

MATERIAŁY SZKOLENIOWE NT.  
EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ W  
BUDYNKACH UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ  
- ASPEKTY FINANSOWE

---

Moduł 5: Zapewnienie rentowności i  
wykonalności technicznej projektu

---

Wersja 1  
03 2017





## Słowo wstępu

Dobre wskaźniki finansowe nie wystarczą, by uczynić projekty zakładające wdrożenie środków efektywności energetycznej w budynkach **bankowalnymi**, gotowymi do sfinansowania za pomocą instrumentów dłużnych lub kapitałowych.

Jak wskazano w module nr 4, dobrze zaplanowany i zrealizowany projekt z zakresu EE wymaga ustrukturyzowanych ram, obejmujących pięć kategorii działań, które składają się na cykl życia projektu:

1. Określenie bazowego zużycia energii
2. Określenie prognozowanych oszczędności energii
3. Projekt, wykonanie i weryfikacja
4. Eksploatacja, konserwacja i monitoring
5. Pomiary i weryfikacja

Przygotowanie dokładnej i rzetelnej dokumentacji finansowej służącej do oceny projektu bazuje na dwóch pierwszych krokach, lecz jedynie właściwe całościowe zarządzanie projektem jest w stanie zapewnić, że prognozowane oszczędności zostaną rzeczywiście osiągnięte, czego chcą mieć pewność inwestorzy. Projekty z zakresu efektywności energetycznej są często złożone i wymagają wzięcia pod uwagę wielu różnych aspektów (technologie, instrumenty finansowe, umowy, procedury przetargowe, zarządzanie danymi itp.). To czyni je trudnymi w standaryzacji i trudnymi do zrozumienia przez prywatnych inwestorów (banki, firmy ESCO itp.), skąd wynikała potrzeba stworzenia takiego instrumentu jak **Protokół Pewności Inwestycyjnej ICP**, określający ogólne ramy projektów i pomagający pokonać typowe bariery występujące na różnych etapach cyklu życia projektu.

Właściwa eksploatacja i konserwacja systemów/urządzeń/wyposażenia oraz monitoring mają kluczowe znaczenie dla zapewnienia ich efektywności energetycznej. Etap pomiarów i weryfikacji obejmuje **wyliczenie rzeczywistych oszczędności** będących następstwem realizacji proenergetycznego projektu (lub wdrożenia poszczególnych, przewidzianych w jego ramach środków oszczędności energii). Następuje to poprzez porównanie zużycia bazowego z rzeczywistym zużyciem po zakończeniu inwestycji/działania, z uwzględnieniem normalizacji, aby oddać te same warunki pomiaru.

Prywatni inwestorzy wymagają **pewności** co do efektów projektu w całym jego cyklu życia, tj. pewności uzyskanych oszczędności oraz przepływów pieniężnych w kolejnych latach. Pomocny w tym może być wspomniany Protokół Pewności Inwestycyjnej (ICP).

Aby prezentacja ram ICP była kompletna, musimy przejść do pozostałych, nieomówionych jeszcze kroków wymienionych na powyższej liście.

## Projekt, wykonanie i weryfikacja

Ta część procesu koncentruje się na projekcie inżynierskim, realizacji projektu oraz **weryfikacji wydajności operacyjnej** tej fazy projektu. Kluczowym do osiągnięcia celem jest zapewnienie, że projekt zostanie zaprojektowany i wykonany zgodnie z założeniami poprzez odpowiedni nadzór nad tymi pracami. Przedłożone projekty, opisy wyposażenia, specyfikacje wydajności czy plany instalacyjne powinny zostać dokładnie zweryfikowane, aby zapewnić zgodność z przyjętymi założeniami i wymogami kluczowych interesariuszy.

### Weryfikacja wydajności operacyjnej (OPV)

Termin „weryfikacja wydajności operacyjnej” (OPV) jest stosowany w szczególności do projektów z zakresu modernizacji energetycznej, aby odróżnić ocenę działań od oceny ich efektów. OPV koncentruje



się więc na „odbiorze” poszczególnych działań związanych z wdrażaniem środków efektywności energetycznej raczej niż na odbiorze poszczególnych systemów czy komponentów budynku.

Ważnym elementem procesu weryfikacji wydajności operacyjnej jest zapewnienie, że odpowiednio ustalone i przypisane zostały role, obowiązki, oczekiwania, terminy, metody komunikacji i wymogi dotyczące dostępności obiektu. Co więcej, należy potwierdzić, że poczyniono stosowne ustalenia dotyczące inspekcji, działań weryfikujących wydajność operacyjną, testów, bilansowania, szkoleń, kryteriów odbioru, eksploatacji, konserwacji i monitoringu, a także że stosowane są wytyczne dotyczące monitoringu i weryfikacji.

W celu zarządzania procesem powołany powinien zostać wykwalifikowany specjalista od OPV, czy to jako pracownik wewnętrzny, czy zewnętrzny. Choć jest wiele zalet zatrudnienia własnego specjalisty, rekomenduje się sięgnięcie po eksperta z zewnątrz, aby uniknąć konfliktów interesu i skorzystać z jego szczególnych kwalifikacji i umiejętności.

Dla dużych i standardowych projektów wysiłki związane z kontrolą wydajności operacyjnej rozpoczynają się od opracowania planu OPV, który powinien zostać sporządzony jeszcze przed rozpoczęciem prac budowlanych/montażowych i powinien opisywać działania weryfikacyjne, docelowe budżety na energię oraz kluczowe wskaźniki wydajności związane z projektem i poszczególnymi środkami oszczędności energii. Wskaźniki wydajności powinny zostać wykorzystane do identyfikacji wszelkich problemów z wydajnością.

Plan powinien także opisywać logowanie danych, trendowanie systemu nadzoru (analiza danych historycznych i ich wykorzystanie do przewidywania przyszłych wydajności, zwykle związane z zastosowaniem systemu zarządzania budynkiem), funkcjonalne testy wydajności, pomiary punktowe i obserwacje, które zostaną wykorzystane do określenia zarówno warunków bazowych jak i warunków po zakończeniu realizacji inwestycji, aby dowiedzieć, że wydajność się poprawiła i z czasem pozostanie na tym poziomie.

Proces weryfikacji wydajności operacyjnej, zarządzany przez wykwalifikowanego specjalistę, powinien uwzględniać konsultację z zespołem odpowiedzialnym za audyt energetyczny, monitorowanie prac nad projektem i wprowadzanych w nim zmian oraz inspekcje wprowadzonych zmian. Obejmuje też określenie odpowiedzialności i środków raportowania wszelkich opóźnień i odchyłeń od planu oraz problemów z osiągnięciem prognozowanego poziomu oszczędności. Jeżeli dane zgromadzone po wykonaniu inwestycji oraz przeprowadzone wówczas testy i obserwacje pokażą gorszą wydajność niż zakładana lub brak potencjału jej kontynuacji w przyszłości, specjalista od OPV powinien:

- pomóc klientowi / zespołowi projektowemu we właściwym wdrożeniu środka oszczędności energii i ponownie zweryfikować jego wydajność;  
lub
- wspólnie z zespołem projektowym zweryfikować prognozowane oszczędności energii, wykorzystując rzeczywiste dane z okresu po realizacji inwestycji.

Udany proces OPV można osiągnąć stosując tradycyjne metody odbioru dla środków i systemów ujętych w projekcie, oraz uzupełniając te metody działaniami w większym stopniu bazującymi na analizie danych, jak np. logowanie danych, trendowanie czy wykonywanie funkcjonalnych testów wydajności.

Poziom wysiłków niezbędnych do weryfikacji zaproponowanych środków oszczędności energii może być różny. Środki dobrze znane, charakteryzujące się relatywnie małymi oczekiwanymi oszczędnościami lub co do których istnieje spora pewność osiągnięcia prognozowanych oszczędności mogą dawać podstawy jedynie do weryfikacji ich instalacji, tj. inspekcji wizualnej, umożliwiającej sprawdzenie, czy zostały zastosowane prawidłowo (np. ocieplenie ścian czy wymiana okien). Środki z większymi oczekiwanymi oszczędnościami lub co do których istnieje ryzyko czy niepewność, będą wymagały bardziej dogłębnej weryfikacji wydajności operacyjnej, obejmującej np. testowe pomiary (np. dotyczące prawidłowego działania lamp czy pomp), krótkoterminowe testy wydajności (np. wentylatorów wyposażonych w napędy zmienne) czy gromadzenie i analiza danych nt. wydajności post-instalacyjnej (np. dla bardziej złożonych projektów, obejmujących wiele środków oszczędności energii).



Typowo, działania OPV obejmują:

- inspekcję wizualną - weryfikacja fizycznej realizacji/installacji środka efektywności energetycznej, stosowana, gdy środek ten jest dobrze znany, a oczekiwane oszczędności i poziom ryzyka są względnie niskie.
- pomiary miejscowe - pomiar kluczowych parametrów zużycia energii dla danego środka lub próbki środków, stosowany gdy jego/ich wydajność może różnić się od danych literaturowych z uwagi na szczegóły instalacyjne lub specyfikę obciążenia, a także gdy oczekiwane oszczędności są względnie niskie.
- funkcjonalne testy wydajności - sprawdzenie funkcjonalności i właściwego nadzoru, stosowany gdy wydajność środka oszczędności energii zależy od różnych czynników, w tym obciążenia, nadzoru, współpracy z innymi systemami lub komponentami, a oczekiwane oszczędności czy poziom niepewności są relatywnie wysokie.
- Trendowanie i logowanie - ustawienie trendowania w ramach systemu zarządzania budynkiem lub instalacja urządzeń do logowania i analizowania danych, stosowane gdy wydajność środka oszczędności energii zależy od obciążenia lub nadzoru, a oczekiwane oszczędności i poziom niepewności są wysokie.

Wszystkie przeprowadzone działania powinny zostać odpowiednio opisane i udokumentowane, a wnioski z nich uwzględnione w raporcie OPV. Dokumentacja projektu powinna być stale aktualizowana w całym cyklu życia projektu.

Jednym z kluczowych czynników wpływających na wydajność operacyjną oraz trwałość oszczędności energii jest odpowiednie przeszkolenie konserwatora budynku i pracowników mieszającej się w nim instytucji. Bez odpowiedniego zrozumienia nowego systemu, nie będą oni w stanie z niego właściwie korzystać. Należy też opracować plan rozwiązywania wszelkich problemów, jakie mogą się pojawić z czasem.

Konserwator budynku powinien być zaangażowany we wszystkie działania w ramach procesu OVP, począwszy od fazy planowania po fazę wdrażania. Udział w procesie będzie stanowił specyficzny praktyczny trening i zapewni dogłębną znajomość nowego/zmodernizowanego systemu i wdrożonych środków oszczędności energii.

Należy zaplanować odpowiedni plan szkoleń, wsparty kompleksową i łatwą w zrozumieniu dokumentacją budynku. Sesje szkoleniowe powinny obejmować omówienie zmian będących efektem zrealizowanego projektu i wprowadzonych środków oszczędności energii. Powinny zostać przygotowane i przeprowadzone we współpracy z konsultantami, sprzedawcami i wykonawcami.

## **Eksplatacja, konserwacja i monitoring**

Eksplatacja, konserwacja i monitoring (OM&M), a także śledzenie wydajności budynku, to proces ciągłego doskonalenia obejmujący gromadzenie danych, ich analizę, diagnozowanie oraz wprowadzanie dalszych usprawnień dotyczących systemów zużywających energię w budynku (systemy HVAC, oświetlenia i inne).

Podczas gdy w projektach z zakresu efektywności energetycznej koncentrujemy się na charakterystyce i wydajności energetycznej systemów w budynku, należy pamiętać także o potrzebach użytkowników, obejmujących komfortowe warunki panujące w pomieszczeniach odpowiednia temperatura, wilgotność, wentylacja czy oświetlenie).

Opracowanie specyficznych procedur eksploatacji, konserwacji i monitoringu może odpowiednio ukierunkować działania personelu, dając im możliwość identyfikacji, analizy i rozwiązywania możliwych problemów.

Cały proces powinien obejmować następujące kluczowe komponenty:

1. Gromadzenie danych i monitorowanie wydajności - dane dotyczące wydajności pracy systemu HVAC, oświetlenia i innych odbiorników energii są gromadzone i analizowane razem z danymi dot.



- zużycia energii. Istnieją różne narzędzia, które mogą wspierać ten proces. Zwykle stosuje się kilka z nich w ramach całościowej strategii zarządzania energią.
2. Wykrywanie problemów z wydajnością - wykorzystanie zautomatyzowanych narzędzi do analizy danych w czasie rzeczywistym w celu identyfikacji wszelkich możliwych problemów (wykrywanie błędów i diagnostyka) lub wykorzystanie narzędzi do wizualizacji informacji w sposób ułatwiający „ręczne” wykrywanie problemów.
  3. Diagnozowanie problemów i opracowanie rozwiązań - podczas gdy zautomatyzowane narzędzia mogą ułatwić diagnostykę i opracowanie rozwiązań, kluczowymi komponentami tego procesu są umiejętności, wiedza i odpowiednie przeszkolenie zarządców budynków. połączone ze wsparciem zewnętrznych konsultantów.
  4. Rozwiązanie problemów i weryfikacja rezultatów - problemy powinny być rozwiązywane w sposób, który bierze pod uwagę warunki panujące wewnątrz pomieszczeń i komfort użytkowników, a także optymalizuje wykorzystanie energii.

Plan realizacji fazy eksploatacji, konserwacji i monitoringu powinien jasno wskazywać, jakie narzędzia lub procesy znajdują w niej zastosowanie, a także uwzględniać opracowanie wytycznych, organizację szkoleń i udzielenie wsparcia niezbędnego do tego, aby wyekstrahować, interpretować i wykorzystać dane i wyniki analiz. Należy też przypisać do realizacji zadań odpowiednie zasoby kadrowe, określając podział ról i obowiązków, wyznaczyć mierzalne cele w zakresie wydajności, określić zakres odpowiedzialności oraz zdefiniować metody i jednostki pomiaru wydajności (wskaźniki wydajności).

Identyfikacja wskaźników wydajności energetycznej będzie zależała od zaproponowanych środków oszczędności energii, powiązanej charakterystyki zużycia energii oraz czynników oddziałujących na nią. Mogą one mieć zastosowanie dla wyposażenia, systemu lub całego budynku i zwykle są mierzone bezpośrednio (np. w kWh), wyliczane jako stosunek mierzonych wartości (np. efektywność) lub wyliczane/modelowane w oparciu o relację zachodzącą pomiędzy zużyciem a odpowiednimi zmiennymi (np. wykorzystanie analizy regresji do określenia zależności kWh/liczba stopniociepłoty). Wskaźnikiem wydajności dla systemu oświetlenia może być zużycie energii w kWh na godzinę użytkowania pomieszczenia czy szczytowy pobór mocy w kW.

Zautomatyzowane systemy zarządzania energią mogą zostać włączone do reżimu eksploatacji, konserwacji i monitoringu, dostarczając metody śledzenia, analizy i oceny rzeczywistej wydajności energetycznej w stosunku do prognozowanych oszczędności i innych budynków o podobnym charakterze. Narzędzia te można wykorzystać zarówno w fazie przygotowania, jak i wdrażania projektu, aby wesprzeć działania związane z modelowaniem linii bazowej oraz pomiarem i weryfikacją rezultatów.

Systemy gromadzenia danych są wykorzystywane do gromadzenia danych na temat zużycia energii i ich przesyłania do SME. Dane te są zwykle gromadzone z częstotliwością pomiędzy 1 minutą a 1 godziną, i mogą służyć do monitorowania zużycia energii zarówno dla całego budynku, jak i jego poszczególnych systemów/instalacji. SME agreguje te dane, identyfikuje błędy, przeprowadza stosowne analizy i generuje wykresy i raporty.

Monitorowane wskaźniki mogą być łączone i regularnie weryfikowane, aby wykryć wszelkie anormalne zmiany wartości, które mogą wskazywać na problemy. Długoterminowe wzorce, średnie lub wartości minimalne i maksymalne także mogą zostać zastosowane do identyfikacji problemów i monitorowania efektywności energetycznej i wydajności systemu. Mierzone/monitorowane parametry zwykle obejmują temperatury, efektywności wyposażenia, efektywności systemów i wskaźniki wentylacji.

Kluczowe znaczenie dla powodzenia projektu z zakresu efektywności energetycznej może mieć zachowanie użytkowników budynku. Zapewnienie, że rozumieją oni wpływ ich zachowań na zużycie energii w budynku jest bardzo ważne. Świadomość energetyczną można budować za pomocą plakatów, ulotek czy dedykowanych szkoleń. Warto też rozważyć zaangażowanie użytkowników w proces projektowania środków oszczędności energii, jeżeli jest to uzasadnione.

## Pomiary i weryfikacja

Wszystkie wysiłki zmierzające do pomiaru i weryfikacji (M&V) osiągniętych rezultatów obejmują wyliczenie rzeczywistych oszczędności uzyskanych w efekcie wdrożonych środków oszczędności energii.

Ma to miejsce poprzez porównanie zużycia bazowego ze zużyciem po zakończeniu realizacji projektu i zastosowania normalizacji, aby porównywać zużycia w tych samych warunkach.

W przypadku większości działań realizowanych w tej fazie, konieczne są nie-rutynowe poprawki linii bazowej, aby odzwierciedlić nieprzewidziane zmiany w sposobach użytkowania budynku po zakończeniu modernizacji, jak np. większa stopa obciążenia, nowe odbiorniki, dodatkowa powierzchnia podłóg itp. Elementy te wpływają na pobór energii elektrycznej, grzewczej i chłodu, więc ich oddziaływanie musi zostać wyliczone i dodane lub odjęte od linii bazowej, aby umożliwić rzetelne porównanie zużycia przed i po zakończeniu inwestycji.

Wyliczenie efektów tych oddziaływań na zużycie energii w budynku może stanowić wyzwanie, zwłaszcza w przypadku elementów wpływających na rozkład obciążeń czy działanie systemów HVAC. Do szacowania ww. efektów można wykorzystać kalibrowany model energetyczny, który będzie bardziej dokładny niż wyliczenia w arkuszu kalkulacyjnym czy inne metody.

### **Planowanie i realizacja pomiarów i weryfikacji**

Proces monitoringu i weryfikacji można podzielić na następujące fundamentalne działania:

1. Dokumentacja linii bazowej
2. Zaplanowanie i koordynacja działań pomiarowych i weryfikacyjnych (plan pomiaru i weryfikacji)
3. Weryfikacja operacji
4. Gromadzenie danych
5. Weryfikacja oszczędności
6. Raportowanie rezultatów

**Pierwszy krok** procesu pomiaru i weryfikacji został już omówiony w module nr 4. Poziom niepewności powinien zostać wyliczony jako element tego procesu. Można to zrobić wykorzystując równanie zużycia energii i aktualne dane pogodowe (nie uśrednione dane pogodowe!), aby określić miesięczne bazowe zużycie energii i porównać wynik z rzeczywistym historycznym zużyciem energii odpowiadającym okresowi bazowemu. Różnicę, lub inaczej błąd, pomiędzy dwiema liniami bazowymi można powiązać z odchyleniem standardowym i poziomami ufności/dokładności, aby określić niepewność równania zużycia energii.

**Drugi krok** procesu obejmuje planowanie i koordynację działań związanych z pomiarami i weryfikacją. Działania te powinny zostać ujęte w formalnym planie działań.

### **Plan pomiarów i weryfikacji**

Plan pomiarów i weryfikacji powinien zostać sporządzony tuż po określeniu projektu z zakresu efektywności energetycznej. Tak wczesne opracowanie planu zapewni, że wszystkie dane niezbędne do wyliczenia linii bazowej i prognozowanych oszczędności zostaną zachowane i będą dostępne na późniejszym etapie. Jest to szczególnie istotne, gdy dane sprzed modernizacji są potrzebne do ustalenia bazowego funkcjonowania systemów, na które oddziałują zaproponowane środki oszczędności energii. Wczesne opracowanie planu umożliwi też lepszą koordynację działań związanych z weryfikacją wydajności operacyjnej.

Plan pomiarów i weryfikacji powinien odpowiadać wymogom Międzynarodowego Protokołu Pomiarów i Weryfikacji Wydajności (IPMVP), który szczegółowo określa, jakie elementy powinien obejmować taki plan i jakie kwestie brać pod uwagę.

Podsumowując, plan pomiarów i weryfikacji powinien obejmować:

- Opis planowanych środków oszczędności energii i procedur weryfikacji wydajności operacyjnej
- Określenie ram pomiarowych oraz omówienie potencjalnych efektów interakcji
- Dokumentacja dotycząca okresu bazowego - zużycia energii i warunków, w tym opis zmiennych niezależnych i czynników statystycznych oddziałujących na to zużycie (korekty rutynowe i nie-rutynowe)
- Określenie okresu raportowania (zwykle jest to okres czasu wymagany, aby inwestycja w efektywność energetyczną się zwróciła)
- Opis podstawowych korekt
- Opis procedur analitycznych, w tym algorytmów i założeń stosowanych do weryfikacji oszczędności





- Wskazanie cen energii wykorzystanych do wyceny oszczędności energii
- Opis proponowanego planu pomiarów i specyfikacja pomiarów, z uwzględnieniem metod postępowania z danymi i odpowiedzialności za raportowanie i rejestrowanie danych
- Jakościowy (i, gdzie to tylko możliwe, ilościowy) opis oczekiwanej dokładności
- Określenie niezbędnego budżetu i zasobów
- Opis procesu i harmonogramu raportowania

Trzeci krok procesu obejmuje weryfikację wydajności operacyjnej, stanowiącą drogę do uświadomienia sobie rzeczywistego potencjału oszczędności. Czwarty krok obejmuje gromadzenie danych, co powinno mieć miejsce zarówno przed, jak i po zakończeniu planowanej modernizacji.

Piąty krok procesu obejmuje ustalenie zweryfikowanych oszczędności energii. Mogą one zostać wyliczone dla całego obiektu lub jego fragmentu. W każdym przypadku określając ww. oszczędności należy wziąć pod uwagę ramy pomiarowe, efekty interakcji, wybór odpowiednich okresów pomiarowych i podstawy do ewentualnych korekt.

Zweryfikowane oszczędności energii dotyczące całego budynku → okresy pomiarowe powinny odpowiadać wytycznym zawartym w Protokole IPMVP, tom I (2012), sekcja 4.5.2. Powinny obejmować minimalnie reprezentatywne 12 miesięcy zarówno dla okresu sprzed realizacji inwestycji, jak i po jej zakończeniu.

Korekty linii bazowej muszą być uzasadnione i wprowadzane z dużą ostrożnością. Termin "korekta" jest powszechnie używany do czynności dostosowania bazowego zużycia energii do warunków panujących po zakończeniu realizacji inwestycji.

Zweryfikowane równanie oszczędności energii wygląda następująco:

**Oszczędności energii = (zużycie bazowe +/- rutynowa korekta dostosowująca do warunków w okresie raportowania +/- poza-rutynowa korekta dostosowująca do warunków w okresie raportowania) - zużycie w okresie raportowania.**

Rutynowe korekty (zwykle dotyczące warunków pogodowych) mogą zostać wprowadzone z wykorzystaniem analizy regresji lub innych technik i mają na celu zapewnienie, że zarówno linia bazowa jak i zużycie w okresie raportowania odnoszą się do tego samego zestawu warunków. Umożliwia to dokładniejsze porównania pomiędzy dwoma okresami pomiarowymi.

Poza-rutynowe korekty dotyczą czynników, które wpływają na zużycie energii, lecz nie oczekiwano ich zmiany, jak np. rozmiar obiektu, zmiana sposobu eksploatacji wyposażenia, zagospodarowanie wcześniej nieużytkowanych pomieszczeń, zmiana liczby użytkowników czy zmiana obciążeń. Pierwszym krokiem jest identyfikacja takich zmian występujących w okresie pomiarowym, a następnie wskazanie tych, które rzeczywiście mogą mieć znaczący wpływ na zużycie energii. Można to zrobić przeprowadzając wywiady z właścicielem budynku i personelem, organizując okresowe inspekcje, na podstawie obserwacji nieoczekiwanych zmian wzorców konsumpcji lub innymi metodami.

Dokładne i ostrożne wyliczenia wpływu tych poza-rutynowych oddziaływań na zużycie energii jest bardzo ważne. Czasem jest to możliwe przy pomocy programu do modelowania energetycznego, który został wykorzystany do wyliczenia oryginalnej prognozy oszczędności. W innych przypadkach może istnieć konieczność zastosowania innych metod kalkulacji, w którym to przypadku kluczowe znaczenie ma zastosowanie odpowiedniego rygoru i rzetelnych zasad inżynierskich. Obejmują one dokładne określenie wszystkich założeń branych pod uwagę podczas wyliczeń.

W każdym przypadku korekty należy wprowadzać bardzo ostrożnie. Powinny one obejmować tylko te oddziaływania, które mogą mieć rzeczywisty wpływ na zużycie energii. Przyjęte założenia powinny być ostrożne i poparte rzeczywistymi pomiarami, obserwacjami lub danymi z wiarygodnych, udokumentowanych źródeł.

**Zweryfikowane oszczędności energii**  
**Wymagania**



Podczas weryfikacji oszczędności energii związanych z wdrożeniem środków oszczędności energii należy wziąć pod uwagę i zdefiniować ramy pomiarowe, a następnie określić wszelkie znaczące wymogi energetyczne wyposażenia ujętego w tych ramach. Wydajność energetyczną wyposażenia można określić za pomocą bezpośrednich lub pośrednich pomiarów. Wszystkie oddziaływania energetyczne wprowadzonych rozwiązań i technologii powinny zostać przeanalizowane i gdzie to tylko możliwe - pomierzone. W szczególności ocenić należy efekty ich interakcji z innymi elementami pozostającymi poza ramami pomiarowymi, aby sprawdzić, czy mogą one mieć istotne znaczenie czy wolno je zignorować. Plan pomiarów i weryfikacji powinien obejmować omówienie każdego z tych efektów i jego możliwą skalę.

Zarówno okres bazowy, jak i okres poprojektowy (raportowania) powinny zostać ustalone na wczesnym etapie przygotowania projektu, aby można było zgromadzić właściwe i adekwatne dane. W trakcie okresów pomiarowych należy gromadzić dane odzwierciedlające funkcjonowanie wyposażenia w pełnym cyklu operacyjnym (minimalne i maksymalne zużycie energii). Dane powinny reprezentować wszystkie warunki operacyjne, a okres bazowy idealnie powinien graniczyć z okresem podjęcia decyzji o realizacji inwestycji.

Dokument bazuje na:

ICP Investor Confidence Project\_Energy Performance Protocol\_Project Development Specification

<http://europe.eepperformance.org/>

## Lista kontrolna

- Zweryfikuj plan weryfikacji wydajności operacyjnej (gdzie to wymagane), by upewnić się że opisuje wszystkie niezbędne działania, docelowe budżety i kluczowe wskaźniki rezultatu dotyczące zarówno całego projektu, jak i poszczególnych środków redukcji zużycia energii.
- Zweryfikuj raport z weryfikacji wydajności operacyjnej, w tym rezultaty wszelkich przeprowadzonych analiz i testów oraz rejestr zidentyfikowanych problemów. Upewnij się, że zostały podjęte odpowiednie działania zmierzające do ich rozwiązania i zrewiduj szacunki dotyczące oszczędności energii.
- Zweryfikuj plan szkoleń, aby upewnić się, że wszystkie zidentyfikowane kwestie i problemy zostały w nim uwzględnione.
- Porozmawiaj z zarządcami budynków, aby upewnić się, że szkolenia odpowiadają ich potrzebom oraz że rozumieją wdrożone środki oszczędności energii oraz to, jak je prawidłowo eksploatować i monitorować. Upewnij się, że znany jest podział ról i obowiązków.

## Sugestie dla trenerów

Dlaczego ostatnie 3 kroki procesu ICP:

- projekt, wykonanie i weryfikacja
- eksploatacja, konserwacja i monitoring
- pomiary i weryfikacja

są tak istotne?

Ponieważ umożliwiają efektywną realizację projektu i pozwalają interesariuszom zweryfikować, czy prognozowane oszczędności zostały osiągnięte. t

Sprawdzenie ma fundamentalne znaczenie:

- właściwe prognozy oszczędności -> **oznaczają, że**
- oczekiwane przepływy pieniężne są generowane -> **a w efekcie**
- inwestorzy są zadowoleni (pożyczki są regularnie spłacane), a przewidziane środki oszczędności energii działają.

## Ćwiczenie

Ćwiczenie pochodzi z kontrybucji subsyberentów EVO (Organizacji Walidacji Efektywności). Pokazuje ono, w jaki sposób inni podchodzą do tematu opracowania planu pomiarów i weryfikacji.





Plik pdf z ćwiczeniem (Ćwiczenie - moduł nr 5) jest dostępny na dysku google projektu TOGETHER.





## ***Appendix C. Example M&V Plan – Biosciences Building***

The following is an example M&V Plan for EBCx measures anticipated in a biosciences building on a university campus in Northern California. It follows the recommended M&V Plan content found in the IPMVP, 2007, Chapter 5.

### **C.1 Building Description**

The Biosciences Building has a floor area of approximately 180,000 square feet. It has a lower level, a ground level, and four floors of research lab space. On each floor there are four laboratory suites. Each suite consists of two separate laboratory rooms. A typical floor plan is shown in Figure C-1. The building is made of steel and masonry, with recessed windows on each floor.

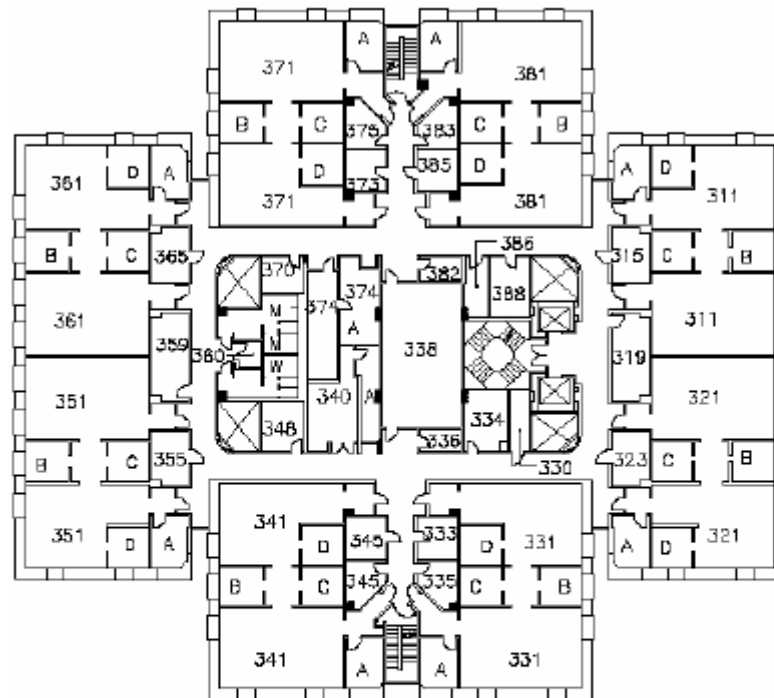
The well-known utility provides electricity to the entire campus through a master meter. The Biosciences Building receives electric power through three connections to the campus' distribution network. Each connection has its own sub meter. Electric power and energy data from each sub meter is collected and displayed on the campus's online energy monitoring system. The recording interval is 15 minutes.

The campus operates a cogeneration facility that supplies steam to each building. The Biosciences Building receives steam from the main steam distribution loop. Steam flow rate and total pounds, as well as steam pressure are monitored by the campus's online energy monitoring system. The recording interval is 15 minutes.

An M&V Plan should provide a basic building or facility description. Such descriptions are also required in RCx planning reports or investigation reports, and to save time, the M&V plan can refer to other documents where this information is contained.



**Figure C-1. Biosciences Building Floor Plan.**



## C.2 Energy Use and Utility Rates

The well-known utility provides electricity to the building under a time-of-use electrical rate schedule for the campus. The campus distributes power to all buildings, including the Biosciences Building. Electric meters at the Biosciences Building monitor its electric consumption. The meter values are trended on the campus's online system. These trends are recorded and available for download. Steam is delivered to the building from the campus' cogeneration facility. Steam consumption is also available on the online system.



Table C-1 provides the total consumption of the electric and steam meters in the building. From this data, the energy use intensity (EUI) was found to be 327 kBtu/ft<sup>2</sup>-yr. Comparing to the EUI for the Chemistry Building, a similar building utilizing 100% outside air, this building has a higher energy use (the Chemistry Building's EUI was 294 kBtu/ft<sup>2</sup>-yr). A similar EBCx project in the Chemistry Building yielded approximately 660,000 kWh, 70 kW, and 6M lbs. of steam in energy savings.

**Table C-1. Energy Use and Estimated Savings.**

RCx Project Target Savings - Biosciences Building				
Meter	Annual Consumption*	Annual Cost**	5% Savings	10% Savings
	(kWh or Lbs)	(\$)	(%)	(%)
480V HSRL	7,382,593	1,033,563	51,678	103,356
120V LSRLA	1,190,492	166,669	0	0
120V LSRLB	1,359,140	190,280	0	0
Steam	28,335,347	226,683	11,334	22,668
Totals		\$1,617,194	\$63,012	\$126,025

\*annual steam consumption estimated based on partial year data

\*\*electric cost is \$0.14/kWh, steam cost is \$8/1,000lb

### C.3 M&V Objectives

The goals of the EBCx project underway at the Biosciences Building are to achieve 10% savings in both electricity and steam consumption, maintain thermal comfort and indoor air quality, and improve HVAC system reliability. It is expected that energy savings will be obtained through operational improvements to the building and its existing HVAC and control systems. A preliminary list of operational improvements has been developed and provided separately.

The project is funded under an energy efficiency program through the local utility. The objectives of each involved party are as follows:

IPMVP Requirement: Specify the energy prices that will be used to value the savings.

The relevant and governing utility rates with which the cost benefits of savings will be calculated must be identified. This includes electric energy (kWh), electric demand (kW), natural gas (cu. ft. or therms), steam (lbs.), chilled and hot water (BTU). Rates for the latter energy sources may be obtained from the district chilled water and heating plant, and may need to be translated into electricity and natural gas units, depending on the mix and type of generators.

The project's objectives should be described in one of the earliest sections of the M&V Plan. These objectives provide the basis for all following M&V activities. Possible motivations for M&V include:

- Only validation of ex-ante savings estimates required
- Savings stated with transparent, repeatable process (IPMVP)
- Savings stated with reasonable precision and confidence levels
- Establish an energy tracking system to monitor ongoing performance
- and so on.





1. Obtain significant electric energy and steam savings through corrections to deficient system operations, and optimizations of controls strategies.
2. Establish energy performance tracking to provide operators with feedback on actual performance of the building, for use as a tool to maintain the improved energy performance.
3. Train building stationary engineers on the EBCx procedures used, including functional tests, reading operational data trends, and understanding the performance feedback from the energy tracking system.
4. Verify the savings resulting from improved system performance.

Table C-1 provides the estimated cost savings for various possible outcomes of this project, which have not yet been determined.

This document describes the scope of the M&V effort for the Biosciences Building EBCx project. It describes the M&V approach, the required data and the means to acquire it, the analysis procedures and frequency, and the required documentation. It also describes the roles and responsibilities of the involved parties.

#### C.4 Definition of Approach

The International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) defines four M&V Options. In general, Options A and B focus on energy monitoring of the equipment and systems affected by the improvements, Option C focuses on utility data at the whole-facility level, and Option D describes how energy simulation software can be applied in an M&V process.

For the Biosciences Building project, an Option C approach using interval data from the individual electric and steam meters will be used. This building has one 480 volt, and two 120 volt electric power meters and a steam meter. The HVAC equipment is powered by the 480V connection. We will track electric consumption on this line and quantify

**IPMVP Requirement:** Describe the ECM, its intended result and the procedures that will be used to verify successful implementation of each ECM.

The M&V Plan should describe the approach. It can be an Option A or B Retrofit Isolation approach, or an Option C or D Whole-Building approach. The guideline described several factors that affect the selection of an approach.

Note that different approaches may be used for different sources of energy. For example, an Option B approach may be used for electric energy savings, and an Option C whole-building approach using monthly data may be used for natural gas savings.

**IPMVP Requirement:** Specify the measurement boundary and IPMVP Option that will be used to determine savings.





savings to determine the impact of the various tune-up measures on these systems, as well as their on-going performance.

There are other loads on these systems, such as lighting and process loads, which are mostly powered from the 120V lines. The lighting loads are relatively constant throughout the year, and the process loads may vary. These 120V lines will be monitored to account for unusual changes in lighting and process loads in case they affect the electric consumption of the HVAC systems loads as recorded by the 480V meter.

This process relies on the data available from these online systems. It is a simple process to download the data and perform the required analysis, and therefore lowers M&V costs. The baseline model that was developed may be programmed into the online energy monitoring system to provide continuous updates to savings calculations.

### C.5 Documentation of Baseline Conditions

The EBCx process is not included herein but is described in the scope of work section in the EBCx plan for this project. The scope of work includes all of the major mechanical systems in the building:

- Main Air Handling Units (supply and exhaust)
- Central Plant (chilled water, condenser water, and steam/hot water systems)
- Controls System

Following is a brief description of the building's HVAC and control systems.

Space conditioning at the Biosciences Building is delivered by its central plant and air distribution system. The building utilizes a constant volume air handling system.

One 750-ton Brandex water-cooled centrifugal chiller provides cooling to the building. Chilled water is distributed through a constant volume primary loop. There are two

**IPMVP Requirement:** Document the facility's baseline conditions and energy data within the measurement boundary.

This is a critical element of both RCx and M&V processes. Complete documentation of baseline conditions includes:

- Inventories of equipment, including sizes and capacities, state of repair, and operating conditions
- Sketches or diagrams of systems
- Lists of control and monitoring points associated with the equipment
- Description of control strategies
- Description of building occupancy and equipment operating schedules
- Trended or logged data supporting equipment operations, schedules, power variation, etc.

Baseline documentation does not have to be included in the M&V Plan. The M&V Plan must describe what data and information will be collected to document the baseline, and when that documentation will be delivered.



constant-speed 20 HP primary chilled water pumps. The chilled water pumps are designed to operate in parallel. The only monitored point on the energy management and control system is the chilled water supply temperature.

A single 780-ton 2-cell, 2-fan, induced-draft cooling tower provides condenser water for the chiller. There are two constant-speed condenser water pumps serving the tower. These two 25-HP pumps are designed to operate in parallel. The condenser water loop is equipped with a valve that allows the condenser water to bypass the cooling tower when cooling is not needed. Only the cooling tower water supply temperatures (entering chiller condenser water temperature) are monitored by the EMCS.

A heat exchanger is used to heat water from the steam supplied to the building. Two constant-volume 15 HP hot water pumps, operated in parallel, circulate hot water to pre-heating coils in the air handling units, and to reheat coils in terminal boxes located throughout the building. The hot water supply temperature is the only point monitored on the hot water system.

The constant speed main supply fans serve all of the lab suites throughout the building. The 60-HP supply fans SF1-1 and SF1-2 serve the east side of the building. The 60-HP supply fans SF2-1 and SF2-2 serve the west side of the building. Each lab suite has two fume hoods. All lab exhaust is through the fume hoods. There are four exhaust fans on the roof. Exhaust fans EF1-1 and EF1-4 exhaust the north side and are 25-HP and 20-HP, respectively. Exhaust fans EF1-2 and EF1-3 exhaust the south side and are 25-HP and 20-HP, respectively.

The campus utilizes an ACME EMCS in its buildings. The EMCS front-end has been made web-accessible. The control system architecture uses a polling network, with 'WRKR' controllers providing input/output and local control, and 'BOSS' control modules providing supervisory control.





In the Biosciences Building, there is one BOSS module, with two channel RS 232 serial ports that accept 16 WRKR controllers. There are 11 WRKR controllers. The control system architecture is designed to minimize peer-to-peer communication among the WRKR modules, and thereby minimize use of bandwidth and control problems when a module is lost.

The University operates and maintains the EMCS through the campus's Facilities Management Department. Established department procedures require almost every point in all buildings to be trended at 1-minute intervals (recording new values when significantly different from previous values), and the data to be retained for 6 months. Control system drawings are available.

Table C-2 provides basic building operation schedule information. Further documentation of the baseline operation conditions and system diagrams are provided separately in the EBCx Report. The report also documents current operation conditions, such as sequences of operation, set points, and schedules, as well as mechanical conditions of the equipment. These conditions will serve as baseline reference information against which all future changes in building equipment and operations will be compared.

**Table C-2. Building Schedules.**

Building Occupancy Schedule	Equipment Operation Schedule
- Staff (offices - 1st Floor): 8:00 am to 5:00 pm	- 24 hours per day, 7 days per week
- Faculty/Graduate Students (Labs) 24/7	

Documentation of baseline energy use and its influencing parameters is provided in Sections C.6 and C.8 below.

## C.6 M&V Method and Process

The M&V methodology to be employed requires that a baseline energy model for both electricity and steam use be developed and assessed for its ability to verify savings within

IPMVP Requirement: Specify the exact data analysis procedures, algorithms, and assumptions to be used in the savings report.



reasonable bounds of uncertainty. The development and assessment of the baseline model is described in Section C.8.

Each baseline model is developed based on the 15-minute interval data from the building's 480V electric meter, and its steam meter. The baseline models are empirical models based on the linear models developed and tested in ASHRAE's Research Project 1050.<sup>1</sup> By prior agreement with the University, we will assess the model at the 95% confidence interval.

After implementation, the energy and independent variable data will continue to be collected, and savings calculated as follows:

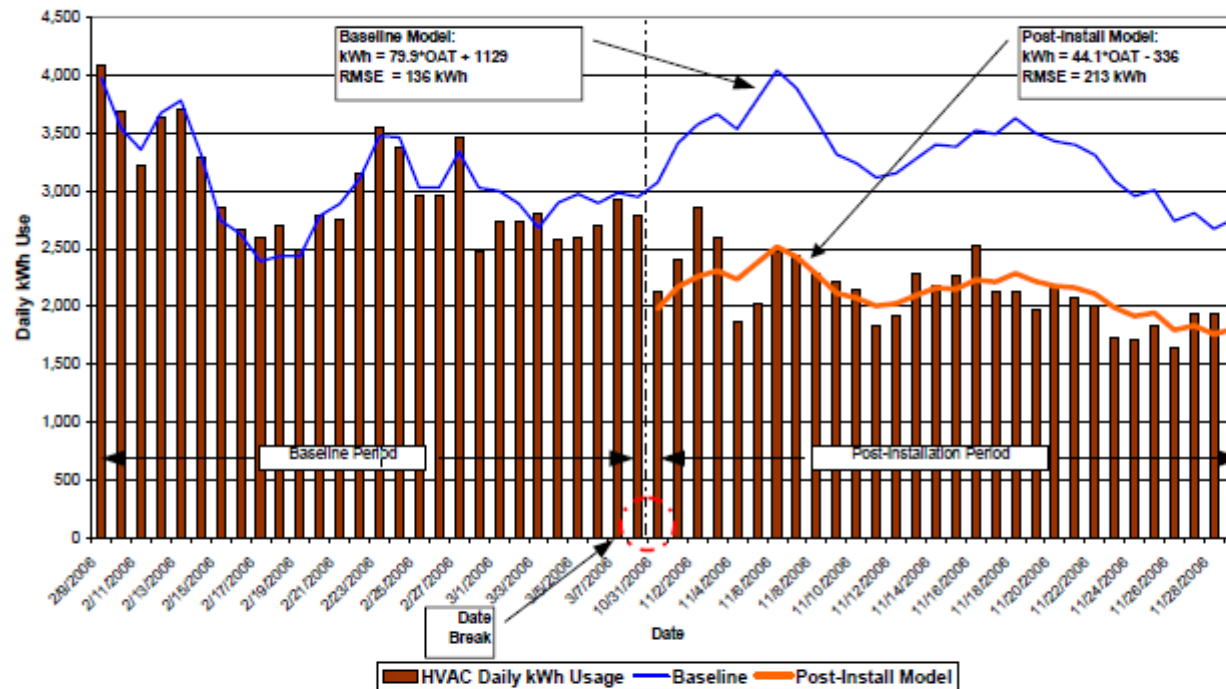
(1)  $\text{Energy Savings} = \text{Adjusted Baseline Energy Use} - \text{Actual Energy Use}.$

The independent variable data collected in the post-installation period will be used in the baseline model to determine the adjusted baseline energy use. The adjusted baseline energy use is the amount of energy the system would have used, without the improvements, under the post-installation conditions. The actual energy use is measured in the post-installation period. These concepts are demonstrated in Figure C-2, and are based on data collected from another EBCx project.

IPMVP Requirement: Declare the set of conditions to which all energy measurements will be adjusted.

<sup>1</sup> ASHRAE Research Project 1050, "Development of a Toolkit for Calculating Linear, Change-point Linear and Multiple-Linear Inverse Building Energy Analysis Models," available at: [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org).

**Figure C-2. Illustration of Energy Savings from Baseline through Post-Installation Periods**



The reporting period will be two months following implementation of the final EBCx measure, contingent on continuous collection of the required two months of data. The reporting period savings will be documented and provided in the EBCx Final Report. We will also develop a post-installation energy model, and use it and the baseline energy model, to estimate annual savings. These estimations will be based on typical mean year (TMY) weather data from the airport weather station near where the Biosciences Building is located.

IPMVP Requirement: Identify the reporting period.





It may be necessary to interview stationary engineers from time to time to understand when unusual events occur, and their relative impact on the energy use. Also, other energy retrofits, such as a potential addition of variable speed drives to the supply and exhaust fans, will impact the savings analysis. If these events occur in the Reporting Period, their impact on savings will be determined, and the analysis adjusted accordingly.

### **C.7 Data Sources and Assumptions**

The University has extensive resources in place to facilitate M&V for this project. Its campus-wide web-accessible system collects readings from each of the electric and steam meters in the Biosciences Building. Independent variables such as outdoor air temperature will be collected from its campus-wide EMCS which is also web-accessible. The EMCS has only a few points in the Biosciences Building.

We have reviewed the points available through the online systems, and identified the variables required to characterize the baseline and post-installation energy use, and to monitor and identify unusual system operation. Tables C-3 and C-4 show all of the recommended data points required for this effort. Most, but not all, points are available on the online systems.

Describe the process that will be used to identify any non-routine adjustments, and the methods that will be used to determine their impact on energy use as it affects the savings.

IPMVP Requirement: Specify the metering points, and periods if metering is not continuous.





**Table C-3. Points Required to Monitor HVAC System Energy Use.**

Point	Description	Point Type	Source
<b>Dependent Variables</b>			
HSRL	480V	kW	Web-Based System
Steam AI DI	Steam AI DI Meter	lbs/hr	Web-Based System
Steam AI DI	Steam AI DI Meter	lbs	Web-Based System
<b>Independent Variables</b>			
OAT	Outside Air Temperature	°F	EMCS
Chiller Status	Chiller Operation Status	Binary (1 or 0)	EMCS
CHW Pump Status	Chilled Water Pump Status	Binary (1 or 0)	EMCS
CT Fan Status	Cooling Tower Fan Status	Binary (1 or 0)	EMCS
CW Pump Status	Cond. Water Pump Status	Binary (1 or 0)	EMCS
Boiler Status	Boiler Operation Status	Binary (1 or 0)	EMCS
HW Pump Status	Hot Water Pump Status	Binary (1 or 0)	EMCS
SF Status	Supply Fan Status	Binary (1 or 0)	EMCS
EF Status	Exhaust Fan Status	Binary (1 or 0)	EMCS
Bld. Schedule	Building Operation Schedule	OCC/UNOCC	Other

Table C-4 lists the major mechanical and electrical equipment to be monitored during the EBCx project. We anticipate identifying numerous energy savings measures across each of these HVAC systems. All of the HVAC systems targeted in this project are connected to the 480 volt electric meter and the steam meter that are in place in the Biosciences Building. These meters will be used to quantify and set up tracking of energy savings for this project.



**Table C-4. Systems and Equipment Selected for Monitoring.**

System	Equipment	Available Points
Chilled Water	Brandex Centrifugal Chiller (1) Primary Chilled Water Pumps CHWP-1, CHWP-2 Condenser Water Pumps CWP-1, CWP-2 Cooling Towers (2)	Electric Meter 480V HSRL*
Steam/Hot Water	Steam to HW Heat Exchanger HX-01 Heating Hot Water Pumps HHWP-1, HHWP-2	Main Steam Meter
Air Handling	Supply Fans S1-1, S1-2, S2-1, S2-2, S-3 Exhaust Fans EF1-1, EF1-2, EF1-3, EF1-4 Exhaust Fans EF2-1, EF2-2, EF-4	Outside Air Temperature (OAT)

\*note: may include lighting and misc. process loads

Up to one year of energy use data, recorded every fifteen minutes, are currently available on the online energy monitoring system. Six months of independent variable data, recorded each minute in change of value format, are available on the online EMCS system.

### C.8 Analysis of Baseline Information

For each meter, 480V electric and steam, the analysis will follow the same procedure:

- Obtain the required amount of energy and independent variable data. Verify meter calibration.

**IPMVP Requirement:** Specify the exact data analysis procedures, algorithms, and assumptions to be used in the savings report.



- Instantaneous demand data was downloaded from the University's online monitoring system. Ambient temperature data was collected from the University's online EMCS.
- Merge the demand and ambient temperature data into the same data set. Interpolate values to a common time stamp.
- Roll-up the data to the same analysis time interval. For the 480V electric data, each hour's 15-minute interval kW data will be averaged for that hour. Each hour's 5-minute steam (lbs) data will be summed to the total for that hour. The 15-minute ambient temperatures in each hour will also be averaged.
- Time-of-day and day-of-week independent variables will be determined through analysis and filtering of the data set time stamps.
- Separately for each meter (480V and steam) develop a baseline energy model using the ASHRAE RP 1050 change-point models.
- Assess uncertainty of each model to determine its ability to verify savings within acceptable limits.

Following are descriptions of the development of each baseline model.

#### **480V Meter**

Six months of 15-minute electric interval demand data was collected from the online monitoring system. It was combined with ambient temperatures from the EMCS and rolled-up to the same analysis time interval of one hour. The data were filtered and analyzed to set up a day-of-week "flag" variable that indicated weekdays versus weekends and holidays. These were used in multivariate regressions (along with ambient temperature) based on the multi-parameter change point model types described in ASHRAE RP1050.

Numerous models were developed, including 2-parameter and 3-parameter models, each with one and two independent variables: ambient temperature and day-of-week. Models with hour-of-day independent variables that indicate occupancy effects were also



developed, but these consistently lacked any ability to explain any variation in the kW data. We determined the best model to be a 2-parameter hourly model with the ambient temperature as the single independent variable. Table C-5 shows the baseline model's parameters and statistics. The baseline model equation is shown below. Figure C-3 shows the scatter plot used to develop the model.

Equation 1. 480V Baseline Model

$$E_{480V} = 11.7 + 6.9T_{amb}, \text{ kW}$$

The baseline model was assessed for its ability to state expected savings within reasonable uncertainty limits. The procedure in ASHRAE Guideline 14-2002, Annex B for "weather-based regression models with serial correlation" was followed. Uncertainty was assessed using equation 15 in Annex B:

$$\frac{\Delta E_{save,m}}{E_{save,m}} = t \cdot \frac{1.26 \cdot CV \left[ \frac{n}{n'} \left( 1 + \frac{2}{n'} \right) \frac{1}{m} \right]^{1/2}}{F}$$

The coefficients in Equation 15 are:

$t$  – student's t-statistic

$CV$  – coefficient of variation of the root mean squared error

$n$  – number of points in baseline period

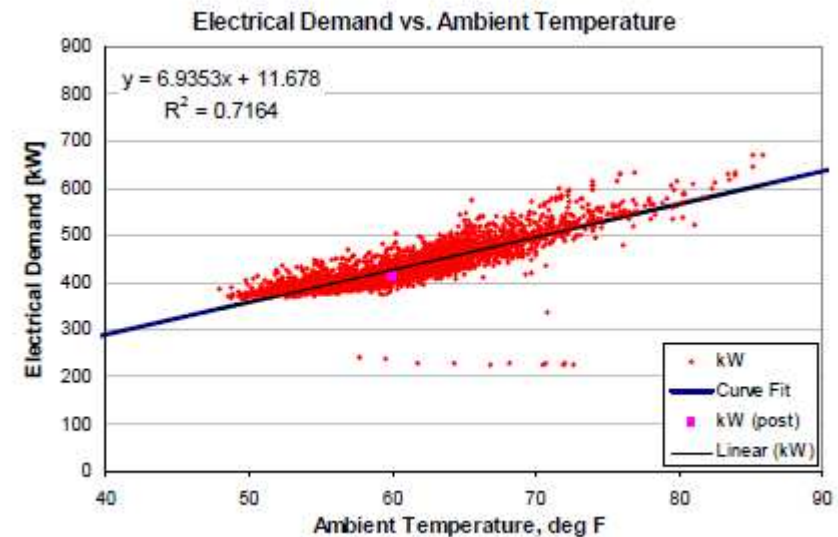
$n'$  – number of independent observations

$m$  – number of points anticipated in post-installation period

$\rho$  – autocorrelation coefficient,  $n' = n \cdot (1 - \rho) / (1 + \rho)$

$F$  – expected savings fraction,  $F = E_{save} / E_{baseline}$

Figure C-3. 480V Data and Model.







$$\frac{\Delta E_{\text{save},m}}{E_{\text{save},m}} = \text{uncertainty in fractional savings.}$$

For the expected 10% savings, the baseline model uncertainty was assessed to be 17.6% at 95% confidence for the expected two months of post-installation metering (this is 9% at the 68% confidence level). Due to the short reporting period, this level of uncertainty was agreed upon as acceptable. It was noted that data collected over longer monitoring periods would result in lower overall uncertainty. The University elected not to lengthen the reporting period for the time being.

Values used in the uncertainty assessment are shown in Table C-5.

**Table C-5. 480L Baseline Model and Uncertainty Parameters**

Parameter	Value	Unit
Time unit		hour
Intercept	11.7	kW
Slope	6.9	kW/°F
n	3119	
R <sup>2</sup>	0.72	
CV(RMSE)	5.9	%
t	1.96	
n'	152	
m	1440	
ρ	0.907	
F	10.0	%
ηE <sub>save</sub> /E <sub>save</sub>	17.6	%

**Steam Baseline Model**  
[not included]

IPMVP Requirement: Evaluate the expected accuracy associated with the measurement, sampling, data capture, and data analysis.



### **C.9 Calculation Method to be Used**

We have completed the baseline data collection and developed the baseline energy model. Under separate cover in the EBCx findings log, we have recommended EBCx improvements that improve operations and generate savings. While these measures are being installed, the energy and ambient temperature data will be continuously collected.

After these improvements to systems operations have been made, we will continue to collect the same data during the post-installation period that was used to develop the adjusted baseline model. The same steps will be used to precondition the data to hourly analysis time intervals.

We will collect the data throughout the reporting period and calculate the energy savings resulting from the EBCx improvements for this period. This will be achieved as follows:

- The data will first be adjusted to the hourly analysis time interval.
- The adjusted baseline energy use under post-installation conditions will be determined from the baseline energy model and the post-installation ambient temperature for the entire reporting period.
- The post-installation energy use will be measured for the entire reporting period.
- The energy savings for the reporting period will be determined by subtracting the measured post-installation energy use from the adjusted baseline energy use.
- The results will be reported at the conclusion of the reporting period.

### **C.10 Verifying Savings at the Conclusion of Commissioning**

Savings at the conclusion of commissioning will be based on data collected during the reporting period, as described above. Note that our engagement with the project will not last one year past implementation of the measures, which makes it impossible to determine actual savings based entirely on measured data. Annual savings estimates reported at the conclusion of commissioning will be based on the adjusted baseline model, and a similar model of the post-installation energy performance, and typical mean





year (TMY) weather data for the local climate zone. The post-installation period energy model is developed in the same way as the adjusted baseline energy model, except that dependent and independent variable data from the post-implementation period is used. (An example is shown in Figure C-2.)

For this abbreviated post-installation period, we will estimate the baseline and post-installation energy use under the TMY weather conditions for an entire year. Annual savings reported at the conclusion of commissioning will be calculated as the difference between these estimates.

At times, process loads or unforeseen usage of the equipment may cause post-installation energy use to rise. The energy use of these unforeseen events must be accounted for before determining savings. The methodology will depend on whether the loads are constant or variable. Constant loads will be subtracted from the post-installation use. Variable loads will be modeled with the measured data. We will describe in detail the event and the methodology used to determine its impact on post-installation energy use.

After several weeks of dependent and independent variable data have been collected, the post-installation model will be developed. This post-installation model will serve as a new baseline to provide a basis upon which further improvements in systems operations can be identified and quantified. On-going savings analysis procedures will be developed as part of the O&M Plan.

### **C.11 Verifying Savings Over Time**

We recommend that actual savings be calculated once per month for three months, and thereafter for each quarter. This is accomplished by collecting dependent and independent variable data in the post-installation period, and following the algorithm previously described. Savings should be reported quarterly in order to keep abreast of the energy performance of the systems, and to address problems as they occur.



We further recommend that the post-installation energy use model described above, and based on day intervals, be programmed on a platform that can show the results graphically, as in Figure C-1. These graphs should be viewed weekly allowing operators to be able to compare the daily energy use against the ideal case of the post-installation energy use to detect when energy use has risen unexpectedly (as when a particular day's use creeps above the post-installation model line over an extended number of days). **When this event occurs, investigation into its causes should be triggered.**

## C.12 Content and Format of All M&V Reports

### Baseline Model Development

The baseline model development was described in Section C.9 of this M&V Plan. The data used to develop the model is in an electronic file provided with this M&V Plan [note: not included].

IPMVP Requirement: Specify how results will be reported and documented.

### Verification of Savings Report

The verification of savings report will be included in the final EBCx project report. It will include:

1. A summary of the reporting period saving determined from the post-installation M&V analysis conducted, with associated uncertainty.
2. A description of the data collected, details of the post-installation model developed, identification of any non-routine adjustments made, energy savings analysis conducted, and results.
3. An attachment of all collected data and detailed analysis, in readable electronic format.

## C.13 Responsibilities of Involved Parties

The roles for carrying out the M&V activities for the EBCx project at the Biosciences Building are defined in this section. The M&V effort is coordinated between the University and EBCx provider staff. Following are descriptions of involved parties and their roles in regard to M&V in this project.

IPMVP Requirement: Assign responsibilities for reporting and recording the energy and independent variable data.



Henry Mason, University Technical Services: Henry is the University's overall project manager for the EBCx project at the Biosciences Building. He oversees the project, and manages the University's contract with EBCx Provider. He is the main point of contact for the EBCx provider firm to schedule site visits, coordinate work among EBCx Provider and University staff, and provide information needed to complete the project.

Mac Notpeasy, Supervisor, EMCS: Mac is responsible for maintenance, operation, and expansion of the campus-wide EMCS system, and maintaining the storage of all trended data. He and his staff review the Biosciences Building's operation through the EMCS each day, and notify the stationary engineers of issues and problems. All recommendations for permanent addition of points must be approved through Mac's office.

EBCx Provider: EBCx Provider is the EBCx contractor for the Biosciences Building EBCx project. The EBCx Provider's project team role is to develop M&V plans, specify all points required to characterize the baseline, install temporary data loggers, collect and analyze the data, establish M&V routines, provide analysis tools and graphics to the University staff, and train the University staff on running M&V scenarios.

**Table C-6. M&V Activity & Responsibilities.**

Item	Description	Responsibility
1	Develop M&V Plan	Provider
2	Collect Baseline Data	Provider/ University
3	Install and Trend Additional Points	University
4	Provide EMCS Data	University
5	Develop Analytical and Graphical Tools	Provider
6	Identify EBCx Measures	Provider/ University
7	Install approved EBCx Measures	University
8	Program Analytical and Graphical Routines	University





9	Analyze Savings	Provider
10	Write Final Report	Provider
11	On Going M&V	University

### C.14 Expected M&V Cost

Table C-7 below provides our costs for implementing the M&V activities described in this plan. The total cost is \$15,900, which is 13% of the anticipated EBCx project savings (10% of annual consumption).

**Table C-7. Estimated M&V Costs.**

Item	Develop M&V Plan	Collect Baseline Data	Develop Baseline Energy Models	Collect Post- Installation Data	Report Savings at End of Cx Project	Estimate Annual Savings	Document Results
Labor	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 3,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000
Materials	\$ -	\$ 400	\$ -	\$ 500	\$ -	\$ -	\$ -
Total Costs	\$ 2,000	\$ 2,400	\$ 3,000	\$ 2,500	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000

IPMVP Requirement: Define the budget and the resources required for the savings determination.



## C.15 Schedule for All M&V Activities

Table C-8 provides an anticipated schedule for the M&V activities in this project.

**Table C-8. M&V Schedule.**

Task	Description	Start Date	Completion	
			Date	Duration
1	Begin baseline data collection	2/4/08	8/2/08	6 months
2	RCx project start	5/1/08		
3	Deliver RCx Plan		6/1/08	1 month
4	RCx Investigation	5/1/08	8/2/08	3 months
	Deliver M&V Plan		8/2/08	3 month
5	RCx Measure Implementation Period	8/2/08	9/30/08	2 months
6	Post-Installation Data Collection	9/30/08	11/30/08	2 months
7	Energy savings Analysis	11/30/08	12/7/08	1 week
7	M&V Report (part of RCx final report)		12/15/08	2 weeks

IPMVP Requirement: Define a schedule for the M&V activities.