

راه‌آورد خن‌آه‌ا‌ا‌ا

ره آورد پیشرفته‌ترین فناوری‌های روز در صنعت ساختمان و تاسیسات

نماینده انحصاری توزیع و خدمات مهندسی
پلاسما شیلد استرالیا در ایران

 **PlasmaShield.**

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه
مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳	۱. شرکت ره‌آورد فن‌آوری
۴	۲. استاندارد کنترل آئروسول‌های عفونی
۶	۳. معرفی دستگاه پلاسماشیلد و فناوری اختصاصی بایو-هپا (bio-HEPA)
۷	۴. بررسی ریسک‌های آلودگی هوا در بیمارستان و اتاق عمل
۱۱	۵. کنترل عفونت با استفاده از دستگاه تصفیه و ضدعفونی (Air Purification & Treatment System) پلاسماشیلد
۱۳	۶. کاهش مصرف انرژی و ظرفیت سیستم تهویه مطبوع
۳۵	۷. خلاصه مقایسه‌ای ظرفیت‌ها و هزینه‌های اجرای زیر ساخت و تولید انرژی
۳۸	۸. جدول مشخصات فنی و جزئیات نصب
۴۲	۹. منابع

۱. شرکت ره آورد فن آوری

مجموعه شرکت‌های ره آورد فن آوری پس از دو دهه حضور در عرصه صنعت تاسیسات و ساختمان با رویکرد استفاده از فناوری های نوین همواره در حال ارائه خدمات به فعالین این بخش می‌باشد. در این دوران تمرکز ما بر شناخت نیاز پروژه‌ها و ارائه خدمات مهندسی، تامین کالا و تجهیزات برای آن‌ها بوده است. با تکیه بر دانش مهندسی نیروی انسانی ماهر و شناخت اجزای تشکیل دهنده ساختمان و با تاکید بر بخش تاسیسات مکانیکی با حضور در صدها پروژه عمرانی به عنوان تامین کننده کالا و تجهیزات، طراح و مجری تخصصی در کنار کارفرمایان، مشاوران و پیمانکاران ارزشمند دیارمان بوده‌ایم. در آغاز راهبرد ما شناسایی و همکاری با برترین تولیدکنندگان و ارائه کنندگان مصالح و تجهیزات صنعت ساختمان که اقدام به تولید یا واردات این کالاها با آخرین فناوری‌های روز جهان در ایران کرده‌اند بوده و موجب افتخار همراهی با بخشی از بزرگان این صنعت در بیست سال گذشته شده است. این تنوع نقش آفرینی شامل پروژه های مختلفی در حوزه درمان، بیمارستانی، صنعت، عمران(انبوه سازی، خدماتی و تجاری، مسکونی) و... بوده است.

اکنون با هدف توسعه فعالیت‌های خود و تاکید بر راهبرد ره آورد پیشرفته ترین فناوری های روز در صنعت تاسیسات و ساختمان با اخذ نمایندگی انحصاری توزیع و خدمات مهندسی شرکت پلاسما شیلد استرالیا اقدام به ارائه آخرین دستاورد این شرکت در حوزه فیلتراسیون، تصفیه و ضدعفونی هوا (Air Purification & Treatment System) با استفاده از تکنولوژی بایو-هپا (bio-HEPA) نموده‌ایم و با شناخت نیاز امروز جامعه به هوای پاک و عاری از هر گونه آلاینده باکتری و ویروس و ایجاد محیطی امن برای ساکنین و بهره برداران؛ امیدواریم بتوانیم گامی موثر در این راه دشوار برداریم.



بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل



رویکرد خود را به فیلتراسیون
و تصفیه‌ی هوا تغییر دهید...

۲. استاندارد کنترل آئروسول‌های عفونی

این فناوری عملکردی بی‌مانند در فیلتراسیون، تصفیه و ضد عفونی هوا دارد و با ارتقا کیفیت هوای داخل، ایمنی و اطمینان را برای ساکنین و بهره‌برداران به همراه می‌آورد. پس از همه‌گیری بیماری مهلک کرونا (Covid-19) ضرورت توجه به مقوله کیفیت هوای داخل ساختمان‌ها جدی‌گشت و امروز شاهد آن هستیم که استاندارد اشری (ASHRAE) آمریکا به عنوان سرآمدترین استاندارد گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع هوا برای ساختمان‌ها اقدام به انتشار نخستین استاندارد برای کنترل عفونت ناشی از قطرات ریز تنفسی (Control of Infectious Aerosols /ASHRAE Standard ۲۴۱-۲۰۲۳) در مراکز درمانی، عمومی، تفریحی، تجاری، خدماتی، آموزشی، صنعتی و مسکونی نمود. هدف این استاندارد ایجاد حداقل الزامات برای کنترل آئروسول‌های عفونی به منظور کاهش خطر انتقال بیماری است. با در نظر گرفتن مبانی استاندارد ۲۴۱ اشری در ساختمان‌ها، بهره‌برداران و ساکنین ساختمان‌ها که در معرض عوامل بیماری‌زای تنفسی از جمله ویروس SARS-COV-۲ عامل COVID-۱۹، ویروس‌های آنفولانزا و سایر عوامل بیماری‌زا هستند، ریسک آلوده شدن به این عوامل کاهش می‌یابد. این مهم ضامن سلامت اشخاص بوده که می‌تواند ایجاد همه‌گیری بیماری‌های مهلک را کاهش دهد که آسیب‌های شخصی و اقتصادی قابل توجهی را وارد می‌کنند. در استاندارد جدید ۲۴۱ اشری می‌بینیم که به منظور کاهش عوامل بیماری‌زا و کاهش ریسک عفونت میزان هوای تازه به ازای هر فرد افزایش یافته. جدول ۱. میزان نیاز به هوای بیرون (هوای بیرون) به ازای هر فرد در کاربری‌های مختلف که از استاندارد ۲۴۱ اشری چاپ سال ۲۰۲۳ برداشت شده مشخص شده است. در این استاندارد ذکر شده

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

است که در صورت استفاده از دستگاه‌های تصفیه هوا می‌توان میزان استفاده از هوای تازه را بر مبنای راندمان عملکردی دستگاه تصفیه کاهش داد. با کاهش نیاز به هوای تازه سرمایه گذاری مرتبط با زیرساخت‌های تاسیساتی و سیستم‌های تهویه مطبوع را کاهش داده و همچنین موجب کاهش مصرف انرژی و هزینه‌های جاری می‌گردد. در استاندارد ۲۴۱ اشری ذکر شده است که به منظور تست میکروارگانیزم جهت تعیین اثربخشی و ایمنی سیستم تصفیه هوا، آزمایش باید با باکتریوفاژ بدون پوشش MS۲ (میزبان اشیریشیا کلی) انجام شود. در شکل ۴ و جدول ۳. مطالعات انجام شده بر روی این پاتوژن در دستگاه پلاسماشیلد که سبب تخریب و غیرفعال شدن آن می‌شود نشان داده شده است.

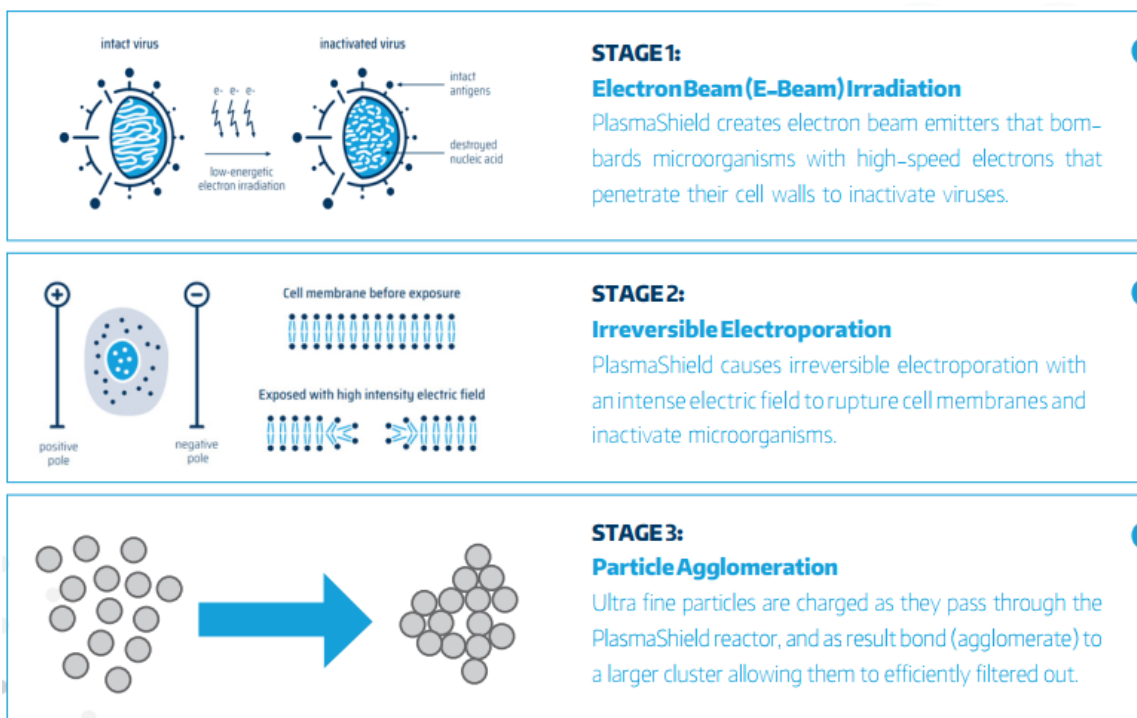
جدول ۱. حداقل هوای معادل از بیرون برای هر نفر برای کنترل نرخ عفونت در منطقه تنفسی

Occupancy Category	ECAi	
	cfm/person	L/s/person
Correctional Facilities		
Cell	30	15
Dayroom	40	20
Commercial/Retail		
Food and beverage facilities	60	30
Gym	80	40
Office	30	15
Retail	40	20
Transportation waiting	60	30
Educational Facilities		
Classroom	40	20
Lecture hall	50	25
Industrial		
Manufacturing	50	25
Sorting, packing, light assembly	20	10
Warehouse	20	10
Health Care		
Exam room	40	20
Group treatment area	70	35
Patient room	70	35
Resident room	50	25
Waiting room	90	45
Public Assembly/Sports and Entertainment		
Auditorium	50	25
Place of religious worship	50	25
Museum	60	30
Convention	60	30
Spectator area	50	25
Lobbies	50	25
Residential		
Common space	50	25
Dwelling unit	30	15

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

۳. معرفی دستگاه پلاسماشیلد و فناوری اختصاصی بایو-هپا (bioHEPA)

پلاسماشیلد دارای فناوری اختصاصی بایو-هپا (bio-HEPA Technology) به عنوان یک فیلتر زیستی واقعی که نه تنها ذرات معلق در هوا و ریزگردها را تصفیه بلکه میکروارگانیسم‌های از جمله قارچ‌ها، باکتری و ویروس‌ها موجود در هوا و قطرات ریزتنفسی (آئروسول) و آلاینده‌های گازی فرار (VOC) را هم تجزیه می‌نماید. فناوری اختصاصی بایو-هپا با ایجاد محیط پلازما (Non-Thermal) و استفاده از باریکه‌ی الکترون به عنوان شیوه‌ی غالب کار با عبور هوا از یک رآکتور چند مرحله‌ای هوایی پاک و عاری از هرگونه آلودگی را تولید می‌کند. در شکل ۱. مراحل تصفیه و ضدعفونی هوا در دستگاه پلاسماشیلد نمایش داده شده است. این فناوری شناخته شده و پر کاربرد در مراکز درمانی پیشرفته برای استریل ابزارهای جراحی به کار می‌رود که در پلاسماشیلد به شیوه موثر و خلاقانه در دستگاه تصفیه هوا به کار گرفته شده است. پلاسماشیلد مولکول‌های آب را تجزیه می‌کند، ویروس‌های موجود در آن‌ها را تخریب می‌سازد و با حذف بو و مواد آلی فرار (VOC)، یک دستگاه تصفیه و ضدعفونی موثر برای ذرات و قطرات معلق در اختیار مصرف کننده می‌گذارد.



شکل ۱. مراحل تصفیه و ضدعفونی هوا در دستگاه پلاسماشیلد

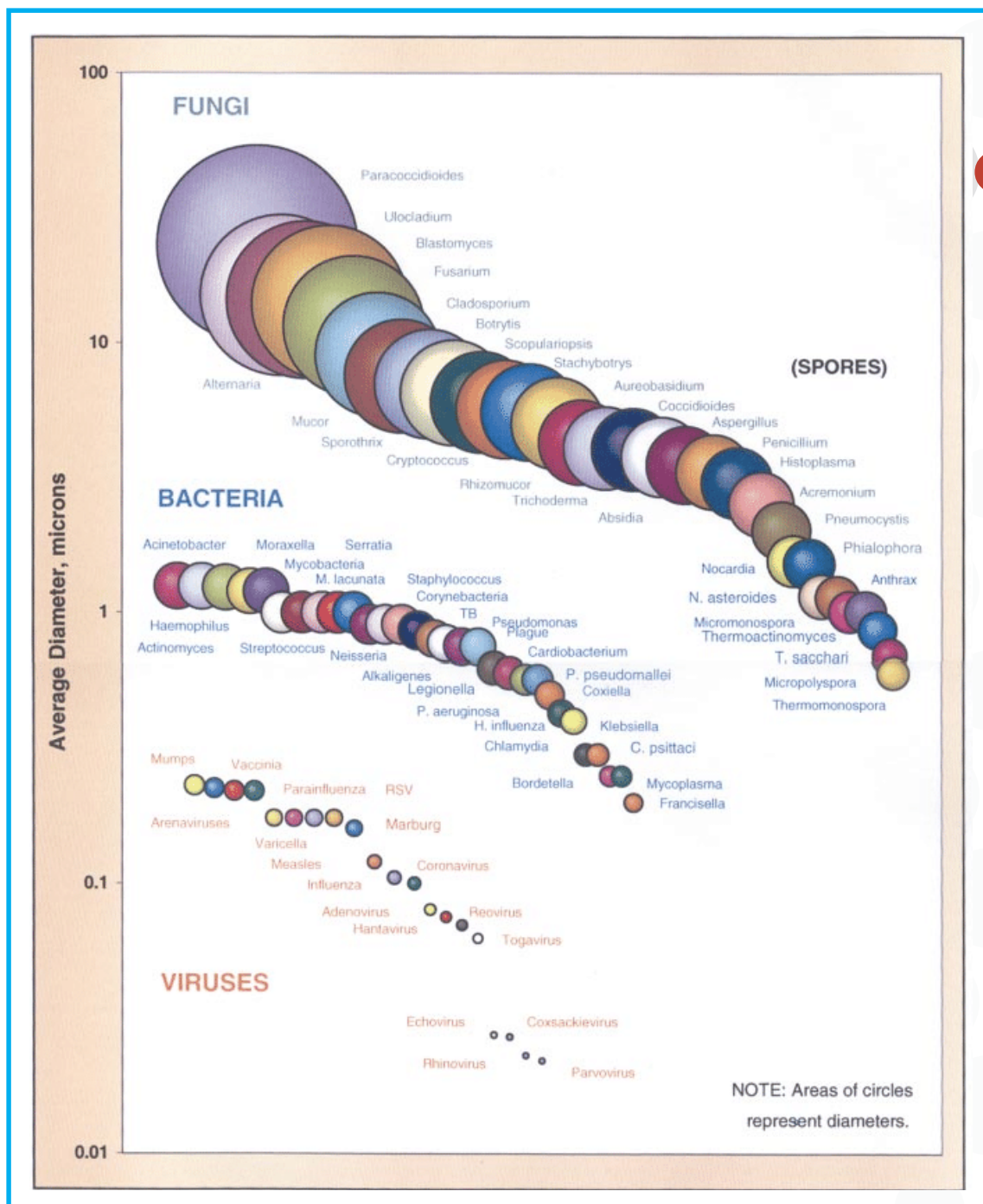
۴. بررسی ریسک‌های آلودگی هوا در بیمارستان و اتاق عمل

بیماره‌های تنفسی به سادگی انتقال یافته و یکی از شاخص‌های کنترل کیفیت هوای داخلی در محیط‌های درمانی می‌باشند. پاتوژن‌های تنفسی به سه گروه عمده طبقه‌بندی می‌شوند: ویروس‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها. در شکل ۲. مقایسه گرافیکی از پاتوژن‌های تنفسی موجود در هوا ارائه گشته و می‌توان هاگ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها را به خوبی مشاهده کرد. در جدول ۲. پاتوژن‌های تنفسی قابل انتقال و پاتوژن‌های اولیه تنفسی بیمارستانی دسته‌بندی شده است (ابعاد به صورت میانگین می‌باشند). جدول ۲. فقط پاتوژن‌های تنفسی را فهرست می‌کند، اگرچه پاتوژن‌های غیر تنفسی نیز می‌توانند در هوا باشند. برخی از عفونت‌های پوست یا چشم، عفونت‌های بیمارستانی زخم‌های باز و سوختگی و آلودگی تجهیزات پزشکی ممکن است از طریق هوا رخ دهد. در بخش‌های مراقبت‌های ویژه، تقریباً یک سوم عفونت‌های بیمارستانی تنفسی هستند، که عمده آنها از طریق هوا انتقال می‌یابند (HVAC Design Manual For Hospitals And Clinics Ashrae).

حفاظت از بیماران در برابر پاتوژن‌های بالقوه مستلزم کاهش آلاینده‌های میکروبی زیر سطح نرمال یا محیطی است. این امر معمولاً از طریق استفاده از اتاق‌های ایزوله با سیستم فیلتراسیون متداول و دستورالعمل‌های بهداشتی انجام می‌شود. همانطور که در شکل ۲. مشخص است، بیشتر ویروس‌ها در بازه کوچکتر از $0/3$ میکرومتر قرار دارند که حتی با استفاده از فیلترهای هپا نیز قابل فیلتراسیون کامل نمی‌باشند. میکروارگانیزم‌ها در فیلتر تخریب نمی‌شوند که این امر نیز خود سبب تجمع آلودگی در فیلتر می‌شوند که تعویض فیلتر برای تکنسین‌ها، آن‌ها را با خطراتی مواجه می‌کند. در نتیجه استفاده از روش‌های تصفیه و ضدعفونی هوای جدیدتر مانند استفاده از تکنولوژی بایو-هپا (bio-HEPA) به منظور ارتقا کیفیت هوای داخل و حفظ سلامت بیماران و کادر درمان مورد نیاز و لزوم می‌باشد.



بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل



شکل ۲. اندازه نسبی پاتوژن‌های تنفسی در هوا.

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

جدول ۲. پاتوژن‌های تنفسی قابل انتقال (جدول بالا) و پاتوژن‌های تنفسی بیمارستانی (جدول پایین).

AIRBORNE PATHOGEN	MICROBIAL GROUP	DISEASE	SOURCE	Diameter microns	Notes
Adenovirus	VIRUS	colds	Humans	0.08	
Arenavirus	VIRUS	hemorrhagic fever	Rodents	0.18	F
Coronavirus	VIRUS	colds	Humans	0.11	
Coxsackievirus	VIRUS	colds	Humans	0.027	
Echovirus	VIRUS	colds	Humans	0.028	
Morbillivirus	VIRUS	measles (rubeola)	Humans	0.12	F, N
Influenza	VIRUS	flu	Humans, birds	0.1	F, N
Parainfluenza	VIRUS	flu	Humans	0.22	N
Paramyxovirus	VIRUS	mumps	Humans	0.23	F, N
Parvovirus B19	VIRUS	fifth disease, anemia	Humans	0.022	F
Reovirus	VIRUS	colds	Humans	0.075	
Respiratory Syncytial Virus	VIRUS	pneumonia	Humans	0.22	F, N
Rhinovirus	VIRUS	colds	Humans	0.023	
Togavirus	VIRUS	rubella (German measles)	Humans	0.063	N
Varicella-zoster	VIRUS	chickenpox	Humans	0.16	N
Chlamydia pneumoniae	BACTERIA	pneumonia, bronchitis	Humans	0.3	N
Mycobacterium tuberculosis	BACTERIA	TB	Humans	0.86	F, N
Yersinia pestis	BACTERIA	pneumonic plague	Rodents	0.75	F

AIRBORNE PATHOGEN	MICROBIAL GROUP	DISEASE	SOURCE	Diameter microns	NOTES
Acinetobacter	BACTERIA	opportunistic infections	Environmental	1.3	E, N
Actinomyces israelii	BACTERIA	actinomycosis	Humans	1.0	E, N
Alkaligenes	BACTERIA	opportunistic infections	Humans	0.75	E, N
Bordetella pertussis	BACTERIA	whooping cough	Humans	0.25	E, N
Cardiobacterium	BACTERIA	opportunistic infections	Humans	0.63	E, N
Corynebacteria diphtheria	BACTERIA	diphtheria	Humans	1.0	E, N
Haemophilus influenzae	BACTERIA	meningitis, pneumonia	Humans	0.43	E, N, F
Haemophilus parainfluenzae	BACTERIA	opportunistic infections	Humans	1	E, N
Klebsiella pneumoniae	BACTERIA	opportunistic infections	Environmental	0.4	E, N
Moraxella catarrhalis	BACTERIA	opportunistic infections	Humans	1.3	E, N
Moraxella lacunata	BACTERIA	opportunistic infections	Humans	1	E, N
Mycobacterium avium	BACTERIA	cavitary pulmonary dis.	Environmental	1.2	N
Mycoplasma pneumoniae	BACTERIA	pneumonia	Humans	0.25	E, N
Neisseria meningitidis	BACTERIA	meningitis	Humans	0.8	E, N, F
Pseudomonas aeruginosa	BACTERIA	opportunistic infections	Environmental	0.57	N
Pseudomonas mallei	BACTERIA	opportunistic infections	Environmental	0.77	N
Pseudomonas pseudomallei	BACTERIA	opportunistic infections	Environmental	0.57	N
Serratia marcescens	BACTERIA	opportunistic infections	Environmental	1.3	E, N
Staphylococcus aureus	BACTERIA	opportunistic infections	Humans	1	E, N
Streptococcus pneumoniae	BACTERIA	pneumonia, otitis media	Humans	0.9	E, N, F
Streptococcus pyogenes	BACTERIA	scarlet fever, pharyngitis	Humans	0.9	N
Pneumocystis carinii	Protozoa / Fungi	pneumocystosis	Environmental	2	S, N
Cryptococcus neoformans	FUNGI	cryptococcosis	Environmental	5.5	S, N

NOTES:
 E = Endogenous, common as human flora
 F = Fatalities occur (excluding nosocomial)
 HP = Hypersensitivity Pneumonitis
 N = Nosocomial, common as (purple blocks)
 EAA = Extrinsic Allergic Alveolitis
 S = Spores
 VOC = Volatile Organic Compounds produced
 References: 1, 3, 4, 5, 8

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

در اروپا و ایالات متحده عفونت‌های محل جراحی دومین علت شایع عفونت‌های مرتبط با مراقبت‌های بهداشتی و شایع‌ترین نوع عفونت‌های مرتبط با مراقبت‌های بهداشتی در کشورهای با درآمد کم و متوسط است (WHO. Global Guidelines on the Prevention of Surgical Site Infection. 2016). به طور کلی، عفونت محل جراحی با یک سوم مرگ‌های پس از عمل مرتبط است و ۸ درصد از کل مرگ‌های ناشی از عفونت‌های مرتبط با مراقبت‌های بهداشتی را نشان می‌دهد (GlobalSurg 2, 2017). در مطالعه (قانی و همکاران، ۱۳۹۴) بخش مراقبت‌های ویژه به عنوان یکی از پرخطرترین محیط‌ها در بیمارستان برای ابتلا به عفونت‌های بیمارستانی که میزان شیوع عفونت در آن ۵ الی ۱۰ برابر سایر بخش‌های بیمارستان می‌باشد بررسی شد. مطالعات (زارعی و همکاران، ۱۴۰۰)، (شکری و همکاران، ۱۳۹۵)، (پاسکوالتو و همکاران، ۲۰۰۶)، (لیدول و همکاران، ۱۹۸۳) و (براک و همکاران، ۲۰۰۳) نشان می‌دهند که در اتاق عمل، آلودگی میکروبی هوا ممکن است به آلودگی زخم جراحی منجر شود، بنابراین خطر عفونت محل جراحی را به همراه دارد. در برخی موارد آسیب مجرای تنفسی به دلیل استنشاق دود و اقامت طولانی در بیمارستان و تنفس هوای آلوده سبب افزایش ریسک عفونت می‌شود (افخم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵).

در مطالعه (فوشاو، ۲۰۱۸) که در ۲۸ اتاق عمل یک مرکز بهداشتی ۳۰۰۰ تختوابی در تایوان انجام شد استافیلوکوک کوآگولاز منفی (Coagulase-negative staphylococcus) شایع‌ترین پاتوژن شناسایی شده بود که نتیجه گرفته شد یک سیستم تهویه هوای مناسب کنترل شده و روش‌های کنترل عفونت مربوط به روش‌های محیطی و جراحی برای کاهش کلنی‌های میکروبی در هوا از اهمیت بالایی برخوردار است. در مطالعه (ثروت‌یاری و همکاران، ۱۳۹۴) از ۱۹۸ بیمار، ۵۳ درصد (۱۰۵ نفر) مرد بودند که میانگین و انحراف معیار سنی بیماران $30/33 \pm 3/82$ سال بود. ۳۳ نفر (۱۶/۷ درصد) از بیماران به عفونت بیمارستانی دچار شدند و بیشترین شیوع عفونت بیمارستانی (۲۳/۳ درصد) در فصل پاییز و بیشترین میکروارگانیزم مولد عفونت (۵۸ درصد) استافیلوکوک اورئوس بود که بین درصد سوختگی و عفونت بیمارستانی ناشی از زخم، رابطه آماری معنی‌داری مشاهده شد. در مطالعه (حسینی و همکاران، ۱۳۹۷) اصلی‌ترین ارگانیزم عفونت‌های اداری اشریشیاکلی بود و در مورد عفونت‌های ناشی از زخم سوختگی شایع‌ترین عامل عفونت سودومونا ایروژینوزا (پسودوموناس ایروژینوزا) بود که یک عامل باکتریایی است. در پژوهش‌های (کیم و همکاران، ۲۰۱۹) و (دانسبی و همکاران، ۲۰۰۸) نشان می‌دهند که تغییرات پانسمان در بیماران سوخته آلوده به استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی‌سیلین (methicillin-resistant Staphylococcus aureus) که اغلب در شیوع بیماری‌های مرتبط با مراقبت‌های بهداشتی در بخش‌های مراقبت‌های ویژه سوختگی دخیل است و عوارض و مرگ و میر قابل توجهی را برای این بیماران پرخطر و هزینه‌های اضافی برای سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی به همراه دارد آئروسول‌های عفونی ایجاد می‌کند.



بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

۵. کنترل عفونت با استفاده از دستگاه تصفیه و ضدعفونی پلاسماشیلد (Air Purification & Treatment System)

پلاسماشیلد به عنوان بخشی از ساختار تهویه مطبوع وظیفه فیلتراسیون و ضد عفونی هوای محیط را بر عهده دارد و برای نخستین بار به عنوان جزیی قابل اتصال و ادغام به این ساختار موفق به تخریب و حذف کامل میکروارگانیسم های موجود در هوا با کارایی ۹۹/۹۹۹۹۹۸ درصد شده است. این دستگاه همچنین می تواند کلیه ذرات معلق شامل ذرات با ابعاد کمتر از یک میکرومتر را از جریان هوای عبوری فیلتر کند این در صورتی است که فیلترهای هپا تنها ذرات با ابعاد بیشتر از ۰/۳ میکرومتر را فیلتر می‌کند. آلاینده های گازی نیز شامل گازهای آلی فرار را با کارایی تا ۹۸ درصد و پس از تنها یک بار عبور از دستگاه حذف می‌نماید. پلاسما شیلد در مقایسه با سایر سیستمهای ضدعفونی، فیلتراسیون و تصفیه هوای رایج دارای برتری‌های چشمگیری می‌باشد که در شکل ۳. نمایش داده شده است.

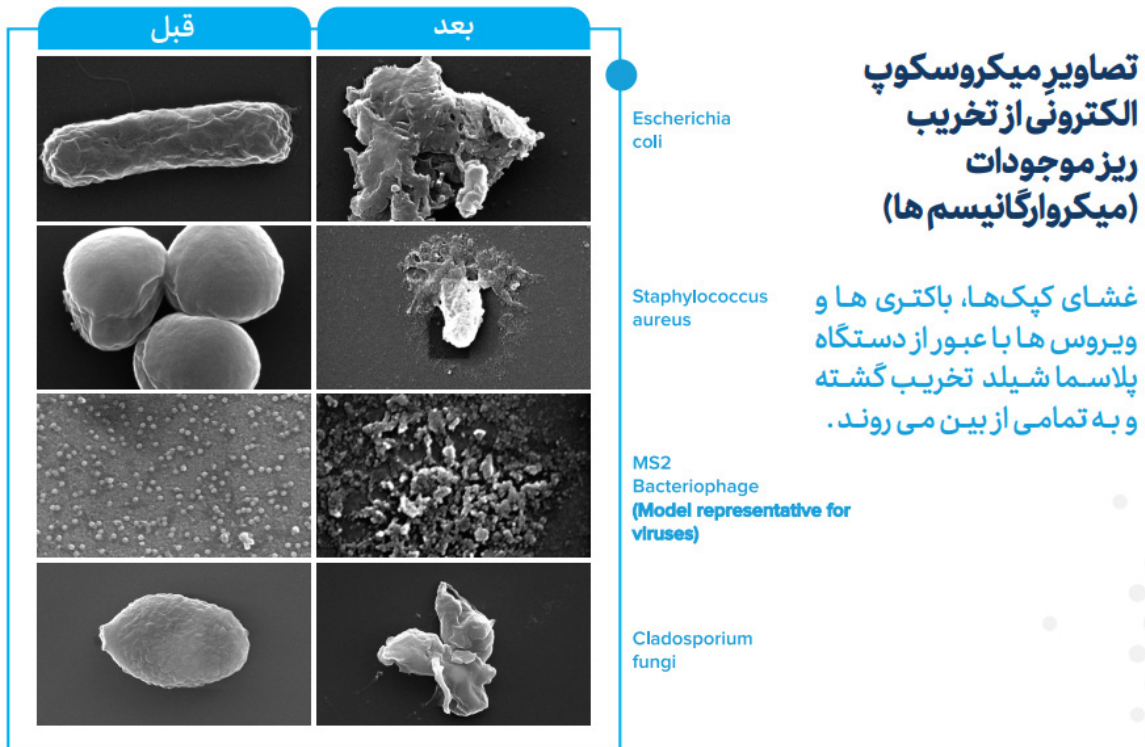
	PlasmaShield	HEPA Filters	UVGI
Application	Disinfection & Filtration	Filtration	Disinfection
Removal submicron particles (> 0.3um)	●	●	●
Destroys microorganisms	●	●	●
Release material level of bi-products	●	●	●
Pressure drop	●	●	●
Decompose water droplets	●	●	●
Removing VOCs and harmful gasses	●	●	●
Energy efficiency	●	●	●
System maintenance	●	●	●
Generating dangerous waste	●	●	●
CE as a Medical Device (MDR)	Yes	No	No

شکل ۳. مقایسه تصفیه و ضدعفونی هوا در دستگاه پلاسما شیلد با فیلترهای هپا و اشعه یو وی

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

با توجه به مطالعه‌های بررسی شده در پیشنهاد فنی، یکی از باکتری‌هایی که بیشتر در محیط‌های بخش سوختگی بیمارستان وجود دارد باکتری استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی‌سیلین می‌باشد (methicillin-resistant Staphylococcus aureus). استافیلوکوک‌ها، ۳۳ زیرگونه دارند. بیشتر آن‌ها بی‌خطرند و به صورت طبیعی روی پوست اکثر افراد وجود دارند و در خاک نیز زندگی می‌کنند اما گونه‌های بیماری‌زا نیز در بین استافیلوکوک‌ها وجود دارند که می‌توانند مسمومیت غذایی، استفراغ یا گاهی عفونت‌های خطرناک منجر به مرگ همچون ذات‌الریه را ایجاد کنند. متأسفانه در کشورهای فقیر و در حال توسعه اغلب این بیماران که به عفونت‌های خطرناک استافیلوکوکی مبتلا می‌شوند درمان به وقت و مناسب صورت نگرفته در اثر مقاومت این باکتری‌ها به آنتی‌بیوتیک‌های معمولی از بین می‌روند. استاف اورئوس عامل بسیاری از عفونت‌ها در بیمارستان‌ها، زندان‌ها و مراکز نگهداری می‌باشد. افراد با سیستم ایمنی ضعیف در معرض بیشترین خطر برای عفونت‌های ناشی از این باکتری هستند.

پلاسماشیلد با استفاده از مؤسسات معتبر و دانشگاهی، در آزمایشات آزمایشگاهی مطابق با استانداردهای شناخته شده بین‌المللی و روش‌های آزمایش مورد تایید، اعتبارسنجی شده است. در مطالعه (ویلی و همکاران، ۲۰۲۲) که بر روی دستگاه پلاسماشیلد انجام شده، پاتوژن Staphylococcus epidermidis همانطور که در شکل ۴ و جدول ۳ مشخص شده است با یک بار عبور هوا با ضریب عملکردی ۹۹/۹۷٪ تخریب و غیر فعال می‌شود. راندمان سایر میکروارگانیسم‌های مهم بررسی شده در این پژوهش (Cladosporium sp bacteriophage MS2, Escherichia coli) نیز در شکل ۴ و جدول ۳ نمایش داده شده است. این مطالعه نشان داد که دستگاه تصفیه هوای پلاسماشیلد به طور موثر میکروارگانیسم‌های موجود در هوا را تحت شرایطی کنترل شده حذف می‌کند.



شکل ۴. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از تخریب ریز موجودات (میکروسارگانیسم)

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

جدول ۳. کارایی حذف PlasmaShield® در مقایسه با کنترل منفی برای هر میکروارگانیسم و غلظت آزمایش شده

Microorganism	Test Concentration (CFU/mL or PFU/mL)	Average Positive Hole Corrected CFU or PFU (±2SD)		Log ₁₀ Removal	Percentage Removal (%) +
		Negative Control	PlasmaShield®		
<i>Escherichia coli</i>	10 ⁷	2875 (±22)	37 (±22)	2	98
	10 ⁸	28,750 *	16 (±4)	3	99.9
	10 ⁹	287,500 *	15 (±2)	4	99.99
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10 ⁶	2026 (±92)	44 (±25)	2	98
	10 ⁷	20,260 *	34 (±11)	3	99.8
	10 ⁸	202,600 *	165 (±20)	3	99.9
	10 ⁹	2,026,000 *	625 (±153)	4	99.97
Bacteriophage MS2	10 ⁷	117 (±30)	24 (±9)	1	80
	10 ¹⁰	117,000 *	34 (±14)	4	99.97
	10 ¹²	11,700,000 *	91 (±30)	5	99.999
	10 ¹⁵	11,700,000,000 *	2757 (±886)	7	99.99998
<i>Cladosporium sp.</i>	10 ⁷	4957 (±1809)	10 (±1)	3	99.8
	10 ⁹	495,700 *	21 (±5)	4	99.99
	10 ¹⁰	4,957,000 *	54 (±27)	5	99.999

۶. کاهش مصرف انرژی و ظرفیت سیستم تهویه مطبوع

دیگر امروزه آنچه که به عنوان هوای تازه در طراحی های تاسیساتی توسط مهندسی مکانیک برای تامین کیفیت هوای داخل ساختمان‌ها در نظر گرفته می‌شود در بسیاری از مراکز پرتردد شهری و کلان شهرها علاوه بر اینکه پاک نیست بلکه خود منشا آلودگی می‌باشد و در بسیاری موارد چاره‌ای جز استفاده از سیستم‌های فیلتراسیون نمی‌باشد. مطابق استانداردهای طراحی تهویه مطبوع با بالا بردن کیفیت هوای محیط داخل امکان استفاده از هوای برگشتی و کاهش جدی میزان هوای تازه مورد نیاز از بیرون فضا نیز فراهم گشته و این خود سبب کاهش جدی ظرفیت های سیستم های سرمایشی و گرمایشی و هزینه های جاری و در نهایت مصرف انرژی خواهد شد. همچنین بر اساس استاندارد اشری ۱۷۰ که مربوط به الزامات طراحی تهویه مراکز بهداشتی و درمانی است، امکان کاهش هوای بیرون (تازه) تا ۲۰٪ کل هوای در چرخش وجود دارد. جدول ۴، جدول پارامترهای طراحی فضاهای درمانی در اشری ۱۷۰ سال ۲۰۲۱ می‌باشد که ردیف مربوط به اتاق‌های عمل در آن برجسته شده است.

در اینجا ۴ اتاق عمل در یک بیمارستان به مساحت حدودی ۴۰ مترمربع در هر اتاق در دو حالت مختلف به منظور مقایسه ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفته است.

- حالت اول هواسازهای اتاق عمل به صورت ۱۰۰٪ هوای تازه در نظر گرفته شده است. (طرح اولیه)
- حالت دوم هواسازهای اتاق عمل به صورت ۴۵٪ هوای تازه و ۵۵٪ هوای برگشتی در نظر گرفته شده است. (طرح اصلاح شده)

در هر دو حالت شرایط آب و هوایی و جغرافیایی، مساحت فضای در نظر گرفته شده، بار حرارتی جهت روشنایی، تجهیزات گرم‌آزا، افراد حاضر و تلفات حرارتی جداره یکسان در نظر گرفته شده است. در این بررسی، تغییر ظرفیت

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

دستگاه چیلر، دیگ، مشعل، هواساز، پمپ‌های هوارسان، آگزاست فن‌ها، تابلو برق و کابل‌ها، سائز لوله‌های موتورخانه، منبع انبساط، سختی گیر و جداکننده هوا محاسبه و بررسی شده است. تغییر ظرفیت هرکدام از موارد مذکور منجر به تغییر انرژی مصرفی خواهد شد. شهر در نظر گرفته شده در تهران می‌باشد.

در شکل ۶: پلان کانال کشی هوای ورودی به اتاق‌های عمل و در شکل ۷: پلان کانال کشی هوای آگزاست شده از اتاق عمل در حالت اصلاح شده نمایش داده شده است. بزرگنمایی یک اتاق عمل در پلان‌های کانال کشی هوای تازه و هوای آگزاست شده در حالت اصلاح شده به ترتیب در شکل‌های ۸ و ۹. نمایش داده شده‌اند.

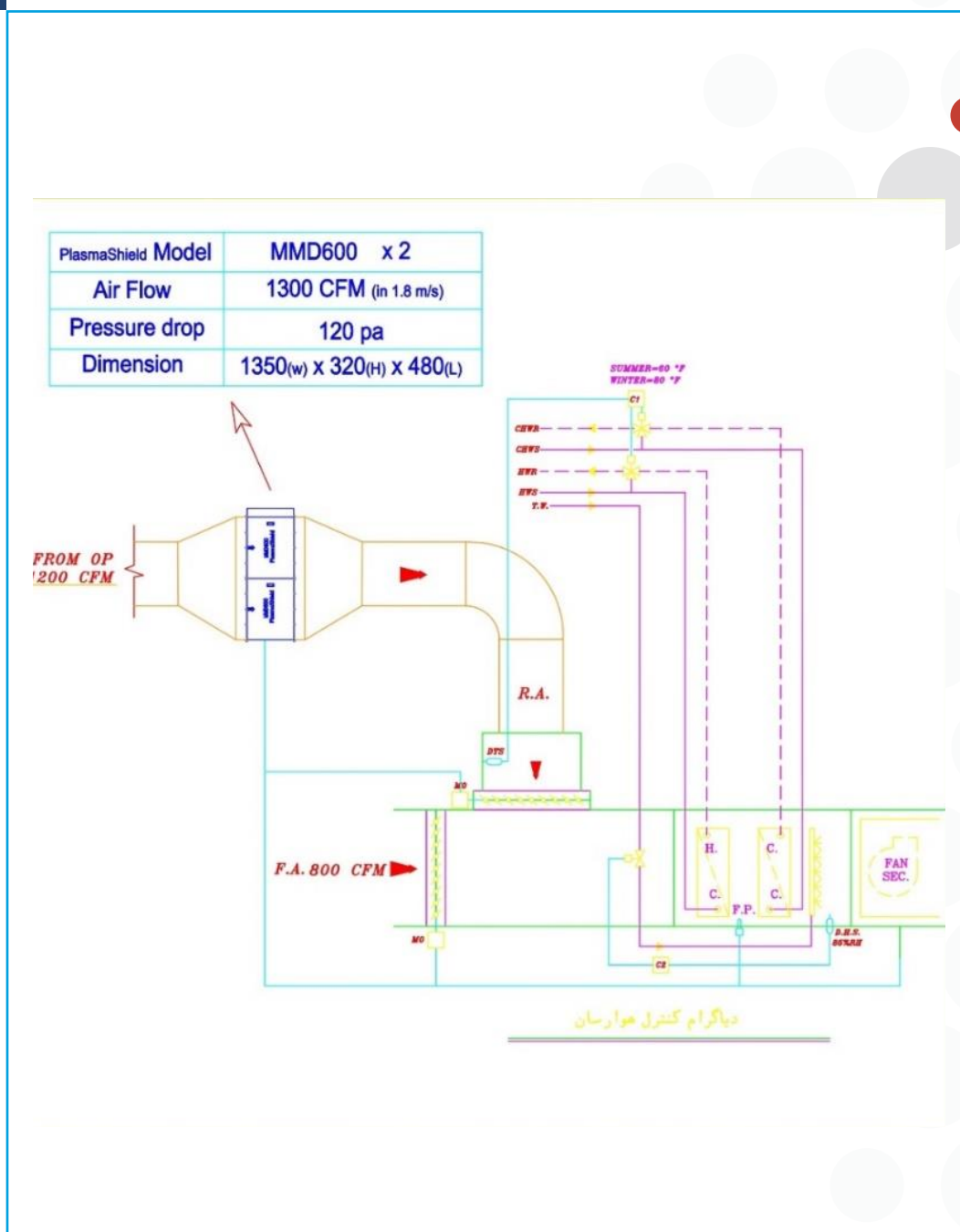
با توجه به نقشه‌های تاسیسات مکانیکی برای هر اتاق عمل دو دستگاه پلاسماشیلد مدل MMD ۶۰۰ به صورت نصب مدولار در مسیر کانال هوای برگشت از هریک از اتاق‌های عمل به داخل هواساز آن اتاق در نظر گرفته شده است. تمامی هوای عبور داده شده از دستگاه همانطور که در شکل ۵ نمایش داده شده است تصفیه و ضدعفونی می‌شود. در مجموع ۸ دستگاه پلاسماشیلد مدل MMD ۶۰۰ برای ۴ اتاق عمل در نظر گرفته شده است.



Function of Space (f)	Pressure Relationship to Adjacent Areas (n)	Minimum Outdoor ach	Minimum Total ach	All Room Air Exhausted Directly to Outdoors (j)	Air Recirculated by Means of Room Units (a)	Minimum Filter Efficiencies (c)	Design Relative Humidity (k), %	Design Temperature (l), °F/°C
SURGERY AND EMERGENCY DEPARTMENT (ED)								
Delivery (Caesarean) (FGI 2.1-3.2.3) (m), (o), (v), (gg)	Positive	4	20	NR	No	MERV-16 (dd)	20-60	68-75/20-24
ED hand decontamination (FGI 2.8-3.4.8)	Negative	2	12	Yes	No	MERV-14 (cc)	NR	NR
ED exam/treatment room (FGI 2.8-3.4.2) (p)	NR	2	6	NR	NR	MERV-14 (cc)	Max 60	70-75/21-24
ED public waiting area (FGI 2.8-6.2.3)	Negative	2	12	Yes (q)	NR	MERV-8	Max 65	70-75/21-24
Operating room (FGI 2.1-3.2.3) (m), (o), (v), (gg)	Positive	4	20	NR	No	MERV-16 (dd)	20-60	68-75/20-24
Procedure room (FGI 2.1-3.2.2) (d), (o), (p)	Positive	3	15	NR	No	MERV-14	20-60	70-75/21-24
Phase I recovery (PACU) (FGI 2.1-3.7.4)	NR	2	6	NR	No	MERV-8	Max 60	70-75/21-24
Phase II recovery (FGI 2.1-3.7.5) (u)	NR	2	2	NR	NR	MERV-8	Max 60	70-75/21-24
Pre-procedure patient care (FGI 2.1-3.7.3) (t)	NR	2	2	NR	NR	MERV-8	Max 60	70-75/21-24
Trauma room (crisis or shock) (FGI 2.8-3.4.4) (bb)	Positive	3	15	NR	No	MERV-14	20-60	70-75/21-24
Triage (FGI 2.8-6.2.2.2 & 6.2.2.3)	Negative	2	12	Yes (q)	NR	MERV-8	Max 60	70-75/21-24
DIAGNOSTIC AND TREATMENT								
Class 1 imaging room (FGI 2.1-3.5.2.4[[[b]]]) (ff)	NR	2	6	NR	NR	MERV-8	Max 60	72-78/22-26
Class 2 imaging room (FGI 2.1-3.5.2.4[[[b]]]) (d), (p), (ff)	Positive	3	15	NR	No	MERV-14	20-60	70-75/21-24
Class 3 imaging room (FGI 2.1-3.5.2.4[[[b]]]) (m), (o), (ff)	Positive	4	20	NR	No	MERV-16 (dd)	20-60	68-75/20-24
Diagnostic imaging waiting (FGI 2.1-3.5.10.4) (g)	Negative	2	12	Yes (q), (r)	NR	MERV-8	Max 60	70-75/21-24
All anteroom (FGI 2.1-3.3.2.3) (i)	(c)	NR	10	Yes	No	MERV-8	NR	NR
All room (FGI 2.1-3.3.2) (i)	Negative	2	12	Yes	No	MERV-8	Max 60	70-75/21-24
PE anteroom (FGI 1.2-4.2.2.1[[[l]]) (n) (w)	(e)	NR	10	NR	No	HEPA	NR	NR
Protective environment room (FGI 1.2-4.2.2.1[[[l]]) (n) (w)	Positive	2	12	NR	No	HEPA	Max 60	70-75/21-24
Cancer treatment area (FGI 2.6-3.1)	NR	2	6	NR	NR	MERV-8	Max 60	70-75/21-24
Dialysis treatment area (FGI 2.10-3.2)	NR	2	6	NR	NR	MERV-8	NR	72-78/22-26
Dialyzer reprocessing room (FGI 2.10-3.8.12)	Negative	NR	10	Yes	No	MERV-8	NR	NR
Bronchoscopy (FGI 2.1-3.2.2.1) (n) (x)	Negative	2	12	Yes	No	MERV-14	NR	68-73/20-23
Instrument processing room (FGI 2.1-4.3.2.3)	Negative	2	10	Yes	No	MERV-8 (s)	NR	NR
Endoscopy procedure room (FGI 2.9-3.2) (h)	NR	2	6	NR	No	MERV-8	Max 60	68-73/20-23

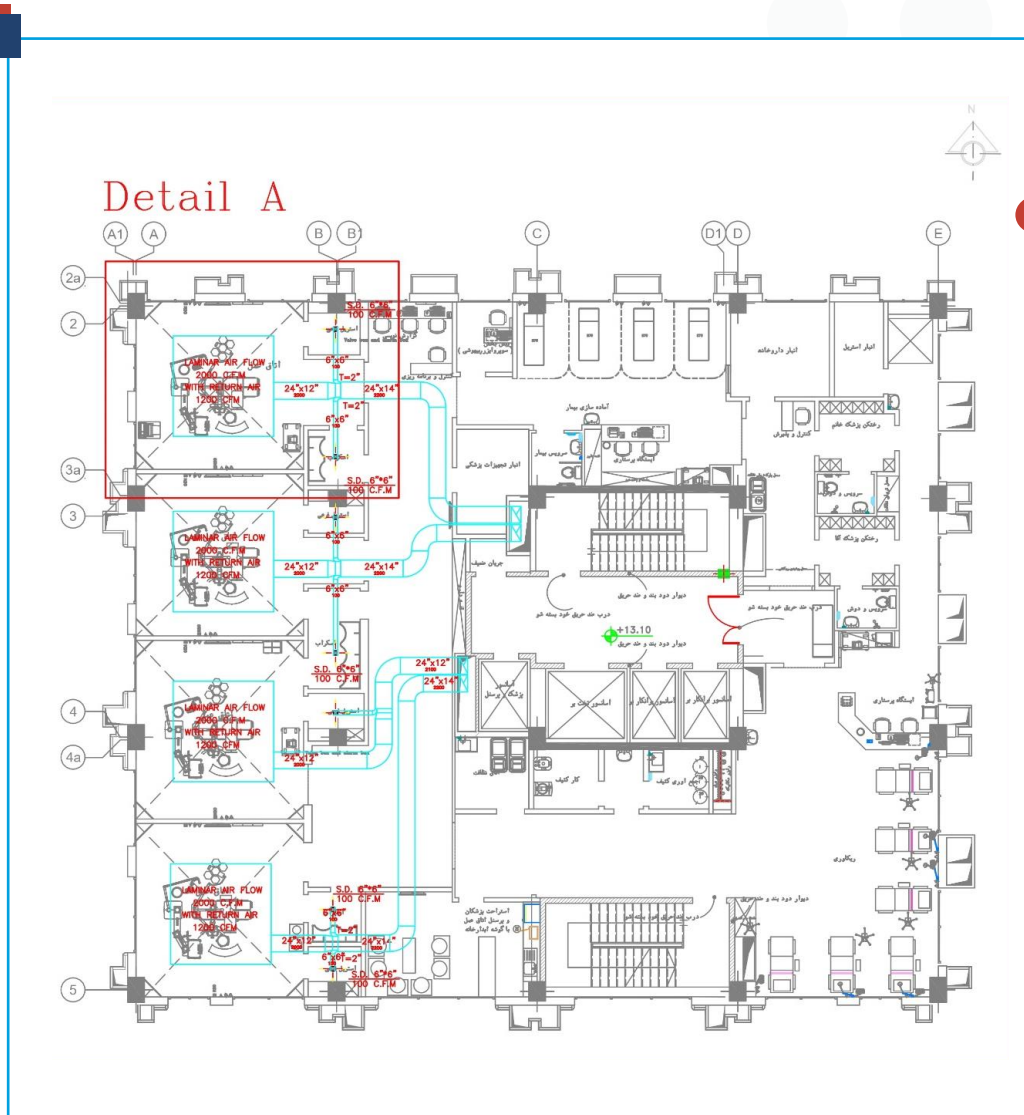
جدول ۴. پارامترهای طراحی فضاهای درمانی در اشرفی ۱۷۰ سال ۲۰۲۱

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل



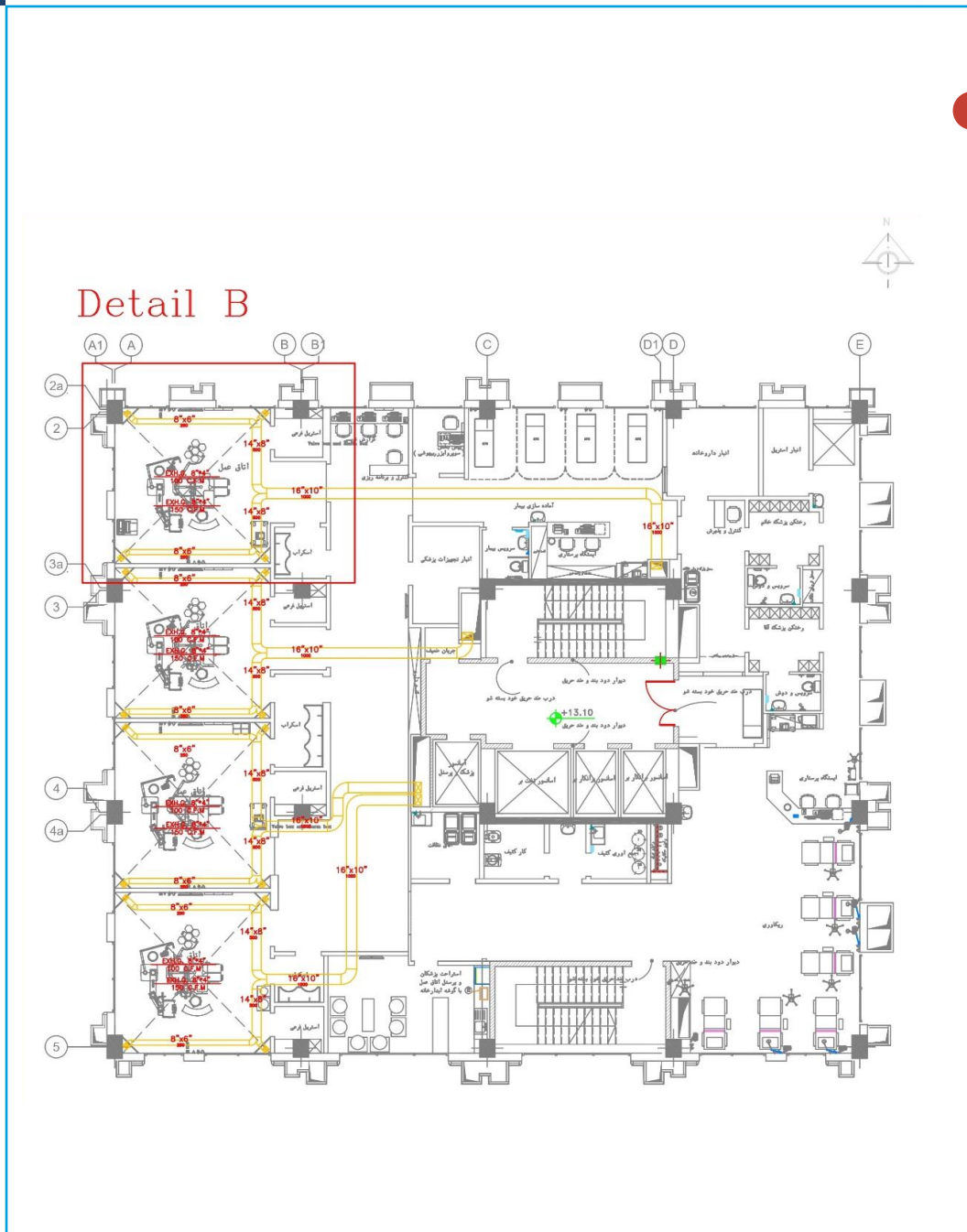
شکل ۵. جانمایی دستگاه پلازماشیلد در کانال برگشت هواساز

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل



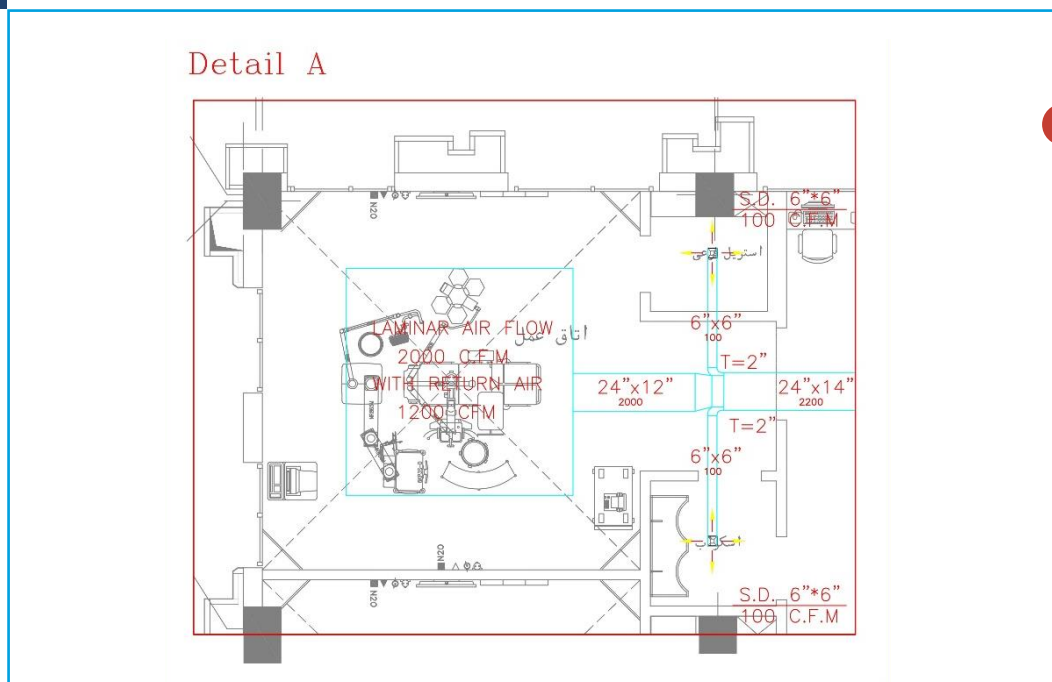
شکل ۶. پلان کانال کشی هوای رفت اتاق‌های عمل

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

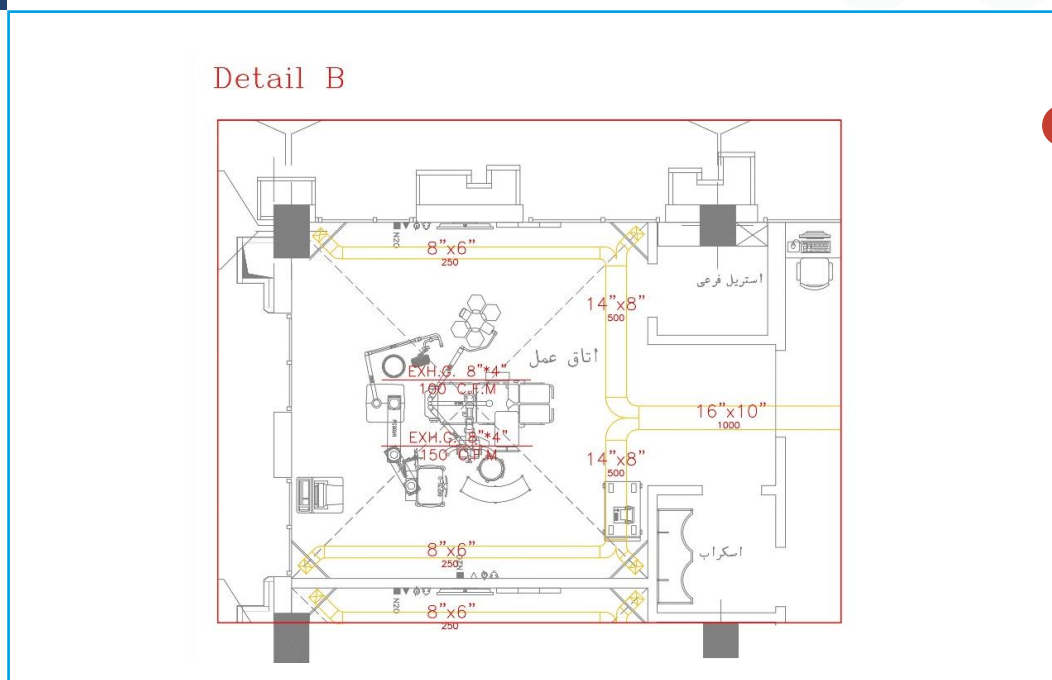


شکل ۷. پلان کانال کشی هوای آگراست اتاق‌های عمل

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل



شکل ۸. بزرگنمایی پلان کانال کشی هوای رفت اتاق عمل



شکل ۹. بزرگنمایی پلان کانال کشی آگزاست رفت اتاق عمل

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

چیلر

• طرح اولیه

Total Cooling Load = 572,190 Btu/hr = 47.7 Ton/ref

Chiller capacity = (47.7+25%) × 0.7 = 41.7 Ton/ref

دو دستگاه چیلر به ظرفیت ۴۱٫۷ تن تبرید

طرح اولیه

AIR COOLED ROOF TYPE PACKAGE CHILLER SCHEDULE												
UNIT NO.	ACTUAL CAPACITY	QTY	CHILLER DATA				ELECTRICAL DATA					RECOMMENDED UNIT
			G.P.M.	E.W.T. F	L.W.T. F	P.D. FT	FAN No.	POWER KW.	PHASE	CYCLE	VOLT	
1 , 2	42 Ton	2	103.8	54	45	-	4	67.5	3	50	380	SIMILAR SCREW ACS045 ECO COOLER CO.

• طرح اصلاحیه

Total Cooling Load = 372,690 Btu/hr = 31 Ton/ref

Chiller capacity = (31+25%) × 0.7 = 27 Ton/ref

دو دستگاه چیلر به ظرفیت ۲۷ تن تبرید

طرح اصلاح شده

AIR COOLED ROOF TYPE PACKAGE CHILLER SCHEDULE												
UNIT NO.	ACTUAL CAPACITY	QTY	CHILLER DATA				ELECTRICAL DATA					RECOMMENDED UNIT
			G.P.M.	E.W.T. F	L.W.T. F	P.D. FT	FAN No.	POWER KW.	PHASE	CYCLE	VOLT	
1 , 2	27 Ton	2	66	54	45	-	2	40.5	3	50	380	SIMILAR SCREW ECHA030 ECO COOLER CO.

ظرفیت چیلر در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه ۳۶٪ کاهش یافته است.

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

دیگ

- طرح اولیه

Building heating load = 1,112,900 Btu/hr = 281,040 Kcal/hr

Domestic hot water heating load = 500,000 Btu/hr = 126,260 Kcal/hr

Total heating Load = 1,612,900 Btu/hr = 407,300 Kcal/hr

Boiler capacity = $(407,300 + 25\%) \times 0.7 = 357,000$ Kcal/hr

دو دستگاه دیگ به ظرفیت ۳۵۷۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت.

طرح اولیه

BOILER & BURNER SCHEDULE											
UNIT NO.	CAPACITY (EACH) kcal/hr.	QTY	RECOMMENDED MODEL	L. Mm.	W. Mm.	H. Mm.	GAS BURNER				RECOMMENDED MODEL
							NATURAL GAS M ³ /hr	MOTOR POWER	ELECTRICAL SUPPLY	QTY	
1 & 2	430,000	2	SIMILAR PHWBN-500 PAKMAN CO.	3200	1800	1850	50	0.85 KW	380/3/50	2	SIMILAR RLGB-55 PAKMAN CO.

- طرح اصلاحیه

Building heating load = 432,950 Btu/hr = 109,330 Kcal/hr

Domestic hot water heating load = 500,000 Btu/hr = 126,260 Kcal/hr

Total heating Load = 932,950 Btu/hr = 235,590 Kcal/hr

Boiler capacity = $(235,590 + 25\%) \times 0.7 = 207,000$ Kcal/hr

دو دستگاه دیگ به ظرفیت ۲۰۷۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت.

طرح اصلاح شده

BOILER & BURNER SCHEDULE											
UNIT NO.	CAPACITY (EACH) kcal/hr.	QTY	RECOMMENDED MODEL	L. Mm.	W. Mm.	H. Mm.	GAS BURNER				RECOMMENDED MODEL
							NATURAL GAS M ³ /hr	MOTOR POWER	ELECTRICAL SUPPLY	QTY	
1 & 2	300,000	2	SIMILAR PHWBN-350 PAKMAN CO.	2750	1800	1850	35	0.85 KW	380/3/50	2	SIMILAR RLGB-55 PAKMAN CO.

ظرفیت دیگ در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه ۴۲٪ کاهش یافته است.

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

مشعل

• طرح اولیه

$$\text{Burner capacity} = 357,000 \div 0.9 = 397,000 \text{ Kcal/hr}$$

$$\text{Burner gas flow} = ((397,000 \times 0.283) \div (0.252 \times 10000)) = 44.6 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Burner diesel fuel flow} = 44.6 \div 0.8 = 55.8 \text{ Kg/hr}$$

$$\text{Weekly diesel storage tank capacity} = 55.8 \times 24 \text{ hr} \times 2 \text{ boiler} \times 7.5 \text{ weekly} \times 1.2 \text{ l/kg} = 24,100 \text{ Litre}$$

یک مشعل تک سوز به ظرفیت ۳۹۷۰۰۰ کیلو کالری بر ساعت و یک مشعل دو گانه سوز به ظرفیت ۳۹۷۰۰۰ کیلو کالری بر ساعت.

یک منبع ذخیره سوخت هفتگی به ظرفیت ۲۴۱۰۰ لیتر.

طرح اولیه

BOILER & BURNER SCHEDULE											
UNIT NO.	CAPACITY (EACH) kcal/hr.	QTY	RECOMMENDED MODEL	L. Mm.	W. Mm.	H. Mm.	GAS BURNER				RECOMMENDED MODEL
							NATURAL GAS M ³ /hr	MOTOR POWER KW	ELECTRICAL SUPPLY	QTY	
1 & 2	430,000	2	SIMILAR PHWBN-500 PAKMAN CO.	3200	1800	1850	50	0.85 KW	380/3/50	2	SIMILAR RLGB-55 PAKMAN CO.

• طرح اصلاحیه

$$\text{Burner capacity} = 207,000 \div 0.9 = 230,000 \text{ Kcal/hr}$$

$$\text{Burner gas flow} = ((230,000 \times 0.283) \div (0.252 \times 10000)) = 25.8 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Burner diesel fuel flow} = 25.8 \div 0.8 = 32.3 \text{ Kg/hr}$$

$$\text{Weekly diesel storage tank capacity} = 32.3 \times 24 \text{ hr} \times 2 \text{ boiler} \times 7.5 \text{ weekly} \times 1.2 \text{ l/kg} = 13,950 \text{ Litre}$$

یک مشعل تک سوز به ظرفیت ۲۳۰۰۰۰ کیلو کالری بر ساعت و یک مشعل دو گانه سوز به ظرفیت ۲۳۰۰۰۰ کیلو کالری بر ساعت.

یک منبع ذخیره سوخت هفتگی به ظرفیت ۱۳۹۵۰ لیتر.

طرح اصلاح شده

BOILER & BURNER SCHEDULE											
UNIT NO.	CAPACITY (EACH) kcal/hr.	QTY	RECOMMENDED MODEL	L. Mm.	W. Mm.	H. Mm.	GAS BURNER				RECOMMENDED MODEL
							NATURAL GAS M ³ /hr	MOTOR POWER KW	ELECTRICAL SUPPLY	QTY	
1 & 2	300,000	2	SIMILAR PHWBN-350 PAKMAN CO.	2750	1800	1850	35	0.85 KW	380/3/50	2	SIMILAR RLGB-55 PAKMAN CO.

ظرفیت مشعل و حجم تانک ذخیره سوخت در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه % ۴۲ کاهش یافته است.

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

دودکش دیگ

• طرح اولیه

$$\text{Boiler chimney area} = \frac{Q + 1000}{\sqrt{h} \times (25 + 2\sqrt[4]{Q})} = \frac{357,000 \text{ Kcal/hr} + 1000}{\sqrt{16 \text{ m}} \times 25 + (2\sqrt[4]{357,000 \text{ Kcal/hr}})} = 1.210 \text{ cm}^2 \Rightarrow d \cong 40 \text{ cm}$$

قطر دودکش دیگ ۴۰ سانتی متر می‌باشد.

• طرح اصلاحیه

$$\text{Boiler chimney area} = \frac{Q+1000}{\sqrt{h} \times (25+2\sqrt[4]{Q})} = \frac{207,000 \text{ Kcal/hr}+1000}{\sqrt{16 \text{ m}} \times 25+(2\sqrt[4]{207,000 \text{ Kcal/hr}})} = 769 \text{ cm}^2 \Rightarrow d \cong 31 \text{ cm}$$

قطر دودکش دیگ ۳۱ سانتی متر می‌باشد.

قطر دودکش دیگ در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه ۲۳٪ کاهش یافته است.



منبع انبساط گرمایش

• طرح اولیه

$$\text{Expansion tank volume} = \frac{(0.00041 \cdot T - 0.0466) V_s}{\frac{P_a}{P_f} \frac{P_a}{P_0}} (\text{Gallon}) = \frac{(0.00041 \cdot 170 - 0.0466) 900}{\frac{12.7}{52.5} \frac{12.7}{90}} = 207 \text{ Gal} = 782 \text{ Litre}$$

دو منبع انبساط بسته به ظرفیت ۴۰۰ لیتر برای قسمت گرمایش انتخاب می‌باشد.
 نصف ظرفیت قسمت گرمایش یعنی یک منبع انبساط بسته به ظرفیت ۴۰۰ لیتر برای قسمت سرمایش انتخاب می‌باشد.

طرح اولیه

EXPANTION TANK SCHEDULE										
ملاحظات	شعاع ورق MM.	ابعاد			ظرفیت Lit.	محل نصب	مورد استفاده	تعداد	علامت اعتباری	ردیف
		ارتفاع CM.	عرض CM.	طول CM.						
	6	-	-	-	400	موزون‌شده بر روی	جهت ایستاد سیستم گرمایش	2	EXP.01,02	1
	6	-	-	-	400	موزون‌شده بر روی	جهت ایستاد سیستم سرمایش	1	EXP.03	2

• طرح اصلاحیه

$$\text{Expansion tank volume} = \frac{(0.00041 \cdot T - 0.0466) V_s}{\frac{P_a}{P_f} \frac{P_a}{P_0}} (\text{Gallon}) = \frac{(0.00041 \cdot 170 - 0.0466) 700}{\frac{12.7}{52.5} \frac{12.7}{90}} = 161 \text{ Gal} = 608 \text{ Litre}$$

دو منبع انبساط بسته به ظرفیت ۳۰۰ لیتر برای قسمت گرمایش انتخاب می‌باشد.
 نصف ظرفیت قسمت گرمایش یعنی یک منبع انبساط بسته به ظرفیت ۳۰۰ لیتر برای قسمت سرمایش انتخاب می‌باشد.

طرح اصلاح شده

EXPANTION TANK SCHEDULE										
ملاحظات	شعاع ورق MM.	ابعاد			ظرفیت Lit.	محل نصب	مورد استفاده	تعداد	علامت اعتباری	ردیف
		ارتفاع CM.	عرض CM.	طول CM.						
	6	-	-	-	300	موزون‌شده بر روی	جهت ایستاد سیستم گرمایش	2	EXP.01,02	1
	6	-	-	-	300	موزون‌شده بر روی	جهت ایستاد سیستم سرمایش	1	EXP.03	2

منبع انبساط گرمایش و سرمایش در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه % ۲۵ کاهش یافته است.

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

پمپ‌های سیرکولاسیون هوارسان

• طرح اولیه

$$\text{Total pressure drop} = (170\text{m} \times 2 \times 1.5 \times 0.03) + 3(\text{3way valve}) + 4.5(\text{chiller}) + 4.5(\text{AHU}) + 3(\text{mechroom}) = 30 \text{ mH}_2\text{o}$$

$$\text{Cooling flow rate} = 100 \text{ gpm} = 22.7 \text{ m}^3/\text{hr} \div 2 = 11.35 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Heating flow rate} = 60 \text{ gpm} = 13.6 \text{ m}^3/\text{hr} \div 2 = 6.8 \text{ m}^3/\text{hr}$$

سه دستگاه پمپ جهت سرمایه‌ش به دبی ۱۱,۳۵ مترمکعب و ۳۰ متر ستون آب انتخاب می‌باشد.

سه دستگاه پمپ جهت گرمایش به دبی ۶,۸ مترمکعب و ۳۰ متر ستون آب انتخاب می‌باشد.

طرح اولیه

PUMP SCHEDULE										
انتخاب دستگاه	کارخانه	نوع پمپ	قطر پروانه	قدرت	تعداد در دقیقه	حجم سیر	تسکین	مورد استفاده	تعداد	شماره
محل بانوح		mm	K.W.	R.P.M.	M.w.g.	M ³ /hr.			درد	
همپران	مکانیک	-	4	1450	30	11.35		جهت تامین آب سرد در گردش مدار هوارسان	1	E.P-01,02,03
همپران	مکانیک	-	3	1450	30	6.8		جهت تامین آب سرد و گرم در گردش مدار فن کویل	1	E.P-04,05,06
همپران	مکانیک	-	0.75	1450	7.5	11.8		جهت سیرکولاسیون آب گرم کویل های سردخانه	-	LP-07,08
همپران	مکانیک	-	0.75	1450	14	11		جهت برگشت مدار آب گرم سردخانه	1	E.P-09,10

• طرح اصلاحیه

$$\text{Total pressure drop} = (170\text{m} \times 2 \times 1.5 \times 0.03) + 3(\text{3way valve}) + 4.5(\text{chiller}) + 4.5(\text{AHU}) + 3(\text{mechroom}) = 30 \text{ mH}_2\text{o}$$

$$\text{Cooling flow rate} = 75 \text{ gpm} = 17 \text{ m}^3/\text{hr} \div 2 = 8.5 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Heating flow rate} = 43 \text{ gpm} = 9.7 \text{ m}^3/\text{hr} \div 2 = 5 \text{ m}^3/\text{hr}$$

سه دستگاه پمپ جهت سرمایه‌ش به دبی ۸,۵ مترمکعب و ۳۰ متر ستون آب انتخاب می‌باشد.

سه دستگاه پمپ جهت گرمایش به دبی ۵ مترمکعب و ۳۰ متر ستون آب انتخاب می‌باشد.

طرح اصلاح شده

PUMP SCHEDULE										
انتخاب دستگاه	کارخانه	نوع پمپ	قطر پروانه	قدرت	تعداد در دقیقه	حجم سیر	تسکین	مورد استفاده	تعداد	شماره
محل بانوح		mm	K.W.	R.P.M.	M.w.g.	M ³ /hr.			درد	
همپران	مکانیک	-	4	1450	30	8.5		جهت تامین آب سرد در گردش مدار هوارسان	1	E.P-01,02,03
همپران	مکانیک	-	3	1450	30	5		جهت تامین آب سرد و گرم در گردش مدار فن کویل	1	E.P-04,05,06
همپران	مکانیک	-	0.75	1450	7.5	11.8		جهت سیرکولاسیون آب گرم کویل های سردخانه	-	LP-07,08
همپران	مکانیک	-	0.75	1450	14	11		جهت برگشت مدار آب گرم سردخانه	1	E.P-09,10

دبی پمپ سرمایه‌ش و گرمایش در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه ۲۵٪ کاهش یافته است.

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

هواساز

طرح اصلاح شده

جدول مشخصات دستگاه هواساز				
شماره هواساز	AHU-04-B	AHU-05-B	AHU-02-B	AHU-01-B
مساحت (متر ²)				
نوع	تکه منطقه ای	تکه منطقه ای	تکه منطقه ای	تکه منطقه ای
محل استقرار دستگاه	معماری	معماری	معماری	معماری
انرژی که این دستگاه هواساز می‌کند	2200	2200	2200	2200
ظرفیت کل - فوت مکب در دقیقه	2200	2200	2200	2200
ظرفیت هوای تازه - فوت مکب در دقیقه	2200	2200	2200	2200
انرژی خشک هوای ورودی رطوبتی F	88.8 / 84	88.8 / 84	88.8 / 84	88.8 / 84
انرژی مرطوب هوای ورودی رطوبتی F	60.8 / 66	60.8 / 66	60.8 / 66	60.8 / 66
افت فشار هوا روی کویل	0.28	0.28	0.28	0.28
انرژی آب ورودی رطوبتی F	34/44	34/44	34/44	34/44
مقدار کل گالون آب در کویل	10	10	10	10
افت فشار آب در کویل	0.50	0.50	0.50	0.50
بار محسوب می‌شود در بار کل بودجه/BRU	37288 / 15250	37288 / 15250	37288 / 15250	37288 / 15250
سلا کویل	4.41	4.41	4.41	4.41
تعداد پرده ر ترمز کویل	3/8	3/8	3/8	3/8
نوع مدار کویل	HALF	HALF	HALF	HALF
جنس کویل	COPPER	COPPER	COPPER	COPPER
انرژی خشک هوای ورودی رطوبتی F	83.7 / 82.8	83.7 / 82.8	83.7 / 82.8	83.7 / 82.8
افت فشار هوا روی کویل	0.05	0.05	0.05	0.05
نوع سیال	WATER	WATER	WATER	WATER
انرژی آب ورودی رطوبتی (F)	180/180	180/180	180/180	180/180
مقدار کل گالون آب در کویل (GPM)	01	01	01	01
افت فشار آب در کویل	0.28	0.28	0.28	0.28
بار کل حرارتی	43295	43295	43295	43295
سلا کویل	4.41	4.41	4.41	4.41
تعداد پرده ر ترمز کویل	1/8	1/8	1/8	1/8
نوع مدار کویل	HALF	HALF	HALF	HALF
جنس کویل	COPPER	COPPER	COPPER	COPPER
نوع رطوبت زن	STEAM JACKET	STEAM JACKET	STEAM JACKET	STEAM JACKET
مصرف بخار	50.2	50.2	50.2	50.2
فشار مصرفی	15	15	15	15
نوع	V FILTER	V FILTER	V FILTER	V FILTER
قدرت جذب بر حسب	10-25%	10-25%	10-25%	10-25%
حداکثر افت فشار در حالت تکثیر	0.3	0.3	0.3	0.3
نوع	OS-DOP	OS-DOP	OS-DOP	OS-DOP
قدرت جذب بر حسب	—	—	—	—
حداکثر افت فشار در حالت تکثیر	—	—	—	—
نوع	BAG FILTER	BAG FILTER	BAG FILTER	BAG FILTER
قدرت جذب بر حسب	95 %	95 %	95 %	95 %
حداکثر افت فشار در حالت تکثیر	.85	.85	.85	.85
نوع	HEPA FILTER	HEPA FILTER	HEPA FILTER	HEPA FILTER
قدرت جذب بر حسب	99 %	99 %	99 %	99 %
حداکثر افت فشار در حالت تکثیر	0.85	0.85	0.85	0.85
نوع فن	BACKWARD	BACKWARD	BACKWARD	R.P.L
فشار استاتیکی خارجی	0.44	0.44	0.44	0.44
فشار استاتیکی کل	2.41	2.41	2.41	2.41
سرعت موتور	2900	2900	2900	2900
قدرت موتور	1x2	1x2	1x2	1x2
مشخصات الکتریکی موتور	380-3-50	380-3-50	380-3-50	380-3-50
نوع فن	BACKWARD	BACKWARD	BACKWARD	R.P.L
فشار استاتیکی خارجی	0.33	0.33	0.33	0.33
فشار استاتیکی کل	—	—	—	—
سرعت موتور	1450	1450	1450	1450
قدرت موتور	1x0.75	1x0.75	1x0.75	1x0.75
مشخصات الکتریکی موتور	380-3-50	380-3-50	380-3-50	380-3-50

ظرفیت برودتی کویل سرمایی و کویل گرمایی در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه به ترتیب ۳۵٪ و ۶۱٪ کاهش یافته است. به طرح اصلاحیه در مقایسه با طرح اولیه فن هوای برگشت اضافه شده است.

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

اگزاست فن

طرح اولیه

جدول مشخصات مکنده های هوا							
شماره	تعداد	مورد استفاده	نوع	اصال موتور به پروژه	ظنارها به تک درجه	ظنارسانی مکنده به عدد آب	مشخصات موتور
							ولت ، فشار ، حرارت قدرت kW
NO.Exh.001	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1800	0.30	50-3-380
NO.Exh.002	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1800	0.30	50-3-380
NO.Exh.003	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1800	0.30	50-3-380
NO.Exh.004	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1800	0.30	50-3-380
NO.Exh.005	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1800	0.30	50-3-380
NO.Exh.006	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1800	0.30	50-3-380
NO.Exh.007	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1800	0.30	50-3-380
NO.Exh.008	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1800	0.30	50-3-380
NO.Exh.009	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1800	0.30	50-3-380
NO.Exh.010	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1800	0.30	50-3-380

طرح اصلاح شده

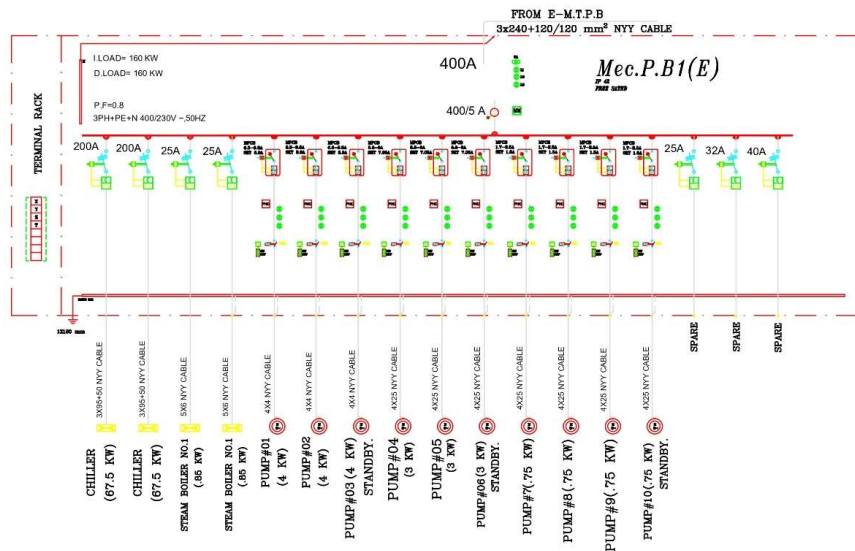
جدول مشخصات مکنده های هوا							
شماره	تعداد	مورد استفاده	نوع	اصال موتور به پروژه	ظنارها به تک درجه	ظنارسانی مکنده به عدد آب	مشخصات موتور
							ولت ، فشار ، حرارت قدرت kW
NO.Exh.001	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1200	0.30	50-3-380
NO.Exh.002	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1200	0.30	50-3-380
NO.Exh.003	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1200	0.30	50-3-380
NO.Exh.004	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1200	0.30	50-3-380
NO.Exh.005	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1200	0.30	50-3-380
NO.Exh.006	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1200	0.30	50-3-380
NO.Exh.007	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1200	0.30	50-3-380
NO.Exh.008	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1200	0.30	50-3-380
NO.Exh.009	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1200	0.30	50-3-380
NO.Exh.010	2	اتاق عمل طبقه پنجم	UTILITY FAN	DIRECT	1200	0.30	50-3-380

ظرفیت دبی هوای فن‌های اگزاست در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه ۳۳٪ کاهش یافته است.

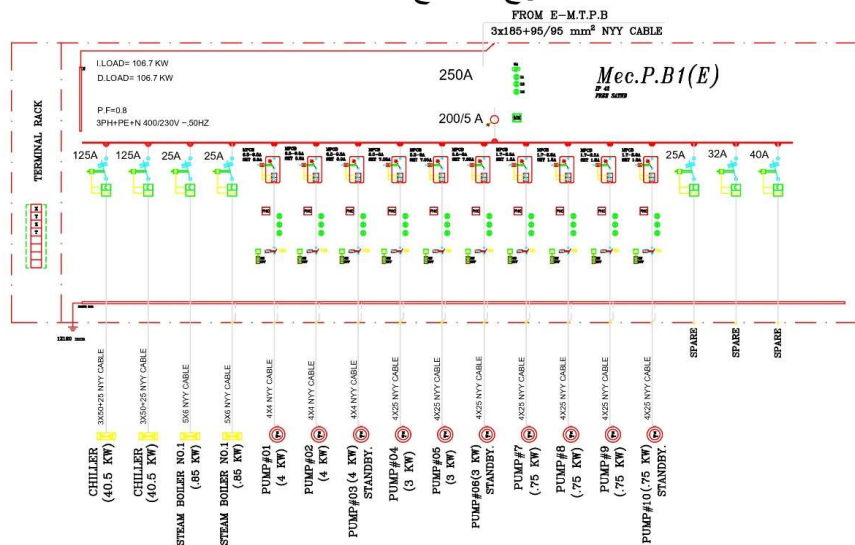
بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

تابلو برق چیلر، دیگ و پمپ

طرح اولیه



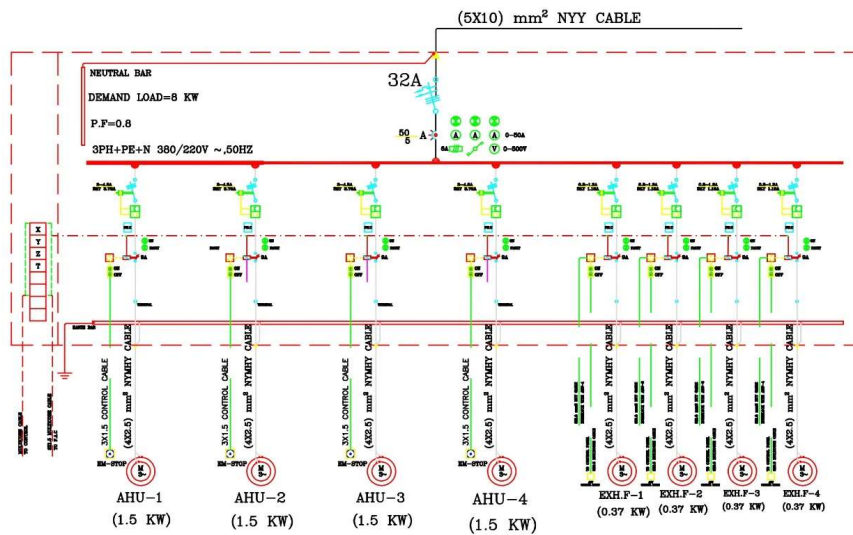
طرح اصلاح شده



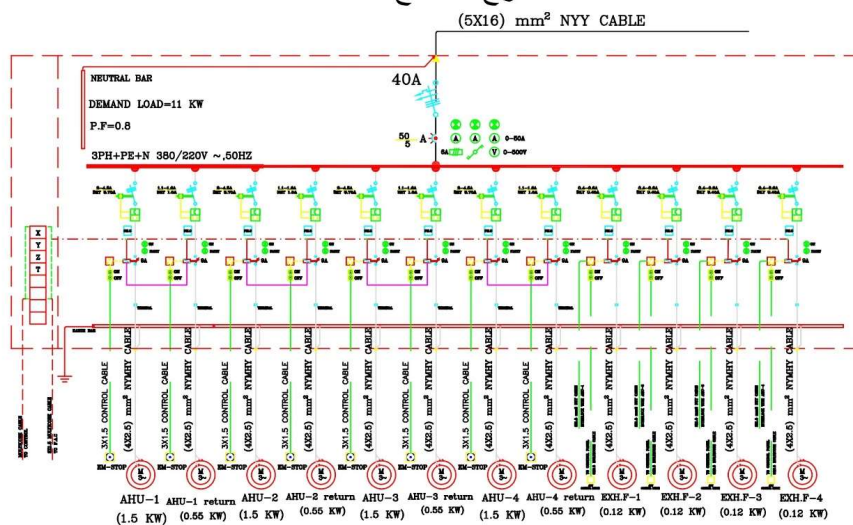
مصرفی چیلر، دیگ و پمپ‌ها در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه ۳۳٪ کاهش یافته است.

تابلو برق فن‌ها

طرح اولیه



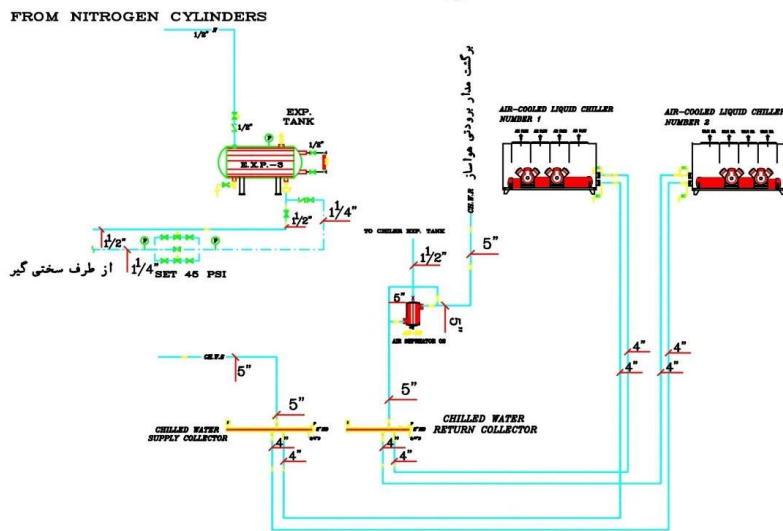
طرح اصلاح شده



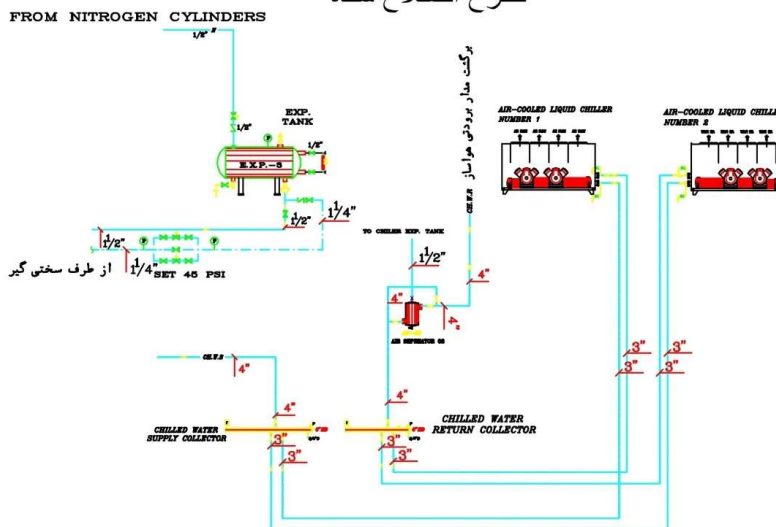
توان مصرفی فن‌ها در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه **۳۸٪ افزایش** یافته است. (با توجه به اضافه شدن فن هوای برگشت)

سایز لوله کشی چیلر

طرح اولیه



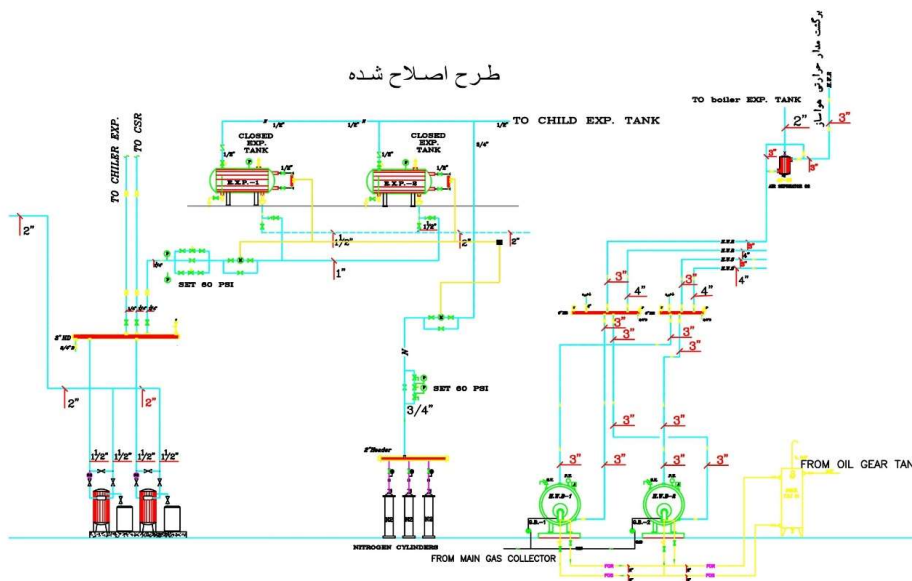
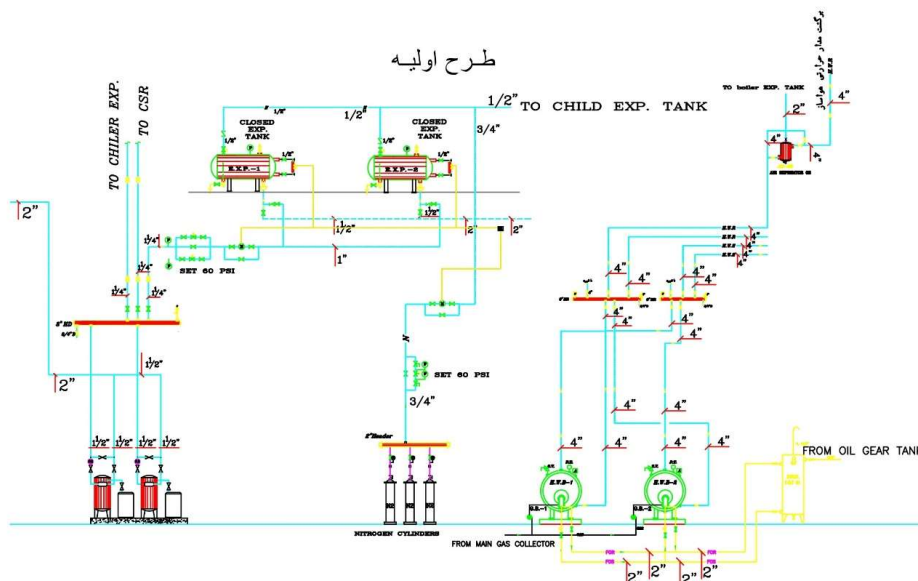
طرح اصلاح شده



لوله‌های اصلی که با رنگ قرمز مشخص شده‌اند در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه یک سایز کاهش یافته است.

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

سایز لوله کشی دیگ

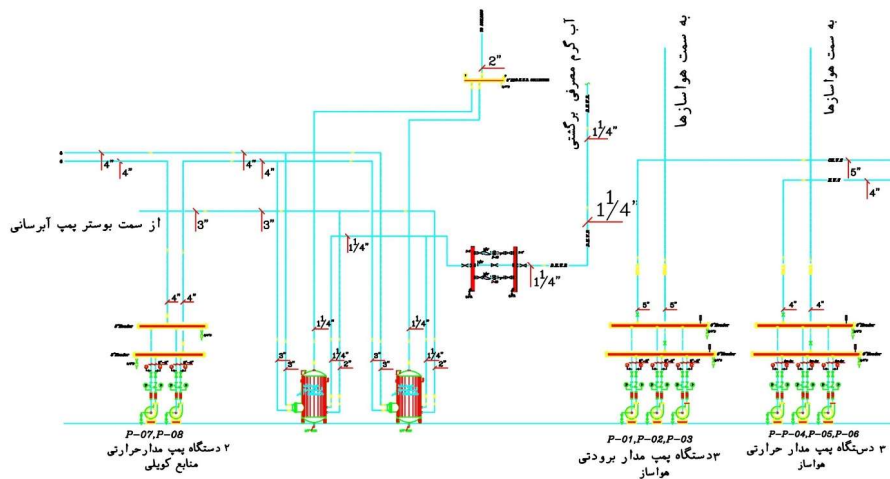


لوله‌های اصلی که با رنگ قرمز مشخص شده‌اند در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه یک سایز کاهش یافته است.

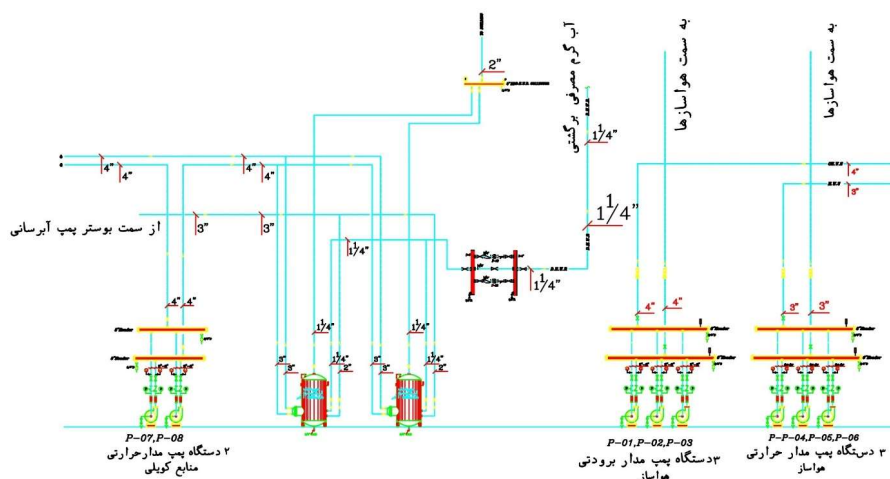
بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

سایز لوله‌کشی پمپ‌های تغذیه

طرح اولیه



طرح اصلاح شده



لوله‌های اصلی که با رنگ قرمز مشخص شده‌اند در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه یک سایز کاهش یافته است.

مصرف انرژی

کیلووات ساعت مصرفی برق

- طرح اولیه

Chiller kWh consumption = $2 \times 67.5 \text{ KW} \times 0.72 \text{ Demand} \times 0.58 \text{ IPLV avg demand} \times 24 \text{ hr} \times 30 \text{ Day} \times 6 \text{ Month} = 243,544 \text{ kWh}$
 Fan kWh consumption = $8 \text{ KW} \times 24 \text{ hr} \times 365 \text{ Day} = 70,080 \text{ kWh}$
 kWh price consumption = $(243544 + 70080) \times 0.06 \text{ Dollar/kWh} = 18,817 \text{ \$}$

- طرح اصلاحیه

Chiller kWh consumption = $2 \times 40.5 \text{ KW} \times 0.72 \text{ Demand} \times 0.58 \text{ IPLV avg demand} \times 24 \text{ hr} \times 30 \text{ Day} \times 6 \text{ Month} = 146,127 \text{ kWh}$
 Fan kWh consumption = $11 \text{ KW} \times 24 \text{ hr} \times 365 \text{ Day} = 96,360 \text{ kWh}$
 kWh price consumption = $(146127 + 96360) \times 0.06 \text{ Dollar/kWh} = 14,549 \text{ \$}$

کیلووات ساعت و هزینه برق مصرفی طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه % ۲۳ کاهش یافته است. (با توجه به تغییرات ناچیز برق مصرفی در پمپ‌ها و دیگ‌ها، محاسبه برق مصرفی آن‌ها در نظر گرفته نشده است)

مصرف گاز

- طرح اولیه

Boiler heating load gas consumption = $2 \times 44.6 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.72 \text{ Demand} \times 0.55 \text{ heating load avg demand} \times 24 \text{ hr} \times 30 \text{ Day} \times 6 \text{ Month} = 152,596 \text{ m}^3$
 Gas price consumption = $152596 \times 0.3 \text{ Dollar/m}^3 = 45,779 \text{ \$}$

- طرح اصلاحیه

Boiler heating load gas consumption = $2 \times 25.8 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.72 \text{ Demand} \times 0.37 \text{ heating load avg demand} \times 24 \text{ hr} \times 30 \text{ Day} \times 6 \text{ Month} = 59,384 \text{ m}^3$
 Gas price consumption = $59384 \times 0.3 \text{ Dollar/m}^3 = 17,815 \text{ \$}$

گاز مصرفی و هزینه آن در طرح اصلاحیه نسبت به طرح اولیه % ۶۱ کاهش یافته است. (با توجه به ثابت بودن بار آبگرم مصرفی، در محاسبات در نظر گرفته نشده‌اند)

۷. خلاصه مقایسه‌ای ظرفیت‌ها و هزینه‌های اجرای زیرساخت و تولید انرژی

خلاصه مقایسه ظرفیت‌های تجهیزات زیرساخت، هزینه‌های اجرای زیرساخت و مقایسه کلی هزینه‌های اجرای زیرساخت و تولید انرژی در دو حالت که حالت اول بدون دستگاه پلاسماشیلد و حالت دوم با دستگاه پلاسماشیلد در نظر گرفته شده به ترتیب در جدول‌های ۵، ۶، ۷ و ۸ نمایش داده شده است.

ردیف	دستگاه	ظرفیت در طرح اولیه	ظرفیت در طرح اصلاحیه	درصد تغییر	نوع تغییر
۱	دو دستگاه چیلر	۴۱.۷ تن تبرید	۲۷ تن تبرید	۳۶	کاهش
۲	دو دستگاه دیگ	۳۵۷۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت	۲۰۷۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت	۴۲	کاهش
۳	مشعل	۳۹۷۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت	۲۳۰۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت	۴۲	کاهش
۴	منبع ذخیره سوخت	۲۴۱۰۰ لیتر	۱۳۹۵۰ لیتر	۴۲	کاهش
۵	دو دکش دیگ	قطر ۴۰ سانتی متر	قطر ۳۱ سانتی متر	۲۳	کاهش
۶	سه منبع انبساط بسته	۴۰۰ لیتر	۳۰۰ لیتر	۲۵	کاهش
۷	دو دستگاه سختی گیر	۴۱۰۰۰۰ گرمین	۲۱۰۰۰۰ گرمین	۴۹	کاهش
۸	سه دستگاه پمپ جهت گرمایش	دی ۶.۸ متر مکعب	دی ۵ متر مکعب	۲۵	کاهش
۹	سه دستگاه پمپ جهت سرمایش	دی ۱۱.۳۵ متر مکعب	دی ۸.۵ متر مکعب	۲۵	کاهش
۱۰	کویل سرمایی هواساز	۵۷۲۱۹ بی تی یو	۳۲۲۶۹ بی تی یو	۳۵	کاهش
۱۱	کویل گرمایی هواساز	۱۱۱۲۹۰ بی تی یو	۴۳۲۹۵ بی تی یو	۶۱	کاهش
۱۲	اگزاست فن	۱۸۰۰ فوت مکعب در دقیقه	۱۲۰۰ فوت مکعب در دقیقه	۳۳	کاهش
۱۳	توان مصرفی چیلر و دیگک و پمپ	۱۶۰ کیلووات	۱۰۶.۷ کیلووات	۳۳	کاهش
۱۴	توان مصرفی فن‌ها	۸ کیلووات	۱۱ کیلووات	۲۸	افزایش
۱۵	سایز لوله کشی چیلر	۴ اینچ	۱۳ اینچ	یک سایز	کاهش
۱۶	سایز لوله کشی دیگک	۴ اینچ	۱۳ اینچ	یک سایز	کاهش
۱۷	سایز لوله کشی پمپ‌ها	۴ اینچ	۱۳ اینچ	یک سایز	کاهش

جدول ۵. مقایسه خلاصه ظرفیت‌های تجهیزات زیرساخت

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

ردیف	کد کالا	دستگاه	هزینه در طرح اولیه	هزینه در طرح اصلاحیه	درصد تغییر	نوع تغییر
۱	DCA70-S2Y-2E-IR DCA40-S2Y-2E-IR	دو دستگاه چیلر	۴۵,۸۸۹,۰۰۰,۰۰۰	۲۵,۹۸۵,۶۰۰,۰۰۰	۴۳	کاهش
۲	RT-CBF 053 RT-CBF 038	دو دستگاه دیگ چگشی	۲۱,۳۳۶,۵۰۴,۰۰۰	۱۷,۱۷۶,۰۰۲,۰۰۰	۱۹	کاهش
۳	-	مشل	در هزینه دیگ لحاظ شده است	در هزینه دیگ لحاظ شده است	-	-
۴		دو دکش دیگ	۴۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۳۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۷	کاهش
۵	HTM 400 HTM 300	سه منبع فضا بسته	۴۸۰,۰۰۰,۰۰۰	۳۳۰,۰۰۰,۰۰۰	۳۱	کاهش
۶	300000 Gram 200000 Gram	دو دستگاه سختی گیر	۱,۱۲۲,۰۰۰,۰۰۰	۱,۱۹۸,۰۰۰,۰۰۰	۳۶	کاهش
۷	MBB03-E-E-3-400-00-2 MBB03-N-E-3-400-00-2 MBB04-E-E-3-380-00-2 MBB04-N-E-3-400-00-2	پمپ‌های گرمایش و سرمایش	۲,۵۸۷,۸۷۸,۰۰۰	۲,۴۲۸,۰۴۰,۴۰۰	۶	کاهش
۸	DA250-BN DA250-BN	چهار دستگاه هواساز	۱۳,۴۲۸,۸۰۰,۰۰۰	۱۲,۳۳۸,۸۰۰,۰۰۰	۸	کاهش
۹	BEB-501S2GT BEB-4014Z4T	اگزاست و برگشت هوای فن‌ها	۱,۰۳۲,۰۰۰,۰۰۰	۱,۰۲۸,۴۰۰,۰۰۰	۰	اختلاف ناچیز
۱۰		فیلتر برق چیلر، دیگ و پمپ	۲,۱۷۴,۵۵۰,۰۰۰	۲,۰۰۲,۸۷۵,۰۰۰	۸	کاهش
۱۱		فیلتر برق فن‌ها	۵۶۰,۸۰۵,۰۰۰	۷۶۸,۸۱۵,۰۰۰	۳۷	افزایش
۱۲		تپه و اجرای لوله فولادی	۱,۵۴۰,۰۰۰,۰۰۰	۱,۳۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۲	کاهش
۱۳		کابل برق چیلر، دیگ و پمپ	۴,۶۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۳,۵۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۳	کاهش
۱۴		کابل برق فن‌ها	۳۰۵,۰۰۰,۰۰۰	۴۶۵,۰۰۰,۰۰۰	۵۲	افزایش
۱۵		کفالی کتی تخلیه و برگشت هوا	۲,۷۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۴,۰۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۵۰	افزایش
۱۶	-	هزینه مصرف برق چیلر	\$ ۱۸,۸۱۷	\$ ۱۴,۵۴۹	۲۳	کاهش
۱۷	-	هزینه مصرف گاز دیگ	۵۵۰,۱۲۴,۴۰۰	۳۳۱,۵۹۷,۶۰۰	۶۱	کاهش

جدول ۶. خلاصه مقایسه هزینه‌های اجرای زیرساخت (به تاریخ شهریور ۱۴۰۲)

ردیف	دستگاه	هزینه در طرح اولیه (بدون دستگاه پلاسماشیلد)	هزینه در طرح اصلاحیه (با دستگاه پلاسماشیلد)	درصد تغییر	توضیحات
۱	تجهیزات سرمایشی	۴۵,۸۸۹,۰۰۰,۰۰۰	۲۵,۹۸۵,۶۰۰,۰۰۰	۴۳	چیلرها
۲	تجهیزات گرمایشی	۲۱,۳۳۶,۵۰۴,۰۰۰	۱۷,۱۷۶,۰۰۲,۰۰۰	۱۹	دیگ‌ها
۳	هواساز	۱۳,۴۲۸,۸۰۰,۰۰۰	۱۲,۳۳۸,۸۰۰,۰۰۰	۹	هواسازها
۴	تاسیسات برقی	۷,۶۴۰,۳۵۵,۰۰۰	۶,۷۵۴,۶۹۰,۰۰۰	۱۲	فیلتر و کابل
۵	تجهیزات جانبی	۷,۶۸۱,۸۷۸,۰۰۰	۶,۵۳۴,۴۴۰,۴۰۰	۱۵	فن تخلیه و برگشت، پمپ، سختی گیر، منبع انبساط، لوله کتی و دکش
۶	دستگاه پلاسماشیلد	۰	۴۸,۶۴۰,۰۰۰,۰۰۰	-	با فرض هر دلار استرالیا ۳۲۰۰۰ ریال و حذف یک منبع تغذیه برای هر اتاق عمل
	جمع کل	۹۵,۹۶۶,۵۳۷,۰۰۰	۱۱۷,۳۲۹,۵۳۲,۴۰۰	۲۲	
	ماه تفاوت		۲۱,۳۶۲,۹۹۵,۴۰۰		

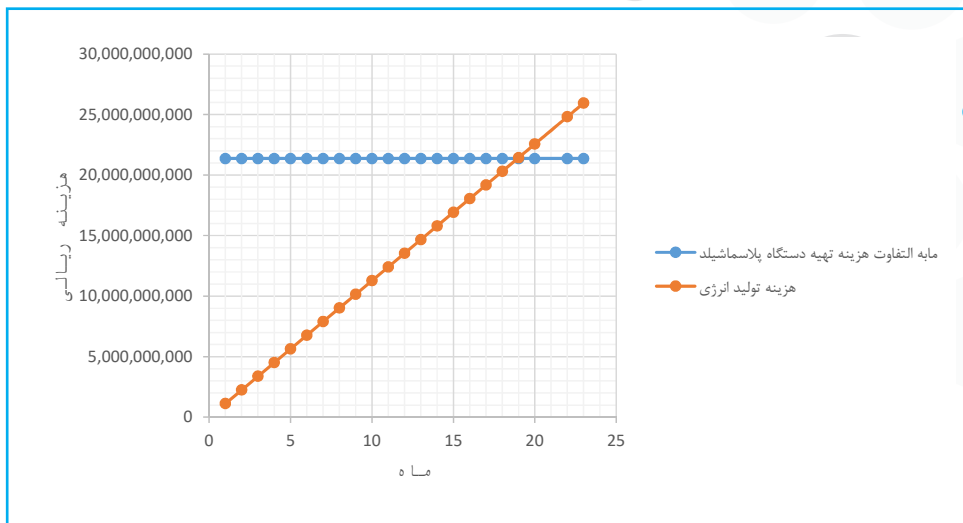
جدول ۷. خلاصه مقایسه کلی هزینه‌های اجرای زیرساخت

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

ردیف	دستگاه	هزینه مصرفی انرژی در طرح اولیه (سالیانه)	هزینه تولید انرژی در طرح اصلاحیه (سالیانه)	درصد تغییر	توضیحات
۱	انرژی برق	۷,۹۰۳,۱۴۰,۰۰۰	۶,۱۱۰,۵۸۰,۰۰۰	۲۳	بافرض هر کیلووات سلامت ۶ سنت و هر دلار آمریکا ۴۲۰۰۰ ریال
۲	انرژی گاز طبیعی	۱۹,۲۲۷,۰۹۶,۰۰۰	۷,۴۸۲,۳۸۴,۰۰۰	۶۱	بافرض هر مترمکعب گاز طبیعی ۳۰ سنت و هر دلار آمریکا ۴۲۰۰۰ ریال
	جمع کل	۲۷,۱۳۰,۲۳۶,۰۰۰	۱۳,۵۹۲,۹۶۴,۰۰۰	۵۰	
	مابه التفاوت	۱۳,۵۳۷,۲۷۲,۰۰۰			

جدول ۸. خلاصه مقایسه کلی هزینه‌های تولید انرژی

خلاصه مابه التفاوت هزینه تهیه دستگاه پلاسماشیلد با تکنولوژی بایو-هپا با کاهش هزینه‌های زیر ساخت و مصرف انرژی به صورت نموداری در شکل ۱۰ نمایش داده شده است. این مابه التفاوت در طول استفاده پس از ۱۹ ماه مستهلک شده و بازگشت سرمایه انجام می‌پذیرد.



شکل ۱۰. خلاصه مابه التفاوت هزینه تهیه دستگاه پلاسماشیلد و هزینه تولید انرژی

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

۸. جدول مشخصات فنی و جزئیات نصب

جدول ۹. مشخصات دستگاه پلاسماشیلد MMD 600




Technical Specifications:
MMD 600

PRODUCT		MODEL MMD600
Treatment Capacity		1100 m ³ /hr 320 l/s
Rated face velocity		1.8 m/s
Filtration Rating		HEPA (99.95%)
Pressure Drop		120 Pa
User Interface		Mobile Phone App (Android /iOS) Low-level BMS connectivity
System Configuration		HVAC integrated (Return, Supply, Standalone)
Dimensions	Master	720 (W) x 320 (H) x 480 (L) mm
	Slave	630 (W) x 320 (H) x 480 (L) mm



Slave unit
Master unit

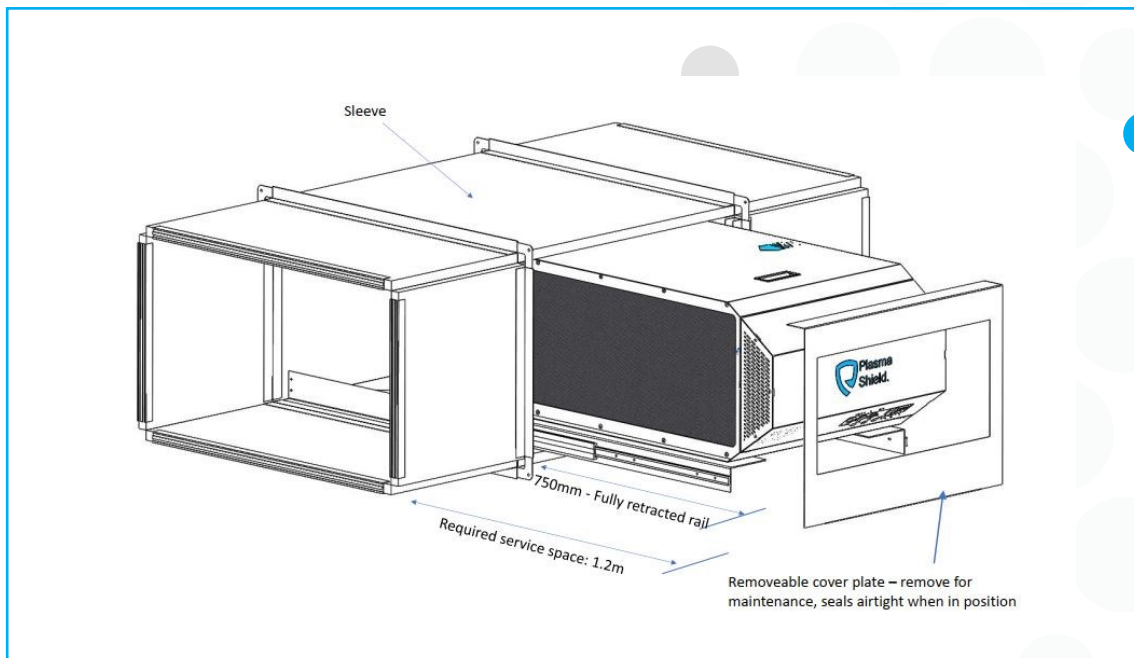
System Weight	35 kg (Master unit) 30 kg (expandable Slave unit)
Voltage and Frequency	100-240 VAC 50/60 Hz
Power Consumption	100 VA (nominal) 250 VA (max)
Operating conditions	-10 °C to +40 °C 10% to 85% relative humidity non-condensing
Noise Level	< 5 dB (HVAC integrated configuration)

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل



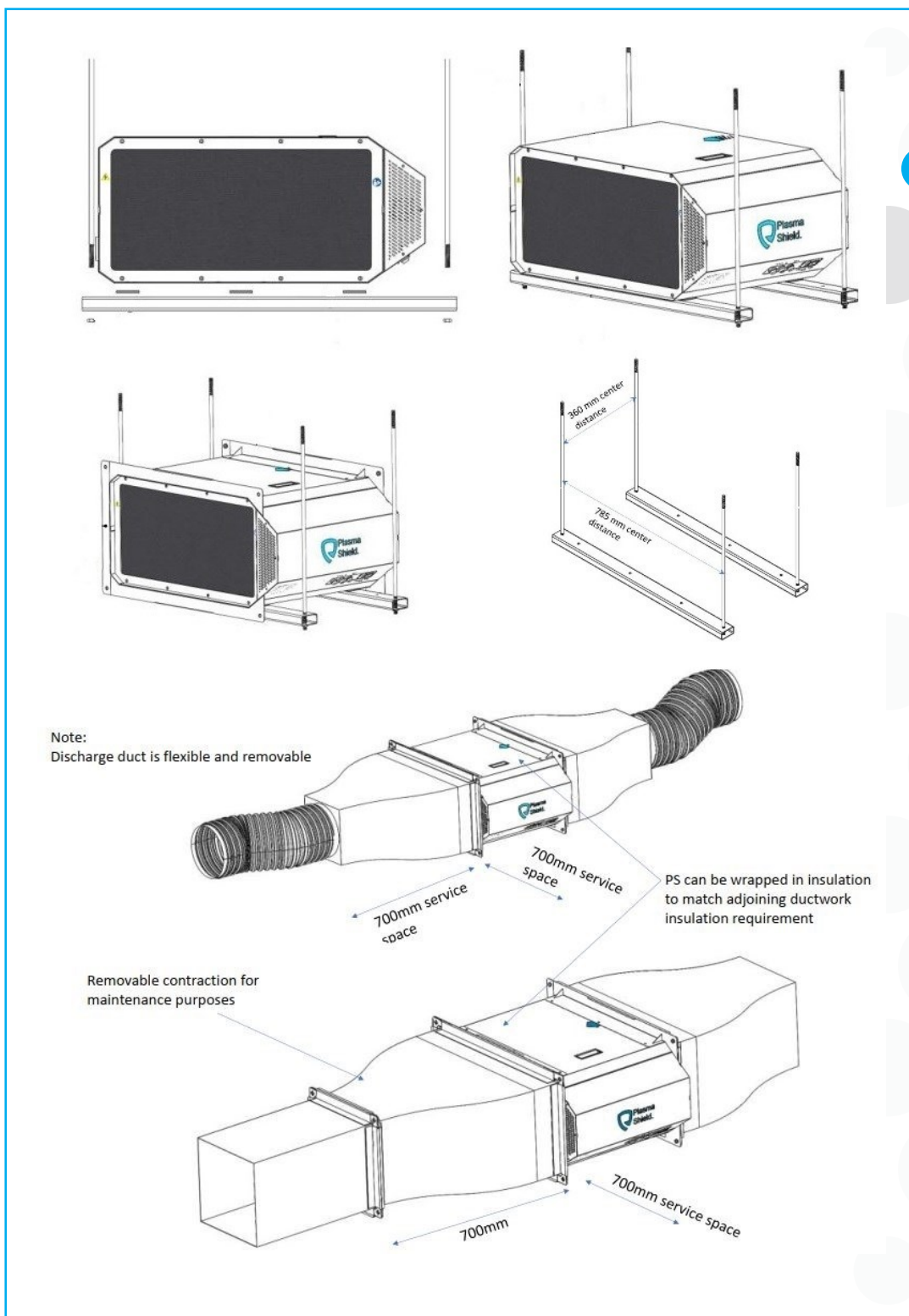
دستگاه پلاسماشیلد بسته به شرایط پروژه امکان نصب در حالت‌های گوناگون را دارد. قابلیت نصب به صورت افقی کشویی، افقی آویز از سقف، نصب افقی بر روی کف، نصب عمودی و در زوایای مختلف و نصب به صورت مدولار را دارد. در شکل‌های ۹ الی ۱۱. جزئیات نصب سه حالت پرکابرد دستگاه پلاسماشیلد MMD600 نشان داده شده است. برای نصب دستگاه در هر حالت باید فضای مورد نیاز جهت تعمیرات و نگهداری در نظر گرفته شود. قبل از نصب دستگاه برای تعیین موقعیت بهینه و نیازهای خاص در نصب، بررسی‌های لازم انجام می‌شود که بهترین گزینه نصب پیشنهاد شود.

همانطور که در کاتالوگ فیلترهای هپا ذکر می‌شود، این فیلترها ۲۰۰-۴۰۰ پاسکال افت فشار در سیستم ایجاد می‌کند که باعث نیاز به فن با قدرت و مصرف انرژی بیشتر خواهد شد. اما افت فشار در نظر گرفته شده در فیلتر دستگاه پلاسماشیلد با راندمان ۹۹/۹۷٪ با کارایی معادل فیلتر هپا حدود ۱۲۰ پاسکال می‌باشد که در مقایسه با فیلترهای متداول هپا قدرت و مصرف انرژی فن را کاهش می‌دهد. دهانه ورودی و خروجی دستگاه به وسیله فلنج‌های مهندسی شده به خوبی هوا بند شده که از نشتی هوا به خارج از کانال جلوگیری شود. پلاسماشیلد دستگاهی هوشمند است که از طریق Wifi و اپلیکیشن خود توسط کاربر تنظیم و برنامه ریزی شده و حتی قابلیت اتصال به سیستم BMS را نیز دارد. در صورت نیاز می‌توان دستگاه را به کنترلر سیمی مجهز کرد. پلاسماشیلد می‌تواند گزارش عملکرد روزانه/هفتگی/ماهانه را ارائه دهد. نرم‌افزار Plasma Shield برای دانلود از فروشگاه مربوط به دستگاه‌های آی‌اواس یا دستگاه‌های اندروید در دسترس است.



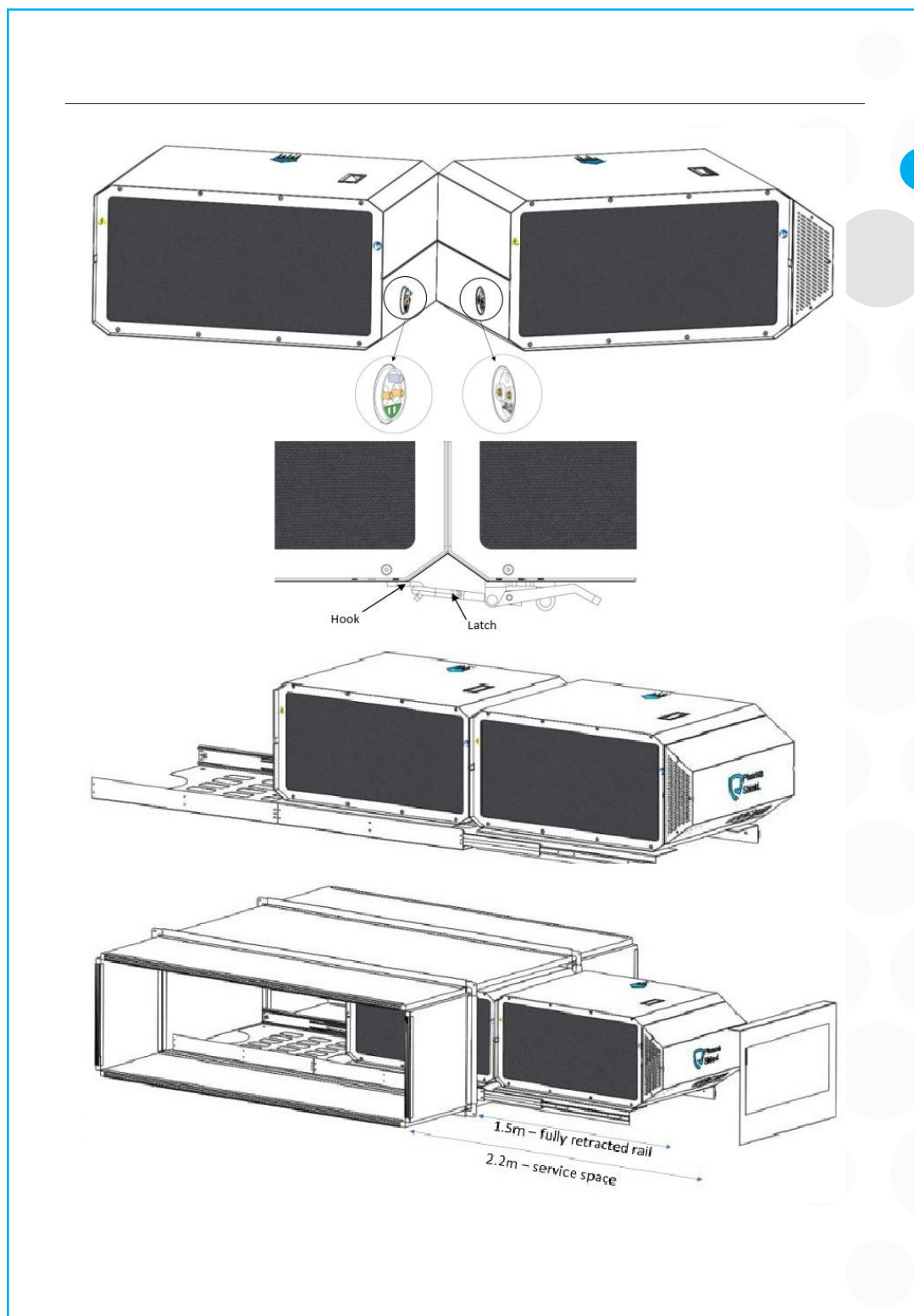
شکل ۱۱. جزئیات نصب افقی دستگاه پلاسماشیلد به صورت کشویی

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل



شکل ۱۲. جزئیات نصب افقی دستگاه پلاسماشیلد به صورت آویز

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل



شکل ۱۳. جزئیات نصب افقی دستگاه پلاسماشیلد به صورت مدولار

۹. منابع

- ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2019, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality
- ANSIASHRAEASHE Standard 170-2021, Ventilation of Health Care Facilities
- ASHRAE Standard 241-20203, Control of Infectious Aerosols
- HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics by ASHRAE
- Whiley, H., Keerthirathne, T. P., Kuhn, E. J., Nisar, M. A., Sibley, A., Speck, P., & Ross, K. E. (2022). Efficacy of the PlasmaShield®, a Non-Thermal, Plasma-Based Air Purification Device, in Removing Airborne Microorganisms. *Electrochem*, 3(2), 276-284. <https://doi.org/10.3390/electrochem3020019>
- Zhao, W.; Alwahabi, Z.T. Diagnostics of Air Purification Plasma Device by Spatially Resolved Emission Spectroscopy. *Plasma* 2022, 5, 206-220. <https://doi.org/10.3390/plasma5020016>
- Pisaniello, Dino (2022). Final Technical Report - Evaluation of the PlasmaShield Air Purification System. The University of Adelaide. Online resource. <https://doi.org/10.25909/6299f17f885fc>
- Zhao, W., Alwahabi, Z.T. Two-dimensional imaging of excited N₂ molecules produced in an air purification device. *J Vis* 26, 509-516 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12650-022-00895-y>
- Pisaniello, Dino (2022). Final Technical Report - Evaluation of the PlasmaShield Air Purification System. The University of Adelaide. Online resource. <https://doi.org/10.25909/6299f17f885fc>
- Airborne particulate matter filtration utilising non-thermal plasma air purification. University of South Australia, accepted for publication by ASHRAE journal
- Air purification for indoor environments, what do comparative data for free standing and fixed systems tell us about effectiveness for risk management, AIOH 39th Annual Conference, Brisbane, December 2022 (ISBN 978-0-646-86879-0), https://www.aioh.org.au/product/simple-sustainable-solutions-_2022/
- Fu Shaw, L., Chen, I. H., Chen, C. S., Wu, H. H., Lai, L. S., Chen, Y. Y., & Wang, F. (2018). Factors influencing microbial colonies in the air of operating rooms. *BMC infectious diseases*, 18(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s12879-017-2928-1>
- Masia MD, Dettori M, Deriu GM, Soddu S, Deriu M, Arghittu A, Azara A, Castiglia P. Microbial Monitoring as a Tool for Preventing Infectious Risk in the Operating Room: Results of 10 Years of Activity. *Atmosphere*. 2021; 12(1):19. <https://doi.org/10.3390/atmos12010019>
- World Health Organization. Global Guidelines on the Prevention of Surgical Site Infection. 2016. Available online: <https://www.who.int/gpsc/ssi-guidelines/en/> (accessed on 16 November 2020).
- Collaborative G Determining the worldwide epidemiology of surgical site infections after gastrointestinal resection surgery: protocol for a multicentre, international, prospective cohort study (GlobalSurg 2) *BMJ Open* 2017;7:e012150. doi: 10.1136/bmjopen-2016-012150
- Brock D. Lutz and others, Outbreak of Invasive Aspergillus Infection in Surgical Patients, Associated with a Contaminated Air-Handling System, *Clinical Infectious Diseases*, Volume 37, Issue 6, 15 September 2003, Pages 786-793, <https://doi.org/10.1086/377537>
- Lidwell, O.M.; Lowbory, E.J.L.; Whyte, W.; Blowers, R.; Stanley, S.J.; Lowe, D. Airborne contamination of wounds in joint replacement operations: The relationship to sepsis rates. *J. Hosp. Infect.* 1983, 4, 11-31, [https://doi.org/10.1016/0195-6701\(83\)90041](https://doi.org/10.1016/0195-6701(83)90041)

بررسی مقایسه‌ای ظرفیت سیستم تهویه مطبوع و مصرف انرژی در اتاق عمل

- Pasqualotto, A.C.; Denning, D.W. Post-operative aspergillosis. Clin. Microbiol. Infect. 2006, 12, 1060-1076, <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2006.01512.x>.
- Zarei M, Shahbazi M, Ghorbani S, Babajani-Vafsi S. The Role of Airborne Bacteria-Carrying Particles in Contamination of Sterile Surfaces in the Operating Room and Coping Strategies: A Review Study. Paramedical Sciences and Military Health 2022; 16 (4) :52-64
<http://jps.ajaums.ac.ir/article-1-300-fa.html>
- Dansby, W., Purdue, G., Hunt, J., Arnoldo, B., Phillips, D., Moody, B., Kemp, D., Byrd, L., Walter, P., & Luby, J. (2008). Aerosolization of methicillin-resistant Staphylococcus aureus during an epidemic in a burn intensive care unit. Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association, 29(2), 331-337. <https://doi.org/10.1097/BCR.0b013e3181667583>
- Dansby, W., Purdue, G., Hunt, J., Arnoldo, B., Phillips, D., Moody, B., Kemp, D., Byrd, L., Walter, P., & Luby, J. (2008). Aerosolization of methicillin-resistant Staphylococcus aureus during an epidemic in a burn intensive care unit. Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association, 29(2), 331-337. <https://doi.org/10.1097/BCR.0b013e3181667583>
- Kim, J. J., Blevins, M. W., Brooks, D. J., Stehle, J. R., Jr, McLouth, C. J., Viviano, J. P., Holmes Iv, J. H., & Bischoff, W. E. (2019). Successful control of a methicillin-resistant Staphylococcus aureus outbreak in a burn intensive care unit by addition of universal decolonization with intranasal mupirocin to basic infection prevention measures. American journal of infection control, 47(6), 661-665. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2018.11.016>
<https://rahfan.com>

•استاندارد برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان ایمن

- قانی، امیرمحمد، حسینی ایرانی، سیدجلیل، محمدی، حمیرا، و ایازی، زهرا. (۱۳۹۴). روشهای کنترل عفونت در بخش های مراقبت ویژه (ICU).کنگره بین المللی استراتژی های پیشگیری برای عفونت های مرتبط با مراقبت از بیمار. SID. <https://fa/893813/sid.ir/paper>
- کاشفی الاصل، مرتضی، ربانی، محمد، و رستگارمقدم مودب، افسانه. (۱۳۸۰). بررسی آلودگی میکروبی قسمت های مختلف اتاق های عمل جراحی یک بیمارستان در تهران (سال ۱۳۷۹). علوم و تکنولوژی محیط زیست، (۹)، ۴۱-۴۹. SID. <https://fa/87148/sid.ir/paper>
- گنج بخش، مجید، نجف زاده، محمدجواد، فتی، عبدالمجید، و جراحی، لیدا. (۱۳۹۸). آلودگی های قارچی در هوای اتاق های عمل ۱۳ بیمارستان در مشهد. مجله دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ۶۲(۲)، ۱۴۶۶-۱۴۷۳. SID. <https://fa/52275/sid.ir/paper>
- شکری، ثنا، نیک پی، احمد، اله بخش غیاثوند، زینب، و محمدزاده، الناز. (۱۳۹۵). بررسی شاخص کیفیت هوا در بخش های داخلی بیمارستان بوعلی سینای قزوین (۱۳۹۴). مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین، ۲۰(۴ پی در پی ۸۷)، ۵۹-۶۶. SID. <https://fa/49264/SID>
- عطاردی، زهرا و بیرامی، وحید و قیامی، نجمه، ۱۳۹۷، بررسی نوع میکروارگانیسم های موجود در هوای اتاق عمل بیمارستان ها، اولین همایش پژوهشی سالیانه دانشجویی اتاق عمل کشور، تهران. <https://civilica.com/doc/857932>
- افخم زاده، عبدالرحیم، مجیدی، فرید، و احمدی، چنور. (۱۳۹۵). عوامل خطر عفونت بیمارستانی در بیماران سوختگی بستری شده در بیمارستان توحید سمنجان. مجله دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ۵۹(۴)، ۲۲۵-۲۳۲.