



**CANADA'S GREEN PLAN
LE PLAN VERT DU CANADA**

GREEN ON THE GRAND FINAL MONITORING REPORT

PREPARED FOR:

The CANMET Energy Technology Centre (CETC)
Energy Technology Branch, Energy Sector
Department of Natural Resources Canada
Ottawa, Ontario, K1A 0E4
Contribution Agreement File No. EA-0730-E2
November, 1998

PREPARED BY:

Enemodal Engineering Limited
650 Riverbend Drive
Kitchener, Ontario, N2K 3S2
Tel:(519)743-8777: Fax:(519)743-8778
E-mail: office@enemodal.com

SCIENTIFIC AUTHORITY:

Allen Carpenter - Buildings Group
The CANMET Energy Technology Centre (CETC)
Energy Technology Branch, Energy Sector
Department of Natural Resources Canada
580 Booth Street
Ottawa, Ontario, K1A 0E4

February 12, 1999

CITATION

Enermodal Engineering Limited., *Green on the Grand Final Monitoring Report*. Prepared under CANMET Contribution Agreement File No. EA-0730-E2. The CANMET Energy Technology Centre, (CETC) Energy Technology Branch, Energy Sector, Department of Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario, 1996. (76 pages)

Copies of this report may be obtained through the following:

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

or

Intellectual Property and Technical Information Management
Library and Documentation Service Division, CANMET
Department of Natural Resources Canada
562 Booth Street
Ottawa, Ontario
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 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 Government of Canada under the Green Plan.

Catalogue No. M91-7/445-1999E
ISBN 0-660-17732-3

EXECUTIVE SUMMARY

The Green on the Grand office building is the first C2000 project in Canada. The two-storey, 2,180 m² (22,000 ft²) office building is located in Kitchener, Ontario. The building design addresses the four key requirements of a C-2000 building: energy-efficiency, minimal environmental impact, occupant health and comfort, and functional performance. Green on the Grand was designed to consume half the energy and water of an efficient new building (built to the ASHRAE 90.1 standard). With respect to environmental impact, no CFCs and minimal HCFCs were to be used to produce any of the building materials or operate any of the equipment. Construction waste was reduced by 75% through a combination of reducing material requirements, re-using waste materials on site and recycling as much as possible.

Green on the Grand was able to realise major energy and HVAC capital cost savings from a highly insulated and airtight building shell. The heating load dropped by 66%. The use of spectrally selective glazings and a reduced peak electrical load allowed the installation of a chiller less than half the size that would otherwise have been required.

Green on the Grand achieved a monitored energy cost savings of 28% relative to ASHRAE 90.1. The greatest cost savings were achieved in lighting energy. A combination of energy-efficient lighting design, daylighting controls and occupancy sensors reduced the lighting electricity use by 82% for one tenant relative to ASHRAE 90.1 lighting requirements. This was achieved by a 55% reduction in lighting density and a 60% reduction in light output because of daylighting and occupancy sensors. The average lighting savings for the building relative to ASHRAE 90.1 is estimated to be 60%.

The primary reason for the lower than expected energy savings was due to the poor seasonal performance of the boiler/absorption chiller. The boiler had a seasonal efficiency of 48% and the chiller had a seasonal COP of 0.51: both significantly below the manufacturer's steady-state ratings. Efficiency curves for off-rating point and part load performances are required to allow designers to properly assess and select equipment.

Displacement ventilation performs well, effectively removing pollutants and providing fresh air to the space. A C-2000 building provides a comfortable and pleasing environment for the occupants. Over 75% of the tenants were satisfied with the general environment, lighting and quality of the fresh air. Areas of low satisfaction were high noise transfer and temperature variations, particularly in the swing seasons.

Connected receptacle capacity is approximately equivalent to the 8.1 W/m^2 suggested in ASHRAE 90.1. However, the monitored operating schedule has a much higher loads at night and on weekends than the default in ASHRAE 90.1. The receptacle load is approximately 50% during the night and on weekends compared to daytime operation.



Green on the Grand: Canada's First C2000 Building

RÉSUMÉ

L'édifice à bureaux Green on the Grand est le premier projet C-2000 réalisé au Canada. Cet édifice de deux étages et de 2 180 m² (22 000 pi²) est situé à Kitchener (Ontario). Par sa conception, l'édifice répond aux quatre exigences fondamentales imposées aux bâtiments C-2000 : efficacité énergétique, impacts environnementaux minimes, santé et confort des occupants et fonctionnalité. Green on the Grand a été conçu de manière à ne consommer que la moitié de l'énergie et de l'eau que demanderait un bâtiment neuf à bon rendement énergétique (construit selon la norme ASHRAE 90.1). Sous l'aspect environnemental, aucun CFC ne devait entrer dans la production des matériaux de construction ni être utilisé dans l'exploitation de l'équipement; toutefois, une quantité minime de HCFC était tolérée. Les déchets de construction ont été coupés de 75 % par une combinaison de différentes mesures : réduction des quantités de matériaux utilisées, réutilisation des matériaux de rebut du chantier et leur recyclage dans toute la mesure du possible.

L'isolation et l'étanchéité à l'air poussées de l'enveloppe de l'édifice ont permis de réaliser d'importantes économies d'énergie et d'immobilisations en installations CVCA. La charge de chauffage a été diminuée de 66 %. L'utilisation de vitrages à sélection spectrale et la réduction de la charge électrique de pointe ont permis l'installation d'un refroidisseur plus de moitié moins puissant que ce qui aurait été nécessaire dans un bâtiment simplement à bon rendement énergétique.

Green on the Grand a enregistré des économies d'énergie mesurées de 28 % par rapport à un bâtiment conforme à la norme ASHRAE 90.1. Les principales économies ont été réalisées sur l'éclairage. Une combinaison de luminaires à haut rendement énergétique, de commandes d'éclairage réagissant à la lumière naturelle et de détecteurs de présence ont permis de réduire, pour un locataire donné, de 82 % la consommation de courant pour l'éclairage par rapport aux exigences de la norme ASHRAE 90.1. Ces résultats sont imputables à une diminution de 55 % de la densité de puissance d'éclairage et à une réduction de 60 % de la puissance consommée grâce à l'emploi de l'éclairage naturel et des détecteurs de présence. Les économies d'éclairage moyennes de l'ensemble des locataires sont évaluées à 60 % par rapport aux exigences de l'ASHRAE 90.1.

Les économies d'énergie inférieures aux attentes sont reliées au faible rendement saisonnier de la chaudière-refroidisseur à absorption. La chaudière avait un rendement saisonnier de 48 % et le refroidisseur, un COP saisonnier de 0,51 : deux valeurs nettement inférieures aux rendements nominaux en régime permanent indiqués par le fabricant. Des courbes de rendement pour les températures autres que le point normalisé d'essai et pour des périodes

de fonctionnement à charge partielle sont nécessaires aux concepteurs pour l'évaluation et pour le choix éclairé du matériel.

La ventilation de renouvellement fonctionne bien, éliminant efficacement les polluants et fournissant de l'air frais aux locaux. Un bâtiment C-2000 offre à ses occupants un environnement confortable et agréable. Plus de 75 % des occupants sont satisfaits de l'environnement en général, de l'éclairage et de la qualité de l'air. Les sources d'insatisfaction sont une importante transmission du bruit et des fluctuations de température, en particulier pendant les transitions saisonnières.

La puissance raccordée aux prises est à peu près équivalente à la valeur de 8,1 W/m² recommandée par la norme ASHRAE 90.1. Toutefois, l'horaire de service mesuré des installations présente une charge de nuit et de fin de semaine nettement supérieure à la valeur implicite de la norme ASHRAE. La charge raccordée aux prises pendant la nuit et la fin de semaine est d'environ 50 % de celle de jour.

Table of Contents

1. INTRODUCTION	1
2. BUILDING DESCRIPTION	3
2.1 Design Features	3
2.2 Construction Process	8
2.2.1 Building Shell	8
2.2.2 Mechanical Systems	9
2.2.3 Lighting Systems	9
3. EXPECTED PERFORMANCE.....	11
3.1 Energy Usage	11
3.2 Water Consumption.....	12
4. MONITORING SYSTEMS.....	13
4.1 Monitoring Schematics	13
4.2 Boiler/Chiller Instrumentation.....	14
4.3 Air Handler Instrumentation.....	14
4.4 Short-Term Performance Testing	15
4.5 Completeness of Monitored Data	16
4.6 Weather Data	16
5. PERFORMANCE RESULTS	19
5.1 Building and Equipment Operation	19
5.2 Building Envelope.....	20
5.3 Total Building Energy Use	20
5.4 Heating/Cooling System Performance.....	22
5.4.1 Boiler Performance.....	22
5.4.2 Chiller Performance.....	24
5.4.3 Cooling Pond.....	28
5.5 Ventilation System Performance	28
5.5.1 Heat Recovery	28
5.5.2 Fans	30
5.6 Occupant Comfort and Satisfaction	30
5.6.1 Occupant Comfort	30
5.6.2 Occupant Satisfaction	33
5.7 Lighting and Daylighting System Performance	33
5.7.1 Operational Performance	33
5.7.2 Daylight Simulations.....	35

5.8 Other Electrical Loads	38
5.9 Water Consumption.....	39
6. CONCLUSIONS	40
7. REFERENCES	42
Appendix A. Monitoring System Schematics	43
Appendix B. Monthly Utility Consumption	44
Appendix C. Monthly Monitoring Reports	45

Table of Figures

Figure 2.1: Green on the Grand Floor Plan	4
Figure 4.1: 1997 and CWEC Monthly Average Temperature.....	17
Figure 4.2: 1997 and CWEC Global Horizontal Solar Radiation	18
Figure 5.1: Green on the Grand Boiler/Chiller Heating Performance	23
Figure 5.2: Boiler Thermal Efficiency vs. Average Cycle Run Time	24
Figure 5.3: COP vs. Cooling Water Temp.	26
Figure 5.4 Heat Supplied to Ventilation Air.....	29
Figure 5.5 Sensible Performance of Energy Recovery Wheel.....	30
Figure 5.6: Typical Office Room Stratification.....	31
Figure 5.7: Horizontal and Vertical Room Temperature Distribution.....	32
Figure 5.8 Lighting in Typical Office – Tues. Jan 13, 1998	35
Figure 5.9: Photograph of Second Floor Interior Office	36
Figure 5.10: ADELINE Renderings of the Second Floor Interior Office (Night & Day).....	37
Figure 5.11: Tenant Weekday Electricity Use (Normalized to Peak Value).....	38
Figure 5.12: Tenant Weekend Electricity Use (Normalized to Peak Weekday Value)	39

Table of Tables

Table 2.1 Tenant Lighting Design	10
Table 3.1 Predicted Annual Energy Consumption (ekWh) – based on ASHRAE 90.1 Default Schedules.....	11
Table 3.2 Estimated Annual Water Use (m ³ /person)	12
Table 4.1 1997 and CWEC Degree-Days.....	17
Table 5.1 Simulated and Monitored Annual Energy Consumption (ekWh) – based on Actual Operating Schedules.....	21
Table 5.2: Tenant Satisfaction with Green on the Grand	33
Table 5.3 Tenant Annual Electricity Use (values in italics are estimates)	34