



**PERFORMANCE OF
THE BRAMPTON ADVANCED HOUSE**

PREPARED FOR:

Efficiency and Alternative Energy Technology Branch/CANMET
Energy, Mines and Resources Canada
Ottawa, Ont.
November 1992

PREPARED BY:

Enermodal Engineering Limited
368 Phillip Street
Waterloo, Ontario
N2L 5J1
(519) 884-6421

SCIENTIFIC AUTHORITY:

Joël Allarie
Efficiency and Alternative Energy Technology Branch/CANMET
Energy, Mines and Resources Canada
580 Booth Street
Ottawa, Ont.
K1A 0E4

CITATION

Enermodal Engineering Limited. *Performance Of The Brampton Advanced House*. Efficiency and Alternative Energy Technology Branch, CANMET, Energy, Mines and Resources Canada, Ottawa, Ontario, 1992 (78 pp.).

Copies of this report may be obtained through the following:

Efficiency and Alternative Energy Technology Branch
CANMET
Energy, Mines and Resources Canada
580 Booth Street, 9th Floor
Ottawa, Ont.
K1A 0E4

or

Document Delivery Service
Library and Documentation Services Division
CANMET
Energy, Mines and Resources Canada
562 Booth Street
Ottawa, Ont.
K1A 0G1

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 nor its ministers, officers, employees or agents makes any warranty in respect to this report or assumes any liability arising out of this report.

NOTE

Funding for this project was provided by the Federal Panel on Energy Research and Development, Energy, Mines and Resources Canada.

© Minister of Supply & Services Canada 1993
Catalogue No. M91-7/229-1993E
ISBN. 0-662-20563-4

EXECUTIVE SUMMARY

In 1989 the "Advanced House" in Brampton Ontario was built to demonstrate innovative residential energy-efficient technologies. This house is Canada's contribution to the research segment of the International Energy Agency Task XIII Advanced Solar/Low Energy Residential Buildings. This house was also the catalyst for Energy, Mines and Resources Canada Advanced Houses Program begun in 1991.

House construction was completed in late February, 1990, open for public viewing from March 1990 through February 1991, the house was sold in June 1991.

The energy performance of the house was predicted through detailed computer simulation using the ENERPASS computer program. A monitoring system was installed to assess the actual energy performance of the house and its innovative energy-conserving technologies. Monitoring of the house began in the summer of 1990 and continued until October 1992. This report examines the performance of the house over its first two and a half years.

The Advanced House was designed to use 12500 kWh per year or 31 kWh per m² of floor area in a degree day climate of 4200 °C-days. This is approximately 30% the energy consumption of a similar house built to the 1985 insulation standards of the Ontario Building Code and using conventional electric mechanical systems.

Tests of the building shell show that the building heat loss coefficient (199 W/°C) and airtightness (0.9 ACH at 50 Pa) are close to design targets. Some decrease in building airtightness over time was noted. Maximum formaldehyde and radon concentrations were measured at 0.048 ppm and 0.002 WLU respectively, well within accepted guidelines.

Hot water use for the three-person family averaged 164 litres per day at 45°C. The water-conserving appliances are credited with reducing the water heating requirement to 60% of the typical residential load. An

average of 260 litres per day was used for normal cold water demands; in addition 140 cubic metres of water was dumped during the cooling season to maintain Integrated Mechanical System (IMS) cooling capacity.

Monthly lighting and receptacle loads averaged 400 kWh; of this, 125 kWh per month were used by the major appliances. Fan energy use averaged 134 kWh per month. These loads are close to design values.

Monitored energy consumption was 28% higher than computer-predicted values during the demonstration period and 60% higher than predicted when the house was occupied. The annual energy use during the occupied period was 19834 kWh or 49 kWh per square metre of heated floor area.

The higher-than-expected energy use is attributed to five factors. First, high exhaust air flow rates and higher-than-expected air leakage from the house to the sunspace (thereby reducing the effectiveness of the sunspace preheating) resulted in high ventilation air heating load. Second, the average indoor air temperature over the heating season was 23°C, 2 C° above the 21°C setting assumed at the design phase.

The three remaining factors relate to the IMS. The Seasonal Performance Factor (SPF) over the heating season averaged 1.54 (or as high as 1.74 including monitoring uncertainties). This is between 13 and 23% lower than the predicted value of 2.0. The average heat output from the IMS ranged from 4 to 5.5 kW, less than the 6 kW expected. The lower output meant that the heating system had to use more back-up electrical energy than predicted. The high parasitic energy required for fans, pumps and controls contributed to the reduced SPF. The pumps, fans and controls consumed 400 to 500 Watts continuously. Over the year, this represents an energy use of 3750 kWh or 30% of the total house energy consumption.

The peak electrical demand was 8.7 kW. This is 13% below the 10 kW required to activate the load-shedding.

In summary, monitoring of the Advanced House has shown that extremely energy-efficient buildings are achievable. A wide range of commercially available energy-saving products were successfully used to reduce energy consumption in all systems in the house. Although there were a few minor problems with the prototype Integrated Mechanical System, this technology has the potential to offer large energy savings.

ACKNOWLEDGEMENTS

This report was prepared by Stephen Carpenter and John Kokko of Enermodal Engineering Limited. The authors would like to acknowledge the assistance of several individuals:

- Elizabeth White (Advanced House Project Manager), Greg Allen and Mario Kani (Allen Associates) for ongoing project advice and guidance;
- Ed Morofsky and Robin Sinha of Energy, Mines and Resources Canada for report review;
- Joel Allarie of Energy, Mines and Resources Canada for managing the project contract;
- Nathan Sheaff of Scimetrics for support in installing and commissioning the monitoring system;
- Doug Cane of Caneta for assistance in defining heat pump performance criteria; and finally
- the homeowners, Shirley and Percy DeSouza, for the generous co-operation in data collection and providing access to the house.

SOMMAIRE

En 1989, on construisait la «Maison performante» à Brampton, en Ontario, dans le but de faire la démonstration de technologies innovatrices d'efficacité énergétique dans des immeubles résidentiels. Contribution du Canada au segment recherche du projet XIII de l'Agence internationale de l'énergie, «Advanced Solar/Low Energy Residential Buildings», cette maison a aussi donné le coup d'envoi au Programme de la maison performante d'Énergie, Mines et Ressources Canada, lancé en 1991.

La maison, terminée vers la fin de février 1990 et ouverte au public de mars 1990 à février 1991, a été vendue en juin 1991.

Le rendement énergétique prévu de la maison a été calculé à l'aide d'une simulation détaillée rendue possible par le programme informatisé ENERPASS. Un système de suivi a été installé afin d'évaluer le rendement énergétique réel de la maison et de ses technologies de conservation d'énergie. La maison fut ainsi étudiée de l'été 1991 à octobre 1992, période couverte par le présent rapport.

Performance of the Brampton Advanced House

La maison performante a été conçue pour consommer 12 500 kWh d'électricité par an, soit 31 kWh par mètre carré, à une température ambiante de 4 200 °C-jours, ce qui ne représente qu'environ 30 % de la consommation d'une maison semblable construite selon les normes d'isolation du Code du bâtiment de l'Ontario de 1985 et équipée de systèmes électro-mécaniques de type classique.

Des tests effectués sur l'enveloppe du bâtiment ont révélé que son coefficient de déperdition (199 W/°C) et son étanchéité à l'air (0,9 ACH à 50 Pa) étaient près des normes établies à la conception. Une certaine perte d'étanchéité a été enregistrée avec le temps. Les concentrations maximales de formaldéhyde et de radon étaient de 0,048 ppm et de 0,002 WLU respectivement, bien en deçà de normes établies.

Les occupants, au nombre de trois, ont consommé en moyenne 164 litres d'eau chaude (45 °C) par jour, quantité qui, grâce aux économiseurs d'eau, ne représente que 60 % de celle d'une résidence type. La même famille a écoulé 260 litres d'eau froide par jour, auxquels se sont ajoutés les plus de 140 mètres cubes d'eau déversés chaque année pour maintenir les capacités refroidissantes du Système mécanique intégré pendant la période de climatisation.

La consommation mensuelle moyenne d'électricité pour l'éclairage et les appareils a été de 400 kWh, dont 125 kWh pour les principaux appareils ménagers. Le système de ventilation a utilisé 134 kWh par mois, soit à peu près ce qui avait été prévu à la conception.

La consommation réelle d'électricité a été de 28 % plus élevée que ce qui avait été prévu par simulation en période de démonstration, proportion qui a grimpé à 60 % lorsque la maison est devenue habitée. Au cours de la période d'occupation, la consommation annuelle s'est chiffrée à 19 834 kWh, soit 49 kWh par mètre carré d'espace chauffé.

Cette consommation plus forte que prévue est attribuable à cinq facteurs. Tout d'abord, un débit élevé de circulation de l'air vicié et un taux plus élevé que prévu de fuite d'air entre la maison et l'espace-serre (réduisant ainsi l'efficacité du préchauffage de l'espace-serre) se sont traduits par une demande accrue en chauffage de l'air. Ensuite, la température ambiante moyenne au cours de la période de chauffe a été de 23 °C au lieu du 21 °C prévu à l'étape de la conception.

Les trois autres facteurs sont liés au SMI. Le coefficient de rendement saisonnier (CRS) au cours de la saison de chauffe a été de 1,54 (ou jusqu'à 1,74 si l'on tient compte de la marge d'erreur que comporte l'étude), soit de 13 à 23 % en deçà du 2,0 prévu. En moyenne, le SMI n'a produit que de 4 à 5,5 kW de chauffage à consommer plus d'électricité d'appoint. La forte consommation des ventilateurs, des pompes et des dispositifs de régularisation ont également contribué à la baisse du CRS. Ces éléments ont consommé de 400 à 500 W de façon continue, soit 3 750 kWh pour l'année, ou 30 % de la consommation totale de la maison.

En aucun temps la demande en électricité n'a excédé 8,7 kW, soit 13 % de moins que les 10 kW requis pour activer le dispositif de délestage.

Bref, l'observation de la Maison performante a révélé qu'il était possible de construire des bâtiments extrêmement efficaces sur le plan énergétique. Une vaste gamme de produits à faible consommation d'énergie, qui sont d'ailleurs offerts sur le marché, ont été utilisés pour tenter, avec succès, de réduire la consommation énergétique de tous les systèmes de la maison. En dépit de quelques problèmes mineurs avec le prototype du SMI, cette technologie a le potentiel requis pour faire réaliser de grandes économies d'énergie.

TABLE OF CONTENTS

	<u>Page</u>
EXECUTIVE SUMMARY	i
RÉSUMÉ	i(a)
TABLE OF CONTENTS	v
1. INTRODUCTION	1
1.1 General House Description	2
1.1.1 Building Shell	2
1.1.2 Passive Solar Sunspace	7
1.1.3 Integrated Mechanical System	7
1.1.4 Energy-Efficient Appliances and Lighting	10
1.1.5 Control System	11
2. EXPECTED PERFORMANCE	13
2.1 Performance Predictions	13
2.2 Comparison to Conventional House Designs	14
3. MONITORING PROCEDURE	17
3.1 One-Time Tests	17
3.2 Long-Term Monitoring	19
3.3 Monitoring System Commissioning	22
4. MONITORED RESULTS	26
4.1 House and System Operation over the Monitoring Period	26
4.1.1 House Operation	26
4.1.2 House Equipment Operation	27
4.1.3 Monitoring System Operation	30
4.1.4 Weather Data over the Monitoring Period	31
4.2 Building Loads	31
4.2.1 Building Heat Loss Characteristics	31
4.2.2 Building Airtightness	38
4.2.3 Water Usage	39
4.3 Air Quality Test Results	41

Performance of the Brampton Advanced House

4.4	IMS Performance	42
4.4.1	Total Performance	42
4.4.2	Heating Season Performance	46
4.4.3	Cooling Season Performance	53
4.5	Appliances	53
4.6	Other Electrical Systems	58
4.7	Whole House Analysis	58
5.0	CONCLUSIONS	64
6.0	REFERENCES	66
	APPENDIX A: MONITORING SYSTEM	
	APPENDIX B: IEA TASK XIII ACTIVITIES	
	APPENDIX C: FLOOR PLANS	
	APPENDIX D: MONTHLY SUMMARIES OF MONITORED DATA	Under Separate Cover

LIST OF TABLES

	<u>Page</u>
Table 1.1 Building Shell Insulation Levels	6
Table 1.2 Appliance Energy Consumption	11
Table 2.1 Predicted Energy Performance	13
Table 2.2 Comparison of House Designs	15
Table 2.3 Comparison of Energy Predictions (kWh)	15
Table 3.1 One Time Tests Conducted at the Advanced House	18
Table 3.2 Monitoring Points Classified	19
Table 3.3 Cold-Side Three-Month Heat Balance	23
Table 3.4 Hot-Side Three-Month Heat Balance	24
Table 3.5 Heat Pump Three-Month Heat Balance	25
Table 4.1 Conductivity of Wet-Blown Cellulose	34
Table 4.2 Thermal Resistance of Wall Assembly (m^2-C/W)	35
Table 4.3 Window Test Results	37
Table 4.4 Building UA-Value in $W/^\circ C$	37
Table 4.5 Sunspace Leakage Area	39
Table 4.6 IMS Monthly Average Performance - Demonstration Period	46
Table 4.7 IMS Monthly Average Performance - Occupied Period	47
Table 4.8 Appliance Energy Use	55
Table B.1 Performance of the Advanced House in Other Regions	

LIST OF FIGURES

	<u>Page</u>
Figure 1.1 Advanced House Main-Floor Plan	3
Figure 1.2 Advanced House Second-Floor Plan	4
Figure 1.3 Wall Construction	5
Figure 1.4 Integrated Mechanical System Schematic	8
Figure 2.1 Sankey Diagram of the Energy Flows at the Brampton Advanced House	 16
Figure 3.1 Advanced House Monitoring Schematic	20
Figure 3.2 IMS Monitoring Schematic	21
Figure 4.1 Timeline of IMS Operation	28
Figure 4.2 Timeline of House Operation	29
Figure 4.3 Ambient Temperature	32
Figure 4.4 Global Solar Radiation	33
Figure 4.5 Hot Water Load	40
Figure 4.6 Monitored Performance of the IMS	43
Figure 4.7 IMS Performance	44
Figure 4.8 IMS Seasonal Perf. Factor	48
Figure 4.9 Hourly IMS Performance	50
Figure 4.10 Advanced House - IMS Operation	52
Figure 4.11 IMS Steady State Performance	54
Figure 4.12 Appliance Energy Use	56
Figure 4.13 Monitored Energy Consumption	59
Figure 4.14 House Total Energy - House Occupied	61
Figure 4.15 Comparison of Predicted and Monitored Energy Use	 62