Primljen / Received: 23.8.2012.
Ispravljen / Corrected: 1.9.2013.
Prihvaćen / Accepted: 10.9.2013.
Dostupno online / Available online: 10.10.2013.

Održavanje poslovnih zgrada: model predviđanja troškova

Autori:

Dr.sc. Cheong Peng Au-Yong, dipl.ing.građ.
Malajsko sveučilište
Fakultet graditeljstva
auyongcp@um.edu.my

Izv.prof.dr.sc. Azlan Shah Ali, dipl.ing.građ.
Malajsko sveučilište
Fakultet graditeljstva
asafab@um.edu.my

Dr.sc. Faizah Ahmad, dipl.ing.građ.
Malajsko sveučilište
Fakultet graditeljstva
faiz@um.edu.my

Prethodno priopćenje

Cheong Peng Au-Yong, Azlan Shah Ali, Faizah Ahmad

Održavanje poslovnih zgrada: model predviđanja troškova

Troškovi održavanja zgrada naglo rastu u slučaju neprimjerenog održavanja u prethodnom razdoblju. U ovom radu određene su karakteristike planiranog održavanja. Ustanovljeno je da karakteristike planiranog održavanja uvijek utječu na troškove te je nužno uspostaviti njihov odnos. Za predviđanje održavanja izrađen je regresijski model, a za prikupljanje podataka usvojen je triangulacijski pristup koji uključuje pregled literature, anketiranje putem upitnika i usmeno anketiranje. Zaključeno je da se uspostavljeni regresijski model može koristiti u praksi.

Ključne riječi:
poslovna zgrada, planirano održavanje, učinak troškova, regresijski model

Preliminary note

Cheong Peng Au-Yong, Azlan Shah Ali, Faizah Ahmad

Office building maintenance: Cost prediction model

Building maintenance costs are increasing rapidly due to poor maintenance in the past. In this paper, attempts are made to identify the characteristics of scheduled maintenance. It has been established that the characteristics of scheduled maintenance always affect the cost performance. Therefore, this research aims to establish their relationships. Then, regression model is produced for maintenance prediction purposes. The triangulation approach that includes literature review, questionnaire survey, and interviews, has been adopted for data collection. Consequently, the regression model can be adopted by practitioners.

Key words:
office building, scheduled maintenance, cost performance, regression model

Vorherige Mitteilung

Cheong Peng Au-Yong, Azlan Shah Ali, Faizah Ahmad

Instandhaltung von Bürogebäuden: Model für die Kostenvorhersage

Kosten der Gebäudeinstandhaltung können Aufgrund unzureichender Instandhaltung in der Vergangenheit schnell ansteigen. Daher strebt diese Arbeit an, die Merkmale geplanter Wartung zu identifizieren. Den Feststellungen folgend, beeinflussen die Eigenschaften geplanter Instandhaltung in jedem Fall die Kostenleistung. Daher befasst sich diese Arbeit mit dem Ziel, entsprechende Zusammenhänge aufzustellen. Folglich ist ein Regressionsmodel für die Wartungsvorhersage eingeführt. Für die Datenerfassung ist ein Triangularverfahren, das einen Literaturüberblick, Umfragen und Interviews umfasst, angewandt worden. Dementsprechend kann das Regressionsmodel von Anwendern in der Praxis eingesetzt werden.

Schlüsselwörter:
Bürogebäude, geplante Instandhaltung, Kostenleistung, Regressionsmodel

1. Uvod

Održavanje zgrada sastoji se od tehničkih i administrativnih mjera kojima se želi postići da sve stavke i elementi građevine budu u takvom stanju da se mogu koristiti za svoju namjenu. Da bi se zadaci održavanja građevina mogli obavljati na djelotvoran način, potrebno je osigurati odgovarajuće upravljanje poslovima održavanja.

Općenito uzevši, održavanje građevina može se prema BS3811 [1] podijeliti na dvije osnovne kategorije: planirano održavanje i neplanirano održavanje. Planirano održavanje sastoji se od unaprijed određenih zadataka koji su dobro organizirani i obavljeni unaprijed. Poslovima održavanja smanjuje se ili sprečava oštećivanje elemenata građevine. S druge strane, poslovi neplaniranog održavanja obavljaju se u slučaju hitnog ili nepredviđenog održavanja, bez unaprijed definiranog plana. U tom se slučaju poslovi održavanja obavljaju tek nakon što se uoči kvar ili oštećenje.

Potrebno je napomenuti da planirano održavanje, a ne i neplanirano, treba biti osnovna aktivnost u području održavanja građevina. U suprotnom bi moglo doći do čestih pojava kvarova ili zastoja, a činjenica je i to da se u slučaju neplaniranog održavanja izlažemo i višim troškovima za provedbu takvih neplaniranih sanacija i popravaka [2]. Stoga se neplanirano održavanje treba svesti na minimum da bi se omogućilo optimalno upravljanje troškovima održavanja.

Kako nam na raspolaganju stoji nekoliko mogućnosti strateškog upravljanja, te kako se treba razmotriti velik broj mogućih rješenja da bi građevina trajno bila u prihvatljivom stanju, potrebno je provesti studiju o mogućim strategijama održavanja da bi se omogućila kontrola djelotvornosti održavanja, što se naročito odnosi na troškove održavanja [3]. U ovom se radu analiziraju i razmatraju karakteristike planiranog održavanja, jer je takva strategija održavanja danas uvelike prihvaćena u praksi. U okviru istraživanja provedena je i analiza odnosa između karakteristika planiranog održavanja i troškova.

2. Poslovna zgrada

U Maleziji se zgradom smatra svaka građevina koja ima više od sedam katova, tj. građevina kod koje se najviši kat nalazi na više od 18,3 m (60 ft) iznad razine tla [4]. Ova je definicija u skladu s Objedinjenim pravilnikom o građenju iz 1984. godine. U Maleziji se u novije vrijeme održavanju zgrada pridaje sve veće značenje, pa su u tom smislu napravljene brojne studije i istraživanja o upravljanju građevinama i o upravljanju poslovima održavanja poslovnih zgrada.

Poslovne zgrade imaju svoje timove za vođenje poslova održavanja koji te zgrade održavaju u ispravnom stanju. Takve timove vode upravitelji za poslove održavanja ili upravitelji zgrada [5]. Osnove usluge koje pružaju takvi upravitelji poslovnih zgrada su čišćenje, uređenje okoliša, opće održavanje, rasvjeta, grijanje, ventilacija i klimatizacija (GVK), dizala, elektromehanička postrojenja, sanitarije i odvodnja, pristup, znakovi, parkiranje i ostalo [6]. Te se usluge zapravo odnose na značajne sustave poslovnih zgrada koji se na adekvatan način trebaju uključiti u sustav upravljanja poslovima održavanja i to upravo zato što oni doprinose funkcionalnosti, sigurnosti i sanitarnoj ispravnosti građevine te u konačnici zdravlju i udobnosti osoba koje u njima rade.

Nažalost, provedenom anketom u kojoj je ispitano zadovoljstvo korisnika sa stanjem zgrade u kojoj rade, ipak je utvrđeno da većina korisnika nije zadovoljna uslugama koje im se pružaju [5]. Tome je uglavnom razlog nedostatak osoblja za poslove održavanja, nedostatna stručnost, nedostatak sredstava i tehnološki propusti, nedostatan proračun za poslove održavanja, neodgovarajuća strategija održavanja i sl. Ti se problemi češće javljaju kod zgrada nego kod nižih građevina, jer su zgrade češće opremljene naprednim sustavima kao što su protupožarni i vatrodojavni sustav, sustav centralnog grijanja, sustav za ventilaciju i klimatizaciju, dizala itd. [7].

Stoga je ovo istraživanje usmjereno prema uzrocima nezadovoljstva korisnika poslovnih zgrada. Drugim riječima, ovdje se istražuju karakteristike strategije održavanja (planiranog održavanja) u odnosu na učinkovitost održavanja.

3. Karakteristike planiranog održavanja

Planirano se održavanje definira kao preventivno održavanje koje se obavlja u skladu s određenim kriterijima kao što su unaprijed određeni intervali održavanja, broj radnji, broj kilometara (milja) a pri tome je cilj da komponente koje se održavaju ostanu u uporabnom stanju [1, 3, 8, 9]. Općenito uzevši, radnje održavanja koje se obavljaju u utvrđenim vremenskim razmacima smanjuju vjerojatnost da će doći do popuštanja ili kvarova [10]. Međutim, neki istraživači tvrde da planirano održavanje nije isplativo jer se komponente često mijenjaju bez obzira na njihovo stanje. U literaturi se navodi da obavljanje radnji planiranog održavanja ovisi o kriterijima koji se pobliže opisuju u nastavku.

3.1. Kvalificirana radna snaga

Kako se planirano održavanje odvija u točno određenim vremenskim razmacima, svakako je potrebno osigurati odgovarajuće stalno osoblje koje će obavljati te zadatke. Organizacije obično određuju različite plaće za obavljanje usluge održavanja, ovisno o stručnosti pojedinih zaposlenika. Dakle, kvalifikacija osoblja zaposlenog na održavanju značajan je faktor koji utječe na rezultat održavanja [11]. Na primjer, neke radove planiranog održavanja određuje iskusno i dobro kvalificirano tehničko osoblje koje ocjenjuje stupanj istrošenosti odgovarajućih dijelova ili komponenata. Oni ne bi smjeli ograničiti svoje aktivnosti na puko mijenjanje, servisiranje i popravljanje komponenata sustava, već bi trebali moći ocijeniti potrebu za obavljanjem planiranog

održavanja. Osim toga, treba napomenuti da je za poslove održavanja potreban i odgovarajući broj osoba [3]. Možemo na kraju reći da je kvalificirana radna snaga jedan od osnovnih faktora koji se trebaju uzeti u obzir pri obavljanju planiranog održavanja. Taj faktor uključuje:
- kvalificiranost i znanje zaposlenika
- broj zaposlenika.

3.2. Rezervni dijelovi i materijali

Rezervni dijelovi i materijali potrebniji su kod planiranog održavanja nego kod drugih strategija održavanja [3]. Neki dijelovi sustava ili instalacija u zgradi trebaju se zamjenjivati novima u određenim vremenskim razmacima kako je to određeno u programu planiranog održavanja, i to bez obzir na to jesu li ti dijelovi uopće oštećeni. Stoga je za kontrolu i smanjenje troškova upravljanja i održavanja značajno točno identificirati rezervne dijelove i njihovo prikladno skladištenje [12]. Uz to je za učinkovito održavanje važna i kvaliteta rezervnih dijelova i materijala [13]. Zato se pri odabiru rezervnih dijelova i materijala treba uzeti u obzir ne samo umanjenje troškova već i kvaliteta rezervnih dijelova i materijala, jer je kvaliteta također jedan od važnih aspekata. U ovom istraživanju to podrazumijeva:
- razinu skladištenja rezervnih dijelova i materijala
- kvalitetu rezervnih dijelova.

3.3. Unaprijed definirana razdoblja održavanja

Vremenski razmaci održavanja od ključne su važnosti za uspješno obavljanje radnji održavanja. Ako se zadaci održavanja ne obave pravodobno, to može dovesti do dodatnog oštećenja pojedinih komponenata sustava [14]. S druge se strane može reći da se programima planiranog održavanja ne može izbjeći rizik otkazivanja komponenata i prije nego što nastupi vrijeme njihove zamjene [15]. Ovaj se problem javlja jer se točno stanje određene komponente ne može utvrditi. Stoga je vrlo važno što preciznije odrediti intervale održavanja te time povećati djelotvornost planiranih radnji održavanja. Ovaj kriterij unaprijed određenog intervala održavanja podrazumijeva trajanje dotičnog intervala.

3.4. Održavanje i zastoj zbog kvara

Kako se planiranim održavanjem ne može spriječiti mogućnost kvara, kod definiranja pristupa održavanju u obzir se treba uzeti i vrijeme zastoja te troškovi održavanja i kvarova [15]. Kvar u nekom sustavu može ponekad uzrokovati i popratne štete [16]. U tom se smislu mogu očekivati i dodatni zastoji i troškovi ako kvar nastupi prije predviđenog vremena održavanja. Stoga se vrijeme zastoja tijekom održavanja i kvara treba uzeti u obzir prilikom definiranja i provođenja planiranih radnji održavanja.

4. Učinkovitost održavanja

Upravljanje uključuje i mjerenje učinkovitosti da bi se tako poboljšala kvaliteta i razina usluga te da bi se postigli ciljevi u pogledu troškova [17]. Mjerenje učinkovitosti održavanja omogućuje određivanje jakih i slabih strana u postupku održavanja. Osim toga, mjerenje učinkovitosti ukazuje i na djelotvornost strategije koja se trenutačno primjenjuje. To omogućuje timu zaduženom za upravljanje građevinom bolje planiranje i primjerenije donošenje odluka o strategijama održavanja koje će se primjenjivati u budućnosti. Učinkovitost se može mjeriti određivanjem razine uspješnosti ili neuspješnosti u ostvarivanju ciljeva glede intervala održavanja, troškova i funkcionalnosti [18, 19]. Kako je rast troškova održavanja jedno od važnih pitanja koje bitno utječe kako na industriju tako i na javnost, u ovom se istraživanju troškovi analiziraju kao ovisna varijabla.
Učinkovitost održavanja građevine najčešće se mjeri kroz analizu troškova održavanja. Proračun se obavlja primjenom varijance stvarnih troškova i planiranih troškova radnji održavanja [20]. Stvarni troškovi uspoređuju se s planiranima da bi se odredila razina učinkovitosti poslova održavanja. Na primjer, smatra se da učinkovitost održavanja sustava građevine nije u skladu s očekivanjima kada su stvarni troškovi održavanja viši od planiranih troškova. S druge strane, smatra se da je postignuta visoka razina učinkovitosti kada su ukupni troškovi održavanja niži od planiranih troškova.

5. Metodološki pristup

U ovom je istraživanju primijenjen triangulacijski pristup koji uključuje analizu podataka iz literature, anketiranje putem upitnika koje se smatra najprikladnijim načinom za prikupljanje podataka, te polustrukturirano anketiranje radi potvrđivanja kvantitativnih rezultata. Karakteristike planiranog održavanja određene su pregledom odgovarajućih članaka i drugih pouzdanih referentnih izvora. Nakon toga je obavljeno anketiranje i to nasumičnim slanjem anketnog upitnika relevantnim ispitanicima koji su bilo sudjelovali ili i sada sudjeluju u vođenju poslova upravljanja poslovnim zgradama. Ti ispitanici su kategorizirani kao upravitelj zgrade, nadzorni ili izvršni upravitelj zgrade, tehničar i ostali. Od ukupnog uzorka ispitanika, 33 posto anketiranih propisno su ispunili i vratili anketne upitnike. Da bi se provjerili rezultati dobiveni putem upitnika anketirani su i iskusni upravitelji zgrada. Provedene su polustrukturirane ankete da bi se dobili dodatni podaci i što bolji uvid u karakteristike planiranog održavanja. Anketa je dosegla stupanj zasićenja, bez pojave novih informacija, nakon što je anketirano petnaest ispitanika. Dakle, odgovori ispitanika bili su slični i predvidivi.
Izuzetno je važno osigurati visok stupanj pouzdanosti podataka kojim se koristi u analizi. Općenito uzevši, pouzdanost podataka može se odrediti ocjenjivanjem postojanosti i stabilnosti [21]. U društvenim se znanostima

pouzdanost podataka vrlo često ispituje primjenom Cronbachovog koeficijenta pouzdanosti (eng. *Cronbach alfa*). Na taj se način određuje postojanost podataka. Drugim riječima, rezultat se dobiva određivanjem prosječnih korelacija pojedinačnih elemenata. Cronbachov koeficijent pouzdanosti lako se može izračunati pomoću računalnog programa koji se zove statistički paket za društvene znanosti (eng. *Statistical Package for Social Science* ili SPSS). Vrijednost alfa koja označava prihvatljivu razinu pouzdanosti treba biti iznad 0,70. Odnos između karakteristika strategije održavanja i učinkovitosti određen je pomoću korelacijske analize primjenom spomenutog programa SPSS [22]. U ovom je radu za analizu korišten Pearsonov koeficijent korelacije (produkt-moment). To je statistička korelacija kojom se mjeri snaga pretpostavljene linearne veze između dviju varijabli [23]. Općenito uzevši, korelacijski koeficijent koji iznosi -1,00 smatra se savršeno negativnim odnosom, dok korelacijski koeficijent od +1,00 predstavlja savršeno pozitivan odnos. Ako je korelacijski koeficijent jednak nuli, to znači da linearni odnos uopće ne postoji. Dakle, korelacijski koeficijent označava snagu linearnog odnosa između dviju varijabli [24]. Ako se tijekom analize dobije korelacijski koeficijent koji iznosi manje od 0,3, to znači da je odnos slab. Koeficijent u rasponu od 0,3 do 0,5 označava srednje jaki odnos, a korelacijski koeficijent od 0,5 ili više označava jaki odnos između dviju varijabli [23, 24]. Da bi se dokazalo postojanje jakog odnosa između dviju varijabli, trebao bi se dobiti korelacijski koeficijent koji iznosi 0,3 ili više. Također se treba ispitati i značenje odnosa. Da bi se odnos smatrao statistički značajnim, treba se postići vrijednost p koja iznosi manje od 0,05 [24]. Drugim riječima, u ovom se istraživanju odnos između dviju varijabli može smatrati značajnim samo ako su zadovoljena oba prije spomenuta kriterija.

Rezultati za odnos između karakteristika planiranog održavanja i troškova analizirani su da bi se dobili podaci potrebni za predviđanje stupnja učinkovitosti održavanja. Predviđanje vrijednosti ovisne varijable na temelju vrijednosti neovisne varijable nazivamo regresijom [25]. U ovom je istraživanju određena više od jedne značajne neovisne varijable. Stoga je primijenjen postupak višestruke regresije jer ta metoda služi za analizu zajedničkih i pojedinačnih doprinosa dviju ili više neovisnih varijabli varijaciji ovisne varijable. U regresijskoj analizi, koeficijentom određivanja ocjenjuje se snaga odnosa između ovisne varijable i neovisnih varijabli. Tako se mjeri odnos varijacije u ovisnoj varijabli koji se statistički može objasniti pomoću neovisnih varijabli [24]. Općenito uzevši, višestruka linearna regresija izražava se kako slijedi:

$$\mathbf{Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_k X_k + \varepsilon}$$

gdje je:

Y - ovisna varijaba (Y = varijanca troškova održavanja)

$X_1, X_2, \ldots, X_k$ - neovisne varijable (X_1 = kvalificiranost i znanje djelatnika; X_2 = razina opskrbljenosti rezervnim dijelovima i materijalima, ...)

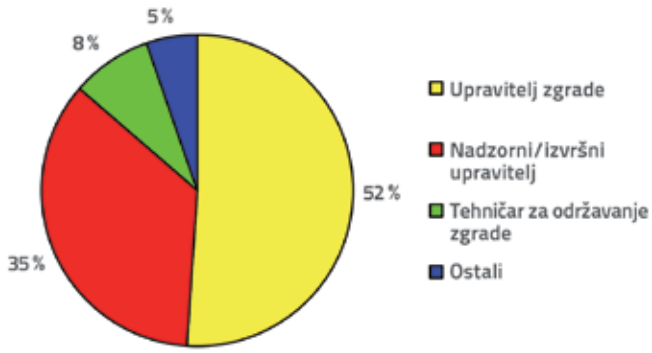
$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_k X_k$ - deterministički dio modela

β_i - određuje doprinos neovisne varijable X_i

ε - slučajna pogreška.

6. Rezultati i diskusija

U okviru ovog istraživanja voditeljima ankete vraćena su 133 valjano popunjena upitnika, što predstavlja 33 posto od ukupno odaslanih upitnika. Stoga se može reći da rezultati valjano predstavljaju odabrani populacijski uzorak.



Slika 1. Profil ispitanika

Na slici 1. prikazani su ispitanici po kategorijama: upravitelji zgrada, nadzorni ili izvršni upravitelji zgrada, tehničari i ostali. Podaci dobiveni anketom pokazuju da neki od ispitanika svrstanih u kategoriju "ostali" ili su upravni direktori poduzeća za vođenje nekretnina ili su pak inženjeri strojarstva ili elektrotehnike. Vrijedi napomenuti da više od 85 posto ispitanika ulazi u kategorije upravitelja zgrada, izvršnih upravitelja i nadzornih upravitelja. Oni posjeduju poprilično znanje u sferi planiranja i provođenja strategija održavanja.

Nakon toga je provedena analiza pouzdanosti karakteristika planiranog održavanja da bi se ispitala pouzdanost podataka prikupljenih u anketi. Cronbachov koeficijent pouzdanosti (*Cronbach alfa*) iznosi 0,741 za karakteristike planiranog održavanja, što znači da su dobiveni podaci dovoljno pouzdani.

6.1. Odnos između karakteristika planiranog održavanja i troškova

Odnos između karakteristika planiranog održavanja i troškova prikazan je u tablici 1. U ovom je istraživanju trošak iskazan kao ovisna varijabla, što je definirano varijancom troškova održavanja. Uz to je u istraživanju korišteno ukupno šest neovisnih varijabli. Ustanovljeno je da od tih šest varijabli pet ih je značajno povezano s varijancom troškova održavanja:

- kvalificiranost i znanje djelatnika
- razina opskrbljenosti rezervnim dijelovima i materijalima

- kvaliteta rezervnih dijelova i materijala
- dužina unaprijed određenog intervala održavanja
- zastoj zbog održavanja i kvarova.

Tablica 1. Veza između karakteristika planiranog održavanja i troškova održavanja

Karakteristika planiranog održavanja	Varijanca troškova održavanja
Kvalificirana radna snaga – Kvalificiranost i znanje	-0,643**
Kvalificirana radna snaga – Broj djelatnika	-0,111
Rezervni dijelovi i materijali – Razina opskrbljenosti	-0,366**
Rezervni dijelovi i materijali – Kvaliteta	-0,636**
Unaprijed određeni interval održavanja – Dužina intervala	-0,554**
Zastoj zbog kvara i održavanja – Vrijeme zastoja	-0,369**
** - Korelacija je značajna na razini 0,01 (dvostrano) * - Korelacija je značajna na razini 0,05 (dvostrano)	

U slučaju planiranog održavanja, kvaliteta rada osoblja koje radi na održavanju izravno utječe na učinkovitost rezultata održavanja [11]. Rezultati analize potvrđuju ovaj navod. Prema rezultatima korelacijske analize, koji su prikazani u tablici 1., kvalifikacija i znanje osoblja za održavanje bitno su povezani s varijancom troškova održavanja. Osim toga, većina ispitanika koji su sudjelovali u anketi potvrđuju da kvalificiran i umješan tehničar za održavanje može obavljati svoje zadatke uz minimalne pogreške. Oni također navode da se angažmanom takvog osoblja mogu izbjeći dodatni troškovi koji proizlaze iz pogrešaka ili propusta u obavljanju poslova održavanja. Neodgovarajući i nedovoljno obrazovani djelatnici češće krivo procjenjuju situaciju ili problem u sustavu za koji su nadležni. Lako se može dogoditi da takvi radnici loše obave neki popravak ili zamjenu dijelova. To može dovesti do dodatnih oštećenja i naknadnih popravaka. U konačnici, troškovi će se održavanja povećati, što će dovesti do prekoračenja iznosa predviđenih za poslove održavanja.

Još jedan vrlo važan aspekt u planiranom održavanju jest odgovarajuća opskrbljenost rezervnim dijelovima i materijalima. Naime, za planirano održavanje potreban je veći broj rezervnih dijelova za zamjenu postojećih nego što je to slučaj kod drugih strategija održavanja. U tijeku istraživanja je utvrđeno da je opskrbljenost rezervnim dijelovima i materijalima bitno povezana s varijancom troškova održavanja (tablica 1.). Rezultati analiza potvrđuju da odgovarajuće definiranje i skladištenje rezervnih dijelova doprinosi kontroli i smanjenju operativnih troškova i troškova održavanja [12]. Na primjer, većina ispitanika navodi da je osoblje zaduženo za održavanje prisiljeno naručivati manje količine rezervnih dijelova za obavljanje poslova održavanja ako nije organizirano odgovarajuće skladištenje takvih dijelova. Naravno, kada se naručuju manje količine dijelova, obično je i cijena veća. Zbog toga dolazi do varijance troškova održavanja. Ispitanici osim toga navode da u slučaju dostatne zalihe rezervnih dijelova ne moraju hitno nabavljati nove, jer su takve hitne narudžbe uvijek skuplje.

Uz to, analize potvrđuju da kvaliteta rezervnih dijelova i materijala također bitno utječe na učinkovitost radnji održavanja [13]. Rezultati naime pokazuju da postoji značajna veza između kvalitete rezervnih dijelova i varijance troškova održavanja (tablica 1.). To potvrđuje da prikladna kvaliteta rezervnih dijelova i materijala doprinosi optimalizaciji troškova održavanja [26]. Ispitanici koji su anketirani usmeno također navode da kvalitetni rezervni dijelovi duže traju pa se tako kvarovi i potreba za održavanjem svode na minimum. S druge strane, loša kvaliteta rezervnih dijelova i materijala često dovodi do oštećenja i neočekivanih kvarova na sustavima zgrada. To rezultira dodatnim popravcima i zamjenama dijelova. Troškovi održavanja se povećavaju i javlja se varijanca troškova održavanja.

Dužina unaprijed određenog intervala održavanja također je važan aspekt koji se i te kako treba uzeti u obzir u planiranom održavanju. Dužina intervala održavanja značajno se povezuje s varijancom troškova održavanja (tablica 1.). Rezultati korelacijske analize potvrđuju da kašnjenje ili neizvršenje radova održavanja može dovesti do dodatnog oštećenja ili kvarova komponenata u sustavu koji se održava [14]. U takvim su slučajevima potrebni dodatni popravci i zamjene dijelova da bi sustav ponovno postao funkcionalan. Stoga je vrlo važno pravilno definirati vremenske razmake održavanja jer u suprotnom često dolazi do prekoračenja troškova održavanja [27]. Ispitanici u tom smislu smatraju da se planiranje intervala održavanja treba bazirati na prioritetu usluga i utjecaju na zdravlje ljudi.

Osim toga, i vrijeme zastoja treba se na odgovarajući način planirati da bi se održala ili poboljšala učinkovitost u području održavanja. Zastoji zbog kvarova i održavanja u značajnoj su vezi s varijancom troškova održavanja (tablica 1.). Potvrđeno je da zastoji mogu uzrokovati velike troškove [2]. Uz to, većina ispitanika potvrdila je da dugotrajni zastoji zbog kvarova ili održavanja mogu negativno utjecati na produktivnost osoba zaposlenih u zgradi. U stvari, troškovi održavanja mogu prilično varirati ovisno o učestalosti takvih zastoja. Stoga treba obratiti veliku pozornost na vrijeme zastoja zbog poslova održavanja kako bi se izbjegli nepotrebni troškovi. Glavni je cilj u ovom segmentu ostvariti što manje vrijeme zastoja uvjetovanih kvarovima i poslovima održavanja.

Tablica 2. Provjera pretpostavki baziranih na modelu 1 (metoda Enter)

Varijabla	Tolerancija kolinearnosti (> 0.1)	Inflacijski faktor varijance (< 10)
Kvalificiranost i znanje radnika	0,489	2,047
Razina opskrbljenosti rezervnim dijelovima i materijalima	0,808	1,238
Kvaliteta rezervnih dijelova i materijala	0,500	2,002
Dužina unaprijed određenog intervala održavanja	0,672	1,489
Vrijeme zastoja zbog održavanja i kvara	0,785	1,274

Tablica 3. Provjera pretpostavki baziranih na modelu 2 (metoda stupanjske regresije)

Varijabla	Tolerancija kolinearnosti (> 0.1)	Inflacijski faktor varijance (< 10)
Kvalificiranost i znanje radnika	0,541	1,848
Kvaliteta rezervnih dijelova i materijala	0,537	1,861
Dužina unaprijed određenog intervala održavanja	0,675	1,481

6.2. Model za predviđanje troškova održavanja

Kako je utvrđeno da je pet karakteristika značajno povezano s troškovima, prediktori varijance troškova za održavanje (eng. *maintenance expenditure variance* - MEV) su: kvalificiranost i znanje radnika (eng. *skill and knowledge of labour* - SKL), razina opskrbljenosti rezervnim dijelovima i materijalima (eng. *level of spare part and material stock* - LSP), kvaliteta rezervnih dijelova i materijala (eng. *quality of spare parts and materials* - QSP), dužina unaprijed određenih intervala održavanja (eng. *length of predetermined maintenance interval* - LMI), te vrijeme zastoja zbog održavanja i kvarova (eng. *amount of maintenance and failure downtime* - AMD). Za ovo je istraživanje regresijski model definiran kako slijedi:

Model 1 (metoda Enter)

MEV = 7.704 – 0.380 SKL – 0.144 LSP – 0.361 QSP – 0.317 LMI – 0.085 AMD

Koeficijent višestruke regresije, R^2 = 0.540 (54,0 %).

Međutim, rezultati analiza su pokazali da dva prediktora nisu značajna jer im vrijednost p iznosi više od 0.05. Zbog toga je izražen drugi regresijski model iz kojeg su izbačeni prediktori koji nisu značajni:

Model 2 (metoda stupanjske regresije)

MEV = 7.286 – 0.423 SKL – 0.400 QSP – 0.324 LMI

Koeficijent višestruke regresije, R^2 = 0.532 (53,2 %).

Da bi se provjerila pouzdanost regresijskih modela, obavljena je i kontrola njihove valjanosti. Podaci prikazani u tablicama 2. i 3. pokazuju da problemi multikolinearnosti nisu uzeti u obzir za modele 1 i 2. Stoga vrijednost tolerancije ne bi smjela biti manja od 0,1, a inflacijski faktor varijance VIF ne bi smio biti veći od 10 [24].

Tri karakteristike su u modelu 2 usvojene kao značajni prediktori varijance troškova održavanja. Te karakteristike su: kvalificiranost i znanje radnika, kvaliteta rezervnih dijelova i materijala, te dužina unaprijed određenog intervala održavanja. U stvari, ta tri značajna prediktora omogućuju predviđanje 53,2 posto varijacija troškova održavanja. Stoga se te karakteristike svakako trebaju uzeti u obzir kod planiranja i provođenja programa održavanja. Ako se dovoljno usredotoči na te karakteristike, velika je vjerojatnost da će troškovi održavanja biti primjereniji.

7. Zaključak

U ovom se radu naglašava važnost planiranja i provođenja odgovarajuće strategije održavanja da bi se postigla odgovarajuća poboljšanja u sferi održavanja. Analiza relevantnih podataka iz literature pokazuje da troškovi izravno ovise o karakteristikama planiranog održavanja. Stoga je izuzetno važno pravilno razumijevanje utjecaja karakteristika na proces održavanja, od planiranja do provedbe. Prema podacima iz literature, za učinkovito održavanje je dominantno i bitno šest karakteristika. Utvrđeno je da je od tih šest karakteristika njih pet značajno povezano s varijancom troškova održavanja. To su kvalificiranost i znanje radnika, razina opskrbljenosti rezervnim dijelovima i materijalima, kvaliteta rezervnih dijelova i materijala, dužina unaprijed određenog intervala održavanja, te vrijeme zastoja zbog održavanja i kvarova. Osim toga, izrađena su i dva prognostička modela pomoću računalnog programa SPSS. Utvrđeno je da dvije od varijabli prikazanih u modelu 1 nisu značajni prediktori. Stoga je izrađen drugi model koji se bazira na metodi stupanjske regresije. Na kraju su pomoću programa SPSS odabrane samo tri neovisne varijable u modelu

2, koji se pokazao značajnijim od modela 1. Značajni prediktori bili su: kvalificiranost i znanje radnika, kvaliteta rezervnih dijelova i materijala, te duljina unaprijed određenog intervala održavanja. Cilj ovog rada jest pružanje praktične pomoći upraviteljima u razmatranju bitnih karakteristika u okviru planiranja i primjene planiranih poslova održavanja, s naglaskom na optimalno upravljanje troškovima.

Zahvala

Autori iskazuju svoju zahvalnost za financijsku podršku Fonda za dodjelu istraživačkih potpora Malajskog sveučilišta, potpora br. RP007A/13SUS, koji je ustanovljen u okviru Udruge za održiva znanstvena istraživanja Malajskog sveučilišta.

LITERATURA

[1] Seeley, I. H.: *Building Maintenance.* Palgrave, New York, 1987.

[2] Chareonsuk, C., Nagarur, N., Tabycanon, M. T.: A Multicriteria Approach to the Selection of Preventive Maintenance Intervals. *International Journal of Production Economics*, 49 (1997), pp. 55-64.

[3] Horner, R.M., El-Haram, M.A., Munns, A.: Building Maintenance Strategy: A New Management Approach. *International Journal of Quality in Maintenance*, 3 (1997) 4, pp. 273-280.

[4] DBKL *Jawatankuasa Perancang Bandar 1986.* Dewan Bandaraya Kuala Lumpur, City, 1986.

[5] Zawawi, E.M.A., Kamaruzzaman, S.N.: Personnel Characteristics of Maintenance Practice: A Case of High-Rise Office Buildings in Malaysia. *Journal of Sustainable Development*, 2 (2009) 1, pp. 111-116.

[6] Myeda, N.E., Kamaruzzaman, S.N., Pitt, M.: Measuring the Performance of Office Buildings Maintenance Management in Malaysia. *Journal of Facilities Management*, 9 (2011) 3, pp. 181-199.

[7] Halim, T., Muthusamy, K., Chia, S.Y., Lam, S.W.: A Systems Approach in the Evaluation and Comparison of Engineering Services Applied in Facilities Management. *Facilities*, 29 (2011) 3/4, pp. 114-132.

[8] Flores-Colen, I., De Brito, J.: A Systematic Approach for Maintenance Budgeting of Buildings Facades Based on Predictive and Preventive Strategies. *Construction and Building Materials*, 24 (2010), pp. 1718-1729.

[9] Nilsson, J.: Reliability and Cost Centered Maintenance Methods: Nuclear Power and Reliability Centered Maintenance (RCM). *Maintenance Management in Power Systems* (2007).

[10] Hameed, Z., Ahn, S.H., Cho, Y.M.: Practical Aspects of a Condition Monitoring System for a Wind Turbine with Emphasis on its Design, System Architecture, Testing and Installation. *Renewable Energy,* 35 (2010), pp. 879-894.

[11] Groote, P.D.: Maintenance Performance Analysis: A Practical Approach. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1 (1995) 2, pp. 4-24.

[12] Tsang, A.H.C.: Condition-Based Maintenance: Tools and Decision Making *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1 (1995) 3, pp. 3-17.

[13] Ali, A.S., Kamaruzzaman, S.N., Sulaiman, R., Au Yong, C.P.: Factors Affecting Housing Maintenance Cost in Malaysia. *Journal of Facilities Management,* 8 (2010) 4, pp. 285-298.

[14] Narayan, V.: *Effective Maintenance Management: Risk and Reliability Strategies for Optimizing Performance*. Industrial Press Inc, New York, 2003.

[15] Yang, S.K.: A Condition-Based Preventive Maintenance Arrangement for Thermal Power Plants. *Electric Power Systems Research*, 72 (2004), pp. 49-62.

[16] Zuashkiani, A., Rahmandad, H., Jardine, A.K.S.: Mapping the Dynamics of Overall Equipment Effectiveness to Enhance Asset Management Practices. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17 (2011) 1, pp. 74-92.

[17] Amaratunga, D., Baldry, D.: Moving from Performance Measurement to Performance Management. *Facilities*, 20 (2002) 5/6, pp. 217-223.

[18] Johnson, J.: "Choas: The Dollar Drain of IT Project Failures", *Application Development Trend*, 2 (1995), pp. 41-47.

[19] Sidwell, A.C.: Project Management: Dynamics and Performance. *Journal of Construction Management and Economics,* 8 (1990), pp. 159-178.

[20] Ali, A.S.: Cost Decision Making in Building Maintenance Practice in Malaysia. *Journal of Facilities Management*, 7 (2009) 4, pp. 298-306.

[21] Leech, N.L., Barrett, K.C., Morgan, G.A.: *IBM SPSS for Intermediate Statistics: Use and Interpretation*. Taylor and Francis Group, LLC, New York, 2011.

[22] Diamond, I., Jefferies, J.: *Beginning Statistics: An Introduction for Social Scientists.* SAGE Publications Ltd, London, 2006.

[23] Gray, C.D., Kinnear, P.R.: *IBM SPSS Statistics 19 Made Simple*. Pyschology Press, East Sussex, 2012.

[24] Saunders, M., Lewis, P., Thornhill, A.: *Research Methods for Business Students.* Pearson Education Limited, Essex, 2009.

[25] Graziano, A.M., Raulin, M.L.: *Research Methods: A Process of Inquiry.* Pearson Education Inc, Boston, 2010.

[26] De Silva, N., Ranasinghe, M.: Maintainability Risks of Condominiums in Sri Lanka. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 15 (2010) 1, pp. 41-60.

[27] Moghaddam, K.S., Usher, J.S.: Optimal Preventive Maintenance and Replacement Schedules with Variable Improvement Factor. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 16 (2010) 3, pp. 271-287.