



Thermal Comfort in Passive Solar Buildings

Prepared For:

CANMET Energy Technology Centre - Ottawa
Buildings Group - Energy Sector
Department of Natural Resources Canada
Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0E4
DSS Contract No. 23440-8-9046
January 1990

Prepared By:

Enermodal Engineering Limited
650 Riverbend Drive,
Kitchener, Ontario, N2K 3S2
Tel: (519) 743-8777; Fax: (519) 743-8778
Email: office@enermodal.com

Scientific Authority:

Mark Riley
Buildings Group - Energy Sector
CANMET Energy Technology Centre - Ottawa
Department of Natural Resources Canada
580 Booth Street, 13th Floor
Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0E4

CITATION

Carpenter, S. and Kyone, S.S., Enermodal Engineering Limited. *Thermal Comfort in Passive Solar Buildings*. DSS Contract File No. 23440-8-9046. Buildings Group, Energy Sector, CANMET Energy Technology Centre – Ottawa, Department of Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario, 1990. (41 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 Government of Canada under the Green Plan.

EXECUTIVE SUMMARY

One of the barriers to increased adoption of passive solar heating is the concern that comfort may be compromised. Large expanses of windows can cause overheating on sunny days and radiant cooling on cold nights. The purpose of this report was to assess thermal comfort in passive solar buildings, develop a model to predict thermal comfort and validate the model against monitored data from a passive solar home. The report includes examples of how the thermal comfort model can be used to develop guidelines for thermal comfort.

The development of a computer model to predict thermal comfort was central to this study. The ENERPASS computer program was modified to predict hourly values of Fanger's Predicted Mean Vote (PMV). Because thermal comfort modelling is not well-established, it was felt that the model had to be validated against monitored data. The thermal comfort of a passive solar home was monitored for a five day period in March, 1989.

A review of the literature found that excessive temperatures, large temperature swings and direct solar radiation incident on the occupants have the greatest potential for causing thermal discomfort in passive solar homes. Heavy-mass floors can cause discomfort if the occupants do not wear shoes.

The ENERPASS computer program predictions of thermal comfort (PMV) agreed reasonably well with the monitored data for a passive solar home. There was some discrepancy between monitored and predicted air temperatures on sunny days: this was attributed to the monitoring equipment being located close to the floor and, as such, measuring temperatures not representative of the "average" room temperature.

The passive solar home, with a 23% glass-to-floor area ratio, had air temperatures as high as 28C at 600mm above the floor. The day/night swing in the PMV of 2.0 (from slightly cool to slightly warm) is twice the recommended range. The head-to-floor temperature stratification was as high as seven Celsius degrees--greater than the recommended four-degree maximum.

Application of the ENERPASS Thermal Comfort Model developed as part of this study confirmed the 6 to 8% glass-to-floor area ratio design guideline for thermal comfort. For a person located near a window, the air temperature must be 0.8 Celsius degrees warmer if double-glazed instead of high-performance windows are used. The energy benefit of high-performance windows is 24% higher than would be calculated by a straight comparison of R-values, because of the need for a higher thermostat setting when double-glazed windows are used.

It is recommended that the thermal comfort model developed as a part of this study be used to perform a more complete analysis of the thermal comfort benefits of high-performance windows and other passive solar technologies such as phase-change drywall. The results of this analysis could be used to develop thermal comfort guidelines for passive solar homes.

RÉSUMÉ

Le consommateur hésite à adopter davantage le chauffage solaire passif de peur d'avoir à faire d'importantes concessions du côté confort. Les grandes surfaces vitrées peuvent causer une surcharge de chaleur, par journée ensoleillée, et des pertes de chaleur la nuit, par temps froid. Le présent rapport a pour but d'évaluer le confort thermique dans les bâtiments à chauffage solaire, de mettre au point un modèle permettant de prédire le confort thermique, et de comparer ce modèle à des données ayant fait l'objet de contrôle à partir d'une maison solaire. Le rapport explique à l'aide d'exemples comment le modèle de confort thermique peut servir à élaborer des lignes directrices pour le confort thermique.

Le but principal de l'étude fut la mise au point d'un modèle informatisé permettant de prédire le confort thermique. On a modifié le logiciel ENERPASS afin de prédire la valeur horaire des indices PMV. Le modèle de confort thermique n'étant pas très reconnu, nous avons crû bon de le valider en le comparant à des données réelles. Le confort thermique d'une maison à chauffage solaire passif a donc fait l'objet d'une étude pendant une période de 5 jours au mois de mars 1989.

Une étude de la documentation existante a permis d'établir que les températures excessives, les écarts de température et les effets des rayons directs de soleil sont les principales causes d'inconfort pour les occupants de maisons à chauffage solaire passif. Les planchers massifs faisant office de masse thermique oblige les occupants à porter des souliers.

Les prévisions de confort obtenues grâce au logiciel ENERPASS correspondaient assez bien aux données recueillies. Cependant, les données relevées et celles qui étaient prévues ne correspondaient pas par jours ensoleillés; ce phénomène étant attribué à l'équipement de contrôle placé trop près du plancher et mesurant par conséquent des températures plus froides que la température moyenne de la pièce.

La maison à chauffage solaire passif comportant une proportion vitre-surface de 23 % présentait une température de 28 ° C à 600 mm du plancher. L'écart de température entre le jour et la nuit était de 2,0 (oscillant entre le trop froid et le trop chaud), ce qui est deux fois plus élevé que l'écart recommandé. La différence de température entre le niveau de plancher et celui de la hauteur de la tête des occupants était à 7 ° C soit plus de 4 ° C de plus que l'écart recommandé.

L'utilisation du modèle informatisé ENERPASS mis au point pour cette étude a confirmé les rapport de 6 % à 8 % entre la surface vitrée et la surface totale. Pour qu'une personne installée près d'une fenêtre soit confortable, la température de l'air doit être

0,8 ° C plus élevée, si l'on a recours aux fenêtres à double vitrage plutôt qu'aux fenêtres à haut rendement énergétique. Les avantages énergétiques découlant des fenêtres à haut rendement sont en réalité 24 % de plus que ne l'indique la simple comparaison des valeur R, en raison de la nécessité d'ajuster le thermostat à température plus chaude lorsque des fenêtres à double vitrage sont utilisées.

Il a été recommandé que le modèle de confort thermique mis au point aux fins de cette étude soit utilisé pour effectuer une analyse plus complète des avantages de confort thermique des fenêtres à haut rendement énergétique ainsi que du reste de la technologie du chauffage solaire dont le placoplâtre à changement de phase. Les résultats de la présente analyse pourraient servir à établir des lignes directrices de confort thermique pour les maisons à chauffage solaire passif.

TABLE OF CONTENTS

	<u>Page</u>
EXECUTIVE SUMMARY.....	ii
RÉSUMÉ.....	iii
1. INTRODUCTION.....	1
1.1 Introduction.....	1
1.2 Literature Review.....	1
1.2.1 General.....	1
1.2.2 Application to Passive Solar.....	6
2. MODELLING OF THERMAL COMFORT.....	10
2.1 Model Development.....	10
3. MONITORING OF THERMAL COMFORT.....	16
3.1 The Building.....	16
3.2 Results.....	20
4. APPLICATION OF THE THERMAL COMFORT MODEL.....	35
4.1 Effect of Window Thermal Resistance.....	35
4.2 Effect of Window Size.....	35
5. CONCLUSIONS.....	39
6. RECOMMENDATIONS.....	40
7. REFERENCES.....	41
APPENDIX A:	
Angle Factor Calculation Program.....	42