



**INDOOR AIR QUALITY MONITORING
OF THE FLAIR HOMES ENERGY DEMO/
CHBA FLAIR MARK XIV PROJECT**

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., *Indoor Air Quality of the Flair Homes Energy Demo/Chba Flair Mark XIV Project*. The CANMET Energy Technology Centre, Energy Technology Branch, Energy Sector, Department of Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario, Canada, 1992, (65 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 comprehensive monitoring program was established to evaluate the indoor air quality of 20 new houses constructed as part of the Flair Homes Energy Demo/Canadian Home Builders Association Flair Mark XIV Project in Winnipeg. Sixteen of the houses were constructed to the R-2000 Standard and four to conventional energy conservation standards; all contained some type of mechanical ventilation system. Monitoring was carried out over a three year period from March 1986 to March 1989. Formaldehyde, radon daughter, particulate, nitrogen dioxide, carbon dioxide and relative humidity levels were measured on a regular basis along with the total air change rates.

The air quality in the R-2000 houses was found to be superior to that in the conventional structures. Mean concentrations of formaldehyde, particulates and nitrogen dioxide were lower, although not to statistically significant degrees. Geometric mean radon daughter levels and median carbon dioxide concentrations were also lower in the R-2000 houses and relative humidity levels were more frequently within the recommended winter exposure range.

The mean formaldehyde concentration in the R-2000 houses was 0.060 ppm compared to 0.068 ppm in the conventional units. Significantly higher formaldehyde levels were found in those R-2000 houses which were not operated in accordance with the R-2000 Ventilation Guidelines compared to those which were maintained in compliance with the Guidelines: 0.089 ppm vs. 0.047 ppm. It was concluded that the Action Level for formaldehyde of 0.100 ppm, established by the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, was readily achievable in the project houses while the Target Level of 0.050 ppm could not be reached on a consistent basis, using ventilation as the sole formaldehyde control measure.

The geometric mean radon daughter concentration in the R-2000 houses was 0.007 WL compared to 0.010 WL in the conventional houses. Only one of 123 measurements exceeded the Canadian exposure guideline of 0.100 WL. Radon daughter levels in both the R-2000 and conventional houses were well below those reported in a similar study of older, conventional houses in Winnipeg.

The mean level of particulates in houses which contained smokers averaged $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ compared to $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for those without smokers. This difference was found to be statistically significant and occurred even though the houses with smokers experienced higher average air change rates. The guideline for particulates in residential environments is $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

The mean nitrogen dioxide level in the R-2000 houses was 0.0040 ppm compared to 0.0044 ppm for the conventional houses, although this difference was not statistically significant. All readings were well below the recommended exposure guideline of 0.05 ppm.

Spot measurements of carbon dioxide concentrations were made on over one thousand occasions and only one reading exceeded the recommended exposure guideline of 3500 ppm; further, 94% of the readings were below 1000 ppm. Using a sub-set of 587 carbon dioxide measurements made with high resolution samplers, the median concentration in R-2000 houses was found to be 600 ppm compared to 800 ppm in the conventional houses.

Mean relative humidity levels were more frequently within the recommended winter exposure range of 30% to 55% in the R-2000 houses compared to those in the conventional structures.

Statistical correlations between pollutant concentrations and the corresponding air change rates were found to generally be poor. In the case of formaldehyde, higher ventilation rates reduced the occurrence of extreme concentrations and thereby improved confidence in the quality of the indoor air. Nonetheless, these findings highlighted the limitations of using mechanical ventilation as the sole means of achieving acceptable air quality at the pollutant concentrations which were encountered in the study. It was concluded that greater emphasis should be placed on other control measures including source removal and isolation, pollutant entry control and improved ventilation system efficiency/effectiveness.

Homeowner intervention with the mechanical ventilation systems was a common occurrence and often resulted in lower than expected system utilization. This problem was particularly evident in the houses equipped with bathroom exhaust fans and those with central exhaust systems and make-up air ducts. It was concluded that design rates used for ventilation systems, particularly for those systems which do not have heat recovery capabilities, should be established both on the ability of the system to remove pollutants as well as the effect homeowner utilization will have on the net ventilation rate.

Recommendations were made for improving mechanical ventilation systems including suggestions regarding control systems, system capacity, homeowner-perceived operating performance and homeowner education.

RÉSUMÉ

On a mis sur pied un programme de contrôle exhaustif en vue d'évaluer la qualité de l'air à l'intérieur de 20 maisons neuves construites dans le cadre du Projet de démonstration de la maison à haut rendement énergétique/Mark XIV de l'ACCH, de Flair, à Winnipeg. Seize (16) de ces maisons étaient construites conformément à la norme R-2000 et quatre (4), conformément aux normes d'économie d'énergie classiques; toutes étaient dotées d'un type quelconque de système de ventilation mécanique. Les contrôles se sont déroulés sur une période de trois ans, soit de mars 1986 à mars 1989. On a mesuré à intervalles réguliers les taux de formaldéhyde, de produit de filiation du radon, de particules, de dioxyde d'azote et d'humidité relative, de même que les taux de renouvellement d'air totaux.

La qualité de l'air dans les maisons R-2000 s'est avérée supérieure à celle des constructions classiques. Les concentrations moyennes de formaldéhyde, de particules et de dioxyde d'azote étaient plus faibles mais pas à des degrés statistiquement pertinents. Les taux de produit de filiation du radon selon la moyenne géométrique et les concentrations moyennes de dioxyde de carbone étaient également inférieurs dans les maisons R-2000, et les taux d'humidité relative dotés étaient plus fréquemment compris à l'intérieur des limites d'exposition recommandées.

La concentration moyenne de formaldéhyde était de 0,060 ppm dans les maisons R-2000 et de 0,068 ppm dans les maisons de construction classique. On a noté des taux de formaldéhyde considérablement plus élevés dans les maisons R-2000 dans lesquelles on n'avait pas observé les lignes directrices sur la ventilation des habitations à facteur d'isolation R-2000 que dans celles qui avaient été tenues en conformité avec ces lignes directrices, soit 0,089 ppm par rapport à 0,047 ppm. On en a conclu que le seuil d'intervention de 0,100 ppm établi pour le formaldéhyde par le Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail pouvait être obtenu facilement dans les maisons du projet tandis que le taux cible de 0,050 ppm ne pouvait être observé avec constance, lorsque la ventilation était la seule méthode de contrôle du taux de formaldéhyde.

La concentration de produit de filiation du radon selon la moyenne géométrique était de 0,007 WL dans les maisons R-2000 et de 0,010 WL dans les maisons de type classique. Une seule des 123 mesures a dépassé le niveau de la ligne directrice canadienne établi à 0,100 WL. Dans les maisons R-2000 comme dans les autres maisons, les niveaux de produit de filiation du radon étaient bien en deçà de ceux qui avaient été notés dans une étude semblable qui portait sur des maisons de construction classique plus vieilles, menée à Winnipeg.

Le taux moyen de particules dans les maisons occupées par des fumeurs s'élevait à $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, comparé à $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le cas des maisons qui ne comptaient pas de fumeurs. Cet écart s'est avéré statistiquement pertinent, d'autant plus que l'on note un taux de renouvellement d'air moyen plus élevé dans les maisons occupées par des fumeurs. La norme pour les taux de particules en milieux résidentiels est de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le niveau moyen de dioxyde d'azote était de 0,0040 ppm dans les maisons R-2000 et de 0,0044 ppm dans les maisons classiques, mais cet écart n'est pas statistiquement pertinent. Toutes les lectures notées étaient bien en deçà de la limite d'exposition de 0,05 ppm de la ligne directrice.

Plus de 1 000 relevés ponctuels des concentrations de dioxyde de carbone ont été effectués, et une seule de ces lectures dépassait la limite d'exposition prescrite de 3 500 ppm. En outre, 94 % de ces lectures étaient inférieures à 1 000 ppm. Lorsqu'on a utilisé un sous-ensemble de 587 relevés de dioxyde de carbone effectués avec des échantillons à haute résolution, la concentration moyenne était de 600 ppm dans le cas des maisons R-2000 et de 800 ppm dans le cas des maisons de construction classique.

Les taux moyens d'humidité relative des maisons R-2000 étaient plus fréquemment compris à l'intérieur de la plage d'exposition hivernale recommandée de 30 % à 55 %.

Les corrélations statistiques entre les concentrations de polluants et les taux de renouvellement d'air correspondants se sont révélées faibles, de façon générale. Dans le cas du formaldéhyde, les taux de renouvellement d'air plus élevés réduisaient la fréquence des concentrations extrêmes et, par conséquent, amélioreraient la fiabilité en termes de qualité de l'air à l'intérieur des maisons. Néanmoins, ces résultats ont confirmé les limites de l'utilisation de la ventilation mécanique comme unique moyen d'obtenir une qualité de l'air acceptable, aux concentrations de polluants relevées dans le cadre de l'étude. On en a conclu qu'il fallait mettre davantage en valeur d'autres mesures de contrôle, y compris l'élimination et l'isolation à la source, les contrôles de la pénétration des polluants et l'amélioration du rendement/de l'efficacité des installations de ventilation.

L'intervention du propriétaire parallèlement aux systèmes de ventilation mécanique s'est avérée courante et a souvent eu pour résultat un taux d'utilisation des installations plus faible que prévu. Ce problème était tout particulièrement évident dans les maisons dotées de ventilateurs d'aspiration de salle de bain et celles dotées d'un système à extraction centrale et de conduits d'air de compensation. On en a conclu que les taux de calcul utilisés pour les installations de ventilation, plus particulièrement celles qui ne sont pas dotées de caractéristiques de récupération de chaleur, devaient être fondés tant sur la capacité du système à éliminer les polluants que sur l'incidence qu'a l'utilisation du système par le propriétaire sur le taux net de renouvellement d'air.

Des recommandations ont été faites quant à l'amélioration des installations de ventilation mécanique, y compris des suggestions relativement aux systèmes de contrôle, à la capacité des installations, au rendement opérationnel tel qu'il est perçu par le propriétaire ainsi qu'à l'éducation du propriétaire.

TABLE OF CONTENTS

SECTION 1	INTRODUCTION	1
SECTION 2	FORMALDEHYDE	5
SECTION 3	RADON DAUGHTERS	16
SECTION 4	PARTICULATES	21
SECTION 5	NITROGEN DIOXIDE	24
SECTION 6	CARBON DIOXIDE	27
SECTION 7	RELATIVE HUMIDITY	32
SECTION 8	TOTAL AIR CHANGE RATES	35
SECTION 9	MECHANICAL VENTILATION AND INDOOR AIR QUALITY . . .	47
SECTION 10	CONCLUSIONS	52
REFERENCES	55
APPENDIX A	MONITORING DATA	59