



PERMANENT PŘÍPADOVÁ STUDIE PLÁNU MONITORINGU A VERIFIKACE

Průmyslový závod na výrobu keramiky



Tato případová studie vznikla v rámci projektu PERMANENT financovaného částečně ze zdrojů EK.

Listopad 2010

Ing. Pavel Sitný, ENVIROS, s.r.o.

Obsah

1. PLÁN M&V	3
2. ZÁMĚR ECM	3
3. VÝBĚR VARIANTY IPMVP	3
3.1 HRANICE MĚŘENÍ	3
3.2. MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ	4
3.3. DALŠÍ VLIVY	4
3.4. VOLBA IPMVP	4
4. BASELINE	5
5. PERIODA PODÁVÁNÍ ZPRÁV	5
6. PRAVIDLA PRO ÚPRAVY DAT	5
6.1. STATICKÉ FAKTORY	6
7. POSTUP ANALÝZY	6
8. CENY ENERGIE	7
9. SPECIFIKACE MĚŘIDEL	7
10. ZODPOVĚDNOST ZA MONITORING	7
11. OČEKÁVANÁ PŘESNOST MĚŘENÍ	7
12. ROZPOČET	7
13. FORMÁT ZPRÁVY	8
14. ZAJIŠTĚNÍ KVALITY	8
15. PŘÍLOHA 1	9
ANALÝZA DAT PŘED REALIZACÍ ÚSPORNÉHO OPATŘENÍ	9
16. PŘÍLOHA 2	11
ZPRÁVA O VÝSLEDČÍCH REALIZOVANÉHO OPATŘENÍ	11

1. Plán M&V

Průmyslový závod na výrobu keramiky má zaveden systém energetického řízení, zajišťující systematické zvyšování energetické účinnosti. Výsledkem podrobné analýzy údajů o spotřebě byla identifikace opatření na úsporu energie. Hlavním cílem plánu monitoringu a verifikace (plánu M&V) je přesně definovat postup implementace opatření na úsporu energie a řádného vyhodnocení jeho přínosů.

2. Záměr ECM

Úsporné opatření spočívá v instalaci automatického systému řízení odprašovacích jednotek. Cílem opatření je snížit spotřebu elektrické energie automatickým spouštěním a odstavováním odprašovacích jednotek na základě skutečné potřeby odprašovat. Strojovna s odlučovači prachu je vybavena 11 stejnými filtračními jednotkami na pro zachytávání tuhých částic obsažených ve vzdušně odtahované z výrobní haly provozu vytváření. Každá jednotka odprašuje soubor několika zařízení ve výrobní hale. Když žádné zařízení v souboru není provozováno, může být příslušná jednotka na odlučování prachu vypnuta.

Strojovna odprašování je v současnosti ovládána ručně. Všechny jednotky obvykle běží po celou dobu provozu. Každé odprašované zařízení má vlastní ručně ovládané kouřové hradítko na odtahovém potrubí. Odpovědnost provozovatelů zařízení tak hraje klíčovou roli v oblasti energetické účinnosti procesu odprašování.

Ani spolehlivost zaměstnanců ve výrobní hale nemůže v současnosti zabránit volnoběžnému provozu odprašovacích jednotek, i když jsou všechna příslušná zařízení vypnutá, protože za provoz strojovny odprašování zodpovídají mechanici z jiné divize. Zavedení systému automatického řízení zamezí zbytečnému provozu odprašovacích jednotek a do jisté míry odstraní závislost na lidském faktoru.

Nový automatický řídicí systém bude instalován a testován v průběhu plánované odstávky výroby. Očekává se, že všechny jednotky budou upraveny najednou. Z bezpečnostních důvodů bude možné provoz nově instalovaného řídicího systému zablokovat a vrátit tak provoz odprašování do původního stavu.

3. Výběr varianty IPMVP

3.1 Hranice měření

Přínosy tohoto úsporného opatření, budou monitorovány na úrovni strojovny odprašování. Monitorována bude pouze spotřeba elektrické energie odprašovacích jednotek. Filtrační jednotky používají k čištění filtrů stlačený vzduch dodávaný centrální kompresorovou stanicí. Spotřeba stlačeného vzduchu strojovny odprašování není monitorována a z důvodu vysokých nákladů na instalaci měření nebude vliv projektu na spotřebu stlačeného vzduchu vyhodnocován. Je zřejmé, že zamýšlený energeticky úsporný projekt bude mít na spotřebu stlačeného vzduchu příznivý dopad, a proto lze bez obtíží tento vliv ignorovat. Zahrnutí úspory energie na výrobu stlačeného vzduchu by odhadem zvýšilo vykazovanou úsporu energie o cca. 10–20 %. Jedná se o velmi hrubý odhad založený na jednoduchém provozním testu. Během testu byl měřen rozdíl v poměru času zatížení a odlehčení vzduchového kompresoru při otevřeném a uzavřeném ventilu na hlavní větví potrubí zásobujícího stlačeným vzduchem strojovnu odprašování.

Strojovna odprašování není součástí technologie výrobní haly. Je umístěna nad zásobními silami pro skladování vstupních surovin pro technologii vytváření. Místnost je napájena dvěma přívody přímo z hlavní rozvodny. Všechna zařízení ve strojovně jsou součástí odprašovací technologie. Nejnáročnější z hlediska spotřeby energie jsou již zmíněné ventilátory. Kromě ventilátorů jsou ve strojovně ještě pásové dopravníky. Každá odprašovací jednotka má svůj vlastní pásový dopravník. Dva centrální pásové dopravníky sbírají zachycený prachový materiál a přepravují ho do balící linky, kde se plní do velkých pytlů.

Zařízení	Počet [-]	Nominální příkon [kW]
Ventilátor filtru	11	22
Dopravník filtru	11	2
Centrální dopravník	2	4

3.2. Měřicí zařízení

Spotřeba elektrické energie strojovny odprašování se měří dvěma spolehlivými RMS podružnými elektroměry instalovanými v hlavní rozvodně. Tyto elektroměry měří výhradně spotřebu strojovny odprašování. Měřidla mají platné kalibrační certifikáty. Stanovená přesnost obou měřidel je vyjádřena jako 2 % z odečtu s 95 % spolehlivostí. Měřidla jsou napojena na automatický systém sběru dat a 15 minutové údaje o spotřebě jsou ukládány v databázi.

Objem výroby jako nezávislá proměnná je vyjádřen počtem vyrobených kusů výrobků vynásobeným měrnou hmotností známou pro každý typ výrobního portfolia uloženou ve výrobním informačním systému. Pro dávkování surovin jsou používány přesné, pravidelně kalibrované váhy. Přesnost vah je vyjádřena jako 1 % z naměřené hodnoty s 90 % spolehlivostí.

3.3. Další vlivy

Úsporné opatření bude mít při čištění filtrů vliv na spotřebu stlačeného vzduchu. Vzhledem k tomu, že měření tohoto dopadu by bylo obtížné, je stlačený vzduch ponechán mimo hranice měření (jak již bylo podrobněji zdůvodněno v kapitole "Hranice měření"). Ve výrobní hale je dostatečné množství odpadního tepla, zejména od tunelových pecí. Topný systém je proto provozován jen v několika nejchladnějších dnech roku. Ve výrobní hale není nainstalovaná žádná vzduchotechnika ani klimatizace. Přes značný vliv úsporného projektu i na výměnu vzduchu ve výrobní hale budou proto ignorovány také vlivy na vytápění a chlazení.

3.4. Volba IPMVP

Jelikož by efekt úsporného opatření bylo obtížné sledovat na úrovni celého podniku je nezbytné jej sledovat izolovaně na úrovni daného technologického celku. Výše dosažené úspory je závislá na vytížení technologie vytváření, tento vliv bude nutné vzít při vyhodnocování úsporného opatření v potaz. Monitorovací systém spotřeby energie je k dispozici, a proto volba způsobu monitoringu a verifikace nemá na náklady významný vliv.

Na základě těchto skutečností je pro účely monitoringu a verifikace přínosu úsporného opatření zvolena varianta B ve smyslu metodiky IPMVP Vol1, 2009.

4. Baseline

Pro hodnocení přínosů úsporného opatření bude vytvořen matematický model popisující původní závislost spotřeby elektrické energie strojevny odprašování na objemu výroby. Tento model bude vytvořen pomocí regresní analýzy na základě denních údajů za posledních šest (6) měsíců před realizací úsporného opatření. V případě výskytu nestandardních výrobních režimů (odstávky zařízení, závodní dovolená apod.) budou ovlivněná denní data z analýzy vyloučena.

Spotřeba elektrické energie pro provoz odprašování je průběžně monitorována dvěma elektroměry a je v 15-ti minutových intervalech zaznamenávána do databáze. Údaje jsou k dispozici on-line v síti klienta.

Objem výroby realizovaný v prostoru haly vytváření bude sledován jako nezávislá proměnná. Tyto údaje jsou k dispozici ve výrobním informačním systému klienta se zpožděním až dvou pracovních dnů.

Výrobní hala je obvykle provozována ve čtyřech směnách (24 hodin denně, 7 dní v týdnu). Během víkendu je provoz vytváření méně obsazen a některá zařízení nejsou vůbec provozována. Předpokládáme, že právě zde se nachází důležitý potenciál úspor energie využitelný po implementaci tohoto energeticky úsporného projektu. Útvar odpovědný za provoz odprašovacích jednotek nekomunikuje dobře s výrobní divizí a obvykle nechává jednotky pro jistotu běžet trvale. Spotřeba elektrické energie pro odprašování je dosud vnímána jako fixní režijní položka, kterou nelze řídit.

Ve strojevně odprašování je instalováno 11 totožných nezávislých filtračních jednotek. Každá jednotka má jeden ventilátor s nominálním výkonem 10 000 Nm³ vzduchu / hod. Každý ventilátor je poháněn asynchronním motorem o jmenovitém příkonu 22 kW. Filtry jsou textilní s automatickým čištěním impulsy stlačeného vzduchu v konstantních časových úsecích.

5. Perioda podávání zpráv

Doba návratnosti energeticky úsporného projektu je relativně krátká. Předpokládáme, že se pohybuje v řádu několika měsíců. Proto budou zprávy o skutečně dosažených úsporách během prvního roku předkládány a hodnoceny každý měsíc. Později může být tato frekvence snížena na roční. V případě tohoto úsporného projektu není pravděpodobné, že se jeho účinky mohou v průběhu času zhoršit.

6. Pravidla pro úpravy dat

Za účelem přípravy zpráv o skutečných efektech úsporného opatření budou data popisující spotřebu elektrické energie před realizací úsporného opatření upravena prostřednictvím vytvořeného matematického modelu. Úprava zajistí, že údaje o spotřebě energie před a po realizaci opatření budou, z hlediska podmínek, za jakých jich bylo dosaženo, srovnatelné. V tomto případě jsou tyto podmínky popsány nezávislou proměnnou představující objem výroby realizované v prostoru haly vytváření.

Matematický model bude vytvořen na základě regresní analýzy závislosti původní spotřeby energie strojovny odprašování na odpovídajícím objemu výroby haly vytváření. Analyzovány budou denní údaje spotřeby a výroby za období posledních 6 měsíců před realizací opatření. Rovnice lineární reprezentace závislosti analyzovaných dat bude stanovena pomocí metody nejmenších čtverců.

Matematický model závislosti původní spotřeby energie strojovny odprašování na objemu výroby v hale vytváření bude vyjádřen vzorcem:

$$Y = k * X + q \quad [1]$$

kde:

Y ... upravená spotřeba el. energie strojovny odprašování (kWh/den)

X ... denní objem výroby v hale vytváření (t/den)

k ... mezní (marginální) spotřeba (kWh/t)

q ... fixní část spotřeby (kWh/den)

6.1. Statické faktory

Za statické faktory je považována zejména hardwarová konfigurace strojovny odprašování, typ použitých textilních filtrů a nastavení systému čištění filtrů stlačeným vzduchem. Změna těchto faktorů se neočekává, ovšem v případě, že by k ní došlo, lze předpokládat, že bude mít vliv na výsledky úsporného opatření. V takových případech bude třeba výsledky korigovat prostřednictvím nerutinních úprav. Žádné jiné potřeby pro nerutinní úpravy nejsou identifikovány. Kvalita vnitřního prostředí výrobní haly splňuje aktuální zdravotní a bezpečnostní požadavky a musí zůstat na stejné úrovni.

7. Postup analýzy

Úspory budou vykazovány dle metodiky IPMVP jako nerealizovaná spotřeba energie za podmínek vykazovaného období. Pro rutinní úpravy dat na podmínky vykazovaného období bude použit matematický model popsáný v předchozí kapitole. Úspory se vypočítají na denní bázi jako rozdíl mezi skutečnou spotřebou a upravenou spotřebou energie dle objemu výroby příslušného dne.

$$S_d = Y - Z \quad [2]$$

kde:

S_d ... denní úspory (kWh/den)

Y ... upravená spotřeba el. energie strojovny odprašování (kWh/den)

Z ... skutečná spotřeba el. energie strojovny odprašování (kWh/den)

V případě výskytu nestandardního výrobního režimu (odstávky zařízení, závodní dovolená apod.) se úspory považují za nulové.

Vykazované úspory energie se vypočítají jako souhrn dosažených denních úspor.

$$S_r = \sum_{\text{hodnocené_období}} S_d \quad [3]$$

kde:

S_d ... denní úspora (kWh/den)

S_r ... úspora energie ve vykazovaném období (kWh/den)

8. Ceny energie

Pro výpočet dosažené úspory nákladů bude použita cena energie platná ve vyhodnocovaném období. Aktuální smlouva o dodávce elektrické energie stanovuje celkovou cenu za dodávku na základě množství odebrané elektrické práce a maximálního naměřeného čtvrt hodinového příkonu v měsíčních intervalech. Vzhledem k tomu, že je strojovna odprašování provozována nepřetržitě a podílí se tudíž i na dosaženém maximálním příkonu, lze pro výpočet dosažené úspory použít průměrnou cenu za kWh stanovenou jako podíl celkových měsíčních nákladů na energii v Kč bez DPH a odebrané elektrické práce v kWh.

V případě změny konstrukce smlouvy musí být brány v úvahu obě složky, elektrická práce i příkon

9. Specifikace měřidel

Specifikace měřidel potřebných pro účely monitoringu a verifikace je uvedena v kapitole "Výběr varianty IPMVP / Měřicí zařízení". Všechny údaje jsou za normálních okolností k dispozici v informačním systému závodu. V případě poruchy jakéhokoli datového zdroje musí být bez prodlení zaveden alternativní způsob sběru údajů. Není pravděpodobné, že by mohl vzniknout problém se shromažďováním údajů o výrobě, protože objem výroby je rozhodující pro řízení toku výroby a výrobní informační systém je dostatečně robustní, aby rychle zvládl případné selhání. Mnohem pravděpodobnější je porucha systému sledování spotřeby energie. V takovém případě musí energetický manažer rychle analyzovat situaci a přijmout příslušná opatření (zavést ruční odečty, zajistit rychlou nápravu atd.)

10. Zodpovědnost za monitoring

Jak již bylo uvedeno, všechna data jsou uložena v databázích a jsou přístupná prostřednictvím uživatelských rozhraní používaných informačních systémů. Energetický manager je hlavní osobou odpovědnou za pravidelnou kontrolu funkčnosti a kvality zdrojů údajů a případné řešení problémů.

11. Očekávaná přesnost měření

Přesnost měřicích zařízení (elektroměry, váhy) je uvedena v kapitole "Výběr varianty IPMVP / Měřicí zařízení". Bude stanovena přesnost konečného matematického modelu pro rutinní úpravy dat. Informace o přesnosti a spolehlivosti bude součástí zprávy o analýze dat před realizací opatření (viz Příloha 1).

12. Rozpočet

Náklady na hardware potřebný pro účely monitoringu a verifikace nejsou žádné, protože všechna nezbytná měřidla a systémy jsou již nainstalovány. M&V náklady se skládají z nákladů na tvorbu M&V plánu, nákladů na analýzu dat před realizací opatření a nákladů na

pravidelné podávání zpráv. Zhotovitel bude účtovat X,- Kč za zpracování M&V plánu a analýzu dat před realizací opatření a Y, - Kč za tvorbu měsíčních zpráv v prvním roce.

13. Formát zprávy

Formát zprávy je uveden v Příloze 2.

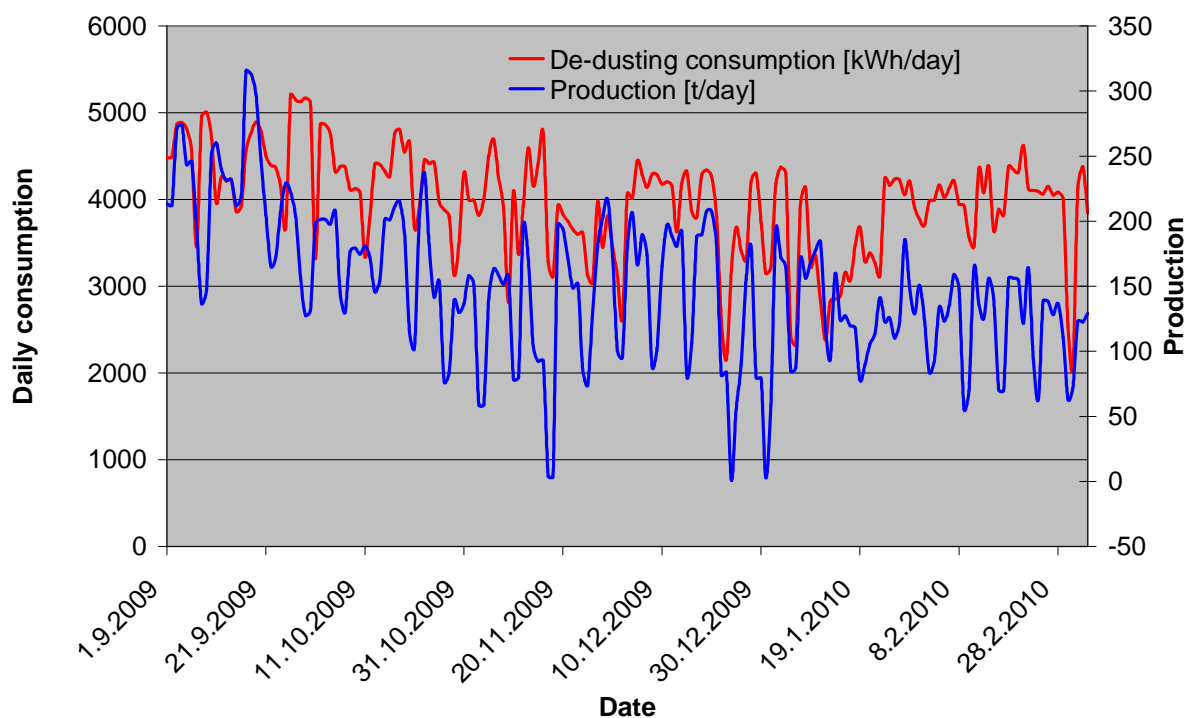
14. Zajištění kvality

Manažer závodu nominuje vybrané zaměstnance, kteří poskytnou nezbytné informace pro tvorbu M&V plánu. Tito zaměstnanci budou také odpovědní za činnosti popsané v M&V plánu. Analýza dat z období před realizací opatření a měsíční zprávy budou zpracovány vždy do dvou týdnů od obdržení kompletního souboru dat pro analýzu. Stanovení skutečné energetické úspory a úspory nákladů se bude řídit metodikou IPMVP I, EVO 10000 - 1:2009.

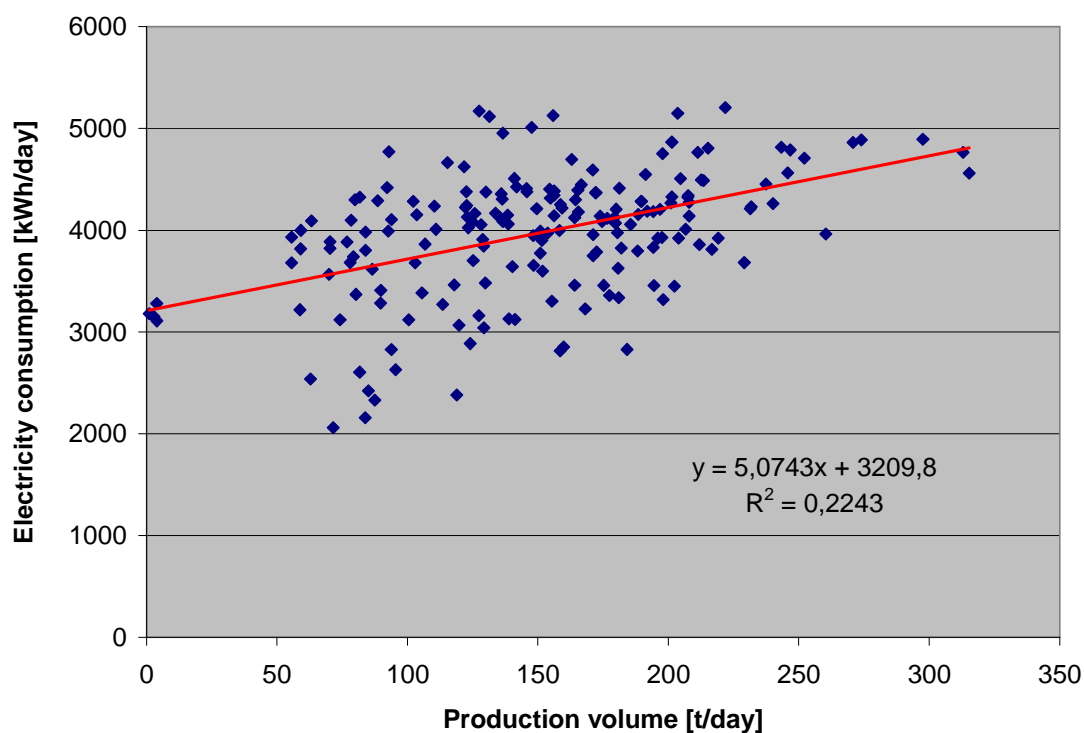
15. Příloha 1

Analýza dat před realizací úsporného opatření

A) Trendy



B) Rozptylový graf



C) Shrnutí výstupů

<i>Regresní statistika</i>					
Multiple R	0,471016314				
R Square	0,221856368				
Adjusted R Square	0,217627327				
Standard Error	544,8591124				
Observations	186				
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>T Stat</i>	<i>Dolní 95%</i>	<i>Horní 95%</i>
Intercept	3211,832609	111,9243172	28,6964682	2991,012591	3432,652627
De-dusting consumption [kWh/day]	5,053971221	0,697778827	7,242941496	3,677295113	6,430647328
Average daily consumption	3971,86631				
Average daily production	150,1748663				
Absolut Precision	1067,92386				
Relative Precision	27%				
SE electricity meter	40,52924806				
SE Savings	546,3644135				

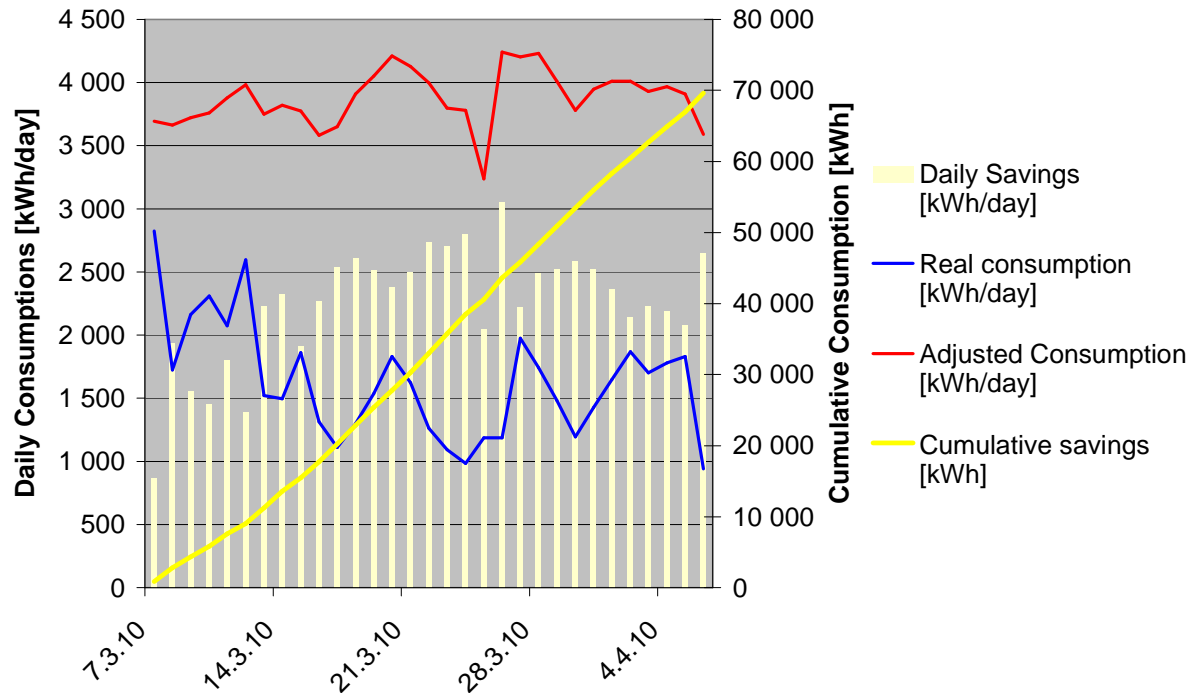
D) Vzorec pro rutinní úpravu dat

$$Y = 5,054 * X + 3212$$

16. Příloha 2

Zpráva o výsledcích realizovaného opatření

A) Trendy



B) Výsledky

Během prvního období (7.3.2010 – 6.4.2010) po zavedení úsporného opatření se podařilo ušetřit 69 600 +/- 5 960 kWh. Relativní přesnost stanovení dosažené úspory činí 8,6% při 95% spolehlivosti.

Průměrná cena elektrické energie v hodnoceném období činí 3,1 Kč/kWh. Měsíční uspořené náklady tedy dosahují 215 800 Kč, přičemž s 95% jistotou přesahují částku 197 300 Kč.