

افزایش کارایی در بیمارستان‌ها: یک مطالعه در مورد تاثیر کویل

Round-Around و مبدل حرارتی لوله گرمایی روی HVAC

احسان بیات^۱

مهدی کفایتی ملک آباد^۲

چکیده:

یکی از چالش‌های جهان امروز بحث تولید، مصرف و صرفه‌جویی انرژی است و با نگاهی به آمار مصرف انرژی در ایران و مقایسه با سایر کشورهای جهان مشاهده می‌شود بیمارستان‌ها یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان انرژی در ایران هستند بنابراین صرفه‌جویی در آن‌ها باید در اولویت قرار گیرد. هدف اصلی این تحقیق، مطالعه کامل بروی تاثیر روش‌های کویل Round-Around، مبدل حرارتی لوله گرمایی و پمپ حرارتی با کویل Round-Around در افزایش کارایی HVAC بیمارستان‌ها است.

مقدار صرفه‌جویی در اثر استفاده از کویل Round-Around و پمپ حرارتی با کویل Round-Around به ترتیب ۳۹٪، ۶۵٪ می‌شود. همچنین مقدار بازیابی حرارتی مبدل حرارتی لوله گرمایی 1404 kJ/h می‌شود. بنابراین روش‌های فوق موجب کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش هزینه‌ها می‌شود.

کلمات کلیدی: صرفه‌جویی انرژی، بیمارستان، بازیابی حرارتی، HVAC

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز

^۲ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه بیرجند

۱ - مقدمه:

انرژی یکی از فاکتورهای مهم در توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع است و با توجه به اینکه مصرف انرژی در ایران به طور فوق العاده‌ای بالاتر از استانداردهای بین‌المللی است (حدود ۲/۵ درصد مصرف انرژی در کل جهان)، بنابراین توجه به راهکارهای کاهش انرژی حیاتی به نظر می‌رسد. علاوه بر مصرف بالای انرژی در ایران استفاده از سوخت‌های فسیلی و استفاده کم از سوخت‌های تجدیدپذیر در مقایسه با کشورهای اروپایی (جدول ۱)، معضلات زیست محیطی زیادی را در کشور ایجاد کرده است که نیازمند بازنگری جدی است [۱]. با توجه به اینکه بیمارستان‌ها به عنوان یک ساختمان با مصرف انرژی بالا شناخته می‌شوند ضرورت صرفه‌جویی در آن‌ها در اولویت قرار دارد. عمده انرژی بیمارستان‌ها در سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مصرف می‌شود و تقریباً ۶۰ درصد هزینه‌های انرژی بیمارستان صرف این سیستم‌ها می‌شود [۲].

جدول ۱: مقایسه منبع انرژی در ایران و اروپا

منبع انرژی	تولید انرژی در ایران بر حسب میلیارد کیلووات ساعت	تولید انرژی در ایران بر حسب درصد	تولید انرژی در اروپا بر حسب درصد
سوخت‌های فسیلی	۵۳۱/۶۱	۸۳/۲	۴۸/۹
انرژی هسته‌ای	۸/۳۱	۱/۳	۷/۲
انرژی آب	۸۸/۸۱	۱۳/۹	۲۳/۴
انرژی‌های تجدیدپذیر	۱/۲۸	۰/۲	۱۶/۲
سایر انرژی‌ها	۸/۹۵	۱/۴	۳/۴
مجموع	۶۳۸/۹۵	۱۰۰	۱۰۰

تعدادی از مقالات که صرفه‌جویی انرژی در بیمارستان‌ها را بررسی کردند در زیر آمده است.

ریاحی و همکاران شاخص‌های تخت بیمارستانی با مصرف برق را در بیمارستان‌های همدان مطالعه کردند و به این نتیجه دست یافتند که میانگین مصرف برق به ازای هر روزتخت اشغالی برابر ۲۴/۵ کیلووات‌ساعت است [۳].

کاووسی و همکاران میزان مصرف انرژی با شاخص‌های عملکردی در بیمارستان‌های شیراز را بررسی کردند و میزان مصرف گاز، برق و آب را به ازای تخت روز اشغالی به ترتیب ۱/۵۶ مترمکعب، ۲/۷۸ کیلووات‌ساعت و ۰/۰۹ مترمکعب به دست آوردند [۴]. تک و همکاران راهکارهایی برای حذف سوخت‌های فسیلی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه کردند [۵]. بونما و همکاران در مقاله‌ای به نام راهنمای طراحی بیمارستان‌های کوچک، راهکارهایی برای کاهش ۳۰ درصدی انرژی مصرفی در بیمارستان ارائه کردند [۶]. کامنی و همکاران اثر تغییر اقلیم بر روی گرمایش و سرمایش را در بیمارستان‌ها در سه دوره زمانی در شش جزیره در اقیانوس هند را مطالعه کرده‌اند [۷].

کاپور و همکاران نشان داده‌اند سیستم‌های HVAC بیشترین مصرف انرژی را در مقایسه با سیستم‌های روشنایی در بیمارستان‌ها دارند (به ترتیب ۳۰-۶۵٪ و ۳۰-۴۰٪) [۸]. تینات و همکاران مصرف انرژی را در ۲۰۰ بیمارستان بررسی کردند، آن‌ها در تحقیق خود مصرف انرژی واقعی را با مصرف انرژی به دست آمده از معادلات مقایسه کردند [۹].

جائو و همکاران راهکارهایی برای کاهش مصرف انرژی در یک بیمارستان چین ارائه کردند [۱۰]. سساری و همکاران نقش اندازه پنجره و زوار نگهدارنده شیشه را در صرفه‌جویی انرژی در اتاق‌های بیماران بیمارستان بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که پنجره بزرگ‌تر با زوار مناسب می‌تواند مصرف انرژی را کاهش دهد [۱۱]. گونزالس و همکاران در مقاله خود رابطه بین مصرف انرژی و شرایط اقلیمی، تولید ناخالص ملی، مساحت ساختمان، تعداد تخت فعال و تعداد پرسنل را در ۲۰ بیمارستان در اسپانیا بررسی کردند [۱۲].

میانگین مصرف آب در بیمارستان‌های ایران بسیار متغیر است حدوداً ۰/۶۳ تا ۱/۶۲ متر مکعب به ازای هر تخت روز است. دلیل متغیر بودن این فاصله به دقت نبودن روش‌های اندازه‌گیری در ایران و نبودن الگوی مصرف مناسب بین

مصرف کنندگان بر می گردد. میانگین مصرف آب به ازای هر تخت روز در اروپا و آمریکا به ترتیب $0/3$ و $0/55$ - $0/3$ مترمکعب است. میانگین مصرف برق در بیمارستان‌های ایران به ازای هر تخت روز حدوداً $24/5$ تا $69/5$ کیلووات ساعت است، در حالی که متوسط جهانی 3 تا 5 کیلووات ساعت است. همچنین میانگین مصرف گاز به ازای هر تخت روز برابر $8/18$ تا $19/5$ متر مکعب است [۴].

اعداد بالا تفاوت فاحش مصرف انرژی را در ایران نسبت به جهان نشان می دهد. بنابراین مصرف انرژی در کشورمان نیازمند بازنگری است که این بازنگری می تواند هم در شیوه مصرف و هم در استفاده از سیستم‌های و روش‌های جدید اتفاق بیافتد. که ما در این مقاله قصد بررسی روش‌های جدید در تاسیسات مکانیکی را داریم.

۳- روش پژوهش و نتایج

برای صرفه‌جویی در تاسیسات مکانیکی می توان روش‌های زیر را به کار برد:

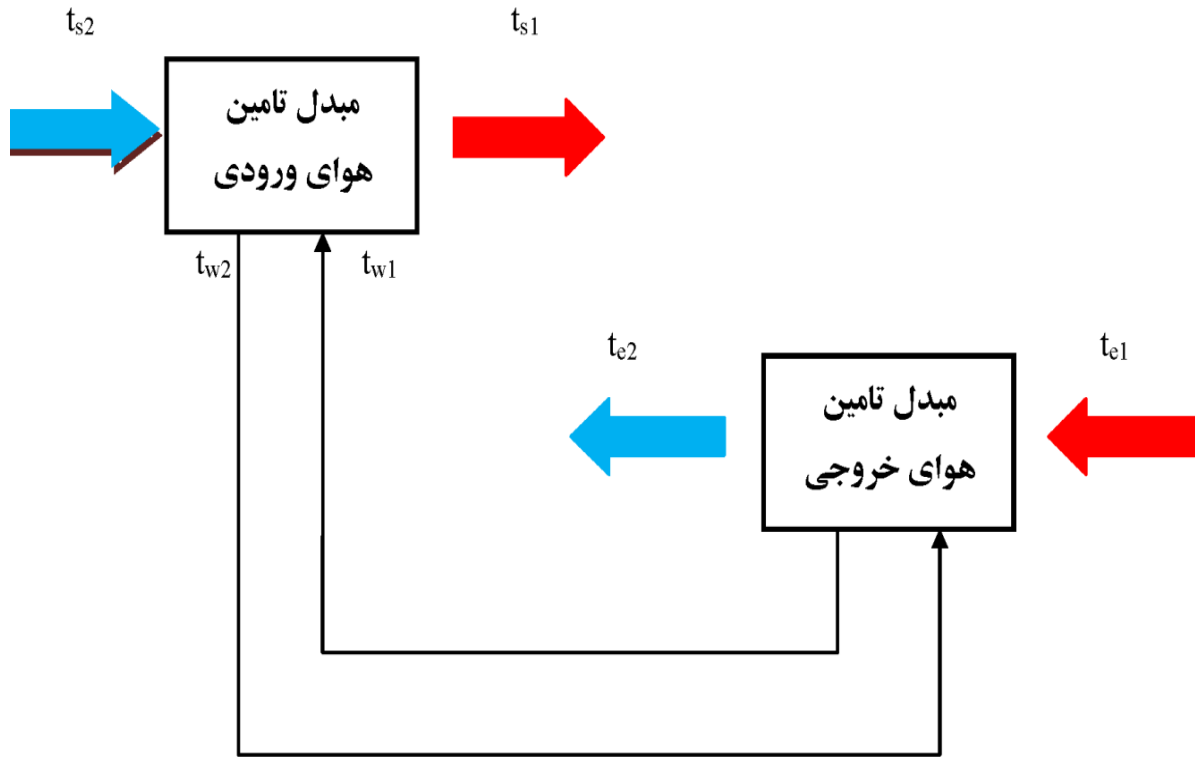
۱- کویل Round-Around

در این سیستم دو کویل در کانال قرار می گیرند و به همراه پمپ و منبع انبساط یک سیکل بسته را تشکیل می دهند. وظیفه اصلی این کویل انتقال حرارت مسیر اگراست به مسیر هوای اصلی از طریق آب و بوسیله سیستم لوله کشی می باشد (شکل ۱).

در زیر مقدار صرفه‌جویی توسط این کویل را برای یک بیمارستان در صورت استفاده از این روش محاسبه می کنیم.

جدول ۲: مشخصات بیمارستان

بیمارستان در شهر تهران واقع شده است		
دمای طرح خارج در زمستان طبق نشریه ۲۷۱: ۲۰C	$UA_{\text{مبدل}} = 4 \text{ kW/k}$	$C_{\text{آب}} = 4/18 \text{ kJ/kgk}$
دمای طرح داخل در زمستان طبق مبحث ۱۹: ۵/۴C -	دبی هوای ورودی: 2 kg/s	$C_{\text{مرا}} = 4/18 \text{ kJ/kgk}$



شکل ۱: تصویر کویل Round-Around

معادله حرارت را برای سه حالت بالا می نویسیم

$$\frac{\dot{Q}}{(\dot{m}c)_s} = \frac{\dot{Q}}{(\dot{m}c)_e} = \frac{\dot{Q}}{(\dot{m}c)_w} = (t_{s1} - t_{s2}) = (t_{e1} - t_{e2}) = (t_{w1} - t_{w2}) \quad (3-1)$$

$$(\dot{m}c)_s = (\dot{m}c)_e = (\dot{m}c)_w \quad (3-2)$$

خواهیم داشت

$$(t_{e1} - t_{w1}) = (t_{e2} - t_{w2}); (t_{w1} - t_{s1}) = (t_{w2} - t_{s2}) \quad (3-3)$$

اگر دو مبدل شبیه هم باشند

$$(UA)_s = (UA)_e \rightarrow \frac{\dot{Q}}{(t_{e1} - t_{w1})} = \frac{\dot{Q}}{(t_{w1} - t_{s1})} \rightarrow t_{w1} = \frac{t_{s1} + t_{e1}}{2} \quad (3-4)$$

$$(UA)_s = (UA)_e \rightarrow \frac{\dot{Q}}{(t_{e2} - t_{w2})} = \frac{\dot{Q}}{(t_{w2} - t_{s2})} \rightarrow t_{w2} = \frac{t_{s2} + t_{e2}}{2} \quad (3-5)$$

$$\dot{Q} = (UA)_e(t_{e1} - t_{w1}) = (UA)_s(t_{w1} - t_{s1}) = \frac{(UA)_e(t_{e1} - t_{s1})}{2} \quad (3-6)$$

$$t_{s1} = t_{s2} + \frac{\dot{Q}}{(\dot{m}c)_s} \quad (3-7)$$

بنابراین حرارت بازیابی شده و درصد صرفه جویی برابر

$$\dot{Q} = \frac{(UA)_e(t_{e1} - t_{s2})}{2 + \frac{(UA)_e}{(\dot{m}c)_s}} \quad (3-8)$$

$$\% \text{Saving} = \frac{(\dot{m}c)_s(t_{s1} - t_{s2})}{(\dot{m}c)_s(t_a - t_{s2})} \quad (3-9)$$

در فرمول فوق t_a دمای اتاق است.

برای بیمارستان فوق داریم

$$(\dot{m}c)_s = 2(1.005) = 2.01 \text{ kW/k}$$

$$\dot{Q} = \frac{(UA)_e(t_{e1} - t_{s2})}{2 + \frac{(UA)_e}{(\dot{m}c)_s}} = \frac{4(15 - (-4.5))}{2 + \frac{2.25}{2.01}} = 19.55 \text{ W}$$

$$t_{s1} = t_{s2} + \frac{\dot{Q}}{(\dot{m}c)_s} = -4.5 + \frac{19.55}{2.01} = 5.22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\% \text{Saving} = \frac{(\dot{m}c)_s(t_{s1} - t_{s2})}{(\dot{m}c)_s(t_a - t_{s2})} = \frac{(15 - (-4.5))}{(20 - (-4.5))} = 39.7\%$$

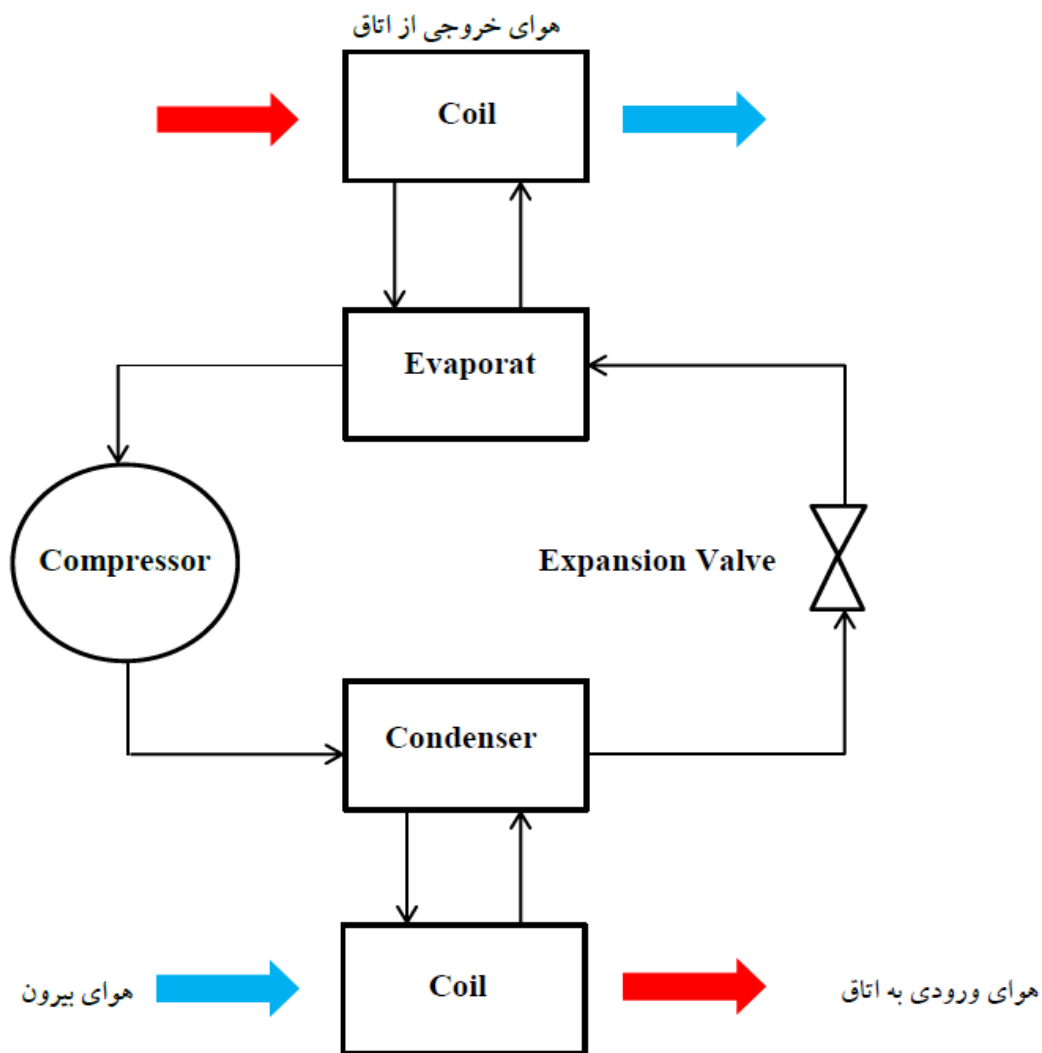
بنابراین مقدار صرفه جویی در اثر استفاده از این کویل در این بیمارستان حدوداً ۳۹/۹٪ می شود.

۲- پمپ حرارتی با کویل Round-Around

در شکل شماره ۲ این سیستم نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود در این سیستم از گرمای هوای

خروجی در اوپراتور استفاده می کنند. والین و همکاران بررسی کردند این سیستم حدود ۶۵٪ بازیابی حرارتی دارد

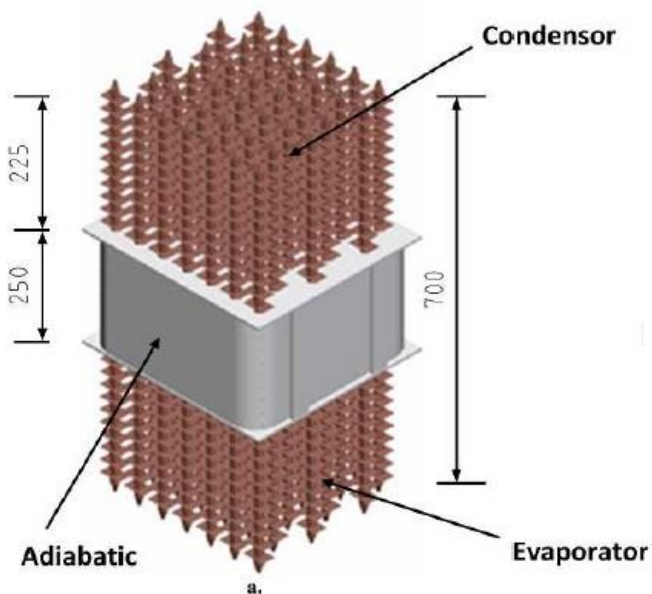
[۱۳].



شکل ۲: تصویر پمپ حرارتی با کویل Round-Around

۳- مبدل حرارتی لوله گرمایی (HPHE)

این روش پتانسیل اعمال در سیستم‌های HVAC بیمارستان‌ها مخصوصاً اتاق‌های عمل را دارد و در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. در این روش هوا قبل از عبور از روی کویل اصلی توسط اوپراتور این مبدل پیش خنک می‌شود. پوترا و همکاران [۱۴] بازیابی حرارتی در اوپراتور مبدل حرارتی را براساس سرعت هوا، دمای ورودی به اوپراتور و تعداد ردیف‌های تیوب محاسبه کرده است. این نتایج در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳: تصویر مبدل حرارتی لوله گرمایی [۱۴]

همان طور که مشاهده می‌کنیم بیشترین بازیابی حرارتی در مبدل ۶ ردیفه با دمای ورودی ۴۵ درجه سانتیگراد مقدار 1404 kJ/h به دست می‌آید. اگر دستگاه ۸ ساعت در طول روز کار کند کاهش انرژی در سیستم HVAC این بیمارستان در طول سال برابر $4/1 \text{ GJ/h}$ می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی شده است مبحث صرفه‌جویی انرژی و استفاده از تجهیزات مناسب آن بررسی شود. پس از جمع‌بندی و مقایسه انجام شده بین سیستم‌ها که در مقاله ارائه گردید می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- در کویل Round-Around حدود $19/5$ وات بازیابی حرارتی وجود دارد که در مقایسه با HPHE که 390 وات بازیابی دارد خیلی کمتر است (حدود 20 برابر).
- بازیابی حرارتی سیستم پمپ حرارتی با کویل Round-Around نسبت به سیستم کویل Round-Around به ترتیب 65% و $39/9\%$ است.

- بین سه روش فوق بالاترین کارایی متعلق به سیستم HPHE است و پایین ترین کارایی مربوط به روش کویل Round-Around است.

- این مطالعه محدود نشان می دهد که می توان از مبدل حرارتی لوله گرمایی و پمپ حرارتی با کویل Round-Around در پروژه های درمانی استفاده کرد. البته طراحی و انتخاب سیستم مناسب هر فضا نیاز به مطالعه و مهارت کافی دارد.

6 row	Temperature (°C)	Heat Recovery (kJ/h)		
		Air Velocity (m/s)		
		1	1.5	2
		30	554,77	654,92
35	745,64	816,86	963,64	
40	920,18	997,91	1179,16	
45	1076,23	1188,20	1404,29	
4 row	Temperature (°C)	Heat Recovery (kJ/h)		
		Air Velocity (m/s)		
		1	1.5	2
		30	406,36	356,21
35	529,87	489,19	536,09	
40	634,87	598,25	656,35	
45	749,83	702,96	756,49	
2 row	Temperature (°C)	Heat Recovery (kJ/h)		
		Air Velocity (m/s)		
		1	1.5	2
		30	239,53	204,72
35	320,76	280,97	301,74	
40	391,10	359,16	380,51	
45	445,34	440,60	456,59	

شکل ۴: نتایج حاصل از مبدل حرارتی لوله گرمایی [۱۴]

- 1- worlddata (2014), www.worlddata.info/asia/iran/energy-consumption.php
- 2- N Setiadi, D Putra, T Anggoro, A Winarta, Experimental study of heat pipe heat exchanger in hospital HVAC system for energy conservation, (2017), international journal on advanced science engineering and information technology.
- 3- L Riahi, K Hajinabi, V Aghamohammadi, The relation of hospital bed indicators with electricity consumption rate in Hamedan University of Medical Science Hospitals, (2011), Journal of Healthcare Management. [Persian]
- 4- Z Kavosi, F Derakhshan, E Siavashi, The relationship between energy consumption and hospital functional indicators in teaching hospitals of Shiraz University of Medical Sciences: 2009-2011, (2017), Manage Strat Health Syst. [Persian]
- 5- A Teke, O Timur, Overview of energy savings and efficiency strategies at the hospitals, (2014), World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Economics and Management Engineering.
- 6- A Buonomano, F Calise, G Ferruzzi, A Palombo, Dynamic energy performance analysis: case study for energy efficiency retrofits of hospital buildings, (2014), Journal of Energy.
- 7- M Kameni , A Yvon, O Kalameu, S Asadi, R Choudhary, S Reiter, Impact of climate change on demands for heating and cooling energy in hospitals. An in-depth case study of six islands located in the Indian Ocean region, (2018), Journal of Sustainable Cities and Society.
- 8- R Kapoor, S Kumar, Energy efficiency in hospitals best practice guide, (2011), New Delhi, India: USAID, ECO-III project, International Resource Group.
- 9- N Thinatea, W Wongsapaib, D Damrongsaka, Energy performance study in Thailand hospital building, (2017), Energy Procedia December.
- 10- Z Gaoa, Y Lia, Y Ninga, The survey and analysis on the energy consumption of hospital buildings in Shandong province, (2017), Procedia Engineering.
- 11- S Cesari, P vadiserri, M Coccagna, S Mazzacane, energy savings in hospital patient rooms: the role of windows size and glazing properties, (2018), 73rd conference of the Italian thermal machines engineering association.
- 12- AG González1, JGS Calcedo, DR Salgado, A quantitative analysis of final energy consumption in hospitals in Spain, (2017), Sustainable Cities and Society.

- 13- J Wallin, H Madani, J Claesson, Run-around coil ventilation heat recovery system: A comparative study between different system configurations, (2011), Journal of Applied Energy.
- 14- N putra, T Anggoro, A winarta, experimental studies heat pipe heat exchanger in hospital hvac system for energy conservation, (2017), International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology.