

Study Verifies Coil Cleaning Saves Energy

By **Ross D. Montgomery, P.E.**, Member ASHRAE; and
Robert Baker, Member ASHRAE

Although it's known theoretically that cleaning a coil can result in energy savings, little actual testing data and research exist to prove the point. As a result, building managers often ignore or reduce resources devoted to air-handler maintenance when faced with

budget constraints. If proper maintenance is an important consideration in overall energy costs, conserving in that budget area can be self defeating.

Through our privately funded testing, monitoring and analysis, we believe we found a methodology and regimen that proves maintaining air-handler components in a clean condition can save energy dollars and improve other building parameter changes and efficiencies such as improved dehumidification and comfort, along with less mold and bacteria. Thus, we are encouraging IAQ environmental parameter improvements, better tenant satisfaction, and increased worker effectiveness.

It is difficult to find a building where such a study can be held. Fortunately, the owner and managers of a landmark 34-floor building on Times Square in New York City wanted to see what impact a dramatic change in coil cleaning nature and frequency might have. This building has only four large air handlers (SF-6, SF-7, SF-8, SF-9; 250 [880 kW], 123 [433 kW], 121 [425 kW] and 81 tons [285 kW], respectively) to service its 1.2 million ft² (111 500 m²) of air-conditioned and heated space throughout the year.



© Vitalii Ogorodnikov

1500 Broadway in NYC is the site of a coil cleaning study.

The test project was performed at the building July through September 2005 to monitor and analyze the HVAC energy use before and after restoration of two air handlers, SF-8 (121 tons [425 kW]) and SF-9 (81 tons [285 kW]), which are similar in their constant volume operation to the other two air handlers in the building, and are located on the 34th floor mechanical room. This total of four air handlers interact by providing heating and cooling to the tenants of the 34 floors of the building. Periodic

About the Authors

Ross D. Montgomery, P.E., is president of QST-Honeywell Controls in Palmetto, Fla. **Robert Baker** is founder and chairman of BBJ Environmental Solutions in Tampa, Fla.

future data readings will measure and document an ongoing O&M program designed to maintain the enhanced level of performance.

No direct way of measuring energy use or demand savings exists because instruments cannot measure the absence of energy or demand. However, the absence of energy use or demand can be calculated by comparing measurements of energy use and/or demand before and after an energy conservation measure (ECM) (see ASHRAE *Guideline 14-2002, Measurement of Energy and Demand Savings* for details and more specific testing criteria and methods).

The ECM data collection was started on approximately Aug. 21, 2005. The ECM cleaning of the coils occurred on Aug. 27 and 28. During the study, specific operational parameters on SF-8 and 9 were monitored with energy balance and temperature/humidity data points being recorded for one week prior to the ECM. The recording was resumed for an additional week following the ECM. Several critical data points such as coil differential pressure, air and water temperatures before and after the coil, condensate temperature, supply air velocities, outside air temperatures, humidity's before and after the coil, were monitored on SF-8 and 9 and both units were properly and completely cleaned.

To add reliability in our instrumentation calibration and accuracy, a certified and independent testing, adjusting and balancing (TAB) firm was used to test and calibrate the instrumentation that logged pressure, temperature, humidity, air velocity and volumetric flow rates, voltage and amps, during the course of our study period. In all, some 54 data points were continuously logged throughout the study period.

The daily variation in outside air temperature was nearly the same in the time span of this ECM (*Figure 1*). (As can be observed in the various charts, the building HVAC systems are operated in this building only during 6 a.m. to 6 p.m. Monday through Friday.)

The study has yielded the following overall results and conclusions:

- Restoration of the one air handler resulted in improvements that will lead to energy savings of up to \$40,000 this year, in accordance with the results and assumptions of this study. (The coil is 30 years old, and its last cleaning was one year ago, so the coil was in a dirty state.)
- Restoring the air handler resulted in a decrease in the pressure drop across the coil, of approximately 14%. This has resulted in a corresponding increase in airflow. The result is that the fan is producing that much more work in the form of cooling.
- Restoring the air handler resulted in an increase of 19 tons to 22 tons (67 kW to 77 kW) of cooling added to

SF-9. We estimate that 100 tons (352 kW) of cooling capacity will be added to the building once all four air handlers in the building are restored in a similar manner. (Building has a total of 1,800 [6330 kW] tons available capacity.)

- Restoring the air handler increased the thermal efficiency of the cooling coil 25% with respect to its ability to transfer its energy to its sensible loads.
- Restoring the air handler increased the thermal efficiency of the cooling coil 10% with respect to its ability to transfer its energy to its latent loads. (This is especially significant as it helps to cure the only IAQ-related complaint from building occupants, which was elevated humidity levels in certain interior locations.)
- Restoring the air handler will continue to save energy by decreasing the load on the chiller plant, and making the heat transfer of this loading more efficient. It reduces the time of multiple chiller operation and its associated pumps, cooling towers, chemical costs, wear and tear, etc. It also increases the awareness and practice of scheduling of plant operations and optimization techniques.

On SF-9, the *measured* flow rate (by TAB contractor), using the velocity across the cooling coil and the measurement of the coil area, was 30,609 cfm (14 444 L/s) before cleaning, and 34,980 cfm (16 507 L/s) after cleaning. (As shown, the ECM coil cleaning occurred on Aug. 26 to Aug. 28, and the velocity started to increase after that.) On SF-9, the *calculated* flow rate using pressure differences across the fan inlet and discharge were 27,125 cfm (12 800 L/s) before cleaning and 31,173 cfm (14 710 L/s) after cleaning. (For informational purposes only, the original specified cfm of this AHU-9 is 39,150 cfm [18 475 L/s], and this value is not used in any of our calculations. This unit is 30+ years old, and is not operating up to its original design values.) As you can see, the calculated vs. the measured values have a difference of 13%, but for the purpose of this article, we will use the measured values. The increased airflows and delivery of conditioned air to the space can increase tenant satisfaction and decrease complaints. *Figure 2* shows the graph of the increase in velocity after cleaning.

On SF-8, the coil differential pressure decreased by 14% (*Figure 3*). Using a similar analysis as we did for SF-9, this resulted in a flow rate increase of $53,475 \text{ cfm } (25\,234 \text{ L/s}) \times 1.14 = 60,961 \text{ cfm } (28\,767 \text{ L/s})$.

On SF-9, the condensate water temperature, as shown below in *Figure 4* approached the chilled water supply temperature from 6°F to 8°F (3°C to 4°C) before cleaning, to 2°F to 4°F (1°C to 3°C) after cleaning. (As shown, the ECM coil cleaning

occurred Aug. 26 to 28). This represents a significant increase in latent heat transfer ability of the coil in the range of 10%. This indicates the ability of this coil “after cleaning” to being able to provide for *better* building dehumidification capacity control by delivering sub-dew-point air temperatures across the cooling coil.

In addition to the hard results presented in this article, many other “soft” positive results come out of cleaning and normal maintenance operations and its resultant energy savings and airflow increases. The HVAC system performance is increased and can more closely perform to its original intended specified operation (39,150 cfm [18 500 L/s] design data from 30 years before). After coil cleaning and regular maintenance, the HVAC systems are cleaner, and do not provide an environment for fungal, bacterial and microbial growth in their coils, ducts, and pipes. IAQ and the awareness of good IAQ are increased in the building, and the overall comfort and work effectiveness can be greatly enhanced. Overall tenant satisfaction with the building environment has been improved as evidenced by the property manager’s communications and positive feedback.

Furthermore, not only will the owner benefit from the obvious energy savings and comfort increase, we also were able to help optimize some other building maintenance and operation processes and help enhance energy and maintenance effectiveness for years to come.

The building management had considered upgrading the environmental control systems to a modern building management system but could not clearly demonstrate an economic value to that investment. The data developed during this study allowed them to more accurately calculate a payback, so they scheduled this upgrade. In addition, consideration had not been given to conversion of the controls over the building supply and return fans from constant speed operation to VFD. The economic analysis allowed through this data has suggested that such a conversion might have significant economic value.

Good maintenance and operation practices including coil cleaning can significantly improve energy efficiency and IAQ performance of the HVAC&R systems in a building, such as reported here of 10% to 15%. More importantly, this study identified several key monitored and adjusted data points, such as pressure, humidity, and temperature, that can quickly and affordably provide a prediction of the potential for energy savings in any building. It is anticipated that such measurements will become a valuable tool for managing the economic impact of various building maintenance strategies.

A rich set of this study’s data remains to be fully analyzed. It is possible that full analysis of all of this data will lead to even more additional opportunities for operational economy and improvements in this and other similar buildings.

Bibliography

Steiskal, P. 1993. “Kahoe Test and Balance Field Manual.” Cleveland: Kahoe.

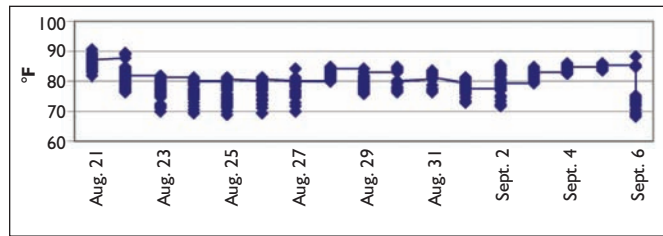


Figure 1: Outside air temperature (ECM period Aug. 21 to Sept. 6).

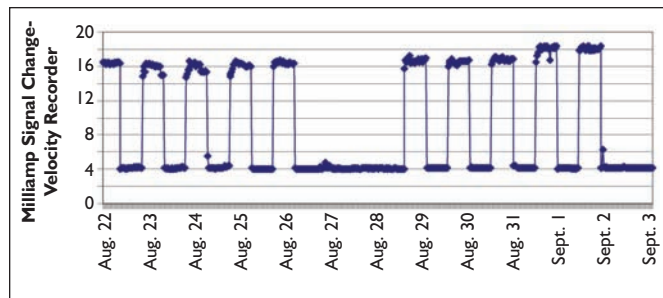


Figure 2: SF-9 air velocity increase before/after cleaning.

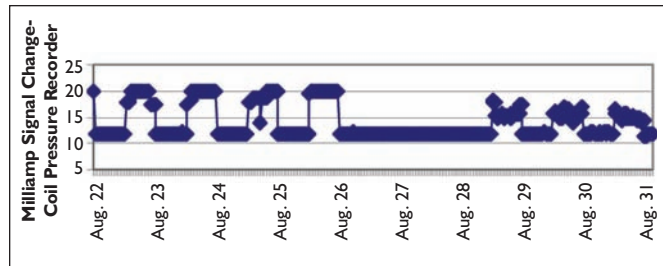


Figure 3: SF-8 differential pressure across coil change before/after cleaning.

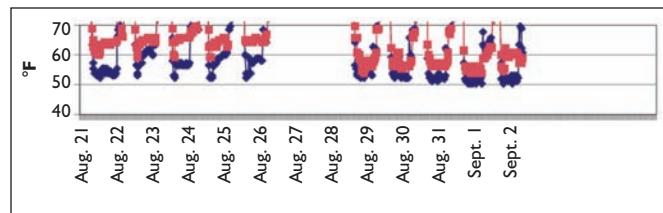


Figure 4: SF-9 supply water vs. condensate temperature differences.

ARTI-21 CR/611/40050-01. 2000. “Executive Summary—The Role of Filtration in Maintaining Clean HX Coils.”

Proctor Engineering Group. 1999. “Statewide Measurement Performance Study #3A—An Assessment of Relative Technical Degradation Rates.”

Siegel, J. 2002. “Particulate fouling of HVAC heat exchangers.” www.ce.utexas.edu/prof/siegel/thesis/siegel_dissertation.pdf.

Crowther, H. 2000. “Installing absorption chillers.” *ASHRAE Journal* 42(7):41–42.

Acknowledgments

Professional Air Balancing Inc., 2005. Randall Saul, Owner. Ben O’Connor Technician. “NYC 1500 Broadway T&B,” Clearwater Fla. ●

Uno studio dimostra che la pulizia delle batterie fa risparmiare energia

Di Ross D. Montgomery, P.E. and Robert Baker

Sebbene si sappia teoricamente che la pulizia delle batterie porta ad un risparmio energetico, esistono pochi dati da test e ricerche che possano provare questa assunzione. Di fatto i responsabili degli edifici spesso lo ignorano o riducono le risorse destinate alla manutenzione delle UTA quando hanno problemi di budget. Se la manutenzione vera e propria gode di una considerazione importante nel totale dei costi energetici, la prevenzione in quell'area del budget può difettare.

Attraverso i nostri test, i monitoraggi e le analisi finanziati privatamente, crediamo di aver trovato una metodologia ed un regime che prova che il mantenimento dei componenti delle UTA in condizioni di pulizia, fa risparmiare l'energia, ed aumenta l'efficienza ed il cambio di alcuni parametri dell'edificio come un incremento della deumidificazione e del comfort, ottenendo anche meno muffe e batteri. In questo modo incoraggiamo il miglioramento dei parametri relativi alla qualità dell'aria nell'ambiente, miglioriamo anche la soddisfazione degli amministratori e incrementiamo la produttività dei lavoratori.

E' difficile trovare un edificio dove questo studio può essere condotto. Per fortuna il proprietario ed i managers di un tipico edificio di 34 piani a Times Square a New York City hanno deciso di controllare quale impatto poteva avere un drastico cambiamento del metodo e della frequenza nella pulizia delle batterie. Questo edificio ha solo quattro grandi UTA (SF-6, SF-7, SF-8, SF-9; 250 [880 kW], 123 [433 kW], 121 [425 kW] ed 81 tons [285 kW], rispettivamente) per servire i suoi 1.2 milioni di ft² (111 500 m²) di spazio condizionato e riscaldato durante l'intero anno.

Il progetto dei test è stato effettuato nell'edificio da Luglio a Settembre 2005 allo scopo di monitorare ed analizzare l'utilizzo di energia per il funzionamento del sistema HVAC prima e dopo la pulizia delle due macchine SF-8 (121 tons [425 kW]) and SF-9 (81 tons [285 kW]), che sono simili nella loro operatività a volume costante alle altre due macchine dell'edificio , e che sono collocate nella Mechanical Room al 34° piano. Le quattro macchine nel loro insieme interagiscono per consentire il riscaldamento ed il raffrescamento degli abitanti dei 34 piani dell'edificio. Sono previste future e periodiche letture di dati per misurare e documentare il progettato programma O&M (Operation and Maintenance) atto a mantenere gli incrementati livelli di prestazione.

Non esiste un modo diretto di misurare il risparmio nell'utilizzo o nella richiesta di energia poichè gli strumenti non possono misurarli Tuttavia l'assenza o la richiesta di energia possono essere calcolati col metodo della comparazione dei dati prima e dopo una misura di conservazione di energia (ECM = Energy Conservation Measure) [vedi ASHRAE *Guideline 14-2002, Measurement of Energy and Demand Savings* per i dettagli e per i criteri e metodi di test più specifici].

La raccolta di dati ECM è cominciata all'incirca il 21 agosto 2005. La pulizia delle batterie è stata effettuata il 27 e 28 Agosto. Durante lo studio , sono stati controllati alcuni parametri operativi specifici su SF-8 e 9 con il bilancio energetico ed i dati di temperatura/umidità che erano stati registrati per una settimana prima dell'ECM. La registrazione dati è stata curata per una ulteriore settimana dopo l'ECM. Entrambe le macchine SF-8 ed SF-9 sono state pulite completamente ed in modo adeguato e sono state controllati alcuni dati essenziali e critici come la pressione differenziale della batteria, le temperature dell'aria e dell'acqua a monte ed a valle della batteria, la temperatura della condensa e l'umidità prima e dopo la batteria.

Per aggiungere credibilità alla calibratura ed accuratezza della strumentazione è stata usata una azienda certificata ed indipendente specializzata in testing riparazione e bilanciamento (TAB) per testare e calibrare gli strumenti che misuravano la pressione, la temperatura, l'umidità, la velocità dell'aria, le portate volumetriche, il voltaggio e l'ampereaggio durante tutto il periodo dello studio. Alla fine, ben 54 punti di rilevamento sono stati monitorati nel periodo dello studio.

La variazione giornaliera della temperature esterna è stat quasi sempre la stessa nell'arco di tempo di questo ECM (*figura 1*). (Come si può osservare nelle varie figure , i sistemi HVAC dell'edificio hanno operato solo dalle 6 del mattino alle 18,00 dal lunedì al venerdì)

Lo studio ha prodotto i seguenti risultati e conclusioni :

- Il ripristino di una UTA ha portato ad un tale miglioramento che si è avuto quest'anno un risparmio di energia di \$ 40,000, in accordo con i risultati ed i criteri di questo studio . (La batteria è vecchia di 30 anni e la pulizia più recente era stata effettuata un anno fa, così che la batteria era sporca).
- Il ripristino dell'UTA ha portato ad una diminuzione della perdita di pressione attraverso la batteria del 14%,. Questo risultato ha portato ad un corrispondente aumento del flusso d'aria. Un ulteriore risultato è che il ventilatore manifesta un maggiore rendimento sotto forma di raffreddamento.
- Il ripristino delle UTA ha prodotto un incremento da 19 tons a 22 tons (67 kW a 77 kW) di raffreddamento per quanto riguarda la SF-9. Noi stimiamo che ci sarà una capacità refrigerante di 100 tons (352 kW) a tutto l'edificio una volta che tutte e quattro le UTA saranno ripristinate allo stesso modo. L'edificio ha una totale capacità disponibile di 1,800 tons (6330kW)
- Il ripristino delle UTA ha incrementato l'efficienza delle batterie di raffreddamento del 25% , relativamente alla loro capacità di trasferire la propria energia verso i carichi più sensibili.
- Il ripristino delle UTA ha incrementato l'efficienza delle batterie di raffreddamento del 10% relativamente alla loro capacità di trasferire la loro energia ai carichi latenti. (Ciò è specialmente significativo poichè ha aiutato ad affrontare l'unica lamentela relativa all'Indoor Air Quality da parte degli occupanti dell'edificio, che erano gli elevati livelli di umidità in certi ambienti interni)
- Il ripristino delle UTA continuerà a far risparmiare energia diminuendo il carico degli impianti di raffreddamento, e rendendo il trasferimento di calore carichi più efficiente. Ciò riduce il tempo di operatività dei chiller multipli e le pompe associate, le torri di raffreddamento, i costi chimici e quelli relativi al deperimento naturale. Ciò incrementa anche la consapevolezza e la pratica di programmare le operazioni sulle macchine e le tecniche di ottimizzazione.

Sulla SF-9 la portata misurata (col contrattista TAB), usando la velocità attraverso la batteria di raffreddamento e la misura della superficie della batteria è stato di 30609 cfm (14444 L/s) prima della pulizia e di 34980 cfm (16507 L/s) dopo la pulizia. Come detto, la pulizia delle batterie con il criterio ECM è stata effettuata dal 26 al 28 agosto, e la velocità è cominciata ad aumentare subito dopo. Sulla SF-9 i valori delle portate *calcolate* usando la differenza di pressione tra l'aspirazione e la mandata del ventilatore erano 27125 cfm (12800 L/s) prima della pulizia e di 31173 cfm (14710 L/s) dopo la pulizia.

Per puro scopo informativo, la portata originale della AHU-) è di 39150 cfm (18575 L/s) e questo valore non è stato usato in nessuno dei nostri calcoli. Questa unità ha 39 anni e non ha mai lavorato fino al suo valore di progetto.

Come si può vedere i valori calcolati hanno una differenza del 13% rispetto ai valori misurati, ma per gli obiettivi di questo articolo, qui useremo i valori misurati.

L'aumento del flusso dell'aria e la consegna di aria condizionata all'ambiente può incrementare la soddisfazione della gente e far diminuire i reclami

Sulla SF-8 la pressione differenziale della batteria è diminuita del 14%. Usando un'analisi simile a quanto fatto per la SF-9, si è avuto un incremento del flusso d'aria da 53475 cfm (25234 L/s) x 1,14 = 60961cfm (28767 L/s)

Sulla SF-9 la temperatura dell'acqua di condensazione si è avvicinata alla temperatura di mandata dell'acqua refrigerata da 6°F a 8°F (3°C a 4°C) prima della pulizia a 2°F a 4°F (1°C a 3°C) dopo la pulizia.

Ricordiamo che l'intervento di pulizia è stato effettuato dal 26 al 28 Agosto.

Ciò rappresenta un aumento significativo (circa il 10%) nella capacità della batteria di abbattere il calore latente. Ciò inoltre indica la capacità della batteria "dopo la pulizia" di fornire un *migliore* controllo della capacità di deumidificazione portando la temperatura dell'aria attraverso la batteria di raffreddamento al di sotto del punto di rugiada.

In aggiunta ai significativi risultati presentati in questo articolo, ci sono molti altri risultati apparentemente marginali che derivano dagli interventi di pulizia e di una corretta manutenzione degli impianti anche in termini di risparmio energetico ed aumento del flusso dell'aria. La performance del sistema HVAC è aumentata e si avvicina molto ai parametri progettuali ed a quanto si prevedeva dovesse lavorare da 30 anni (39150 cfm o 18500 L/s).

Dopo la pulizia della batteria ed una manutenzione regolare, i sistemi HVAC sono più puliti e non rappresentano più un ambiente ideale per la crescita di funghi, batteri e microbi nelle loro batterie, condotti e tubi. La qualità dell'aria interna e l'attenzione all'IAQ sono cresciuti nell'edificio e sia il comfort complessivo come la efficacia lavorativa sono molto migliorati.

La soddisfazione della maggioranza degli occupanti verso l'ambiente di lavoro è stata aumentata come è evidenziato dalle comunicazioni dei responsabili dell'edificio stesso e dalle risposte positive ottenute.

Inoltre non solo la proprietà dell'edificio trarrà beneficio dall'aumento del risparmio energetico e dal comfort ambientale, ma sarà in grado anche di ottimizzare la manutenzione in qualche altro edificio e migliorarne le performance per gli anni a venire.

I gestori dell'edificio avevano ottenuto il miglioramento dei sistemi di controllo ambientali ma non avevano ancora dimostrato chiaramente il valore economico di tale investimento.

I dati ottenuti durante questo studio hanno consentito loro di calcolare con maggiore precisione il ritorno economico, e così hanno potuto programmare gli interventi successivi. In aggiunta a ciò, non è stata presa in considerazione la conversione dei controlli sui ventilatori di mandata e ritorno dell'aria da operazioni a velocità costante a VFD (Variable Frequency Drive = Azionamento a Frequenza Variabile) . L' analisi economica consentita da questi dati ha suggerito che questo tipo di conversione potrebbe avere un valore economico significativo.

Buone pratiche manutentive e di gestione che considerino la pulizia delle batterie possono incrementare in modo significativo la efficienza energetica e la performance di IAQ dei sistemi HVAC di un edificio, come riportato qui, dal 10% al 15%. Sottolineiamo che questo studio ha identificato alcuni punti in termini di dati da controllare ed aggiustare come la pressione , la umidità , la temperatura che possono fornire un veloce indice di previsione per il risparmio energetico in ogni edificio.Tali misure diventeranno uno strumento di valutazione per controllare l'impatto economico di varie strategie nella manutenzione degli edifici.

Ci sono ancora molti dati tra quelli raccolti che devono essere analizzati in modo completo. E' possibile che l'analisi completa di tutti questi dati porterà ad ancora maggiori opportunità per il risparmio in campo manutentivo ed a miglioramenti in questo ed altri edifici simili.

Bibliography

- Steiskal, P. 1993. "Kahoe Test and Balance Field Manual." Cleveland: Kahoe.
- ARTI-21 CR/611/40050-01. 2000. "Executive Summary—The Role of Filtration in Maintaining Clean HX Coils."
- Proctor Engineering Group. 1999. "Statewide Measurement Performance Study #3A—An Assessment of Relative Technical Degradation Rates."
- Siegel, J. 2002. "Particulate fouling of HVAC heat exchangers." www.ce.utexas.edu/prof/siegel/thesis/siegel_dissertation.pdf.
- Crowther, H. 2000. "Installing absorption chillers." *ASHRAE Journal* 42(7):41–42.

Acknowledgments

Professional Air Balancing Inc., 2005. Randall Saul, Owner. Ben O'Connor Technician. "NYC 1500 Broadway T&B," Clearwater Fla.

About the Authors

Ross D. Montgomery, P.E., is president of QST-Honeywell Controls in Palmetto, Fla. Robert Baker is founder and chairman of BBJ Environmental Solutions in Tampa, Fla.

Reprinted by permission from ASHRAE Journal, Volume 48, Number 11. Copyright 2006 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (www.ashrae.org). All rights reserved.