



**FIELD PERFORMANCE OF  
ENERGY-EFFICIENT RESIDENTIAL  
BUILDING ENVELOPE SYSTEMS**

**PREPARED FOR:**

CANMET Energy Technology Centre  
Energy Technology Branch, Energy Sector  
Department of Natural Resources Canada  
Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0E4  
May, 1992

**PREPARED BY:**

UNIES Limited  
1666 Dublin Avenue  
University of Waterloo  
Winnipeg, Manitoba, Canada, R3H 0H1  
(204) 633-6363; Fax: (204) 632-1442  
E-Mail: mail@unies.mb.ca

**SCIENTIFIC AUTHORITY:**

Tim Mayo  
Buildings Group  
CANMET Energy Technology Centre  
Energy Technology Branch, Energy Sector  
Department of Natural Resources Canada  
580 Booth Street, 13 Floor  
Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0E4

## CITATION

Proskiw G., P. Eng., UNIES Ltd., *Field Performance of Energy-Efficiency Residential Building Envelope Systems*. The CANMET Energy Technology Centre, Energy Technology Branch, Energy Sector, Department of Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario, Canada, 1992, (159 pages).

Copies of this report may be obtained through the following:

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

## DISCLAIMER

This report is distributed for information 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 nor its ministers, officers, employees or agents make any warranty in respect to this report or assume any liability 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.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The author wishes to express his appreciation to the members of the project's National Steering Committee, Technical Advisory Committee and the resource individuals who provided valuable insight, review and advice in the preparation of this report.

### **NATIONAL STEERING COMMITTEE**

Mr. W. Bryant; Energy, Mines and Resources Canada (Chairman)  
Dr. J. Kenward; Canadian Home Builders Association  
Mr. W. McDonald; Manitoba Energy and Mines

### **TECHNICAL ADVISORY COMMITTEE**

Mr. M. Riley; Energy, Mines and Resources Canada (Chairman)  
Mr. T. Akerstream; Manitoba Energy and Mines  
Mr. G. Barthels; R-2000 Program of Manitoba  
Mr. R. Cardinal; Dow Chemical Canada Inc.  
Mr. J. Dewil; Fiberglas Canada Inc.  
Dr. D. Figley; Saskatchewan Research Council  
Mr. D. Geddes; Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Institute of Canada  
Mr. D. Goodman; Greentree Homes Ltd.  
Mr. D. Greeley; Dow Chemical Canada Inc.  
Mr. W. Heeley; Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Institute of Canada  
Mr. R. McGrath; Fiberglas Canada Inc.  
Mr. T. Mayo; Energy, Mines and Resources Canada  
Dr. J. Meranger; Health and Welfare Canada  
Mr. L. Nakatsui; Lincolnberg Homes  
Mr. P. Piersol; ORTECH International  
Mr. T. Robinson; Canada Mortgage and Housing Corp.  
Dr. J. Timusk; University of Toronto

### **RESOURCE INDIVIDUALS**

Mr. O. Drerup; Canadian Home Builders Association  
Mr. T. Hamlin; Canada Mortgage and Housing Corp.  
Mr. B. Maybank; Flair Homes (Manitoba) Ltd.  
Dr. D. Onysko; Forintek Canada Corp.  
Mr. N. Shymko; Today Homes (East) Ltd.  
Mr. R. Slasor; Energy, Mines and Resources Canada  
Mr. B. Sloat; Canadian Home Builders Association  
Mr. D. Verville; Manitoba Home Builders Association

## **SUMMARY**

A three year field study of 20 energy efficient houses and four conventional dwellings was conducted to evaluate the performance of their building envelope systems. Ten of the houses were built with polyethylene air barriers and 14 using the Airtight Drywall Approach (ADA). All were newly constructed and used dry wood for the framing members, i.e. with a wood moisture content (WMC) below 19%. The project took place in Winnipeg, Manitoba - a region with a cold, dry climate.

Building envelope performance was evaluated by developing a comprehensive monitoring program which included measurements of wall, attic and floor joist WMC levels, detailed thermographic examinations and regular airtightness testing. Over 13,000 WMC measurements were performed, 1013 thermographic images recorded and 167 airtightness tests conducted.

### **PERFORMANCE OF ENERGY EFFICIENT vs. CONVENTIONAL BUILDING ENVELOPE SYSTEMS**

Both the energy efficient and conventional building envelope systems performed in a satisfactory manner although fewer problems were found in the energy efficient houses. Lower mean WMC levels were measured in the walls and attics and fewer WMC excursions above 19% were recorded. The energy efficient houses also displayed fewer thermographic anomalies, particularly those of a severe nature. No evidence of interstitial condensation was found in either type of construction. The energy efficient houses were also found to be more airtight than the conventional structures.

### **DEGRADATION OF THE ENERGY EFFICIENT BUILDING ENVELOPES**

No evidence of envelope degradation was found in the energy efficient houses. Both the polyethylene air barrier houses and those built using the ADA system demonstrated predominately stable WMC levels, thermographic characteristics and airtightness over the three year monitoring period.

### **EVIDENCE OF ELEVATED MOISTURE LEVELS IN THE ENERGY EFFICIENT HOUSE ENVELOPES**

No significant evidence was found of elevated WMC levels in the energy efficient houses. Houses constructed with high levels of insulation in the exterior walls, attics and floor joist/header areas did not display an unusual incidence of problems, elevated WMC levels or evidence of interstitial condensation. This included a group of houses which were constructed with sandwiched polyethylene air/vapour barriers (i.e. double walls and frame walls with interior strapping). These results were also interpreted as a demonstration of the benefits of using dry wood for construction and of incorporating a low leakage air barrier in the design of the building envelope.

## **POLYETHYLENE AIR BARRIERS vs. THE AIRTIGHT DRYWALL APPROACH**

The building envelopes constructed using polyethylene air barriers generally performed in a superior fashion to those which used ADA, although both systems provided satisfactory performance. WMC levels were slightly lower in the polyethylene houses as were the number of thermographic faults, particularly those of a severe nature.

### **PROBLEM DETAILS**

Several types of construction details consistently produced thermographic anomalies in both the energy efficient and conventional houses. The most significant were: a) the wall framing around bow windows (particularly in ADA construction at the wall/floor interface), b) vertical walls exposed to attic air on the cold side (i.e. sections joining horizontal ceilings with vaulted ceilings), c) interior plumbing walls and d) the wall framing around exterior doors/entrance ways. Possible explanations were suggested for each anomaly.

This study was conducted as part of the Flair Homes Energy Demo/CHBA Flair Mark XIV Project.

## RÉSUMÉ

Une étude sur le terrain de trois ans, visant à évaluer le rendement des systèmes d'enveloppe du bâtiment, a été menée sur 20 maisons éconergétiques et sur quatre logements classiques. Dix (10) des maisons avaient été construites avec pare-air en polyéthylène et 14, suivant la méthode des murs secs étanches à l'air. Toutes étaient de construction récente et comportaient des éléments de charpente en bois sec, c'est-à-dire un bois ayant un degré d'humidité inférieur à 19 %. Le projet a été réalisé à Winnipeg, Manitoba, une région au climat froid et sec.

Le rendement de l'enveloppe du bâtiment a pu être évalué grâce à la mise au point d'un programme de contrôle exhaustif, qui comprenait des mesures de degré d'humidité du bois des murs, du vide sous toit et des solives de plancher, des examens thermographiques détaillés et l'essai habituel d'étanchéité à l'air. Plus de 13 000 mesures du degré d'humidité du bois ont été relevées, 1 013 images thermographiques enregistrées et 167 essais d'étanchéité à l'air effectués.

## ÉVALUATION COMPARATIVE DES SYSTÈMES D'ENVELOPPE DU BÂTIMENT À HAUT RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE ET DES SYSTÈMES CLASSIQUES

Les systèmes d'enveloppe du bâtiment à haut rendement énergétique tout comme les systèmes classiques se sont comportés de manière satisfaisante, bien que moins de problèmes aient été relevés dans les maisons éconergétiques. Des degrés d'humidité moyens du bois dans les murs et les vides sous toit ont été relevés et un moins grand nombre d'écarts des degrés d'humidité du bois au delà de 19 % a été enregistré. Les maisons éconergétiques ont également présenté moins d'anomalies thermographiques, plus particulièrement celles de nature grave. Aucun signe de condensation interne n'a été constaté dans l'un ou l'autre type de construction. Les maisons éconergétiques se sont également avérées plus étanches à l'air que les constructions classiques.

## DÉGRADATION DES ENVELOPPES DU BÂTIMENT À HAUT RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE

Aucun signe de dégradation de l'enveloppe n'a été relevé dans les maisons éconergétiques. Dans les maisons étanchéisées à l'aide de polyéthylène ainsi que dans celles construites suivant la méthode des murs secs étanches à l'air, les niveaux d'humidité du bois, les caractéristiques thermographiques et l'étanchéité à l'air se sont avérés stables d'une manière prédominante au cours de la période de contrôle de trois ans.

## **NIVEAUX D'HUMIDITÉ DANS LES ENVELOPPES DU BÂTIMENT À HAUT RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE**

Aucune preuve de niveaux d'humidité élevés du bois n'a été constatée dans les maisons éconergétiques. Les maisons construites avec niveau d'isolation élevé dans les murs extérieurs, les vides sous toit et les zones de solives de plancher/linteaux n'ont pas présenté d'incidence anormale de problèmes, de niveaux d'humidité du bois élevés ni de signes de condensation interne. Ceci comprenait un groupe de maisons construites avec pare-air/vapeur en polyéthylène doubles (soit des murs doubles et des murs à ossature (doubles) avec fourrure intérieure). Ces résultats ont également été interprétés comme une démonstration des avantages de l'utilisation de murs secs pour la construction et de l'incorporation dans la conception de l'enveloppe du bâtiment de pare-air à faible taux d'infiltration et d'exfiltration.

## **PARE-AIR EN POLYÉTHYLÈNE ET MÉTHODE DES MURS SECS ÉTANCHES À L'AIR**

Les enveloppes du bâtiment construites à l'aide de pare-air en polyéthylène se sont généralement mieux comportées que celles qui utilisaient la méthode des murs secs étanches à l'air, bien que les deux systèmes aient donné un rendement satisfaisant. Les degrés d'humidité du bois étaient légèrement inférieurs dans les maisons munies de polyéthylène, de même que le nombre de défauts thermographiques, plus particulièrement ceux de nature grave.

## **DÉTAILS PROBLÉMATIQUES**

Plusieurs types de détails de construction ont produit régulièrement des anomalies thermographiques, tant dans les maisons éconergétiques que dans les maisons de type classique. Parmi les plus importants, mentionnons: a) l'ossature du mur autour des oriels (particulièrement dans les constructions à murs secs étanches à l'air à l'interface mur-plancher; b) des murs verticaux exposés à l'air du vide sous toit, du côté froid (soit les sections reliant les plafonds horizontaux aux plafonds en voûte); c) les murs de plomberie intérieurs et d), l'ossature du mur, autour des entrées de porte extérieures. Des explications possibles ont été proposées pour chaque anomalie.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du Projet de démonstration de la maison à haut rendement énergétique/Mark XIV de l'ACCH, de Flair Homes.

## TABLE OF CONTENTS

SECTION 1	INTRODUCTION . . . . .	1
SECTION 2	DESCRIPTION OF THE MONITORING PROGRAM . . . . .	3
SECTION 3	WOOD MOISTURE CONTENT . . . . .	11
SECTION 4	THERMOGRAPHIC EXAMINATIONS . . . . .	49
SECTION 5	AIRTIGHTNESS . . . . .	84
SECTION 6	ADDITIONAL MONITORING INFORMATION . . . . .	87
SECTION 7	PERFORMANCE OF THE CONVENTIONAL BUILDING ENVELOPE SYSTEMS . . . . .	90
SECTION 8	PERFORMANCE OF THE ENERGY EFFICIENT BUILDING ENVELOPE SYSTEMS . . . . .	94
SECTION 9	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS . . . . .	103
REFERENCES	. . . . .	105
APPENDIX A	. . . . .	107