battante (1), coulissante horizontale (3) et coulissante verticale ou à guillotine (3). Les différentes menuiseries de construction du dormant et des ouvrants sont: aluminium (5), bois (3), PVC (14).

### **2.2 RÉSULTATS**

Le tableau 1 donne les mesures du taux d'infiltration d'air à travers les 22 produits soumis à l'essai, le tout en fonction de la température de l'air extérieur et de l'écart de pression auquel les fenêtres sont assujetties. Les dimensions (largeur x hauteur) des échantillons sont celles dictées par la norme CAN/CSA-A440-M90.

**TABLEAU 1: TAUX D'INFILTRATION D'AIR À TRAVERS LES FENÊTRES EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR EXTÉRIEUR ET DE LA PRESSION DIFFÉRENTIELLE.**

$T_{\text{AIR INT.}} = \text{CONSTANTE} = 20^{\circ}\text{C}$

**SOMMAIRE DES RÉSULTATS**

ÉCHANTIL- LON NO.	TYPE DE FENÊTRE  (MATÉRIAU DU DORMANT + AUTRES CARACTÉRISTIQUES DE LA FENÊTRE)	TAUX D'INFILTRATION D'AIR PAR UNITÉ DE LONGUEUR DE FENTE (m <sup>3</sup> /h-m)							
		$\Delta P = 75 \text{ Pa}$				$\Delta P = 300 \text{ Pa}$			
		TEMPÉRATURE DE L'AIR EXTÉRIEUR (°C)							
		-30	0	20	50	-30	0	20	50
1	Battant (cadre de bois rec. PVC, volet de PVC, 2 loquets, 1 butée)	1.10	0.65	0.45	0.38	2.14	1.55	1.01	0.94
2	Battant (bois, 2 loquets, 1 butée)	0.25	0.25	0.20	0.27	0.66	0.63	0.52	0.65
3	Battant (cadre de bois rec. PVC, volet de PVC, 2 loquets, 1 butée)	0.45	0.21	0.18	0.34	1.15	0.78	0.49	0.83
4	Battant (PVC, 2 loquets, 1 butée)	0.18	0.07	0.06	0.11	--	--	--	--
5	Battant (PVC, multipoint - 3, 1 butée)	0.12	0.12	0.06	0.11	0.26	0.22	0.15	0.16
6	Battant (PVC, 3 loquets, 2 butées)	0.23	0.21	0.16	0.16	0.44	0.41	0.34	0.37
7	Battant (PVC, multipoint - 3, 2 butées)	2.84	0.90	0.59	0.54	4.61	1.60	1.29	1.18

ÉCHANTIL- LON NO.	TYPE DE FENÊTRE  (MATÉRIAU DU DORMANT + AUTRES CARACTÉRISTIQUES DE LA FENÊTRE)	TAUX D'INFILTRATION D'AIR PAR UNITÉ DE LONGUEUR DE FENTE (m <sup>3</sup> /h-m)							
		ΔP = 75 Pa				ΔP = 300 Pa			
		TEMPÉRATURE DE L'AIR EXTÉRIEUR (°C)							
		-30	0	20	50	-30	0	20	50
8	Battant (PVC, multipoint -3, 2 butées)	1.35	0.28	0.27	0.33	2.26	0.60	0.61	0.60
9	Battant (même que no. 8 mais avec garnitures d'un diamètre plus grand)	0.83	0.27	0.24	0.33	1.50	0.59	0.57	0.59
10	Battant (même que no. 8, 2 loquets, 2 butées)	0.58	0.52	0.47	0.55	1.50	1.27	1.12	1.27
11	Battant (Alu., multipoint - 2)	2.72	1.07	0.82	0.86	3.44	1.54	0.85	0.90
12	Battant (Alu., 2 loquets)	0.45	0.37	0.34	0.38	1.17	0.95	0.83	0.86
13	Battant (Alu., multipoint - 3, 3 butées)	0.78	0.39	0.25	0.26	1.26	0.73	0.61	0.55
14	Battant (Cadre: Alu., bois et PVC Volet: Alu. et PVC)	1.09	0.72	0.58	0.60	2.43	1.78	1.33	1.44
15	Oscillo-battant (PVC, 5 loquets)	0.58	0.40	0.37	0.42	1.38	1.00	0.97	1.02
16	Auvent (bois, 2 loquets)	0.43	0.41	0.37	0.41	1.04	0.94	0.84	0.90
17	Coulissante (Alu., 4 volets mobiles)	0.61	0.63	0.55	0.56	1.56	1.39	1.32	1.25

ÉCHANTIL- LON NO.	TYPE DE FENÊTRE  (MATÉRIAU DU DORMANT + AUTRES CARACTÉRISTIQUES DE LA FENÊTRE)	TAUX D'INFILTRATION D'AIR PAR UNITÉ DE LONGUEUR DE FENTE (m <sup>3</sup> /h-m)							
		ΔP = 75 Pa				ΔP = 300 Pa			
		TEMPÉRATURE DE L'AIR EXTÉRIEUR (°C)							
		-30	0	20	50	-30	0	20	50
18	Coulissante (PVC, 1 volet mobile)	3.23	2.59	1.89	1.23	10.05	8.80	9.20	7.66
19	Coulissante (PVC, 1 volet mobile)	1.17	1.06	1.01	0.93	2.74	2.48	2.41	2.15
20	Guillotine (cadre: bois et PVC, volet: bois rec. PVC, 2 volets mobiles basculants)	0.62	0.58	0.46	0.48	1.84	1.54	1.26	1.23
21	Guillotine (PVC, 1 volet mobile)	1.62	1.93	2.85	2.90	6.90	8.47	9.07	10.2
22	Guillotine (PVC, 1 volet mobile basculant)	9.19	5.83	3.69	6.55	*	*	*	15.1

\* Excède 19.47 m<sup>3</sup>/h-m (limite maximum mesurable avec notre appareil)

## 2.3 CONCLUSIONS

### 2.3.1 MÉTHODE D'ESSAI

A l'exception de quelques légères modifications, la méthode d'essai définie par la norme ASTM E1424-91 est excellente. Les modifications requises s'adressent à la mesure des fuites d'air parasites du caisson d'essai. Les points à modifier sont:

- a) Dans le but d'effectuer une mesure adéquate des fuites d'air parasites à travers le caisson d'essai, la fixation du film de polyéthylène devrait se faire sur le masque plutôt que sur le dormant de la fenêtre.

17

- b) Lors de la mesure des fuites d'air parasites à travers le caisson, la mesure de l'écart de pression entre l'ambiance externe et la cavité formée par le film de polyéthylène et la fenêtre, devrait être égale à l'écart de pression pour lequel la mesure des fuites d'air est désirée. A cet effet, il faudra ajouter une prise de pression à travers le film de polyéthylène de façon à mesurer l'écart de pression désiré. La perfection étant utopique, le laboratoire d'essai devrait maintenir l'écart de pression à travers le film égal à l'écart de pression pour lequel la mesure est réalisée plus ou moins 3%.

### **2.3.2 TAUX D'INFILTRATION D'AIR À TRAVERS LES FENÊTRES EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR EXTÉRIEUR ET DE LA PRESSION DIFFÉRENTIELLE**

- Indépendamment du type de fenêtres, de la menuiserie du dormant et des ouvrants et de la conception globale (nombre de points de fermeture, blocs d'arrêts intermédiaires, dimensions et géométrie des garnitures d'étanchéité, etc...), toutes les fenêtres soumises à l'essai ont subi une variation du taux d'infiltration d'air en fonction de la température d'exposition externe par rapport à la température de référence, soit  $T = 20^{\circ}\text{C}$ .
- Pour un type de fenêtre donné (battant, auvent, coulissante) la variation du taux d'infiltration d'air en fonction de la température d'exposition externe est intimement liée à la conception globale du produit.
- A l'exception d'une fenêtre (échant. no.21), l'ensemble des essais a démontré que pour une pression différentielle donnée (ex.: 75 Pa), le taux d'infiltration d'air augmente avec un abaissement de la température d'exposition externe ( $T_{\text{EXT}} < 20^{\circ}\text{C}$ ).
  - A une température d'exposition externe de  $0^{\circ}\text{C}$ , le taux d'infiltration d'air est de 1.03 à 2.0 fois la valeur mesurée à  $20^{\circ}\text{C}$ .
  - A une température d'exposition externe de  $-30^{\circ}\text{C}$ , le taux d'infiltration est de 1.11 à 5.0 fois la valeur mesurée à  $20^{\circ}\text{C}$ .
- Pour une pression différentielle donnée (75 Pa) et pour une température d'exposition externe égale à  $50^{\circ}\text{C}$ , le taux d'infiltration d'air mesuré à travers la plupart des échantillons est légèrement supérieur ou inférieur à la valeur mesurée à  $20^{\circ}\text{C}$ . Le rapport d'infiltration  $I_{50^{\circ}\text{C}}/I_{20^{\circ}\text{C}}$  varie entre 0.65 et 1.89.

## **2.4 RECOMMANDATIONS**

Pour assurer le confort des occupants, une faible consommation énergétique et un calcul adéquat de la puissance input requise du système de chauffage, nous recommandons:

- a) Que l'ensemble des fenêtres équipées d'un ou de plusieurs châssis (fixe ou mobile) satisfasse la classification actuelle des produits selon la norme CAN/CSA-A440-M90 (i.e. A1, A2, A3, fixe), lorsque testé selon la norme ASTM-E1424-91 avec une température de l'ambiance externe égale  $-30^{\circ}\text{C}$  et une température de l'ambiance interne du bâtiment égale à  $20^{\circ}\text{C}$ .
- b) D'inclure les modifications requises concernant la fixation du film de polyéthylène et la mesure de l'écart de pression à travers ce film dans la méthode d'essai définie par la norme ASTM E1424-91.