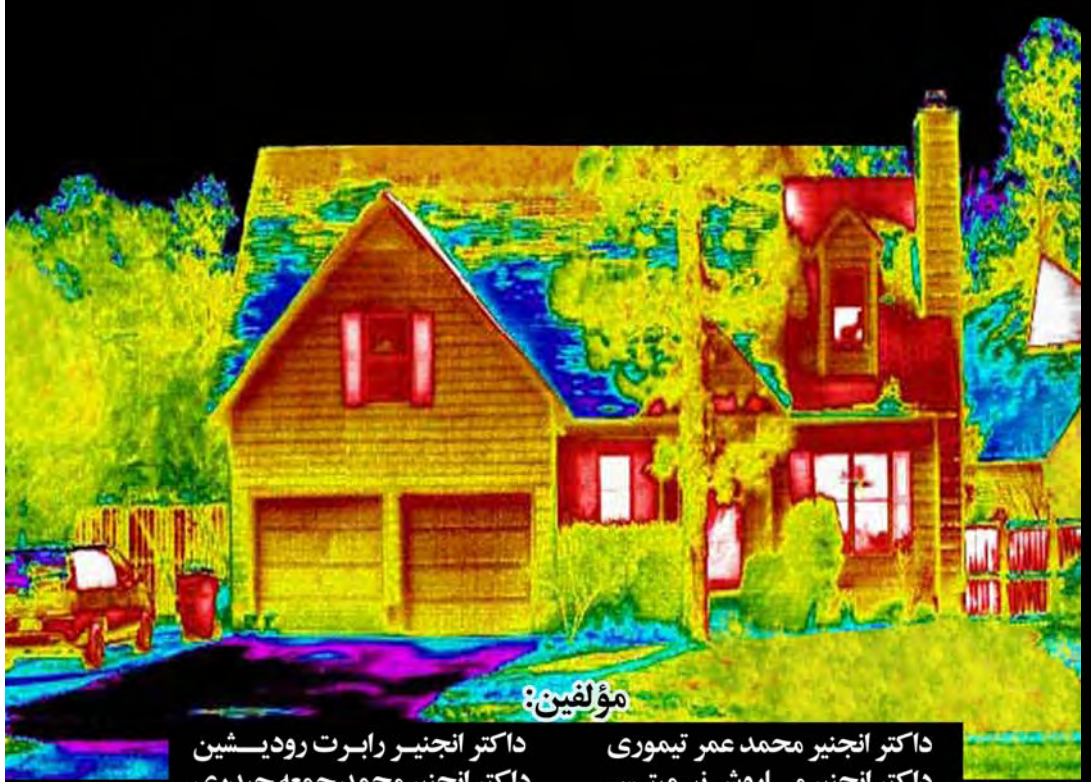
پوهنځی انجنیری ننګرهار

۲۰۱۵

چگونگی مصرف انـــرژی در ساختمان های رهایشی



مؤلفین:

داکتر انجنیر محمد عمر تیموری
داکتر انجنیـر رابـرت رودیـــشین
داکتر انجنیر مـــاروش نیـمیتـس
داکتر انجنیر محمد جمعه حیدری
انجنیر زوزانه تیکاچووا

همراسی دی

فروش منع است

۱۳۹۴

چگونگی مصرف انـــرژی در ساختمان های رهایشی
The Energy consumption in the residential houses

داکتر انجنیر محمد عمر تیموری
داکتر انجنیر رابرت رودیـــشین
داکتر انجنیر مـــاروش نیـمیتـس
داکتر انجنیر محمد جمعه حیدری
انجنیر زوزانه تیکاچووا

Nangarhar Engineering Faculty

Afghanic

Robert Rudišn, Mohammad Omar Temori, Juma Haydary
Maroš Nemec, Zuzana Tkáčová

The Energy consumption in the residential houses

Funded by
Kinderhilfe-Afghanistan

with CD

ISBN 978-9936-620-11-7
9 789936 620117

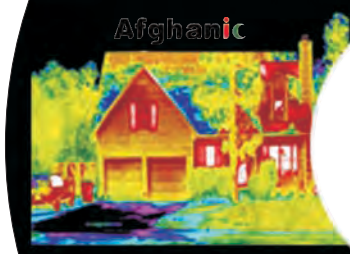
Not For Sale

2015

چگونگی مصرف انـــرژی
در ساختمان های رهایشی

داکتر انجنیر محمد عمر تیموری
داکتر انجنیـر رابـرت رودیـــشین
داکتر انجنیر مـــاروش نیـمیتـس
داکتر انجنیر محمد جمعه حیدری
انجنیر زوزانه تیکاچووا

Afghanic



Nangarhar Engineering Faculty
پوهنځی انجنیری ننګرهار

Funded by
Kinderhilfe-Afghanistan

Dari PDF
2015

The Energy consumption in the residential houses

Robert Rudišn, Mohammad Omar Temori, Juma Haydary
Maros Nemeč, Zuzana Tkacova

Download: www.ecampus-afghanistan.org

بسم الله الرحمن الرحیم

چگونگی مصرف انـــرژی
در ساختمان های رهایشی

چاپ دوم

داکتر انجنیر محمد عمرتیموری، داکتر انجنیر رابـــرت رو دیشن،
داکتر انجنیر ماروش نیمیتس، داکتر انجنیر محمد جمعه حیدری،
انجنیر زوزانه تکاچووا

این کتاب را همراه با تصاویر رنگه آن به فارمت پی دی اف در سی دی آن هم مطالعه میتوانید

نام کتاب: چگونگی مصرف انرژی در ساختمان های رهایشی
مؤلف: داکتر انجنیر محمد عمر تیموری، داکتر انجنیر رابرت رو دیشن
داکتر انجنیر ماروش نیمتس، داکتر انجنیر محمد جمعه حیدری
انجنیر زوزانه تکاچووا
ویراستار و طراح: انجنیر محمد مصطفی ح تیموری
ناشر: پوهنځی انجنیری ننگرهار
ویب سایت: www.nu.edu.af
تعداد: ۱۰۰۰
سال چاپ: ۱۳۹۴، چاپ دوم
دانلود: www.ecampus-afghanistan.org
محل چاپ: سهر مطبعه، کابل، افغانستان

این کتاب توسط کمیته جرمنی برای اطفال افغانستان (یک مؤسسهٔ خیریه خانوادهٔ ایروس در جرمنی) تمویل شده است.
امور اداری و تخنیکی کتاب توسط افغانیک انجام یافته است.
مسؤولیت محتوا و نوشتن کتاب، مربوط نویسنده و پوهنځی مربوطه می باشد.
ارگان های کمک کننده و تطبیق کننده مسؤول نمی باشند.

اگر میخواهید که کتابهای تدریسی شما چاپ گردد با ما به تماس شوید:
داکتر یحیی وردک، وزارت تحصیلات عالی، کابل
دفتر: ۰۷۵۶۰۱۴۶۴۰
ایمیل: wardak@afghanic.org

تمام حقوق نشر و چاپ همرای نویسنده محفوظ است.
ای اس بي ان: ISBN: 978 9936 620 117

د لوړو زده کړو وزارت پیغام

د بشر د تاریخ په مختلفو دورو کې کتاب د علم او پوهې په لاسته راوړلو، ساتلو او خپرولو کې ډیر مهم رول لوبولی دی. درسي کتاب د نصاب اساسي برخه جوړوي چې د زده کړې د کیفیت په لوړولو کې مهم ارزښت لري. له همدې امله د نړیوالو پیژندل شویو معیارونو، د وخت د غوښتنو او د ټولنې د اړتیاوو په نظر کې نیولو سره باید نوي درسي مواد او کتابونه د محصلینو لپاره برابر او چاپ شي.

له ښاغلو استادانو او لیکوالانو څخه د زړه له کومي مننه کوم چې دوامداره زیار یې ایستلی او د کلونو په اوږدو کې یې په خپلو اړوندو څانګو کې درسی کتابونه تألیف او ژباړلي دي، خپل ملي پور یې اداء کړی دی او د پوهې موتور یې په حرکت راوستی دی. له نورو ښاغلو استادانو او پوهانو څخه هم په درنښت غوښتنه کوم تر څو په خپلو اړوندو برخو کې نوي درسي کتابونه او درسي مواد برابر او چاپ کړی، چی له چاپ وروسته د ګرانو محصلینو په واک کې ورکړل شي او د زده کړو د کیفیت په لوړولو او د علمي پروسې په پرمختګ کې یې نېک ګام اخیستی وي.

د لوړو زده کړو وزارت دا خپله دنده بولي چې د ګرانو محصلینو د علمي سطحې د لوړولو لپاره د علومو په مختلفو رشتو کې معیاري او نوي درسی مواد برابر او چاپ کړي.

په پای کی د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمیټې له رئیس ډاکتر ایروس او زموږ همکار ډاکتر یحیی وردګ څخه مننه کوم چې د کتابونو د خپرولو لپاره یې زمینه برابره کړېده.

هیله منده یم چی نوموړې ګټوره پروسه دوام وکړي او پراختیا ومومي تر څو په نیږدې راتلونکې کې د هر درسي مضمون لپاره لږ تر لږه یو معیاري درسي کتاب ولرو.

په درنښت

پوهنوال دوکتور فریده مومند

د لوړو زده کړو وزیره

کابل، ۱۳۹۴

د درسي کتابونو چاپول

قدرمنو استادانو او گرانو محصلینو!

د افغانستان په پوهنتونونو کې د درسي کتابونو کموالی او نشتوالی له لویو ستونزو څخه گڼل کېږي. یو زیات شمیر استادان او محصلین نوي معلوماتو ته لاس رسی نه لري، په زاړه میتود تدریس کوي او له هغو کتابونو او چپترونو څخه گټه اخلي چې زاړه دي او په بازار کې په ټیټ کیفیت فوتوکاپي کېږي.

تراوسه پورې مونږ د ننگرهار، خوست، کندهار، هرات، بلخ او کاپیسا د طب پوهنځیو او کابل طبي پوهنتون لپاره ۱۷٦عنوانه مختلف طبي تدریسي کتابونه چاپ کړي دي، چې د هغوی له جملې څخه ۹۵ د DAAD او ۸۰ نور د kinderhilfe-Afghanistan په مالي مرسته چاپ شوي دي. د ننگرهار پوهنتون لپاره د ۲۰ نورو غیرطبي کتابونو د چاپ چارې روانې دي. د یادونې وړ ده چې نوموړي چاپ شوي کتابونه د هیواد ټولو طب پوهنځیو ته په وړیا توگه ویشل شوي دي.

هر څوک کولای شي ټول چاپ شوی طبي او غیر طبي کتابونه

د www.afghanistan-ecampus.org ویب پاڼې څخه ډاونلوډ کړي.

دا کړنې په داسې حال کې تر سره کېږي چـــــې د افغانستان د لوړو زده کـــړو وزارت د (۲۰۱۰ ـ ۲۰۱۴) کلونو په ملي ستراتیژیک پلان کې راغلي دي چې:

"د لوړو زده کړو او د ښوونې د ښه کیفیت او زده کوونکو ته د نویو، کره او علمي معلوماتو د برابرولو لپاره اړینه ده چې په دري او پښتو ژبو د درسي کتابونو د لیکلو فرصت برابر شي د تعلیمي نصاب د ریفورم *لپاره له انگریزي ژبې څخه دري او پښتو ژبو ته د کتابونو او درسي موادو ژباړل اړین دي، له دې امکاناتو څخه پرته د پوهنتونونو محصلین او استادان نشي کولای عصري، نویو، تازه او کره معلوماتو ته لاس رسی پیدا کړي".*

د لوړو زده کړو وزارت، پوهنتونونو، استادانو او محصلینو د غوښتنې په اساس موږ دا پروگرام غیر طبي برخو ته لکه ساینس، انجنیري، کرهنې او نورو پوهنځیو ته هم وغځاوه، تر څو د مختلفو پوهنتونونو او پوهنځیو د اړتیا وړ کتابونه چاپ شي.

مونږ غواړو چې د درسي کتابونو په برابرولو سره د هیواد له پوهنتونو سره مرسته وکړو او د چپټر او لکچر نوټ دوران ته د پای ټکی کېږدو. د دې لپاره دا اړینه ده چې د لوړو زده کړو د موسساتو لپاره هر کال څه نا څه ۱۰۰ عنوانه درسي کتابونه چاپ شي.

له ټولو محترمو استادانو څخه هیله کوو، چې په خپلو مسلکي برخو کې نوي کتابونه ولیکي، وژباړي او یا هم خپل پخواني لیکل شوي کتابونه، لکچر نوټونه او

چپټرونه ایډېټ او د چاپ لپاره تیار کړي. زمونږ په واک کې یې راکړي، چې په ښه کیفیت چاپ او وروسته یې د اړوندې پوهنځۍ استادانو او محصلینو په واک کې ورکړو. همدارنګه د یادو شویو ټکو په اړوند خپل وړاندیزونه او نظریات له مونږ سره شریک کړي، تر څو په ګډه پدې برخه کې اغیزمن ګامونه پورته کړو.

د یادونې وړ ده چې د مولفینو او خپروونکو له خوا پوره زیار ایستل شوی دی، ترڅو د کتابونو محتویات د نړیوالو علمي معیارونو په اساس برابر شي، خو بیا هم کیدای شي د کتاب په محتوی کې ځینې تیروتنې او ستونزې ولیدل شي، نو له درنو لوستونکو څخه هیله مند یو تر څو خپل نظریات او نیوکې مولف او یا مونږ ته په لیکلې بڼه راولیږي، تر څو په راتلونکي چاپ کې اصلاح شي.

د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمیټې او د هغې له مشر ډاکتر ایروس څخه ډېره مننه کوو چې د دغه کتاب د چاپ لګښت یې ورکړی دی. دوی په تیرو کلونو کې هم د ننګرهار د طب پوهنځي د ۸۰ عنوانه طبي کتابونو د چاپ لګښت پر غاړه درلود.

په ځانګړي توګه د جې آی زیت (GIZ) له دفتر او (CIM (Center for International Migration & Development چې زما لپاره یې په تېرو پنځو کلونو کې په افغانستان کې د کار امکانات برابر کړی دي، هم د زړه له کومې مننه کوم.

د لوړو زده کړو وزیره پوهنوال دوکتور فریده مومند، علمي معین پوهنوال محمد عثمان بابري، مالي او اداري معین پوهنوال ډاکتر ګل حسن ولیزي، د ننګرهار پوهنتون سرپرست رییس پوهنوال ډاکتر محمد طاهر عنایت، د ننګرهار پوهنتون پوهنځیو رییسانو او استادانو څخه مننه کوم چې د کتابونو د چاپ لړۍ یې هڅولې او مرسته یې ورسره کړې ده. د دغه کتاب له مولف څخه ډېر مننده‌وی یم او ستاینه یې کوم، چې خپل د کلونو کلونو زیار یې په وړیا توګه ګرانو محصلینو ته وړاندې کړ.

همدارنګه د دفتر له همکارانو هر یو حکمت الله عزیز، احمد فهیم حبیبي او فضل الرحیم څخه هم مننه کوم چې د کتابونو د چاپ په برخه کې یې نه ستړې کیدونکې هلې ځلې کړې دي.

ډاکتر یحیی وردګ، د لوړو زده کړو وزارت سلاکار
کابل، جون ۲۰۱۵
د دفتر ټیلیفون: ۰۷۵٦۰۱۴٦۴۰
ایمیل: textbooks@afghanic.org

این کتاب به همکاری:

RESEARCH CENTRE
UNIVERSITY OF ŽILINA

The research is supported by the European Regional Development Fund and the Slovak state budget for the project "Research Centre of University of Žilina", ITMS **26220220183.**

Európska únia

STU SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA

Temoryan
KEEPING UP WITH THE WORLD STANDARDS

بوجود آمده است. که از همه آن ها اظهار سپاس می نمایم.

Collective of Authors (Ing. Róbert Rudišin, PhD., Ing. Mohammad Omar Temori, PhD., Ing. Maroš Nemec, PhD., doc. Ing. Juma Haydary, PhD., Bc. Zuzana Tkáčová)

thanks the German Aid for Afghan Children (Kinderhilfe-Afghanistan) and the director Dr. Eroes for the printing of this Book for Afghan Engineering faculties

فهرست

پیشگفتار..... 11

فصل اول (مقدمه ای بر ساخت و ساز) 13
1-1 حالت کنونی 15
1-2 تلاش های اتحادیه اروپا در زمینه صرفه جوی انرژی 20

فصل دوم (ساختمان های رهایشی) 29
2-1 معلومات عمومی 31
2-2 طبقه بندی عمومی ساختمان 32
2-3 تقسیم بندی ساختمان های رهایشی 34
2-3-1 تفکیک ساختمان از نظر سیستم های ساختاری 36
2-3-2 تفکیک از نظر ساختارهای احاطوی ساختمان 38
2-3-3 تفکیک از نظر کارایی انرژی 40
2-4 الزامات مورد نیاز مربوط به ساختمان های مسکونی 42
2-4-1 عوامل مؤثر در شکل گیری ساختمان های مسکونی 44
2-4-2 تأثیرات آب و هوای محیط بیرونی بر ساختمان 45
2-4-3 شرایط آب هوای محیط داخلی ساختمان 46

فصل سوم (کیفیت محیط داخلی ساختمان های رهایشی) 49
3-1 حرارت و رطوبت هوا محیط زیست داخل ساختمان های رهایشی 51
3-2 آسایش حرارتی و تعادل حرارتی انسان 51
3-3 عوامل مؤثر بر کیفیت محیط زیست داخل ساختمان و آسایش حرارتی انسان 52
3-3-1 درجه حرارت هوای داخل اطاق 56
3-3-2 رطوبت نسبی هوا داخل اطاق 64
3-3-3 سرعت وزش هوای داخل اطاق 65
3-4 دسته بندی محیط داخل ساختمان 66
3-5 کیفیت هوای داخل اطاق 70
3-6 اندازه گیری و ارزیابی کیفیت هوا 72

فصل چهار(م الزامات اساسی تخنیک حرارت برای ساختمان و ساختارهای ساختمانی) 73
4-1 معلومات عمومی در باره تخنیک حرارت ساختمان 75
4-2 قوانین، ابلاغیه، استانداردها و مقررات تخنیکی 77
4-3 الزامات کاربردی برای حفاظت حرارتی ساختمان 82
4-3-1 انتشار حرارت در ساختارهای ساختمان– ضریب عبور حرارت و مقاومت حرارتی ساختار 84
4-3-2 انتشار حرارت از طریق ساختارهای ساختمان-پایین ترین درجه حرارت مجاز سطح داخل ساختار ساختمان 92

4-3-3 انتشار حرارت از طریق ساختارهای ساختمان - حرارت پذیری ساختارهای کف 97
4-3-4 انتشار رطوبت از طریق ساختارهای ساختمان-مقدار بخار آب تراکم شده در ساختار ساختمان...102
4-3-5 انتشار رطوبت از طریق ساختارهای ساختمان - بیلانس سالانه رطوبت 104
4-3-6 انتشار هوا از طریق ساختارهای ساختمان - نفوذ پذیری هوا از طریق منفذها 105
4-3-7 ثبات حرارتی اطاق ها 109
4-3-8 انرژی مورد نیاز برای ساختمان ها 111
4-4 قوانین فنی و تخنیکی با توصیه ها از دیدگاه حفاظت حرارتی ساختمان..... 113

فصل پنجم ثبات حرارتی اطاق ها و منازل (عوامل تأثیر گذار بر ثبات حرارتی) 117
5-1 (کیفیت محیط داخلی ساختمان های رهایشی) 119
5-2 انتشار دورانی نوسانات درجه حرارت 121
5-3 تضعیف درجه حرارت ساختار 123
5-3-1 روش محاسبه تضعیف درجه حرارت ساختارهای ساختمان 124
5-4 تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت 127
5-5 ثبات حرارتی اطاق در فصل تابستان 128
5-6 ثبات حرارتی اطاق در فصل زمستان 132
5-7 راه های حذف بار حرارتی در ساختمان ها 136

فصل ششم (پل حرارتی) 143
6-1 زون حرارتی 145
6-1-1 شرایط پایدار (ثابت) حرارتی 145
6-1-2 شرایط ناپایدار (غیر ثابت) حرارتی 147
6-2 انتشار حرارت دو بعدی و سه بعدی 148
6-2-1 زون های حرارتی مسطح و فضایی 150
6-2-2 اثر پل حرارتی بر جریان حرارت و فرار حرارت 150
6-3 پل های حرارتی و کنج ها 156
6-3-1 شرایط امکان حذف پل های حرارتی 159
6-3-2 ترموگرافی ساختمان- تشخیص و یا شناسایی پل های حرارتی و نواقص 166

فصل هفتم (خواص تخنیک حرارتی و انرژیکی ساختمان های رهایشی) 175
7-1 تعادل فرار حرارت از ساختمان و جذب حرارت در ساختمان 177
7-2 عوامل تأثیر گذار بر اندازه فرار انرژی حرارتی در ساختمان های رهایشی 183
7-2-1 تأثیرات اوربانیزم (شهر سازی) 183
7-2-2 تأثیرات مهندسی 186
7-2-3 اثرات خواص فیزیکی و تخنیکی ساختمان 190

7-2-4 اثرات تجهیزات تخنیکی فراهم کننده بهینه ساختن محیط زیست داخلی ساختمان 190
7-3 سرد ساختن ساختمان..... 191
7-4 امکانات بالقوه صرفه جویی در مصرف انرژی در ساختمان های رهایشی 191
7-5 بازدهی اقتصادی و سود آوری از صرفه جویی انرژی در ساختمان های رهایشی 193
7-6 کلاس بندی انرژیتکی ساختمان های رهایشی 195

فصل هشتم (ساختار های احاطوی بیرونی ساختمان های رهایشی) 197
8 ساختار های احاطوی بیرونی ساختمان های رهایشی- مواد ساختمانی و ساختارها 199
8-1 دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمان 200
8-1-1 سیستم های عایق حرارت 205
8-2 کلکین و دروازه 207
8-3 ساختارهای کف 211
8-4 ساختار بام 215
8-5 ساختارهای فرورفته و پیش برآمده 219

فصل نهم (اندازه گیری های آزمایشی پارامترهای فیزیکی انتخاب شده در افغانستان) 221
9-1 دلایل اجراءی اندازه گیری های آزمایشی 223
9-2 انتخاب خانه ها، روش آزمایش و اندازه گیری و تجهیزات اندازه گیری 224
9-2-1 مشخصات منازل رهایشی انتخاب شده 226
9-2-2 روش اندازه گیری های آزمایشی و پارامترهای آن 229
9-2-3 استفاده از تجهیزات اندازه گیری 230
9-3 اندازه گیری های آزمایشی پارامترهای فیزیکی انتخاب شده 231
9-3-1 جابجایی و علامت گذاری سنسورهای اندازه گیری 234
9-3-2 مرور و بررسی اندازه گیری های آزمایشی و ارزیابی گرافیکی 237
9-3-3 بررسی نتایج حاصل شده از اندازه گیری های آزمایشی 238
9-3-4 خلاصه نتایج حاصل شده اندازه گیری های آزمایشی 244

ضمیمه 247
فهرست منابع و مأخذ 249

ضمیمه 259
نمادها و سمبول ها 261
واحد ها و پارامتر ها 262

به نام خداوند توانا

پیشگفتار

اگر با دقت به مفهوم واقعی خانه منحیث سرپناه برای افراد مقیم توجه نماییم، در می یابیم که خانه یعنی پناهگاه، یا محلی که انسان ها در مقابل عوامل و اثرات ناگوار اقلیمی و محیطی بدان جا پناه می برند و می خواهند که در مقابل این تهدید ها در امان باشند. در این محل با یک تفاوت جدی حرارتی در تناسب به آنچه در بیرون ساختمان اتفاق می افتد، روبرو می شوند. بنابراین در این جا است، که بر طراحان و مهندسان و همچنان اجـراء کننده گان پروژا این امر واجب می گردد تا با در نظر داشت فاکتورهای واقعی دست به کار شده و طرحی را در نظر گیرند و اجراء نمایند، که فراهم کننده این مطالبات و همچنان زمینه ساز آسایش زیستی برای افراد مقیم خانه باشد.

فاکتور تأثیر گذار دیگر در اعمار و بهره برداری از ساختمان ، همانـا مقدار هـزینه مالی آن می باشد. در امور ساختمانی ما دو نوع هزینه را سراغ داریم که عبارتند از: اول هزینه ی اعمار ساختمان، و دوم هزینه ی بهره برداری از ساختمان در طول مدت عمر آن که در حدود 50 الی 80 سال تخمین می گردد.

در حقیقت به هر اندازه که غفلت و سهل انگاری و صرفه جوی در پروسه اعمار ساختمان صورت می گیرد به همان میزان بهاء در طول بهره برداری از ساختمان باید پرداخت گردد. طراحی و استفاده از مواد با کیفیت نه تنها هزینه ی بهره برداری را به میزان چشم گیری پایین می آورد، بلکه زمینه آسایش زیستی را برای افراد مقیم ساختمان در طول عمر آن مهیا می نماید.

این کتاب در حقیقت برای همین منظور تهیه و ترجمه گردیده است تا بتواند تا اندازه ی تصور خواننده را از آنچه در طرح و اعمار ساختمان لازم است، روشن سازد. تمرکز در انتخاب دقیق مواد با کیفیت، اجرای درست اعمار ساختمان، جلوگیری از بوجود آمدن اختلال و کاهش هزینه انرژی بهره برداری از ساختمان از اهداف اصلی این کتاب است که در نه فصل بدان اشاره می نماییم.

امیدوارم که زحمات فراوان دست اندرکاران این کتاب که همه بدون هیچ دست مزدی مادی با من در تهیه آن همکاری نموده اند، بتواند در طراحی و اجرای هر چه بهتر پروژه های ساختمانی در کشور نازنین ما افغانستان عزیز کمک نماید.

داکتر انجنیر محمد عمر تیموری

فصل اول

مقدمه ای بر ساخت و ساز

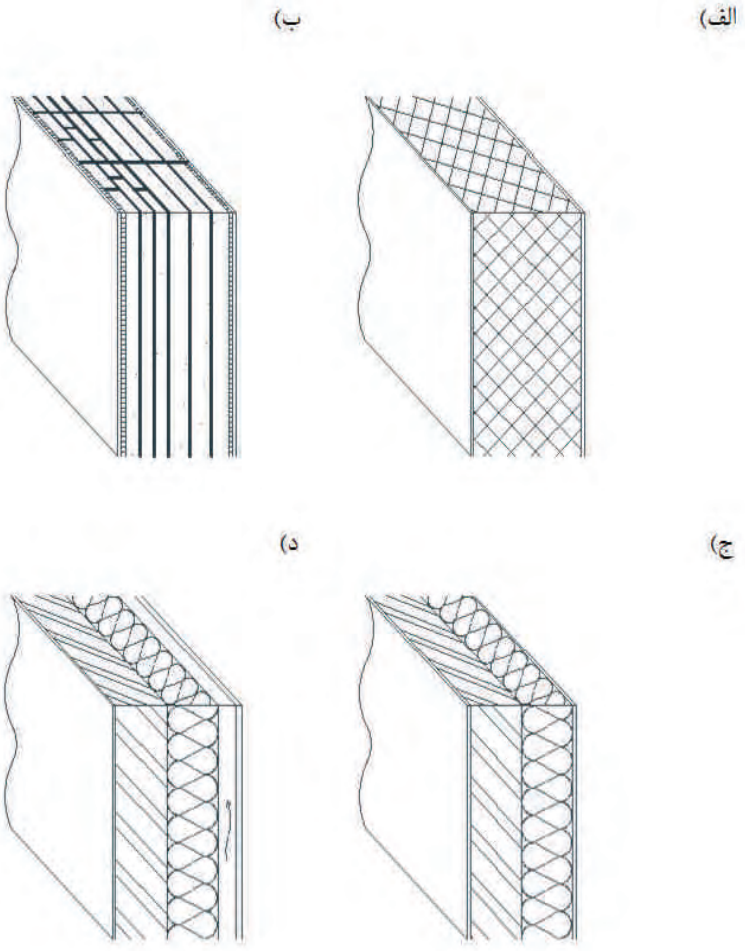
1 مقدمه

1-1 حالت کنونی

در ساخت و ساز ساختمان های رهایشی مدرن و امروزی استفاده از اصطلاح " ساخت و ساز سازگار با محیط زیست یا sustainable construction " ابعاد گسترده تر و وسیعتری را به خود گرفته است، این اصطلاح حاصل الزامات تعیین شده و تضمین شده توسعه پایدار کشورها می باشد، (به عنوان مثال در سند سازمان ملل متحد تحت نام آجندای 21) [59]. در این سند وظایف به طور کلی برای ساخت و ساز ساختمان ها فرمول بندی شده است. از آن جایی که ساختمان ها مصرف کنندگان اصلی انرژی هستند و تقاضای انرژی شان رو به افزایش است. نیاز سازگاری با محیط زیست در صنعت ساختمان سازی به هدف جستجو راه حلی برای مشکل افزایش قیمت و تقاضای روزافزون مواد سوخت و انرژی می باشد.

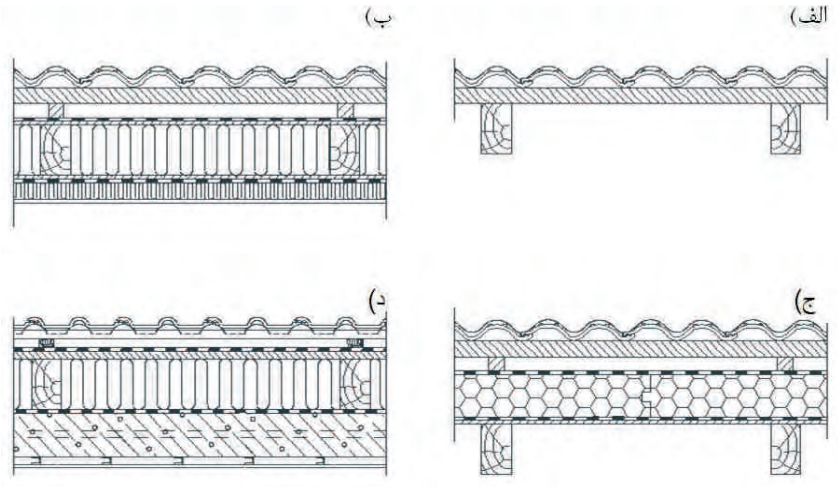
هدف عمده مبحث "ساخت و ساز سازگار با محیط زیست" عبارت از حفاظت محیط زیست با بیشترین حد ممکن، صرفه جویی در مصرف انرژی و از همه مهمتر صرفه جویی در بودجه مالی اشخاص بهره بردار از ساختمان می باشد. تقاضا و نیازهای استاندارد بالاتر عایق حرارت و انرژی حرارتی برای ساختمان های جدید العمار و همچنان ساختمان های بازسازی شده به آهستگی راه را بسوی رسیدن به این هدف بزرگ، مهیا می سازد. تحولات در طراحی ساختار های احاطوی ساختمان به تدریج از تکنولوژی ساخت و ساز استاندارد ساده که توجه زیاد به نیازهای حرارتی برای ساختارهای ساختمان قایل نبوده، الی تکنولوژی ساخت و ساز پیشرفته قرن گذشته که در آن لایه عایق حرارت یک عنصر غالب و سازنده در ترکیب پوشش های ساختمان می باشد راه طولانی را قدم به قدم سپری نموده است (تصویر 1-1 و 2-1).

هیچ گام دیگر سرمایه گذاری در ساختمان، هزینه استفاده و یا بهره برداری از آن را به اندازه سرمایه گذاری در بخش کاهش مصرف انرژی ساختمان کاهش نمی دهد [35] و به طور معمول الزامات مورد نیاز برای صرفه جویی و کاهش در مصرف انرژی ساختمان در اولویت های بخش اعمار ساختمان ها قرار داشته است؛ استفاده از کانکریت و آهن کانکریت در اوایل قرن 20، نقطه عطفی در تکنولوژی ساخت و ساز ساختمان ها به شمار می آمد. به تدریج استفاده از سقف های چوبی، چنگک های فلزی قرار گرفته در دیوارهای احاطوی ساختمان کاهش یافت و جای آن را سلب های آهن کانکریت و رینگ های آهن کانکریت به هم متصل شده گرفت، و در کف اطاق ها استفاده از پوشش های کانکریتی، موزایک و پوشش های رابری و الاستیکی و مانند آن رواج یافت.



تصویر 1-1 انکشاف طراحی دیوارهای احاطوی ساختمان در طول زمان:

الف) دیوار احاطوی یک لایه، ب) دیوار احاطوی بلوکه ای منفذدار که از مواد عایق حرارت در منفذ های آن استفاده شده است، ج) دیوار احاطوی که در طرف بیرونی آن از سیستـــم عایق EPS استفاده شده است، د) دیوار احاطوی بیرونی دو پوششه که دارای لایه هوا به سمت بیرونی ساختمان می باشد[39] .



تصویر 2-1 انکشاف طراحی ساختارهای بام ساختمان در طول زمان:
الف) بام یک پوششه بدون موجودیت لایه عایق حرارت ب) بام دو پوششه با موجودیت لایه عایق حرارت در بین شَده های بام و زیر لایه های بام ج) بام دو پوششه با موجودیت لایه عایق حرارتی تنها بالای شَده های بام، د) بام دو پوششه با موجودیت ترکیب لایه عایق حرارت (پشم سنگ، فوم کانکریت.

ساخت و ساز ساختمان های رهایشی در اواسط قرن 20 پا بر مرحله جدید به اصطلاح "ساخت و ساز به شکل انبوه" گذاشت که هدف آن تولید عناصر ساختاری همنوع به شکل سلسله ای و یا مجموعه ای با در نظر گرفتن جنبه های اقتصادی و حفظ الصحه ای ساخت و ساز بود.

ویژه گی های مشترک این دوره عبارت بودند از: سیستم یکنواخت عناصر ساختاری، استفاده از تکنولوژی ساخت و ساز دیوارهای افقی با سرطاقی ها و رینگ های احاطوی پیش ساخته شده فابریکه ای و بیم های سلب با قطعات پوششی سلب پیش ساخته شده فابریکه ای. اینها همه به تدریج شرایط را برای توسعه و رشد عناصر ساختاری پیش ساخته شده فابریکه ای مساعد کردند. و جستجو و اجرای ساخت و ساز به شیوه های جدید غیر متعارف سنتی از قبیل ذیل شروع گردید:

استفاده از تکنولوژی خشت پخته پیش ساخته شده فابریکه ای، ریخت کانکریت در قالب بندی های ساختمانی، ارائه راه حل های فناوری تجربی و تحقیقاتی و تکنولوژی نصب پانل های با ابعاد بزرگ.

توسعه بیشتر ساخت و ساز، رابطه مستقیم با نیاز مسکن گزیدن افراد جامعه در عدم موجودیت تعداد کافی منازل رهایشی داشت. از آن جا که ضرورت به اعمار بیشترین تعداد خانه ها در کوتاه ترین زمان ممکن لازم بود، این دوره توسط کوتاه شدن زمان ساخت و ساز، حذف پروسه ها و یا مراحل کاری "*تر*" در اعمار ساختمان، تغییرات در سیستم عناصر ساختاری ساختمان و یا هم استفاده و ایجاد مواد جدید ساختمانی مشخص شده بود. در نتیجه این روند بود کـه توسعه تولید پانل های استاندارد همنوع فابریکه ای که امکان کاهش قابل توجه زمان اعمار ساختمان را نسبت به اعمار ساختمان بشکل سنتی از خشت پخته فراهم می نمود، رو به رشد گذاشت.

توسعه انواع مختلف سیستم های ساختاری ساختمان به شدت نمای ظاهری بیرون ساختمان را هم تحت شعاع قرار داد. در حالی که تا اواسط قرن 20، بام ساختمان ها عمدتاً به شکل مایل اعمار می گردیدند، ولی بعداً با رشد صنعت خانه سازی پانلی، اعمار بام های هموار مروج گردید. در حالیکه در آغاز مرحله اعمار منازل رهایشی به شکل انبوه ای، عناصر تزئینی مختلف در سطح روکارها وجود داشت ولی بعداً به مرور زمان اعمار روکارها به شکل ساده ترجیح داده شد. تأکید در این مرحله ساخت و ساز به طور خاص نسبت به سرعت ساخت و ساز و بهبود اتصال جزئیات یا قطعات بحرانی ساختارهای پانلی معطوف گردید، همچنان تا حدی بر کیفیت حرارتی و کارایی انرژی کلی ساختمان توجه وجود داشت.

اعمار ساختمان ها به شکل انبوه الی پایان قرن 20 ادامه پیدا کرد. فقط کمی بعد "ساخت و ساز به شکل فردی یا شخصی" قدم هایی را جلوتر گذاشت و از ساخت و ساز پانل ها فاصله گرفته و به سمت استفاده از تکنولوژی های مدرن اعمار با مصالح ساختمانی جدید نزدیک شد.

کیفیت نهایی ساخت و ساز ساختمان را در قدم اول کیفیت طـراحی پروژه تحت تأثیر قرار می دهد و ادامه جریان اعمار و تکمیل کار ساختمان بر اساس همین محاسبات صورت می گیرد. در حال حاضر طراحی کل و بخش های مجزاء ساختمان و همچنین اجرای عملی کار پروژه اغلب منجر به اشتباهات مختلف می گردد و دارای کمبودی های فروان می باشد. البته ناگفته نماند که به روی همین ملحوظات است که تمام مراحل بعدی ساخت و ساز، از طراحی گرفته الی آمادگی و تطبیق آن تحت تأثیر همین نارسایی ها قرار می گیرند. در بین شایع ترین علل خطاها و کاستی ها می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- طراحی نامناسب پروژهء ساختمان،
- اجراء و تحقق پروژه در عمل با روش های نامناسب،

- مراعات ننمودن شرایط تکنولوژی های با هم مرتبط،
- اجراء نامنظم و ناسازگار کار عملی پروژه،
- انتخاب نادرست شیوه حفاظت حرارتی ساختمان و نادیده گرفتن ایجاد پل های حرارتی،
- استفاده و ترکیب نمودن نادرست مواد ساختمانی،
- عدم آگاهی از تمام خواص مواد ساختمانی استفاده شده در ساختمان،
- اعمار غیر حرفه ای و غیر مسلکی اتصال جزئیات و قطعات ساختارها.

در حال حاضر، در هنگام اجرای کار عملی اعمار ساختمان و قطعات مربوطه آن، تأکید بر روی "افزایش کیفیت حرارتی" (آسایش حرارتی انسان در محیط داخل ساختمان)، نفوذ پذیری هوا و کارایی انرژی در ساختمان صورت می گیرد. به منظور پاسخگویی به این نیازمندی ها باید در هنگام طراحی ساختمان و قطعات مربوطه آن موارد ذیل را در نظر گرفت:

- طراحی مجتمع و یکپارچه،
- ارائه هدف و یا کانسیپت ساختمان،
- کیفیت اعمار ساختمان،
- طراحی و ارائه راه حل اتصال جزئیات و یا قطعات ساختارهای ساختمان،
- استفاده از تکنولوژی های جدید تخنیکی برای تجهیزات ساختمان.

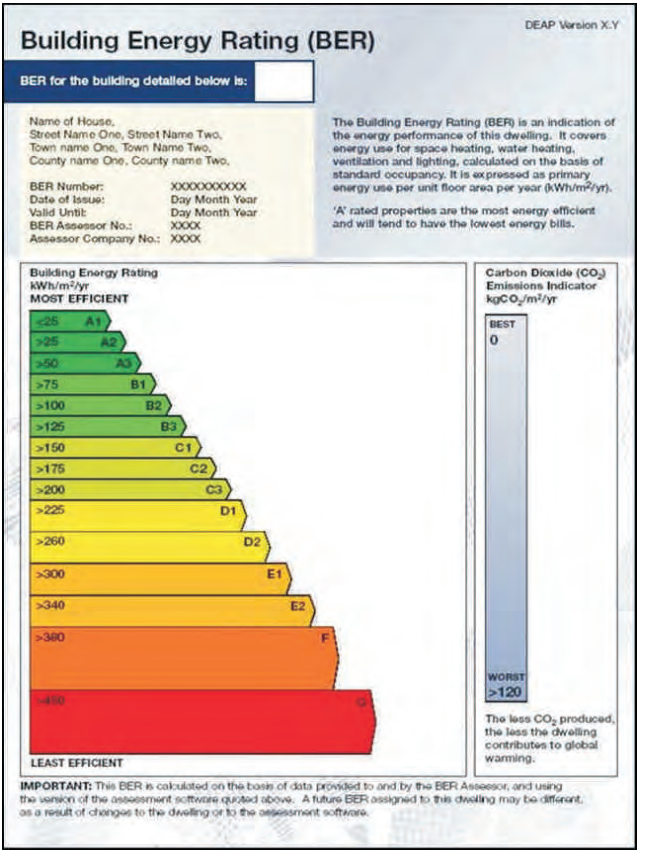
یکی از قدم های که در کشورهای اتحادیه اروپا در آینده ای نزدیک می تواند منجر به ایجاد صرفه جویی انرژی کارآمد در ساختمان گردد در حقیقت صدور "گواهینامه" اجباری می باشد. این گواهینـــامه یا سرتیفیکیت بر اساس معیارهای پارلمان و شورای اتحادیه اروپا تحت نمبر (2010/31 EU) که به تاریخ 19 ماه می سال 2010 تصویب شد، می باشد [45].

دقیقاً مفهوم گواهینامه یا سرتیفیکیت انرژی در چه نهفته است و ارائه کارت یا لیبل انرژی نشان دهنده چه می باشد؟

گواهینامه یا سرتیفیکیت انرژی نشان دهنده مجموع تمام مقادیر لازم و حداقل الزامات مورد نیاز کارایی انرژی ساختمان می باشد. در حقیقت این امکان را مساعد می کند تا کاربران و یا استفاده کننده گان ساختمان بتوانند ساختمان را از نظر کارایی انرژی ارزیابی، بازنگری و مقایسه نمایند.

کارت یا لیبل انرژی (تصویر 3-1) ارائه دهنده گزیده ای از گواهینامه انرژی می باشد که صاحب

ساختمان باید آن را در محل آشکار و در معرض دید عمومی که وضوح مناسب داشته باشد، قرار دهد.



تصویر 3-1 کارت یا لیبل انرژی ساختمان [110]

2-1 تلاش های اتحادیه اروپا در زمینه صرفه جوی انرژی

تغییرات اقلیم جهانی به یکی از بزرگترین چالش بشریت مبدل شده و جوامع بشری مجبور اند در آینده ای نزدیک با آن دست و پنجه نرم کنند. این تغییر می تواند ماهیت منطقه ای و جهانی داشته باشد. به طور کلی لازم است تا فرق بین واژه "تغییرات اقلیمی" که یک برد طبیعی داشته

باشد و واژه "تغییر اقلیم" که برد آنتروپوژنیک یا تعامل بشر با طبیعت دارد را متوجه شد. تغییرات آب و هوای امروزی که به علت تأثیرات تعامل بشر با طبیعت می باشد در آغاز انقلاب صنعتی (تقریباً از سال 1750 میلادی) به شدت آشکار گردید. دلیل این تفاوت بر اساس واقعیتی است که حجم جریان طبیعی کاربن (C) بیشتر از حجم تولید گازهای گلخانه ای صنعتی می باشد.

انقلاب صنعتی چرخه طبیعی کاربن را دچار اختلال نمود، و آن شروع انتشار مقدار زیادی از کاربن دای اکسید و سایر گازهای گلخانه ای به اتمسفر هوا بود، که تمرکز گازهای گلخانه ای در اتمسفر هوا افزایش یافت. بخاطر همین واقعیت است، که این گازها بخشی از تشعشع خورشید را جذب می نمایند و باعث گرم شدن هوا می گردند. از این پدیده بنام " اثر گلخانه ای" نامبرده می شود.

بزرگترین منبع انتشار کاربن دای اکساید را سوزاندن زغال سنگ (40,0%)، روغنیات (40,0%) و گاز طبیعی (20,0%) تشکیل می دهد. منبع قابل توجهی کاربن دی اکسید مربوط به تولید سمنت و قطع جنگل ها می باشد.

در حال حاضر در محافل علمی، کارشناسان و متخصصین ماهر هم نمی توانند به وضوح به توافق دست یابند، که آیا گرم شدن کره زمین صرفاً به تولید گازهای گلخانه ای مانند کاربن دای-اکسید و سایر گازها (اثرات دیگر منفی که مسئول انجام این کار به میزان کمتر است) مربوط می-شود؟ و یا اینکه در بین آن ها یک نوع "تعادل" وجود دارد؟

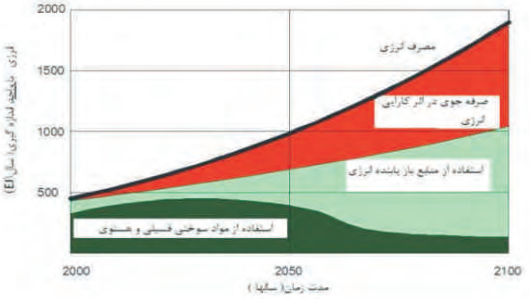
به همین منظور نادرست است که تنها یکی از عوامل را در اولویت قرار داد. چون تنها دلیل تغییرات اقلیمی، انتشار کاربن دای اکساید و گازهای گلخانه ای نبوده، و فاکتورهای دیگری را نیز باید اضافه نمود، که می توان از تولید گاز سی اف سی (production of CFCs)، افزایش اوزون سطح زمین به دلیل آلودگی های شیمیایی هوا، تغییر انعکاسی سطح زمین در نتیجه زراعت، از دست دادن جنگل زارها، افزایش ذرات معلق در هوا و سایر اثرات دیگر نام برد.

بنابرین نظرات کارشناسان در باره اینکه آیا ضرورت به انجام اقدامات و مداخلات لازم برای مقابله با گرم شدن کره زمین و تغییرات اقلیمی است یا خیر در تضاد هستند، و یا هم باید گذاشت که خود طبیعت به تنهایی خود توان مقابله و مبارزه را در مقابل این تغییرات پیدا کند.

نظر اتحادیه اروپا همواره بطور یکسان بر آن بوده است که باید اقدامات لازم را به منظور کاهش تولید میزان گازهای گلخانه ای در دست گرفت.

در سال های اخیر، به طور فزاینده می توان شاهد تأثیر تغییرات اقلیمی بر محیط زیست بود.

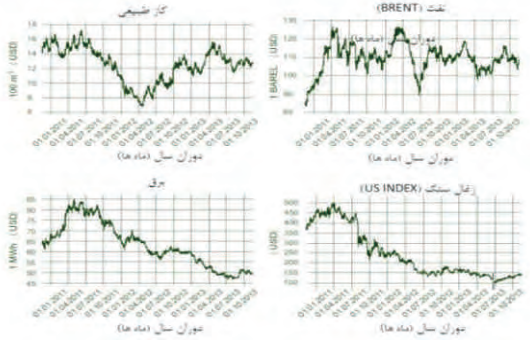
این امر با توجه به افزایش نیازمندی های جمعیت و تقاضای جهانی برای مواد سوخت و انرژی رخ می دهد (تصویر 4-1).



تصویر 4-1 مصرف جهانی انرژی از سال 2000 الی سال 2100 [64]

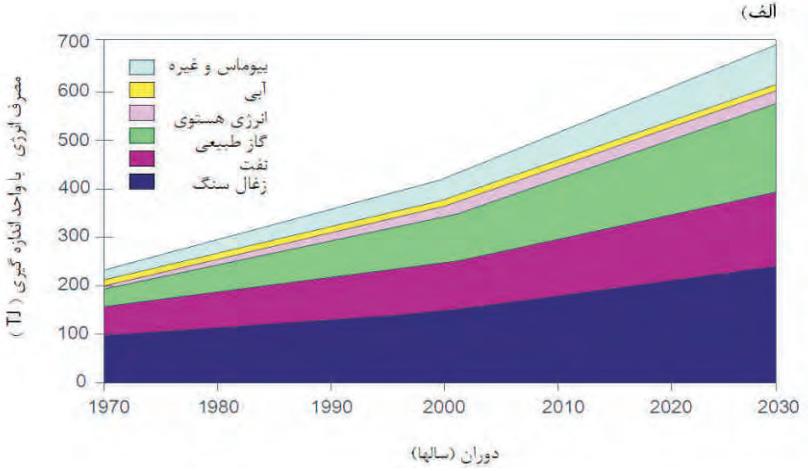
پس اثرات واقعی بر محیط زیست عبارتند از: افزایش حد اوسط درجه حرارت سالانه هوای بیرون، افزایش دریاچه های یخچالی در کوه ها، افزایش بی ثباتی خاک به دلیل آب شدن خاک های یخ زده، ذوب شدن یخچال های طبیعی، گرم شدن تدریجی دریاچه های روی سطح زمین و رودخانه ها، افزایش تبخیر از منابع سطحی آب، شروع نسبتاً زود هنگام بهار، کوتاه شدن مدت پوشش برف (تغییر در خصوصیات خاک و رژیم هیدرولوژیکی)، افزایش ایام خشکسالی با دوام بیشتر، بارش باران بیشتر در برخی از مناطق و بسیاری عوامل دیگر.

با کاهش تدریجی ذخایر سوخت های فسیلی و افزایش روزافزون قیمت ها (تصویر 5-1) در سال های اخیر منابع انرژی دیگری به اصطلاح " انرژی های تجدید پذیر" مانند: باد، بیوماس، تابش خورشید و وغیره در تشبیت جایگاه خود پیشگام هستند.

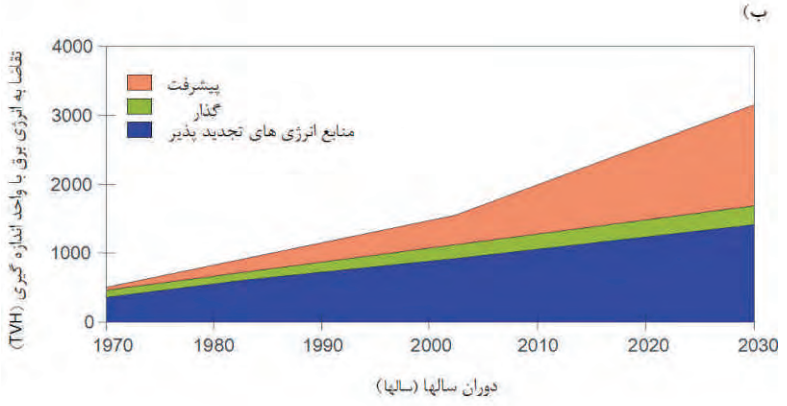


تصویر 5-1 تحولات جهانی قیمت های منابع انرژی اولیه از سال 2011 - 2013 [65]

در تصویر ارائه شده ذیل (تصویر 6-1) می توان "پیش بینی" نیاز انرژی در جهان را و نیاز به انرژی برق در جهان را تا سال 2030 دید.



تصویر 6-1 پیش بینی در ساحه: الف) نیازهای انرژی جهان



تصویر 6-1 پیش بینی در ساحه: ب) نیاز انرژی برق جهان [66]

در حال حاضر انواع مختلف اقدامات سازگار کننده در دست کار می باشد تا بتوان اثرات منفی تغییرات اقلیمی را به طور قابل توجهی کاهش داد. بهر حال، به منظور موفقیت آمیز بودن این اقدامات نباید حد و یا میزان تغییرات اقلیم، بیشتر (به اصطلاح "حد قابل تحمل") باشد. با توجه به

همین مطلب، لازم است که تغییرات اقلیمی را در کوتاه ترین زمان ممکن کاهش داد و یا سرعت آن را کم نمود. برای رسیدن به این هدف، در کنفرانس سال 1992، کنوانسیون سازمان ملل در شهر ریودوژانیرو کشور برازیل در میان مصوبات دیگر، چهار چوب توافقنامه ای در مورد کنترول تغییرات اقلیمی جهان هم به تصویب رسید [60]. در این توافقنامه، کشورهای عضو متعهد به کنترول از خطر نفوذ انسان در سیستم اقلیمی جهان شدند.

به عنوان بخشی از راه حل برای مشکلات جهانی مربوط به تغییر اقلیم، کنوانسیون سازمان ملل متحد در دسامبر سال 1997، چهار چوب توافقنامه را به تصویب رساند که از آن به نام پرتوکول **کیوت** یاد می شود[46]. با امضای این سند، اتحادیه اروپا همراه با دیگر کشورهای عضو، متعهد به کاهش انتشار شش گاز گلخانه ای(کاربن دای اکساید، متان، نیتروجن اکساید، هایدروکاربن های فلوردار، کاربن هیدروها، پرفلورو کاربن ها perfluorocarbons و هگزا فلوراید گوگرد) در دوره تعهد (بین سالهای 2008 –2012) به مقدار حداقل 5.0 فیصد زیر سطح تولید گازهای گلخانه ای در سال 1990 شدند. دلیل برداشتن چنین گامی (رادیکال یا افراطی) همانا افزایش قابل توجهی تمرکز غلظت گازهای گلخانه ای anthropogenic (مربوط به پیدایش و تکامل انسان) در اتمسفر هوا که منجر به افزایش درجه حرارت هوا می شود، می باشد.

اتحادیه اروپا تغییر اقیلم جهانی را نه تنها به عنوان یک تهدید بسیار جدی برای محیط زیست می پندارد، بلکه این پدیده را همچنین مانع توسعه تمدن و اقتصاد بشر می داند. بنابراین شورای اتحادیه اروپا در یکی از جلسات خود در ماه مارچ سال2007، سه هدف اساسی را جهت افزایش "بهره وری انرژی" در کشورهای عضو تعیین نمود. در ماه می سال 2010، به دستور پارلمان و شورای اتحادیه اروپا، مصوبه 2010/31/EU که در باره کارایی انرژی در ساختمان است مدار اعتبار پیدا نمود[45]. این دستورالعمل به شدت اقداماتی را برای دستیابی به اهداف فوق ذکر الی سال 2020 به شکل ذیل مشخص می نماید:

- کاهش انتشار گازهای گلخانه ای به مقدار حداقل % 20,0 نظر به سطح تولید در سال 1990 و در صورت بدست آوردن توافق بین المللی حتی الی مقدار حداقل % 30,0،
- کاهش مصرف انرژی الی % 20,0،
- افزایش سهم انرژی های تجدید پذیر به مقدار % 20,0.

هدف اصلی در ساحه اعمار ساختمان این خواهد بود که از تاریخ 31 دسامبر سال 2020 تمام ساختمان های جدیدالعمار، مصرف انرژی نزدیک به صفر را داشته باشند. البته بعد از 31 دسامبر

سال 2018 ساختمان های جدیدالعمار که توسط مقامات دولتی استفاده خواهند شد و یا به آن ها تعلق خواهند گرفت، باید با معیارهای مصرف انرژی نزدیک به صفر مجهز باشند. اجرایی شدن این اهداف در کشورهای عضو اتحادیه اروپا اجباری می باشد.

یکی از نقش های کلیدی در این پروسه، ایجاد زمینه برای" کارایی انرژی ساختمان" می باشد. اتحادیه اروپا در سال های اخیر تعداد زیادی از اقدامات را به منظور دستیابی به این هدف روی دست گرفته است.

پس کارایی انرژی ساختمان ها بیانگر چه مطلبی هست؟

کارایی انرژی ساختمان ها نشان دهنده مقدار انرژی مورد نیاز برای برآورده ساختن تمام نیازهای انرژی در ارتباط به استفاده ساختمان به شکل استاندارد می باشد، به خصوص مقدار انرژی مورد نیاز شامل انرژی برای: سسیتم تسخین ساختمان، گرم نمودن آب مورد استفاده، سیستم سرد ساختن و روشنایی ساختمان بوده و در حقیقت محدود کننده مواد احتراق از منابع طبیعی و تجدید ناپذیری می باشد که باعث شکل گیری و تولید کاربن دای اکساید می شود.

کارایی انرژی ساختمان با محاسبه تعیین می شود و به وسیله شاخص های عددی نیازمندی کلی انرژی و تولید گازها گلخانه ای کاربن دای اکساید بیان می شود[43].

کارایی انرژی ساختمان باید با توجه به روش و میتودهای قابل اعتبار عمومی که ممکن است در برخی از نقاط در سطح ملی یا منطقه ای با هم متفاوت باشند، محاسبه گردد. باید یک چهارچوب واحد و نرم افزار (سافتور) مشخص برای انجام محاسبات مربوط به اصطلاح "هزینه-سطح مطلوب حداقل نیازمندی ها "برای کارایی انرژی ساختمان تعیین گردد.

کشورهای عضو اتحادیه اروپا از " چهارچوب ها" برای مقایسه نتایج بدست آمده خود با حداقل نیازمندی کارایی انرژی که از طرف خودشان به طور رسمی پذیرفته شده است، استفاده می نمایند. اگر در نتایج ناشی از مقایسه متقابل، تفاوتی بیشتر از % 15,0 بوجود آید، باید کشورهای عضو این تفاوت را توجیه نمایند و یا هم برنامه ریزی مناسبی و عملی ای برای کاهش آن روی دست بگیرند نتایج به دست آمده باید به طور منظم به کمیسیونی که برای همین منظور ایجاد شده است، تحویل گردد تا این کمسیون بتواند نتایج کشورهای عضو را از نظر پیشرفت و رسیدن به حداقل نیازمندی های کارایی انرژی ساختمان مورد بررسی قرار دهد. بنابراین کشورهای عضو باید برای تدوین "پلان های ملی" که در بر گیرنده افزایش تعداد ساختمـان های با مصـرف انرژی نزدیک به

صفر است، اقدام نمایند و به شکل متواتر درباره این پلان های خود کمسیون را مطلع سازند.

ابزارهای مالی و دیگر اقدامات اتحادیه اروپا به منظور حمایت از اقداماتی که مربوط به کارایی انرژی در ساختمان ها می باشد، هماهنگ و منطبق می شوند. البته این ابزارها و اقدامات نباید جایگزین اقدامات ملی که بسیار مهم می باشند، شوند. در هنگام تعیین حداقل کارایی انرژی مورد نیاز برای ساختمان ها، کشورهای عضو می توانند بین این ساختمان ها معیار تفکیکی را داشته باشند: (ساختمان های جدید العمار، ساختمان های موجود و ساختمان های با کتگوری های متفاوت.)

این حداقل نیازمندی ها باید در فواصل منظم که بیشتر از 5 سال نباشد، بررسی می شود، و نظر به ضرورت روز این موارد آبدیت می شوند. البته این امر منعکس کننده پیشرفت های تخنیکی در بخش ها و سکتورهای ساختمان می باشد. کشورهای عضو مکلف نیستند این الزامات را برای ساختمان های که در طول عمر تخمین زده خود "دارای هزینه بهره برداری مناسب (صرفه جویانه) نیستند" و یا هم بعضی ساختمان های دیگر اعمال نمایند.

به طور کلی، روش ها و اقدامات ممکن برای بهبود کارایی انرژی ساختمان را می توان به شرح زیر تعریف نمود:

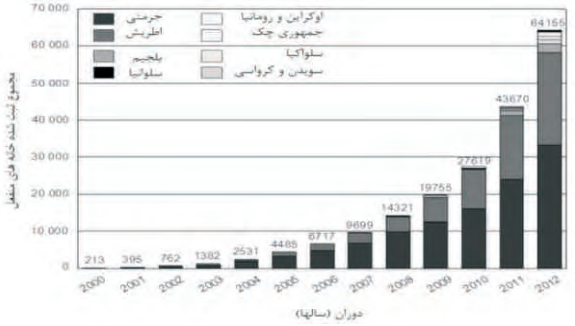
- میتود و یا روش یکسان و هماهنگ برای محاسبه کارایی انرژی ساختمان،
- تنظیم و تعیین حداقل کارایی انرژی مورد نیاز ساختمان،
- صدور اجباری گواهینامه یا سرتیفکیت کارایی انرژی ساختمان.

یکی از راه حل های مؤثر برای رسیدن به هدف کارایی انرژی در ساختمان عبارت است از؛ طراحی ساختمان با استاندارد " مصرف انرژی پایین و مننفعل (پاسیو)".

ساختمان های دارای مصرف انرژی کم و یا مصرف انرژی پایین به ساختمان های اطلاق می شود که مصرف ویژه تسخین سالانه آن ها بیشتر از $50,0\ kWh/m^2$ نباشد. این معیار بدون در نظر گرفتن شکل ساختمان اعمال می شود (ساختمان های که دارای شکل متراکم اند این معیار به سادگی در آن تطبیق می گردد، نسبت به ساختمان های که دارای شکل چند بخشی یا پیچیده می باشند).

ساختمان های انرژی منفعل (پاسیو) برای ساختمان های اطلاق می شود که مصرف ویژه تسخین سالانه آن ها بیشتـــر از $15,0\ kWh/m^2$ نباشد. و در این زمینــه می توان از نقش بسیار

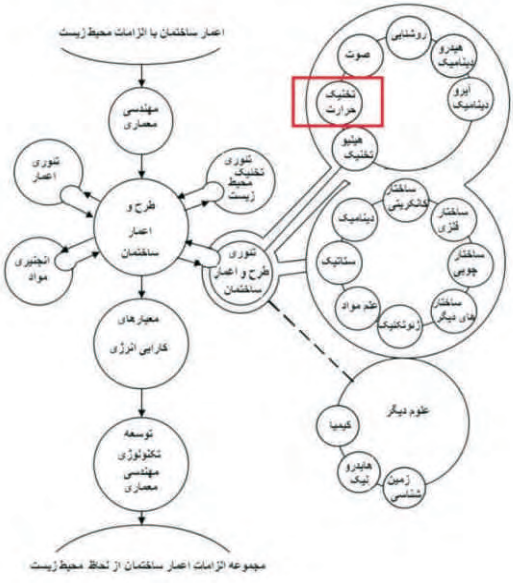
مهم نفوذپذیری هوا در کل ساختمان یاد نمود.



تصویر 7-1 رشد و افزایش ساخت و ساز خانه های منفعل [67]

اعمار ساختمان ها با تحقق الزامات محیط زیست، یک فرایند و یا پروسه بسیار پیچیده ای است که نمی توان به وضوح آن را تقسیم بندی نمود.

فقط می توان به شکل تقریبی سازماندهی کرده و روش های هر یک از جنبه ها و رشته های مختلف را مشخص ساخت (تصویر 8-1).



تصویر 8-1 نمای از اتصال اجزای تشکیل دهنده محیط زیست [3]

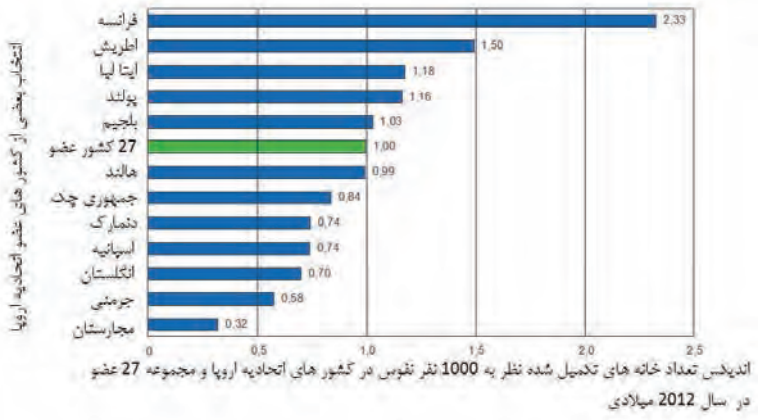
تفکیکی که در بالا نشان داده شده است (تصویر 8-1)، منجر به درک بهتر از موقعیت و اهمیت علمی طراحی و اعمار ساختمان می گردد، که هر یک از بخش های مختلف ساختمان را از نظر الزامات محیط داخلی آن با در نظر گرفتن اثرات محیط خارجی که بالای آن اثر می گذارند را به بحث می گیرد. این در حالی است که باید توجه به جنبه های تکنولوژیکی و کیفیتی، از جمله الزامات ظاهری و عمومی ساختمان در نظر گرفته شود.

در حال حاضر در ساحه ساخت و ساز، اعمار ساختمان های رهایشی با داشتن خواص کارایی انرژی از رشد و انکشاف قابل توجهی برخوردار می باشد.

اهداف بلند پروازانه از این ساخت و ساز برای حصول اطمینان از کیفیت محیط داخلی ساختمان که با حداقل و یا عدم افزایش هزینه همراه باشد، سبب ایجاد انگیزه برای تولید کنندگان مواد ساختمانی و عناصر ساختاری ساختمان با شیوه های نوین و نوآوری بیشتر می گردد.

هدف اصلی و کلی این است که تأیید روش های طراحی، روش های ترکیب ساختارهای احاطوی ساختمان، روش های راه حل های اتصال قطعات ساختارهای ساختمان و یا هم استفاده از طراحی یکپارچه و با هم مرتبط منجر به اعمار ساختمان های رهایشی با کیفیت گردد.

در تصویر بعدی (تصویر 9-1) می توان تعداد کل خانه های تازه اعمار و تکمیل شده در برخی از کشورهای اروپایی در سال 2012 را دید.



تصویر 9-1 پیشرفت و توسعه کارایی بود و باش افراد در خانه های رهایشی [69]

فصل دوم

ساختمان های رهایشی

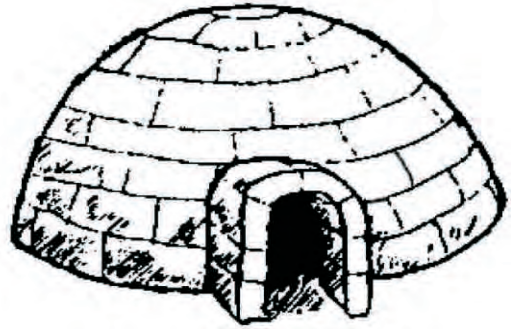
2 ساختمان های رهایشی

2-1 معلومات عمومی

خانه بعنوان سر پناه و محل سکونت انسان در طول تاریخ از پیشرفت و تنوعِ قابل ملاحظه ای برخوردار بوده است. بررسی محل سکونت انسان و ساختار آن، از مغاره های سنگی گرفته تا کلبه های ساخته شده از چوب و چرم و سپس خانه های گلی و سنگی و بلاخره تا ساختمان های مدرن امروزی که از خشت پخته، بلوکه های کانکریتی، و عناصر پیش ساخته اعمار می گردند، تثبیت این ادعا می باشد. ایجاد اجتماعات انسانی و توسعه شهری و شهرک های مسکونی همیشه وابسته به شرایط آب و هوا، توسعه فن آوری های ساخت و ساز، رشد صنایع محلی، رسم و رواج منطقه ای و همچنین دسترسی به مواد خام و مصالح ساختمانی محل بوده است و می باشد.

(الف)

(ب)



تصویر 2-1 الف) کلبه های باز ابتدایی در مناطق گرمسیر- خط استوا، ب) کلبه های بسته ابتدایی در مناطق سرد سیر- قطب شمال [9]

نوع و کیفیت محل سکونت انسان همواره نشان دهنده وضعیت های متفاوت مردم در جامعه از نظر موقف اجتماعی، سطح فرهنگ، خواهشات و مطالبات ایشان در زمان های مختلف بوده است.

مفهوم مصرف انرژی و چگونگی آن در محل سکونت انسان، و خصوصاً در ساختمان های رهایشی، که موضوع بحث این کتاب می باشد، سابقه ای هم پا با تاریخ شکل گیری سرپناه و محل سکونت انسان را دارا می باشد. در ابتدای امر محل سکونتی که می توانست در مقابل تهدیدهای بیرونی خصوصاً تغییرات آب و هوای و وزش بادها مقاومت داشته باشد، سرپناه مناسب شناخته می شد و متعاقباً ساختمان های که با مصرف انرژی کمتر، تغییرات درجه حرارت هوای بیرون را تعدیل می نمودند، مورد استقبال قرار می گرفتند، زیرا این ساختمان ها در تلاش به حداقل رساندن استفاده از منابع خارجی انرژی بودند. در گذشته هم بشریت در تلاش این بوده است تا بتواند به هر طریقی و با استفاده از شیوه ها و اشکال مختلف ساخت و ساز، اقداماتی را برای کاهش مصرف انرژی اعمال نماید، ولی با ایده اعمار ساختمان های بزرگ مانند مساجد،کلیساها، قصرها، تعمیرهای بلند منزل و غیره از تطبیق این مفکوره فاصله گرفته اند.

اگر به مفکوره سقراط، فیلسوف معروف قدیم یونانی که بین سال های 470 الی400 قبل از میلاد می زیست، در ارتباط به کیفیت محل سکونت انسان ها، که درک این موضوع را بسیار آسانتر می نماید، می گوید: "خانه ایده آل، خانه ای است در تابستان سرد و در زمستان گرم." به این سخن مختصر ولی مفید هیچ حرفی را نمی توان اضافه نمود.

2-2 طبقه بندی عمومی ساختمان

به طور کلی، اعمار یک ساختمان از نظر طراحی، اجراء، مدیریت و نگهداری باید در مطابقت با الزامات هدف استفاده از آن صورت گیرد، از این رو شکل، اندازه و خواص تخنیکی ساختارهای که می تواند تعیین کننده کیفیت نهایی محیط داخل ساختمان باشد وابسته به هدف استفاده از ساختمان است. مشخص شدن انواع ساختمان ها بنابر مالکیت، زمان ساخت، محل اعمار، خصوصیات آب و هوا، نوع ساخت و ساز، تناسب ابعاد ساختارها، خواص تخنیک حرارتی ساختارها، وضعیت سیستم گرمایشی و آب گرم مرکزی، طبقه بندی می گردد.

اکثر ساختمان ها از نظر طرز تخنیک اعمار و نوع استفاده از آن، نیازمند علوم در دو شاخه انجنیری عمران و شهرسازی (در زمینه لوله های خطوط مخابراتی، خطوط ارتباطات برقی، زیر-

ساخت های حمل و نقلی و ارتباطی وغیره...) و انجنیری تعمیرات (در بخش ساختمان های رهایشی و ساختمان های غیر رهایشی) می باشد.

برای وضوح بیشتر موضوع می توان چارت تصویر 2-2 را مشاهده نمود.

تصویر 2-2 طبقه بندی ابتدایی ساختمان های روبنایی

تعمیرات عبارت اند از طراحی محیط ها یا فضاهایی مشخصِ مسقفی با خصوصیات مناسب تخنیکی که بتواند از انسان ها، حیوانات و اشیاء در برابر عوامل مشخص خارجی محافظت نماید. این ساختمان ها می توانند به صورت زیرزمینی یا روی زمین واقع شوند، البته این فضاها می توانند بدون دیوار هم باشند ولی داشتن سقف حتمی است. [42]

2-3 تقسیم بندی ساختمان های رهایشی

ساختمان رهایشی: عبارت است از محیطی که حداقل نیمی از فضای آن برای بود و باش انسان اختصاص یافته باشد البته جابجایی وسایل و لوازم خانگی شامل این ساحه می تواند باشد.

بر اساس دسته بندی ساختمان ها از نظر ظرفیت می توانیم، ساختمان های رهایشی را قرار ذیل تقسیم بندی نماییم[44]:

- ساختمان های رهایشی یک آپارتمانی،

این دسته از ساختمان ها شامل:

- منازل رهایشی تفکیک شده، منازل تفریحی خارج از شهر, ساختمان های زراعتی که برای بود و باش افراد و اقامت گاه های تابستانی می باشند.

این نوع ساختمان ها دارای درب ورودی مجزا می باشند.

- ساختمان های رهایشی دو آپارتمانی،

این دسته از ساختمان ها شامل:

- منازل رهایشی مجزا، منازل رهایشی نیمه مجزا، خانه های که دارای درب ورودی مشترک هستند، می باشند. اگر منازل نیمه مجزا و تراس دار دارای درب ورودی تفکیک شده باشند، شامل این بخش نمی گردند.

- ساختمان های رهایشی سه آپارتمانی و بیشتر،

این دسته از ساختمان ها شامل:

- منازل رهایشی که دارای سه آپارتمان و یا بیشتر باشد مانند بلاک های کوچک و بزرگ رهایشی که مورد استفاده صاحبان خانه و یا کرایه نشین ها قرار می گیرند.

در این دسته از ساختمان ها، ساختمان های ذیل شامل نمی شوند:

- ساختمان های عام المنفعه، هوتل ها، لیلیه ها، ساختمان های فرهنگی و تفریحی.

- ساختمان های رهایشی دیگر،

این دسته از ساختمان ها شامل:

- خانه سالمندان، پرورشگاه ها، مرستون ها، اقامتگاه های کارگران، اقامتگاه های بی خانمان ها وغیره می باشند.

در این دسته از ساختمان ها، ساختمان های ذیل شامل نمی گردند:

- شفاخانه ها، کلینک های صحی، معاینه خانه ها اردوگاه های عسکری و زندان ها.

نظر به تقسیم بندی دیگر، ساختمان های رهایشی را بطور ذیل تقسیم می نماییم [42]:

- خانه های رهایشی،
- آپارتمان های رهایشی،
- ساختمان های رهایشی دیگر (مانند یتیم خانه ها، لیلیه جوانان، خانه های متقاعدین و پناهگاه های بی خانه مان ها).

خانه های رهایشی: این خانه ها را می توانیم به عنوان محیط های مسکونی برای زندگی خانواده ها با درب ورودی مجزا از سرک عمومی تعریف نمایم.

این ساختمان ها می توانند حداکثر از سه آپارتمان (دو آپارتمان در دو طبقه و یک آپارتمان در زیر بام آهنپوشی) تشکیل شوند.

نظر به نوع ساخت و ساز، طرح شهر سازی و تطبیق ماستر پلان شهری می توان خانه های رهایشی را به صورت ذیل تقسیم بندی نمود[58]:

- جدا از هم (ساختمان های که با فاصله از هم اعمار گردیده اند.)،
- نیمه جدا از هم (ساختمان های که از یک سمت دارای فاصله با خانه بعدی بوده و از سمت دیگر بدون فاصله می باشد.)،
- ساختمان متوالی (ساختمان های که بدون فاصله پهلوی هم قرار گرفته اند.)،
- ساختمان های تراس دار،
- ساختمان های ماحول یک صحن حویلی (ساختمان های که در اطراف یک حویلی مشترک قرار گرفته اند).

نظر به شکل و ابعاد خانه ها، به سادگی می توان تقسیم بندی خانه های رهایشی را انجام داد[70]:

- یک طبقه و همکف،
- دو طبقه با یک آپارتمان زیر بام آهنپوشی (بام شیروانی)،
- چندین طبقه،
- یک فامیله (یک نسله)،
- دو فامیله (دو نسله).

تعمیر های آپارتمانی: این تعمیر ها را می توان به عنوان ساختمان های مسکونی برای زندگی خانواده ها تعریف نمود، که دارای چهار آپارتمان و یا بیشتر می باشند. و توسط یک دهلیز مشترک و درب ورودی مشترک به سرک راه دارند.

با توجه به راه ارتباطی آپارتمان ها با هم دیگر، می توان سه نوع تعمیرهای آپارتمانی رهایشی را شناسایی نمود [58]:

- توسط راه زینه،
- توسط دهلیز و یا راهروی که می تواند همزمان بالکن سراسری باشد،
- و یا ترکیبی از هر دو.

نظر به شکل اعمار ساختمان ها، چهار نوع اساسی تعمیرهای آپارتمانی رهایشی را می-شناسیم:

- برج ها (با تراکم بالا)،
- منازل نقطه ای (ساختمان های تراکم پایین)،
- فلت های بزرگِ مرتبط،
- و آپارتمان های تراس دار.

1-3-2 تفکیک ساختمان از نظر سیستم های ساختاری

ساختمان های رهایشی در حقیقت حاصل اجرای ساخت و سازها و اتصال بخش های جداگانه با هم مرتبطِ تخنیکی است، که با داشتن طرح معین در ایجاد یک فضای داخلی برای مسکن گزیدن افراد عملی می شود.

از نظر مساحت داخل، ساختمان های رهایشی به شکل ذیل تقسیم می گردد:

- مونو بلاگ یا یک تکه (به ساختمان های که فضای داخلی آن ها به شکل یک پارچه بوده و اطاق ها با هم متصل اند، گفته می شود.)،
- بال دار (به ساختمان های که فضای داخلی آن ها از هم جدا و اطاق ها با هم فاصله دارند، اطلاق می شود.).

برای طراحی سیستم ساختاری یک ساختمان ابتداً طرح اولیه ی آن بر اساس نوع و هدف استفاده از ساختمان باید مطرح شود تا بر پایه آن عناصر باربر ساختارهای عمودی و افقی متصلِ ساختمان در چهـــارچوب یک سیستـم، با در نظر داشت عمـلکرد فی مابین آن ها و معیار هـای

ساختاری استاتیکی پیشنهاد گردد. این عناصر باربر، فضای داخلی ساختمان را تقسیم و تعیین نموده و وزن ساختمان را تحمل، و در جهت های مختلف منتقل می نمایند.

از تحلیل عمومی عملکرد ساختارهای باربر در ساختمان های چندین طبقه چنین نتیجه می-شود که عناصر اساسی مطرح شده در ساختارهای باربر عمودی دیوارها و ستون ها و در ساختارهای باربر افقی رینگ ها و سلب ها می باشند.

سیستم های ساختاری ساختمان را می توان به صورت ذیل طبقه بندی نمود:

- عناصر باربر عمودی در محیط،
- وظیفه انتظامی ساختارها،
- اتصال عناصر باربرهای عمودی و افقی.

از نظر جابجایی می توان سیستم های ساختاری را به شکل ذیل تقسیم نمود:

- به صورت طولی،
- به صورت عرضی،
- به صورت دو طرفه،
- به صورت هسته ای،
- احاطوی.

روش های دیگری تقسیم بندی سیستم های ساختاری ساختمان های رهایشی را می توان در جدول 1-2 مطالعه نمود.

از نظر جابجایی محیطی	از نظر تنظیم تابعی	از نظر اتصال	از نظر استفاده مواد	از نظر تکنولوژی تولید	از نظر ساختارهای سلبی
طولی	دیواری	اتصال با ساختار های سلب	خشتی	آهن کانکریت	پهناور (سلب های که دارای ضخامت بیشتر و ابعاد بزرگتر می باشد.)
عرضی	ستونی	اتصال با میله های مارپیچ	کانکریتی	ساختارهای پیش ساخته	گذاشته شده بالای دیوار های اطراف
دو طرفه	مرکب از هر دو	-	فلزی	مرکب	آویزان (و یا معادل آن)
احاطوی	-	-	چوبی	-	-
هسته ای	-	-	مرکب	-	-

جدول 1-2 تقسیم بندی سیستم های ساختاری در ساختمان های رهایشی[20]

2-3-2 تفکیک از نظر ساختارهای احاطوی ساختمان

ساختارهای احاطوی ساختمان به طور کلی محیط داخلی ساختمان را از محیط خارجی آن جدا می نمایند. این ساختارها از دیوارهای خارجی، کلکین ها و دروازه ها، سقف و کف اطاق تشکیل شده اند. که می توان از دیدگاه های مختلف آن ها را تقسیم بندی نمود.

ساختارهای احاطوی ساختمان یا به عبارت دیگر ساختارهای پوشش دهنده ی بیرونی ساختمان عبارت اند از آن ساختارهای که وظایف اصلی ذیل را بر عهده دارند:

- حفاظت حرارتی محیط داخل ساختمان در مقابل تغییرات آب و هوای بیرون،
- حفاظت صوتی محیط داخل ساختمان،
- حفاظت در مقابل وزش باد و انتشار اثرات بارندگی در داخل ساختمان.

ساختارهای احاطوی ساختمان را می توان بر اساس اصول ذیل تقسیم بندی نمود:

- نظر به وظایف استاتیکی:

– عناصر باربر، عناصر که تنها وزن خود را تحمل می نمایند، عناصر آویزان، عناصر پرکننده.

- نظر به طرز اعمار:

– خشتکاری، ساختارهای پیش ساخته، آهن کانکریت.

- نظر به شکل و اندازه عناصر:

– متشکل از تکه های مختلف مواد ساختمانی، پانل های پیش ساخته شده، ساختارهای ساندویچی، سیستم هسته ای، مرکب و استفاده از عناصر ویژه.

- نظر به موقعیت جابجایی:

– پیش برآمده، پس برآمده، پرکننده، به شکل نمای دیوار.

- نظر به شفافیت:

– شفاف، غیر شفاف، انعکاسی.

- نظر به ساختار و یا تشکیل آن:

– یک لایه، دو لایه، سه لایه، چندین لایه.

- نظر به جریان باد در فضاهای خالی هوایی:

– یک پوششه، دو پوششه، چندین پوششه.

ساختارهای بام ساختمان را می توان به صورت ذیل تقسیم بندی نمود:

- شکل:

- مسطح هموار، مسطح منحنی، ترکیبی از هر دو.

- شیب:

- بام های مسطح هموار (با داشتن شیب در لایه نهایی از 0 الی 10 درجه)،
- بام های مسطح منحنی (با داشتن شیب در لایه نهایی از 10 الی 45 درجه)،
- بام های مسطح بسیار مایل (با داشتن شیب در لایه نهایی بیشتر از 45 درجه).

- ترکیب ساختاری:

- یک پوشش (ساختار بام، محیط بالایی داخل ساختمان را از محیط خارجی ساختمان توسط یک پوشش با داشتن لایه های مختلف جدا می نماید.)،
- دو پوشش (ساختار بام متشکل از دو پوشش عبارت از پوشش فوقانی و پوشش تحتانی می-باشد.)،
- و چندین پوشش (ساختار بام متشکل از چندین لایه های پوششی است که از همدیگر توسط فضاهای خالی هوایی جدا شده اند).

- وجود خالیگاه های هوا در ساختار پوشش های بام:

- بسته،
- یک طرف باز و متصل به هوای بیرون،
- دو طرف باز با داشتن جریان هوا از بیرون و یا ترکیبی از هر دو.

- تکنولوژی تولید:

- آهن کانکریت در محل اعمار ساختمان،
- پیش ساخته در فابریکه،
- و ترکیبی از هر دو.

ساختارهای کف ساختمان را می توان بر اساس ذیل تقسیم بندی نمود:

- تعداد لایه ها در ترکیب کلی ساختار کف:

- یک لایه،
- چند لایه.

- خواص فیزیکی- صوتی کف:

- کف های که از مواد سنگین وزن تشکیل شده اند،

- کف های که از مواد سبک وزن تشکیل شده اند،
- کف های که در مقابل صوت عایق هستند.

- نحوه قرار گرفتن لایه زیر ساخت کف:

- سطح خاک اصلاح شده زمین،
- سطح خاک سخت شده زمین توسط کامپکشن،
- سطح جغل هموار شده توسط کامپکشنِ رول دار،
- لایه فوقانی کانکریتی و لایه ی بالای سلب بردارنده آهن کانکریت.

- خواص تخکنیک حرارتی کف:

- کف اعمار شده بالای زمین خاکی،
- کف اعمار شده بالای اطاق های زیرزمینی،
- کف اعمار شده با یک ارتفاع معین از بالای زمین خاکی که با محیط بیرون ساختمان متصل است (تراس و رمپ)،
- کف اعمار شده با یک ارتفاع معین از بالای زمین خاکی که با محیط بیرون ساختمان در اتصال نیست (سلب ها).

3-3-2 تفکیک از نظر کارایی انرژی

برای تقسیم بندی ساختمان های رهایشی از نظر مصرف انرژی از مهم ترین پارامتر اندازه گیری نیاز ویژه تسخین ($KWh/m^2.a$) که بیانگر میزان تقاضای انرژی حرارتی می باشد، استفاده می نماییم.

این پارامتر نشان دهنده ی مصرف انرژی به کیلووات ساعت در یک مترمربع مساحت داخل یک ساختمان در مدت یک سال می باشد.

ساختمان ها را می توان بر اساس همین معیارها به پنج گروه تقسیم نمود. البته این گروه ها نظر به اصول و قوانین کشور های مختلف در بعضی موارد از هم متفاوت می باشند[55]:

- ساختمان های دارای استاندارد صرفه جوی مصرف انرژی،

((Energy Saving Building (ESB)) در ساختمان های مذکور، اصول معیاری مصرف انرژی که برای اعمار مجدد ساختمان در نظر گرفته شده است، رعایت می شود.

- ساختمان های با مصرف انرژی پایین،

((Energy Low Building (LEB)) این ساختمان ها دارای حداقل 50 فیصد مصرف انرژی کمتر نسبت به ساختمان های معمول دیگر می باشند،

- ساختمان های با مصرف انرژی نهایت پایین

((Ultralow energy building(ULEB)) این ساختمـان ها طـوری طـراحی شـده اند که حداکثر نیاز مصرف انرژی حرارتی آن ها کمتر از نصف میزان مصرف انرژی برای ساختمان های با استاندارد (LEB) است،

- ساختمان منفعل،

((Passive Building (PB)) در این ساختمان ها آسایش حرارتی محیط داخل ساختمان با حفظ معیارهای صحی، بدون استفاده از سیستم فعال گرم کننده و سیستم فعال سرد کننده فقط با استفاده از مواد ساختمانی مناسب (با داشتن خواص تخنیکی خوب) تأمین می شود.

- ساختمان با داشتن نیاز به انرژی تقریباً صفر.

((Near Zero Energy Building (NZEB)) این ساختمان ها از نظر مصرف انرژی بسیار اقتصادی اند تا آن جای که مصرف انرژی شان برای تسخین و تهویه تقریباً صفر است و اگر ضرورت کمی هم داشته باشند، آن را از منبع انرژی اولیه تأمین می نمایند. ساختمـــان هایی با داشتن چنیـن خصوصیاتی، از مواد بسیار با کیفیت که خواص تخنیک حرارت آن نهایت بالا است اعمار می گردند. البته عموماً چنین ساختمان هایی دارای منابع انرژی تجدید پذیر در داخل و یا در نزدیکی ساختمان می باشند که انرژی مورد نیاز آن را تأمین می نمایند. تأیید استاندارد (NZEB) برای ساختمان ها براساس نیاز ساختمان به انرژی صورت نمی گیرد، بلکـه بر اساس ارزیابی از میزان انـرژی اولیه (انرژی آفتابی، انرژی بادی، انرژی جیوتیرمال) صورت می پذیرد.

غیر از تقسیم بندی ساختمان های رهایشی که بر اساس میزان کارایی انرژی آن انجام شد؛ می توان از گروه بندی دیگری که بر مبنای معیارهای دوام و عمر ساختمان می باشد، نیز نام برد.

معیارهای اساسی تعیین دوام و عمر ساختمان ها عبارتنداز: صرفه جویی در میزان مصرف انرژی، توسعه معیارهای دوام ساختمان، سلامتی انسان و کیفیت محیط زیست، صرفه جویی در آب، انتخاب مواد، کیفیت محیط داخل ساختمان، جنبه های اجتماعی و اقتصادی آن.

بر اســـاس این عـــوامل چنـدین سیستم بین المللی ارزیـابی تـأسیس گـردیده است. ماننـد

DGNB آلمـــان، BREEAM انگلستـــان، LEED ایـــالات متحده، Green Star استـرالیـــا، CASBEE جاپان، Minergie سوئیس.

2-4 الزامات مورد نیاز مربوط به ساختمان های مسکونی

تمام ساختمان ها هم از مسکونی و غیر مسکونی باید در تمام طول عمرِ خود، کار آمدی اقتصادی خود را حفظ نمایند و محیط مناسبی را برای زیست سالم و امن افراد مقیم خود فراهم سازند.

در بین عوامل اساسی و اولیه اعمار ساختمان این موارد باید رعایت گردد:

- مقاومت مکانیکی و ثبات ساختمان،
- ایمنی حریق ساختمان،
- صحت و حفظ سلامتی در محیط زیست،
- ایمن بودن ساختمان در هنگام استفاده،
- حفاظت در مقابل عوامل صوتی و ارتعاشی،
- صرفه جویی در مصرف انرژی و حفظ حرارت داخل ساختمان.

از نظر مقاومت مکانیکی و ثبات، هر ساختمان باید طوری طراحی و اعمار گردد تا اثرات ناگواری که احتمالاً در هنگام اعمار و یا در هنگام استفاده از ساختمان بوجود می آیند، نباید باعث بوجود آمدن حالات ذیل گردند:

- سقوط ساختمان یا بخشی از آن،
- دفورمیشن و یا تغییر شکل غیر مترقبه،
- صدمه وارد کردن به دیگر بخش های ساختمان و تجهیزات یا تأسیسات با توجه به تغییر شکل ساختار بردارنده ساختمان،
- تخریب ساختمان به دلیل ساختار نامناسب آن.

از نظر مقاومت در مقابل حریق، هر ساختمان باید به گونه ای طراحی و ساخته شود که در صورت بوجود آمدن حریق خواص ذیل را داشته باشد:

- پایداری ثبات و مقاومت ساختارهای بردارنده الی یک زمان مشخص،
- محدود کردن گسترش و ظهور آتش و دود از محل ایجاد حریق در ساختمان،
- کاهش احتمال گسترش حریق از محل شروع به ساختمان های مجاور،

- مردم بتواند در زمان حریق ساختمان را ترک نماید و یا از طریق دیگر خود را نجات دهند،
- زمینه دخول پرسونل اطفایه مهیا باشد و موانع در راه ایشان نباشد.

از نظر مسایل صحی و حفظ محیط زیست، ساختمان باید به گونه ای طراحی و ساخته شود تا بتواند محل امن و مناسبی برای افراد مقیم ساختمان باشد و به هیچ وجه نباید باعث بوجود آمدن مشکلات صحی و حفظ الصحه برای آن افراد و همچنان افراد مقیم در ساختمان های مجاور آن شود، موارد ذیل را باید رعایت نمود:

- عدم تخلیه آلاینده ها یا به اصطلاح مواد آلوده،
- عدم انتشار تشعشعات خطرناک،
- عدم رساندن خسارات به محیط زیست، از جمله آلودگی آب و خاک،
- موجودیت سیستم تخلیه فاضلاب، دود، زباله های جامد و یا مایع،
- عدم موجودیت رطوبت در داخل ساختارهای ساختمان و یا بر روی سطوح داخل آن.

از نظر شرایط ایمنی ساختمان در هنگام استفاده، طراحی و اعمار آن باید به گونه ای باشد تا مانع بوجود آمدن خطر و آسیب رساندن به افراد مقیم ساختمان شود. خصوصاً ساختارهای ساختمان باید قسمی باشد که نباید باعث بوجود آمدن لغزش، افتادن، تصادم، برُندگی، برخورد با موتر در حال حرکت، سقوط قطعات آزاد شده ساختمان، سوختندگی، شوک الکتریکی و انفجار شود. از نظر شرایط محافظت در برابر سر و صدا و ارتعاش، ساختمان باید به گونه ای طراحی و ساخته شود تا سر و صدا و ارتعاش بوجود آمده توسط استفاده کننده گان خود ساختمان و همچنان مردم اطراف آن، سطح سلامتی ایشان را تهدید نکند و افراد مقیم ساختمان بتوانند در ایام استراحت خواب آرام داشته باشند و کارهای روزمره خود را در شرایط آرام انجام دهند. در شرایط امروزی از نظر صرفه جویی در مصرف انرژی و حفظ حرارت موجوده داخل اطاق ها، ساختمان و سیستم وسایل گرم کننده و سرد کننده آن باید طوری طراحی و اعمار گردند تا انرژی که برای فعال نگهداشتن آن به مصرف می رسد، به حداقل ممکن برسد و آن هم با توجه به:

- شرایط آب و هوا،
- موقعیت جابجایی ساختمان،
- ضروریت های مبرم استفاده کننده گان ساختمان.

این الزامات، منعکس کننده سویه تخنیک حرارت و کارایی انرژی در ساختمان ها در سطح کشور مورد بررسی می باشد. با توجه به الزامات و معیارهای تخنیک حرارت ساختمان، خصوصیات تخنیک حرارت ساختارهای ساختمانی طراحی می گردد و این الزامات و معیارها در نورم و یا استانداردهای EN (ISO) با توجه به نوع ساختمان تعریف شده است.

2-4-1 عوامل مؤثر در شکل گیری ساختمان های مسکونی

شناخت نیازهای اساسی و معیارهای پذیرفته شده اعمار ساختمان با جزئیات هر یک از ساختارها اثر مثبت بر طراحی و دیزاین یک ساختمان دارد. این شناخت همچنان تأثیر قابل توجهی بر کیفیت ساختمان بعد از اعمار، در طول بهره برداری و بقای عمر آن خواهد داشت.

در مورد مفهوم کیفیت یک ساختمان رهایشی، اغلب مهم ترین نقش را در آن ساختارهای احاطوی ساختمان به عهده دارند که این ساختارها شامل سطوح ذیل می باشند: دیوارهای اطراف ساختمان ها، کلکین ها و دروازه های اطراف ساختمان ها، کف اطاق ها که با زمین در تماس اند و سلب طبقه آخر که منحیث بام است. هر یک از این ساختارها دارای ویژگی های خاصی هستند که مربوط به نوعیت مواد ساختمانی که از آن تشیکل و ترکیب شده اند، می شود و یا هم مربوط به روند تکنولوژی تولید آن می شود. فاکتورهای تعیین کننده در این جا از همه مهمتر کیفیت طرح اتصال ساختارهای احاطوی ساختمان در حساسترین دیتایل ها (تهداب ها، کف اطاق ها، سلب ها و ساختار های بام) می باشد.

راه حل هایی که برای اعمار ساختمان های رهایشی در نظر گرفته شده است، تحت تأثیر فاکتورهای کامپلکس و یا همه جانبه قرار می گیرد. البته می توان این فاکتورها را قرار ذیل مشخص ساخت:

- شرایط آب و هوا (شرایط جوی منطقه و نوعیت آب هوای بیرون تأثیر مستقیم بالای طرح و انتخاب مواد ساختارهای احاطوی ساختمان می داشته باشد)،
- نیازمندی های هوای محیط داخلی ساختمان (تعیین کننده آن افراد مقیم ساختمان هستند که مستقیماً فاکتور اساسی تأثیر گذار و تعیین کننده در طرح دیتایل های ساختارهای احاطوی می باشند.)،
- الزامات تکنولوژیکی (تعیین ارتفاع و مساحت مورد نیاز، باعث انتخاب و طراحی سیستم ساختارها می شود.)،

- شبکه های مدولار (یا به عبارت دیگر ترتیب و تنظیم مدولار باید با توجه به اطمینان مورد نیاز در هماهنگی و توالی، ساخت و ساز، مقصد نهایی و زیبایی صورت گیرد)،
- الزامات تایپولوجیکی (تعیین پارامترهای محیط داخلی و استفاده از آن)،
- الزامات مکانیکی استاتیکی (مقاومت، قابلیت استفاده، دوام، وزن ساختارها)،
- الزامات ساختاری (با در نظر داشت الزامات مورد نیاز برای طراحی ساختارهای ساختمان رهایشی در یک دوره معین)،
- بر اساس چگونگی و نوعیت مواد ساختمانی ساختارها (به عنوان مثال، استفاده مجدد و بازیافت مواد استفاده شده در یک ساختمان بعد از اتمام عمر آن)،
- الزامات مقررات ایمنی حریق (اصول مندرج در قوانین ملی، که تأثیر گذار بالای جزئیات و یا دیتایل ساختاری ساختمان و کل مفهوم و پروژهء کار ساختمان می باشد)
- الزامات منطقه ای یا ساحوی(جنبه های زمین شناسی، هیدرولوژیکی، حفاظت از آب های زیرزمینی).

با توجه به فاکتورهای مؤثر ارائه شده و تأثیر گذار بالای طراحی و اعمار ساختمان های رهایشی با جزئیات و دیتایل های ساختارها، به این نتیجه می رسیم که در نظر گرفتن و رعایت نمودن این فاکتورها می تواند راه حلی برای مشکلات ساختمان های رهایشی قلمداد شود.

2-4-2 تأثیرات آب و هوای محیط بیرونی بر ساختمان

هنگام طراحی و اعمار ساختمان رهایشی، به منظور بهتر ساختن محیط داخلی ساختمان لازم است، در میان عوامل دیگر تأثیرات عوامل آب و هوای محیط خارج از ساختمان را نیز در نظر داشت. در قدم اول، نیاز به شناخت شرایط آب و هوایی منطقه است. این مسأله با توجه به شرایط مکانی و تجزیه و تحلیل خصوصیات آب و هوایی سایر اقلیم ها که ساختمان در آن اعمار می گردد، متفاوت می باشد و نمی توان راه حل محـــاسبه شـده را در شرایط مکـــانی مختلف کاپی کرده و مورد استفاده قرار داد.

به طور کلی بالای ساختارهای احاطوی ساختمـــان، تأثیرات زیاد اقلیمی و میتورولوژیکی عمل می نمایند، تا آن جای که کیفیت نهایی هوای محیط داخل ساختمـــــان را متأثر می سازند. و با توجه به وزیدن باد و تابش خورشید ممکن است درجه حرارت سطح بیرونی ساختارهای احاطوی

ساختمان با درجه حرارت هوای بیرون متفاوت باشد و این تفاوت وابسته به خواص حرارت پذیری ساختارهای احاطوی دارد که تا چه اندازه حرارت را از داخل به خارج ساختمان انتقال می دهند.

درجه حرارت سطح بیرونی ساختارهای احاطوی ساختمان نه تنها تحت تأثیر اثرات اقلیم بیرونی ساختمان می باشد، بلکه تحت تأثیر جهت نمای ساختمان نظر به سمت جغرافیایی (جهت نما با در نظر گرفتن سطوح افقی یا عمودی ساختمان)، ارتفاع از سطح بحر و جابجای ساختمان در محیط و منطقه اعمار شده نیز می باشد.

از جمله عوامل و یا فاکتورهای اساسی میتورولوژیکی که، به طور قابل ملاحظه ای بر محیط داخلی ساختمان اثر می گذارند موارد زیر شامل می باشند:

- درجه حرارت هوای بیرون (تابستان و زمستان)،
- شرایط رطوبت (رطوبت نسبی هوای بیرون ساختمان)،
- شرایط وزش باد (سرعت باد در هوای بیرون ساختمان)،
- شرایط شهر نشینی و یا برنامه ریزی (اربانیزم) شهری (گرم شدن زیاد در مناطق پرجمعیت)،
- تأثیر رنگ و ساختار سطح زمین محل،
- شرایط حرارت و رطوبت زمین نزدیک محل اعمار ساختمان (درایام تابستان و زمستان)،
- بارش باران و شدت تابش خورشیدی (تابش مستقیم خورشید، تابش پراکنده خورشید و یا پرتوهای اشعه خورشید و تابش ثابت جهانی).

بر اساس عوامل فوق الذکر، می توان نتیجه گرفت که در هنگام طراحی ساختمان ها و تعیین جزئیات آن، باید به عوامل اثر گذار خارجی و تغییرات حداکثری آب و هوا در تابستان و زمستان توجه بیشتری داشت.

3-4-2 شرایط آب و هوای محیط داخلی ساختمان

بزرگترین تأثیر بر کیفیت آب و هوای محیط داخلی ساختمان را انسان عهده دار می باشد. او بر اساس خواسته ها و نیازهای خود از محیط داخلی ساختمـــان تأثیرات قابل توجـهی بر کیفیت آن می گذارد و آن هم بر اساس نیازهای فردی و یا نیازهای کاربردی آن می باشد.

مشخصات آب و هوای محیط داخل ساختمان که برای ساختمان های رهایشی در نظر گرفته شده قرار ذیل می باشند:

- آسایش حرارتی: باید برای هر یک از اطاق ها با در نظر گرفتن منظور استفاده آن، درجه حرارت داخلی مطلوب و پایدار انتخاب شود تا در ارتفاعـــات مختلف عمودی دارای جریان حرارتی تقریباً ثابت و یکنواخت باشد.
- تحرک هوا: جریان های دو طرفه موجود هوا در داخل اطاق باید غیر قابل احساس باشد و موجودیت تحرک هوا در داخل اطاق نباید احساس سردی را به بدن منتقل نماید،
- کیفیت و رطوبت هوا: با تبدیل هوا مدیریت شده باید زمینه خروج هوای مرطوب از ساختمان مساعد شده و هوای تازه از بیرون وارد ساختمان گردد،
- گرد و خاک: حرکت باد با سرعت کم باعث بوجود آمدن گرد و خاک هوا در محیط داخل ساختمان نخواهد شد،
- نور: باید موجودیت ساختارهای بزرگ شفاف (کیلکین ها، درب ها، دیوارهای شیشه ای) به گونه ای باشند که نور کافی را در داخل ساختمان هدایت نمایند،
- سلامت روانی: استفاده از مواد طبیعی باعث ایجاد احساس آرامش و رفاه برای افراد مقیم ساختمان می شود. (مثلاً: استفاده از رنگ های گرم طبیعی)،
- آلاینده های مصالح ساختمانی: دقت انتخاب مواد به اصطلاح "بی ضرر برای سلامتی انسان"، می تواند از ایجاد این پدیده جلو گیری نماید.
- تشعشعات مضر: حذف عملکرد اشعه های مختلف (تشعشعات مواد خاکی، Electrosmog و غیره) در هنگام طراحی.

الزامات ذکر شده در بالا تأثیر بسیار زیادی در موارد ذیل خواهد داشت:

- حالت کلی موجود در ساختمان،
- اندازه هر یک از اطاق ها،
- ایجاد محیط و یا فضای آزاد در داخل اطاق ها،
- انتخاب بهتر هر یک از ساختار ها و مواد ساختمانی،
- تعیین اندازه ساختارهای ارتباطی عمودی و مسیرهای فرار حالت اضطراری در ساحه،
- تسخین، تهویه و تبادل هوا محیط بسته ساختمـــــان (به خصوص حرارت، رطوبت نسبی، و کیفیت هوای داخلی)،
- نور طبیعی و مصنوعی وغیره.

ساختمان های مورد استفاده برای افراد باید پاسخگو برآورده شدن انواع خواسته های گوناگون برای ایجاد محیط داخلی مناسب باشند، بنابراین طراحی و ارزیابی این نوع ساختمان ها می تواند به نحوی دارای ویژگی های خاص و منحصر به فرد باشد، خصوصاً از نظر طراحی ساختارها ، انتخاب مواد ساختمانی، تغییر شرایط آب و هوایی محل اعمار ساختمان و درجه دشواری اجرای عملی پروژهء اعمار.

با مراعات نمودن این تلاش ها در نهایت، به این نتیجه می رسیم که برای ایجاد یک ساختمان باید با کمال آگاهی، دور اندیشی و طرح جامعی که بتواند در برگیرنده و ایجادکننده فضا و یا محیط داخلی با کیفیت و مطلوب باشد، اقدام نمود. تنها از طریق ایجاد یک محیط داخلی با کیفیت می توان حالت تعادل انسان را (از نظر آسایش حرارتی و تعادل حرارتی) در یک محیط مصنوعی بوجود آمده در داخل ساختمان به سطح بلندتری ارتقاع داد.

فصل سوم

کیفیت محیط داخلی ساختمان های رهایشی

3 کیفیت محیط داخلی ساختمان های رهایشی

3-1 حرارت و رطوبت هوای محیط زیست داخل ساختمان های رهایشی

محیط داخلی ساختمان جزیی از محیط زیست انسان می باشد که نوع و کیفیت ساختارها تأثیر مستقیم و آنی بالای آن می گذارد. البته تجهیزات تخنیکی ساختمان همراه با طراحی انجنیری محیط زیست و مجموعه کامل از عوامل محیط داخلی در تقابل و ارتباط با هم قرار دارند و بر یک دیگر تأثیر می گذارند[16].

محیط داخل ساختمان به طور کلی باید پاسخگویی الزامات حرارتی و رطوبتی هوای محیط زیست داخل ساختمان از جمله نیاز تسخین، نیاز روشنایی، نیاز جلوگیری از تابش بیش از حد شعاع آفتاب و انواع دیگر از اشعه های نوری باشد.

الزامات اولیه عبارت اند از فراهم آوری محیط مناسب در داخل ساختمان به شکلی که تهدید و یا خطر برای کاربران ساختمان از نظر موجودیت مواد شیمیایی، عوامل مضر بیولوژیکی و یا عوامل دیگر مضر به صحت بوجود نیاورد.

نوع و کیفیت حرارتی و رطوبت هوای محیط زیست داخلی، مهم ترین جزء فراهم آوری یک محیط سالم در داخل ساختمان می باشد. تعیین شرایط مطلوب و قابل قبول برای محیط زیست داخل ساختمان وابسته به موارد ذیل می باشد: نوع لباس افراد داخل ساختمان، تولید کلی حرارت از ارگانیسم یا وجود افراد داخل ساختمان (نظر به دسته بندی نوع فعالیت) و عوامل فیزیکی.

در این میان، عوامل فیزیکی عبارتند از:

درجه حرارت هوای داخل ساختمان(θ_{ai})، درجه حرارت عملیاتی هوا(θ_o) ، درجه حرارت نهایی اندازه شده با حرارت سنج (θ_g)، رطوبت نسبی هوای داخل ساختمان(φ_{ai}) و سرعت تبادل هوا(v_a).

علاوه بر موارد فوق درصورت ضرورت مواردی چون: مقاومت حرارتی کل لباس(R_{cl})، مجموع مصارف انرژی(q_M) و درجه حرارت سطح داخل ساختار(θ_{si})، در محاسبات تعیین می گردند.

3-2 آسایش حرارتی و تعادل حرارتی انسان

آسایش حرارتی عبارت است از حالتی است، که در آن انسان نه احساس سردی و نه احساس گرمی زیاد نماید. این حالت زمانی حاصل می شود، که تعادل حرارتی بین حرارت تولید شده توسط بدن انسان Q_{vypr} با واحد اندازه گیری وات (W) و حرارت از دست داده بدن انسان Q_{loss} با واحد اندازه گیری وات (W) وجود داشته باشد.

تولید حرارت در بدن انسان بستگی به نوع فعالیت یک فرد و همچنان مقدار وزن آن دارد. بنابراین حالت آسایش حرارتی هنگامی رخ می دهد که:

$$Q_{produce} = Q_{loss} \qquad (W) \qquad (3\text{-}1)$$

جدول ذیل (جدول 1-3) نشان دهنده مقدار حرارت تولید شده در انواع فعالیت های مختلف انسان که دارای قد به ارتفـاع 175,0 cm و وزن 75,0 kg بوده و اندازه سطح بدن آن A = 1,9 متر مربع (m^2) است می باشد.

نوع فعالیت انسان	تولید حرارت با واحد اندازه گیری **(W)**
در هنگام استراحت کامل (خواب عمیق)	80
در هنگام نشستن	90 ~ 95
در هنگام مطالعه آرام، نشسته، و بدون تکیه زدن	115
در هنگام مطالعه با آواز بلند، نشسته، و تکیه زده به میز	120 ~ 125
در هنگام کار در لابراتوار	140 ~ 160
در هنگام لکچر یا سخنرانی در سالن بزرگ	160 ~ 300
در هنگام انجام کار فیزیکی بسیار آسان (خیاطی، رسامی)	140
در هنگام انجام کار فیزیکی آسان (کارگر ماشین، میخانیک، ویلدنگ کار)	140 ~ 200
در هنگام انجام کار فیزیکی نیمه مشکل (آهنگر، ریخت فلزات)	200 ~ 255
در هنگام انجام کار فیزیکی مشکل (بارکشی، کار با بیل و کلنگ)	255 ~ 315

جدول 1-3 تولید حرارت توسط بدن انسان [12]

میزان از دست دادن حرارت توسط بدن انسان Q_{loss} با واحد اندازه گیری وات (W) وابسته به: دفع حرارت به محیط اطراف داخل ساختمان (از طریق هدایت، از طریق وزیدن و از طریق تشعشع) تبخیر عرق، گرم نمودن هوا در هنگام نفس کشیدن (هوا گرم تر از وجود انسان خارج می شود)، می باشد.

3-3 عوامل مؤثر بر کیفیت محیط زیست داخل ساختمان و آسایش حرارتی انسان

برای برقراری آسایش حرارتی انسان در محیط داخل ساختمان تعداد زیادی از فاکتورهای مختلف که هر یک از آن ها بر یکدیگر تأثیر می گذارند.

بنابر این دلیل نمی توان به سادگی احساس راحتی حرارتی را تعریف کرد. تیوری Fanger در این مورد می گوید: که حالت آسایش حرارتی، عبارت است از حالتی که در آن فیصـــدی زیادی از افراد یک گروه احساس آرامش و آسایش خود را از محیط ابراز می دارند[12].

آسایش حرارتی انسان بستگی به شرایط فیزیکی محیط زیست اطراف و همچنان عوامل فیزیولوژیکی، روانی و عوامل دیگری که ارگانیزم یا بدن انسان را تحت تأثیر قرار می دهند، دارد.

از شرح فوق الذکر بر می آید که، تعادل حرارتی یک فرد در یک اطاق را می توان با ایجاد پارمترهای مناسب ذیل مهیا نمود:

- درجه حرارت هوای داخل اطاق
- درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای ساختمان
- رطوبت نسبی هوای داخل اطاق
- سرعت جریان هوای داخل اطاق
- نوع لباس افراد مقیم ساختمان و مقاومت حرارتی لباس تن آنها
- نوع فعالیت انسان در اطاق

علاوه بر این عوامل اساسی، بر آسایش حرارتی انسان در داخل اطاق عوامل اضافی دیگر به اصطلاح عوامل تکمیل کننده هم تأثیر می گذارد، مانند: غذا و نوشیدنی، خوگرفتن و سازگاری با آب و هوای خارج اطاق، خوگرفتن و انطباق با محیط زیست داخل اطاق، قد و قامت فیزیکی انسان، چربی زیر پوست انسان، سن و نوع جنسیت انسان.

شرط لازم برای آسایش حرارتی انسان، تعادل حرارت رژیم یا تعادل حرارت حالت انسان که ضرورت به حفظ درجه حرارت ثابت بدن را دارد، می باشد.

یک عامل مهم انتقال حرارت از سطح بدن به مناطق اطراف آن، که با قوانین فیزیکی دقیق بیان شده است، توسط معادله تعادل ابراز می گردد. معادله تعادل حرارت (آسایـــش حرارتی) را می توان با رابطه زیر روشن نمود:

$$\Phi = \Phi_v + \Phi_k + \Phi_s + \Phi_d + \Phi_p + \Phi_a \qquad (W) \qquad (3\text{-}2)$$

از آن جای که:

Φ – جریان حرارت تولید شده توسط بدن انسان با واحد اندازه گیری وات (W)،

Φ_v – جریان حرارت توسط انتشار حـرارت (هدایت) که به طور کلی برابر با صفر در نظـر گرفته

می شود و واحد اندازه گیری وات (W)،

Φ_k – جریان حرارت توسط انتشار حرارت (وزیدن) با واحد اندازه گیری وات (W)،

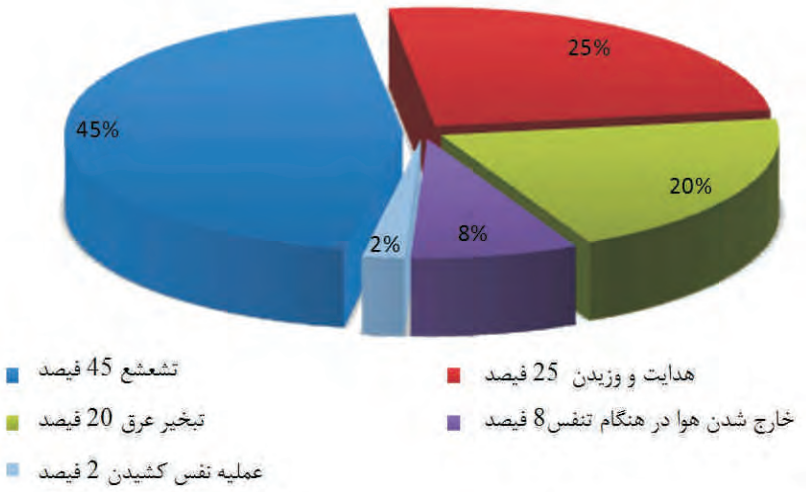
Φ_s – جریان حرارت توسط انتشار حرارت (تشعشع) با واحد اندازه گیری وات (W)،

Φ_b – جریان حرارت توسط تنفس (breathing) با واحد اندازه گیری وات (W)،

Φ_e – جریان حرارت توسط تبخیر عرق (evaporating) با واحد اندازه گیری وات (W)،

Φ_a – جریان حرارت بدست آمده از محیط، به خاطر ضرورت و کمبودی حفظ تعادل حرارت موجود (accumulated) با واحد اندازه گیری وات (W) می باشند.

سهم هر یک از اجزای معادله تعادل حرارتی انسان (2-3) بر مجموع کل فرار حرارت از بدن انسان را در شرایط عادی، می توان در تصویر بعدی مشاهده نمود (تصویر 1-3).



تصویر 1-3 سهم اجزای تعادل حرارتی انسان در مجموع کل فرار حرارت از بدن انسان [41]

فرار حرارت با انتشار حرارت از طریقه وزیدن، به درجه حرارت هوا داخل اطاق θ_{ai} و سرعت وزیدن آن v_{ai} بستگی دارد. فرار حرارت با انتشار حرارت به طریقه تشعشع، به درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای اطراف محیط اطاق θ_{si} بستگی دارد و فرار حرارت از طریق تبخیر عرق از بدن انسان به درجه حرارت هوای داخل اطاق θ_{ai} و رطوبت نسبی هوای داخل اطاق φ_{ai} بستگی دارد.

از منظر حصول اطمینان از درجه حرارت مناسب بدن انسان، یک عامل بسیار مهم که می-تواند درجه حرارت موجود را در حد فیزیولوژیکی قابل قبول بین 35,0°C+ الی 37,0°C حفظ نماید (اومواتورمیه-homoiotermia)، می باشد. این امر از همه مهمتر به هسته بدن، مغز، داخل سینه و ارگان های شکم تعلق می گیرد. بیش از نیمی از بدن انسان (پوست، انگشتان، گوش ها، صورت) دارای درجه حرارت ثابت نمی باشد و درجه حرارت خود را نظر به نوسانات درجه حرارت هوا بیرون ساختمان تغییر می دهند (جدول 2-3).

θ_{ai} (°C)	درجه حرارت سطح برخی از بخش هایی از بدن انسان با واحد اندازه گیری (°C)							
	کف پا	ران	شکم	تخته پشت	سینه	دست	پیشانی	اوسط
15	17,4	23,2	29,1	30,1	29,9	19,7	29,7	**27,7**
20	21,7	27,9	30,7	31,3	31,9	24	32,9	**28,2**
25	27,1	30,5	33,5	32,7	32,8	25,4	33,9	**30,6**
30	31,6	32,7	34,7	34,4	34,5	32,9	34,8	**33,4**
35	35,5	35,0	35,1	35,4	35,9	35,8	35,8	**35,7**

جدول 2-3 درجه حرارت سطح برخی از بخش هایی از بدن انسان در درجه های حرارت مختلف محیط اطراف [41]

عواملی که بالای انسان در محیط مربوط آن تأثیر می گذارد عبارت اند از اجزای به اصطلاح "مجموعه اکوسیستم"، که ساختار آن در تصویر ذیل نشان داده می شود. (تصویر 2-3)

بر خلاف بسیاری از عوامل دیگری که انسان در طول تکامل تاریخی خود با آن منطبق نموده است، عوامل سردی و گرمی از جمله عواملی است که از نظر بیولوژیکی هرگز با آن عادت نگرفته است.

تصویر 2-3 عوامل مجموعه اکوسیستم که بالای انسان تأثیر می گذارد [41]

در هنگام تعیین هر یک از پارامترهای شرایط محیط حرارتی، از تعریف آسایش حرارتی که در فصل 1-3 ذکر شده است، استفاده می کنیم. در این تعریف روشن است که شرط لازم برای چنین حالت، تعـــادل حرارتی بین نهـــادهای کاربران ساختمان و محیط داخل ساختمان که در آن کاربران قرار دارند، می باشد. این اصل در حقیقت بین حرارت تولید شده توسط بدن انسان و فرار آن به داخل محیط ساختمان که بدون هیچ بار سیستمی تنظیم حرارت قرار دارد، می باشد[22]. در تصویر بعدی (تصویر 3-3)، زون آسایش حرارتی نشان داده شده است. این زون ها توسط دو پارا متر (درجه حرارت هوا داخل اطاق θ_{ai} و رطوبت نسبی داخل اطاقφ_{ai}) نظر به تیـوری Leusden و Freymark ، تعریف شده است.

تصویر 3-3 زون آسایش حرارتی [34]

1-3-3 درجه حرارت هوای داخل اطاق

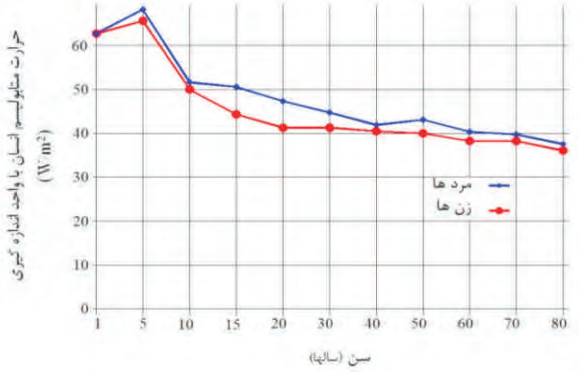
درجه حـرارت هوای داخل اطاق، پارامتر اساسی جواب دهنده بار حرارتی و آسایش حرارتی می باشد. آسایش حرارتی یکی از عوامل فراهم کننده یک محیط مناسب برای اقامت و فعالیت-های انسان با حفظ ارزش های مطلوب پارامترهای فیزیولوژیکی می باشد [16].

منبع سردی و گرمی محیط داخل ساختمان، شرایط آب و هوای بیرون ساختمان می باشد که از طریق ساختارهای احاطوی به داخل ساختمان منتقل می شود.

بخش غالب این ساختارها در قدم اول عبارت از کلکین ها می باشنـــد، که از طریـــق آنها بیشترین مقدار حرارت در زمستان از ساختمان خارج و در تابستان به ساختمان داخل می شود (به طور مثال در مورد یک خانه رهایشی مجزا اعمار شده که با دیگر ساختمان ها در پیوند نمی

باشد فرار حرارت از طریق کلکین های آن تقریباً % 20,0 می باشد). منابع حرارتی داخل ساختمان به طور عمده فعالیت های مختلف انسانی را از جمله: پخت و پز، اتو کردن و خود وجود انسان که با حضور قابل توجهی بیشتر افراد در داخل اطاق می توان آن را احساس کرد، می باشند. در حالت آرام (در حالت خوابیدن)؛ یک فرد توسط متابولیسم وجود خود نظر به سن و جنسیت، حرارت اساسی متابولیسم $q_{m,b}$ (حرارت اولیه و اساسی وجود انسان) را تولیـد می نماید (تصویـر 3-4) [13].

فانگر Fanger ثابت نمود که زنان نیاز به درجه حرارت مطلوب بین0,6 الی1,3 °C بالاتر از مردان را دارند و همچنین افراد مسن درجه حرارت مطلوب شان از 1,0 الی 2,0 °C بالاتر از افراد جوان می باشد.



تصویر 3-4 حرارت اساسی متابولیسم انسان$q_{m,b}$ [63]

با توجه به ارزیابی مصرف انرژی توسط انسان می توان نتیجه گرفت؛

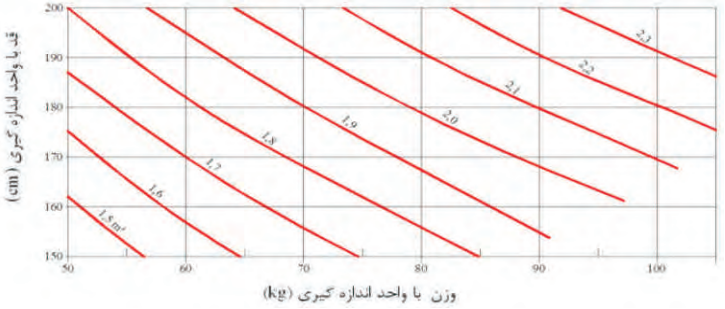
- **متابولیسم آرام (RMR)** اندازه گیری آن در درجه حرارت اطاق در حالی که وجود انسان در حالت آرامش (بدون فعالیت) قرار دارد، صورت می گیرد.

این مقدار در حدود 15,0 الی% 20,0 بالاتر از حرارت اساسی متابولیسم انسان می باشد.

- **متابولیسم ناخالص در حال کار و فعالیت،** جزء مصرف انرژی در حالت آرامش (بدون فعالیت) و افزایش متابولیسم در حال کار می باشد.
- **متابولیسم خالص در حال کار و فعالیت،** توسط هزینه افزایش مصرف انرژی در هنگام کار و فعالیت مشخص می شود.

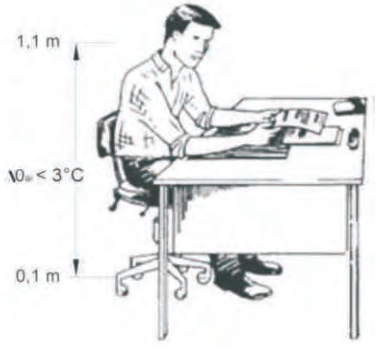
تولید حرارت توسط بدن انسان به واسطه کاراکتر و شدت کار انجام شده، تعیین می شود. در مورد تعیین قدرت کار برای یک فرد، لازم است که تولید کلی مصرف انرژی یک فرد (M) را ضرب سطح بدن آن نماییم (سطح بدن یک شخص استاندارد، $1,8\ m^2$ می باشد).

وابستگی سطح بدن انسان را نظر به ارتفاع آن (h) و وزنش (m)، در تصویر بعدی خواهید دید (تصویر 5-3).



تصویر 5-3 وابستگی سطح روی بدن بر قد و وزن یک انسان (توسط Du Boise) [41]

برای فراهم آوری آسایش حرارتی باید درجه حرارت هوا داخل اطاق نشیمن در فصل زمستان به طور متوسط در محدوده بین $22,0\ °C \pm 2,0°C$ قرار داشته باشد و در فصل تابستان باید از حد $26,0\ °C$ تجاوز نکند (بستگی دارد به شرایط اقلیمی کشور مربوطه). عامل مهم در این مورد، پخش عمودی درجه حرارت هوا در داخل اطاق (تفاوت بین درجه حرارت سر انسان و کف پای انسان (تصویر 6-3) می باشد.



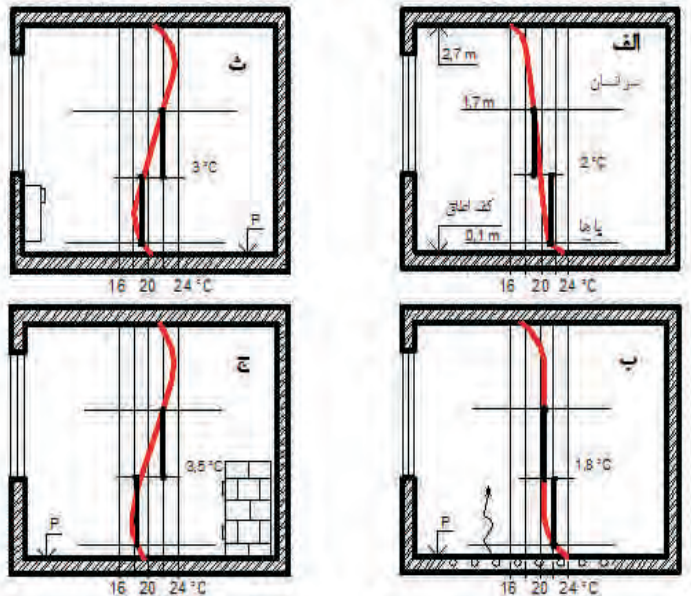
تصویر 6-3 عدم تقارن درجه حرارت تشعشع از سطوح سرد شیشه ای) [16]

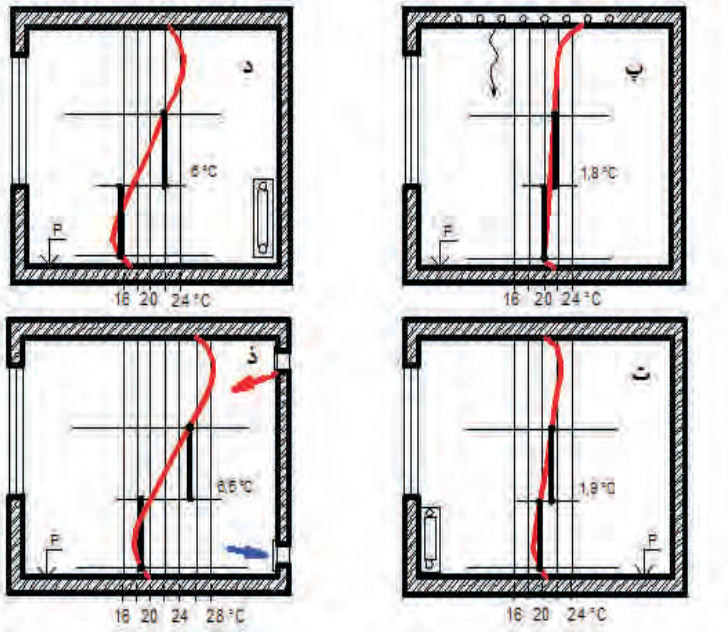
به هر حال، درجه حرارت هوا در داخل اطاق معمولاً در سراسر اطاق یکسان نیست. مهم عدم یکنواختی درجه حرارت عمودی هوا در داخل اطاق تسخین شده می باشد، که در اثر تسخین غیر یکنواخت (نظر به محدودیت های محل) و یا سرد سازیی غیر یکنواخت هر یک از دیوارهای سرد کننده داخل اطاق بوجود می آید.

گرادیانت عمودی درجه حرارت زمانی بیشتر خواهد بود، که درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای اطاق تسخین شده بالاتر باشد. پخش عمودی درجه حرارت هوا برای سیستم های مختلف تسخین به شکل یک نما در تصویر زیر نشان داده شده است (تصویر 7-3).

در موارد فوق ذکر، می توان تفاوت بین درجه حرارت هوا را در محل سر (به ارتفاع 1,7 m متر بالاتر از کف اطاق) و درجه حرارت هوا را در محل پا (به ارتفاع 0,1 m بالاتر از کف اطاق) مشاهده نمود.

تصویر زیر (تصویر7-3) روشن می سازد که بهترین گزینه از نظر شرایط پخش عمودی درجه حرارت هوا در داخل اطاق، سیستم تسخین کف اطاق می باشد، زیرا که تا اندازه بسیار زیاد به سیستم تسخین ایده آل نزدیک می باشد.



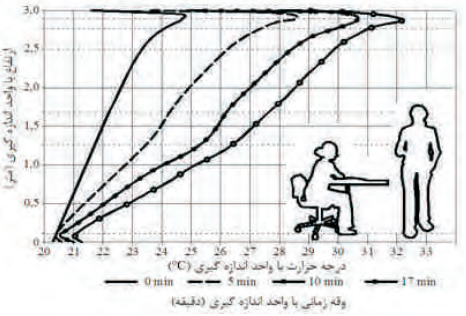


تصویر 7-3 گرادیانت عمودی درجه حرارت هوا در مرکز اطاق با شیوه های مختلف تسخین: الف) تسخین ایده آل، ب) تسخین در کف، پ) تسخین تابشی در سقف، ت) تسخین با مرکزگرمی نصب شده در زیر کلکین، ث) تسخین با کانویکتور در طرف داخل ساختمان، ج) تسخین با بخاری که در یک محل اطاق گذاشته شود، د) تسخین با مرکزگرمی در داخل ساختمان، ذ) تسخین با کولر تولید کننده هوا گرم [41]

مشکلات مربوط به تفاوت در درجه حرارت هوا در ناحیه سر و پاها را می توان به طور عمده در روند متعارف تسخین انتظار داشت.

پخش عمودی درجه حرارت در هنگام تسخین را در تصویر زیر (تصویر 3-8) می توان دید. این تصویر نشان دهنده اختلاف درجه حرارت در سطح مچ پا (بجلک پا) و ناحیه سر شخص نشسته و ایستاده در یک اطاق نشیمن که توسط سیستم تسخین با کانویکتور بدون باد پکه درکف تسخین می شود، می باشد.

گرادیانت عمودی درجه حرارت نشان دهنده تغییر درجه حرارت در داخل اطاق در ارتفاع بوده و در حقیقت میزان تغییرات درجه حرارت در یک محل مشخص می باشد.



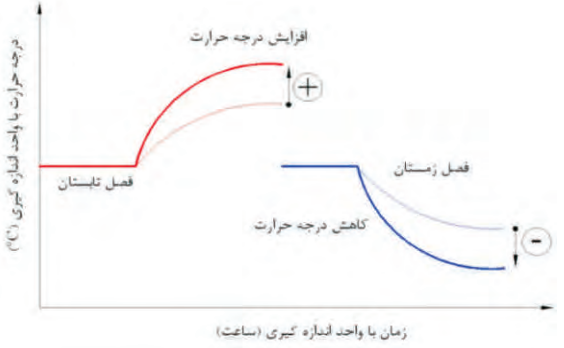
تصویر 8-3 پخش درجه حرارت در داخل اطاق در امتداد ارتفاع و در وابستگی با زمان پس از 0، 5، 10، 17 دقیقه [41]

پارامترهای اساسی حرارتی مورد نیاز برای تعیین تأثیر محیط زیست بالای انسان قرار ذیـل می باشند:

- **درجه حرارت هوا-** با حرارت سنج اندازه گیری می شود. در هنگام اندازه گیری درجه حرارت هوا، نباید مقدار درجه حرارت اندازه گیری شده تحت تأثیر تشعشع مناطق اطراف آن باشد.
- **درجه نهایی حرارت هوا-** توسط حرارت سنج کروی اندازه گیری می شود. نتیجه و مقدار حاصل شده شامل اثرات سرعت هوا و منابع تشعشع حرارتی محیط اطراف بر درجه حرارت هوا داخل می باشد.
- **درجه حرارت تشعشع-** در ساحات اندازه گیری می شود که امکان وجود منبع تشعشع حرارت باشد، و توسط دستگاه رادیومیر اندازه گیری می شود. در هنگام وزیدن هوا با سرعت کم (الی 2,0 m/s)، درجه حرارت تشعشع می تواند به طور مستقیم جایگزین درجه حرارت نهایی گردد، که توسط حرارت سنج کروی اندازه گیری می شود. در غیر این صورت می توان آن را با استفاده از محاسبات تعیین نمود.
- درجه حرارت سطح - توسط دستگاه حرارت سنج تماسی و یا توسط دستگاه های بدون تماس اندازه گیری می شود.

خواص تخنیک حرارت اطاق که توسط توانایی "سیستم ساختاری اطاق" مشخص و تعریف می شود، بیانگر حفظ حالت حرارتی آن در یک حوزه حرارت تعریف شده می باشد که توسط مفهوم ثبات حرارتی بیان می گردد. این مفهوم برای دوره های بحرانی (اکستریم) سال (زمستان و تابستان) در نظر گرفته می شود.

در تابستان افزایش درجه حرارت و در زمستان کاهش درجه حرارت مورد ارزیابی قرار می-گیرد (تصویر 9-3).



تصویر 9-3 نمایی از پخش و افزایش درجه حرارت و کاهش درجه حرارت در هنگام ارزیابی ثبات حرارتی اطاق [12]

در هنگام ارزیابی ثبات حرارتی اطاق در فصل تابستان، رابطه ذیل باید مدار اعتبار باشد[12]:

$$\theta M = \theta ai + \theta si \leq 51{,}0^{*} \qquad (°C) \qquad (3\text{-}3)$$

با توجه به شرایط مرزی ذیل*:

$$\theta_{ai} \leq 27{,}0\ °C,\ \theta_{si} \leq 27{,}0\ °C,\ \varphi_{ai} \cong 35{,}0 \sim 50{,}0\ \%,\ v_{ai} < 0{,}1\ m/s.$$

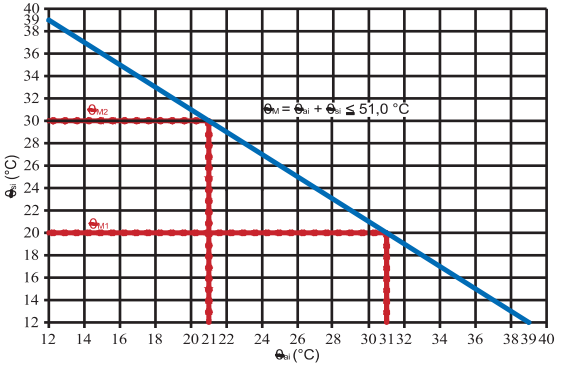
و از آن جای که:

θ_M – مجموع درجه حرارت اطاق با واحد اندازه گیری(°C)،

θ_{ai} – درجه حرارت هوا داخل اطاق با واحد اندازه گیری(°C)،

θ_{si} – اوسط درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای ساختمانی تشکیل دهنده اطاق با واحد اندازه گیری(°C) می باشد.

*نوت - درجه حرارت 51,0 °C بر اساس شرایط مرزی کشور جمهوری سلواکیا می باشد.



تصویر 3-10 دیاگرام مجموع درجه حرارت اطاق θ_M با در نظرداشت درجه های مختلف حرارت هوا محیط داخل اطاق θ_{ai} و حد متوسط درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای ساختمان θ_{si} در فصل تابستان.

حد متوسط درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای ساختمان بر اساس رابطه ذیل تعیین می گردد [12]:

$$\theta_{si} = \frac{\theta_{si1}.A_1 + \theta_{si2}.A_2 + \ldots + \theta_{sin}.A_n}{A_1 + A_2 + \ldots + A_n} \qquad (°C) \qquad (3\text{-}4)$$

از آن جای که:

$\theta_{si1}, \theta_{si2}, \ldots \theta_{sin}$– درجه حرارت سطوح داخلی هر یک از ساختارهای ساختمانی با واحد اندازه گیری (°C)،

$A_1, A_2, \ldots A_3$– مساحت سطوح داخلی ساختارهای ساختمانی با واحد اندازه گیری مترمربع (m^2) می باشد.

با بیان ساده تر، ما می توانیم فرض کنیم که بالاترین درجه حرارت هوای داخل اطاق $\theta_{ai,max}$ و بالاترین اوسط درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای ساختمانی تشکیل دهنده اطاق $\theta_{si,max}$ با هم یکسان می باشند و در حقیقت این رابطه: $\theta_{ai,max} = \theta_{si,max} = +27,0\ °C$ قابل اعتبار است. به روی همین دلیل می توان گفت؛ که حداکثر درجه حرارت هوای داخل اطاق نباید بیشتر از 27,0 °C + باشد.

بررسی ثبات حرارتی اطاق ها در فصل زمستان از طریق سرد شدن اطاق ها بعد از قطع سیستم تسخین با اعتبار شرایط زیر صورت می گیرد[12]:

$$\theta_M = \theta_{ai} + \theta_{si} \geq 38{,}0^{**} \qquad (°C) \qquad (3\text{-}5)$$

با توجه به شرایط مرزی زیر**:

$$\varphi_{ai} \cong 40{,}0 \sim 60{,}0\ \%,\ v_{ai} < 0{,}1\ \text{m/s}.$$

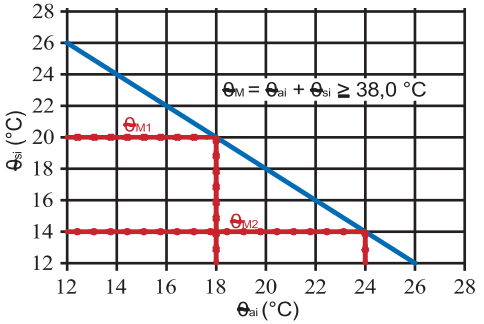
از آن جای که:

θ_M – مجموع درجه حرارت اطاق با واحد اندازه گیری(°C)،

θ_{ai} – درجه حرارت هوای داخل اطاق با واحد اندازه گیری(°C)،

θ_{si} – اوسط درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای ساختمانی تشکیل دهنده اطاق با واحد اندازه گیری (°C) می باشد.

** نوت - درجه حرارت 38,0 °C بر اساس شرایط مرزی کشور جمهوری سلواکیا تعین گردیده است.*



تصویر 3-11 دیاگرام مجموع درجه حرارت اطاق θ_M با در نظرداشت درجه های مختلف حرارت هوای محیط داخل اطاق θ_{ai} و حد متوسط درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای ساختمان θ_{si} در فصل زمستان.

3-3-2 رطوبت نسبی هوای داخل اطاق

در مورد بخار آب باید گفت که عامل تعیین کننده آن، شرایط تبخیر آب در فضای بیرون ساختمان و منابع تبخیر در داخل ساختمان می باشد.

در فصل زمستان، با توجه به درجه حرارت پایین، مقدار بخار آب در هوای بیرون ساختمان کم

می باشد. به همین دلیل است، که هوای درب ورودی به داخل ساختمان خشک بوده و با رطوبت نسبی φ_{ai} پایینتر از حد % 20,0 می باشد[13]. این حالت در وجود افراد سالم، باعث خشک شدن شدید غشای مخاطی دستگاه تنفسی (در قسمت فوقانی) می شود و عملکرد دفاعی و حفاظتی آن را کاهش داده و امکان نفوذ آلاینده های خاص را به دستگاه تنفسی (در قسمت تحتانی) افزایش می دهد.

در فصل تابستان، به دلیل درجه حرارت بالای هوا، مقدار بخار آب در هوای بیرونی ساختمان بیشتر می باشد [16].

با وجود این حقیقت که محیط با رطوبت نسبی بالا ممکن است خواص درمانی داشته باشد، ولی در زندگی روزمره، اگر به صورت دایمی رطوبت نسبی بیشتر از % 60,0 باشد، می تواند اثرات مضر را به دلیل تراکم رطوبت هوا در سطوح داخلی ساختارهای ساختمان که باعث ایجاد پوپنک می گردد، داشته باشد.

شایع ترین علل موجودیت رطوبت نسبی بالا در ساختمان های در نظر گرفته شده برای رهایش افراد قرار ذیل هستند:

- کمبودی های ساختارهای احاطوی ساختمان از نظر تخنیک حرارت،
- طریقه استفاده از ساختمان (تسخین ناکافی و تبدیل هوای ناکافی)،
- بهره برداری از ساختمان به نوع دیگر در مقابل آنچه طراحی شده بوده است،
- استفاده از اطاق های که هنوز خشک نشده اند،
- انسان و فعالیت های وی.

مقدار مناسب رطوبت نسبی هوا برای بدن انسان در حدود % 40,0 می باشد. مقدارهای توصیه شده رطوبت نسبی هوا نظر به وابستگی شرایط محدوده اقلیمی کشور مذبور از 30,0% الی 60,0% می باشد. اگر در محیط داخلی ساختمان به طور دایم افزایش رطوبت وجود داشته باشد، این امر منجر به تنش های بیشتر در ساختارهای ساختمان می گردد (ایجاد تراکم بخار، ایجاد پوپنک، خراب شدن خواص تخنیک حرارت ساختارهای ساختمان). دوام این حالت در مواردی می تواند منجر به صدمه دائمی ساختمان (حالت اضطراری و تخریب) گردد.

3-3-3 سرعت وزش هوای داخل اطاق

آسایش حرارتی همچنان تحت تأثیر سرعت حرکت هوا قرار خواهد داشت. این جریان ممکن

است به عنوان یک منبع کلی و یا هم محلی عدم آسایش حرارتی درک شود مثلاً (احساس ناگوار وزیدن دو طرفه جریان باد). سرعت مناسب حرکت هوا در داخل اطاق های رهایشی ساختمان را در هنگام درجه های مختلف حرارت هوای داخل اطاق می توان به شرح ذیل تعریف کرد:

- در هنگام فعالیت های کم (خفیف) (به ویژه هنگام نشستن) در فصل زمستان و درجه حرارت نهایی هوای داخل اطاق که در بین 20,0 °C + الی 24,0 °C + می باشد، باید حد متوسط سرعت هوا کمتر از 0,15 m/s باشد،
- در هنگام فعالیت های کم (به ویژه هنگام نشستن) در دوره تابستان و درجه حرارت نهایی هوای داخل اطاق که در بین 23,0 °C + الی 26,0 °C + می باشد، باید حد متوسط سرعت هوا کمتر از 0,25 m/s باشد.

جریان هوا در داخل اطاق همچنان انتقال حرارت را به طرف سطوح ساختارهای ساختمان تحت تأثیر قرار می دهد. اگر ما از وزیدن جریان هوا در امتداد دیوارهای احاطوی ساختمان جلوگیری نماییم (مبل و فرنیچر در نزدیکی دیوارها قرار گیرند، بدون موجودیت درز و یا فاصله برای تبادل هوا)، می توان شاهد کاهش ضریب انتقال حرارت بود (مقاومت حرارتی افزایش می-یابد)، این امر می تواند منجر به کاهش درجه حرارت سطح به حد درجه حرارت نقطه شبنم گردد و باز دوباره با ایجاد و رشد پوپنک مواجه خواهیم بود [16].

3-4 دسته بندی محیط داخل ساختمان

فضای داخل ساختمان برای رهایش، باید یک محیط زیستی مصنوعی را برای انسان بوجود آورد که محیط داخلی آن پاسخگوی نیازمندی های بدن انسان در هنگام اجرای فعالیت های مختلف باشد. در دنیای امروزی، ما در محیط داخلی ساختمان بیشتر از 90,0 % وقت کلی زندگی خود را سپری می نماییم.

مهمترین جزء این بخش از محیط زیست، حرارت و رطوبت محیط زیست بوده که با فراهم آوری حالت مناسب حرارتی در داخل اطاق مشخص شده است و زیر نام آسایش حرارتی آن را می شناسیم. به همین دلیل، محیط داخلی ساختمان ها باید پاسخگوی الزامات ذیل باشد:

حرارت و رطوبت میکرو اقلیم، تسخین و تبدیل هوا، نیازمندی های روشنایی، موجودیت بی-حد روشنایی و انواع دیگر تشعشع چشمی (اپتیکالی).

پارامترهای محیط داخلی ساختمان در درجه اول به منظور بررسی انطباق با الزامات ضروری،

از قبیل: حفظ الصحه، حفاضت سلامتی بدن و محیط زیست، صرفه جویی در انرژی ساختمان ها و محافظت حرارتی ساختمان می باشد.

در بین اجزای اصلی که بر شکل گیری محیط زیست داخلی ساختمان اثر می گذارند می تواند به موارد ذیل اشاره نمود:

- فیزیکی (درجه حرارت، رطوبت، نور، صدا، زون های الکتریکی، الکترو استاتیک، ایرون ها)،
- کیمیاوی (مواد سمی توکسیک ذرات معلق در هوا، مواد بودار)،
- بیولوژیکی (میکرو ارگانیسم ها)،
- وزنی (مواد جامد سمی، مایعات و گازها، بو، میکروب ها، و غیره)،
- انرژیکی (تشعشع حرارت و نور، الکترو استاتیک، قوه جاذبه زمین و غیره).

مقـررات بین المللی و استـانداردهای زیـادی وجـود دارند، که معیـار تعادل حـرارتی، آسایش حرارتی و کیفیت هوای محیط داخل ساختمان را در ساختمان های رهایشی مشخص می سازند. از قبیل: (STN EN ISO 7730 [48], NPR-CR 1752 [47], CEN/TR 14788 [50])

این استانداردها تشخیص دهنده کتگوری های مختلف، معیاری بوده و می توانند تأثیر قابل توجهی در مصرف انرژی ساختمان در نظر گرفته شده برای رهایش داشته باشند.

مقادیر توصیه ای درنظر گرفته شده برای محیط های داخلی ساختمان (نظر به کتگوری) با جزئیات در استاندارد ها مشخص شده است، به عنوان مثال در استاندارد:STN EN15251[53] (جدول 3-3).

کتگوری	توضیح
I	**سطح بالایی انتظار**، توصیه می شود برای مکان های که استفاده کننده گان و یا کاربران آن بسیار حساس بوده و دارای توقعات خاص می باشند مانند: افراد معلول، بیمار، کودکان بسیار خورد سال و افراد مسن.
II	**سطح عادی انتظار**، برای ساختمان های جدید و بازسازی شده استفاده می شود.
III	**انتظارات سطح متوسط و مجاز**، می تواند برای ساختمان های موجود استفاده شود.
IV	ارزش پارامترها **خارج از معیارهای** قبلا ذکر شده است. این کتگوری تنها در بخش محدود سال قابل مجاز است.

جدول 3-3 شرح و توضیحات استفاده از هر یک کتگوری ها [53]

بر اساس کتگوری های فوق الذکرمحیط داخل ساختمان (جدول 3-3)، الزامات تعیین شده مربوط به شـدت تبـادل هوا به منظور تقیـسم بندی: انتشـار گازهای مضره از کاربـران ساختمان (جدول 3-4) و انتشار گازهای مضره از ساختمان ها (جدول 3-5) می باشد.

کتگوری	مقدار هوا با واحد اندازه گیری ((فرد.s)/l)	فیصدی انتظار ناراضی ها با واحد اندازه گیری (%)
I	10	15
II	7	20
III	4	30
IV	< 4	> 30

جدول 4-3 نیاز اولیه شدت تبادل هوا برای طبقه بندی انتشار گازهای مضره از کاربران ساختمان q_p [53]

کتگوری	ساختمان با آلوده گی بسیار کم واحد اندازه گیری ($l/(s.m^2)$)	ساختمان با آلوده گی کم واحد اندازه گیری ($l/(s.m^2)$)	ساختمان آلوده واحد اندازه گیری ($l/(s.m^2)$)
I	0,50	1,0	2,0
II	0,35	0,7	1,4
III	0,30	0,4	0,8

جدول 5-3 نیاز اولیه شدت تبادل هوا برای طبقه بندی انتشار گازهای مضره از ساختمان برای کتگوری های مختلف q_B [53]

شدت مجموعی تبادل هوای اطاق، توسط معادله زیر محاسبه می شود[53] :

$$q_{tot} = n.q_p + A.q_B \qquad (l/s) \qquad (3-6)$$

از آن جای که:

q_{tot} - شدت مجموعی تبادل هوای اطاق با واحد اندازه گیری (l/s)،

n - ارزش و یا مقدار طراحی شده برای تعداد افراد مقیم اطاق،

q_p - شدت مجموعی تبادل هوای برای یک فرد با واحد اندازه گیری ((شخص.s)/l)،

A - سطح کف اطاق با واحد اندازه گیری (m^2)،

q_B - شدت تبادل هوا برای انتشار گازهای مضره از ساختمان با واحد اندازه گیری ($l/(s.m^2)$) می-باشد.

دستیابی به کیفیت مورد نظر هوای داخل ساختمان، به طور عمده بستگی به سه معیار ذکر شده در زیر دارد:

- خارج ساختن مواد آلاینده از فضاهای بهره برداری مرطوب (حمام، آشپزخانه، تشناب)،

- تبادل هوا به طور کلی از تمام اطاق ها در ساختمان با توجه به معیارهای تبادل هوای تازه برای اطاق های اصلی نشیمن (اتاق خواب و اتاق نشیمن یا سالون).

کیفیت هوای داخل ساختمان به عنوان سطح مورد نیاز تبادل هوا بیان می شود. برای تبادل هوا که نیاز به کنترل و اداره دارد، باید در سطح ملی معادلات آن تعریف و مشخص شود (به عنوان مثال شدت تبادل هوای ساختمان های رهایشی نظر به کتگوری محیط داخل ساختمان که در جدول زیر نشان داده شده است، مشخص می گردد (جدول 6-3).

کتگوری	شدت تبادل هوا [a]		اطاق های نشیمن و اطاق های خواب، مقدار حد اکثر هوای بیرون وارد شده		مقدار هوای خارج شده		
	$(l/(s.m^2))$ (1)	(1/h)	$(l/(s.m^2))$ [b] (2)	$(l/(s.m^2))$ (3)	آشپز خانه ها (4a)	تشناب ها (4b)	توالت ها (4)
I	0,49	0,7	10	1,4	28	20	14
II	0,42	0,6	7	1,0	20	15	10
III	0,35	0,5	4	0,6	14	10	7

a شدت تبادل هوا بیان شده به **$l/(s.m^2)$** و به **1/h**. البته با هم متناظر اند، در صورتیکه ارتفاع سقف اطاق **2,5 m** باشد

b تعداد کاربران را می توان بر اساس تعداد تخت خواب تعیین نمود. اگر شرایط ملی وجود دارد، باید آن را مورد استفاده قرار داد، ممکن است برای محاسبه انرژی و محاسبه کیفیت هوا در تفاوت باهم قرار داشته باشند

جدول 6-3 مثال شدت تبادل هوا در ساختمان های رهایشی. بهره برداری مداوم در طول زمان اقامت افراد در داخل ساختمان - اختلاط کامل [53]

1 - محاسبه کلی تبادل هوا ساختمان بر اساس: الف) مساحت کف اطاق، ستون1، ب) تعداد کاربران و یا تعداد اطاق های خواب، ستون 2 و 3.

2 - انتخاب یک مقدار بالاتر از a) یا b) برای محاسبه کلی تبادل هوای ساختمان.

3 - تنظیم مقدار هوای خروجی از آشپزخانه، حمام و تشناب، ستون 4 نظر به این واقعیت که: a)شدت خروج هوا در یک ساختمان با مساحت کوچک کف اطاق کمتر می باشد، b)شدت خروج هوا در یک ساختمان با مساحت بزرگ اطاق ها بیشتر می باشد.

4 - هوای تازه بیرون همواره باید به اطاق های نشیمن و خواب تأمین شود.

مقادیر مندرج در جدول بالا (جدول6-3)، مجموع اختلاف هوا در داخل اطاق را فرض می نماید، درحالیکه شدت تبادل هوا توصیه شده بر اساس استفاده و بهره برداری متوسط از ساختمان

های رهایشی می باشد. اگر نیازمندی برای شدت تبادل هوا در اطاق های ساختمان به شکل فیلترشن طبیعی میسر نمی گردد، لازم به فراهم آوری تبادل هوا به وسیله های دیگر خواهد بود.

a شدت تبادل هوا بیان شده به $l/(s.m^2)$ و به $1/h$ می باشد، البته با هم متناظر اند (در صورتیکه ارتفاع سقف اطاق 2,5 m باشد).

b تعداد کاربران را می توان بر اساس تعداد تخت خواب تعیین نمود. و اگر در ضوابط ملی تعریف شده باشد، باید آن را مورد استفاده قرار داد، ممکن است برای محاسبه انرژی و محاسبه کیفیت هوا در تفاوت با یکدیگر قرار داشته باشند.

کیفیت محیط زیست داخل ساختمان از دید تخنیک حرارت با درک افراد مقیم ساختمان از این کیفیت را می توان در شاخص های آسایش حرارتیPMV و PPD تعیین نمود. توسط ایندکس PMV (آرا پیش بینی شده - predicted mean vote) درجه متوسط شاخص آسایش حرارتی مشخص می شود و توسط ایندکسPPD (فیصدی پیش بینی شده ناراضی- predict percentage dissatisfied) پیش بینی فیصدی سهم ناراضی ها با سطح فعالیت های معمولی و عایق لباس (در زمستان و در تابستان) آن با توجه به استاندارد [48] N ISO 7730 مشخص می شود.

3-5 کیفیت هوای داخل اطاق

بارهای حرارتی در ساختمان نظر به فضای محیط و زمان در حال تغییر می باشند. از این منظر، سیستم پیشنهادی که فراهم کننده کیفیت محیط داخل ساختمان می باشد ممکن است قادر به انجام هدف خود در همه اطاق ها و در همه زمان ها نباشد. به همین دلیل است که ضرورت به بررسی چگونگی عملکرد ساختمان در ارتباط با محیط داخلی آن در بلند مدت لازم است. ارزیابی محیط زیست داخلی ساختمان در محیط های داخلی "معمولی" که متشکل از زون های مختلف ساختمان می باشد، انجام می شود.

این ارزیابی ممکن است بر اساس: طراحی، محاسبات، اندازه گیری ها و پرسشنامه باشد.

ارزیابی کیفیت محیط داخل ساختمان بر اساس کتگوری ها و فاکتورهای محیط داخل ساختمان بوده و قرار ذیل می باشند:

معیار شرایط حرارتی محیط داخل ساختمان در فصل زمستان، معیار شرایط حرارتی محیط داخل ساختمان در فصل تابستان معیار تبادل هوا، معیار روشنایی و معیارهای صوتی.

تعریف دقیق از این کتگوری ها بستگی به نوع منابع آلودگی آنها و همچنان اثرات باقی مانده ناشی از این آلودگی ها دارد. اثرات ناشی از این آلودگی ها را می توان در کیفیت هوای داخل اطاق درک و احساس نمود و یا هم در سلامتی وجود انسان دید.

این اثرات هم وابسته به نوع افرادی است که در معرض و یا در اطراف این نوع اقیلم محیط داخل ساختمان قرار دارند (به عنوان مثال، که آیا این فرد یک فرد بالغ و سالم است، آیا کودک است و یا یک مریض در شفاخانه). بنابر همین دلیل است که می توان گفت که تعریف کامل همه کتگوری های کیفیت هوای داخل ساختمان می تواند تنها به شکل نظری باشد.

تحقیقات امروزی و تطبیق عملی آن نشان می دهد که هوای داخل ساختمان را می توان بر اساس غلظت CO_2 طبقه بندی نمود.

میزان غلظت CO_2 اندیکاتور یا بیانگر مناسبی است برای تولید گازهای گلخانه ای در منطقه و یا ساحه نشیمنی که در آن سگرت کشیدن مجاز نمی باشد. چرا که آلودگی هوا در این مناطق به طور معمول با تنفس و تبدیل هوا از بدن انسان ایجاد می شود (جدول 8-3) STN 13779 (2007).

در بین دیگر آلاینده های که اغلب در هوای داخل ساختمان وجود دارند، CO کاربن مونوکساید، اُزونO_3، اکسایدهای گوگرد S_{OX}، اکسایدهای نیتروژن N_{Ox} و ذرات مواد عضوی (VOCs) شامل اند.

کتگوری	تعریف	غلظت CO_2 – بالاتر از غلظت هوا بیرون با واحد اندازه گیری(ppm)	
		محدوده معمول	مقادیر استانداردی
IDA 1	هوای داخل اطاق با کیفیت بالا	≤ 400	350
IDA 2	هوای داخل اطاق با کیفیت متوسط (گرفته شده از محدوده حداکثر و حداقل)	400 – 600	500
IDA 3	هوای داخل اطاق با کیفیت متوسط (گرفته شده از بین معمول ترین ارقام)	600 – 1000	800
IDA 4	هوای داخل اطاق با کیفیت پایین	> 1000	1200

جدول 7-3 طبقه بندی اولیه کیفیت هوای داخل ساختمان (IDA) و لیمیت های تعیین شده CO_2 در داخل اطاق های ساختمان [53]

** نوت - نشانه IDA عبارت است از کیفیت هوای داخل ساختمان(indoor air).*

نتیجه ی کیفیت هوای داخل ساختمان بستگی به کیفیت هوای محیط اطراف، حجم هوا

منتسب به فرد در داخل اطاق، و یا تبادل هوا و میزان آلاینده های هوا دارد.

منابع آن ها عبارتنـــد از: شهروندان، میتـــابولیزم وجود آن ها و فعـالیت جسمـانی شان، مواد ساختمـانی، پاک کاری و نگهـــداری محیط داخل ساختمـــان و یا هم نگهداری ضعیف تجهیـزات تخنیکی ساختمان می باشند.

کیفیت هوای داخل ساختمان را می توان به طور کلی در سطح مورد نیاز تبادل هوا بیان داشت. اگر هدف تبادل هوا اداره شده و یا کنترول شده در داخل ساختمان باشد، باید معادل آن در سطح ملی تعریف شود. مقدار هوا، در صورت تبادل هوای کلی اطاق های خواب و اطاق های نشیمن در ساختمان های در نظر گرفته شده برای رهایش به طور ذیل بیان می شود:

- شدت تبادل هوا در ساعت برای هر اطاق،
- مقدار هوای مورد نیاز برای پاسخگویی به الزامات در اطاق های اصلی،
- شدت مورد نیاز خروج هوا (از حمام، تشناب و آشپزخانه).

3-6 اندازه گیری و ارزیابی کیفیت هوا

سطح قابل قبول آلودگی هوا، توسط محدودیت های میزان انتشار، شرایط کلی بهره برداری، سقف میزان انتشار در سطح ملی و سهمیه بندی میزان انتشار تعیین می شود.

اهداف هوا با کیفیت عبارت است از حفظ کیفیت در مکان هایی که در آن رضایت کامل از هوا داخل اطاق وجود دارد (در دیگر ساحات آن را می توان افزایش داد).

اساس برای ارزیابی کیفیت هوا، نتایج حاصل شده از اندازه گیری غلظت آلاینده ها در هوا (از طریق ایستگاه های کنترل کیفیت هوا) می باشد. یک نوع مثال از این ایستگاه های نظارت، ایستگاه های نظارت می باشند که با پروگرام EMEP (پروگرام مانیتـورینگ و ارزیابی اروپا یا European Monitoring and Evaluation Programme) و پروگرام برای نظارت و ارزیابی حمل و نقل دوربرد آلودگی هوا در اروپا تعیین می باشند. در بین ابزار اساسی که برای ارزیابی کیفیت هوا تعیین شده است، از مدل های ریاضی ذیل استفاده می نماییم:

CEMOD – مدل سازی آلاینده های اولیه (SO_2، NO_x ، NO_2، بنزن و CO)،

IDWA – بازیابی فضایی از غلظت آلاینده های انتخاب شده (PM 10، PM 2.5، اُزون و فلـــزات سنگین) در سراسر قلمرو کشور تحت بررسی.

فصل چهارم

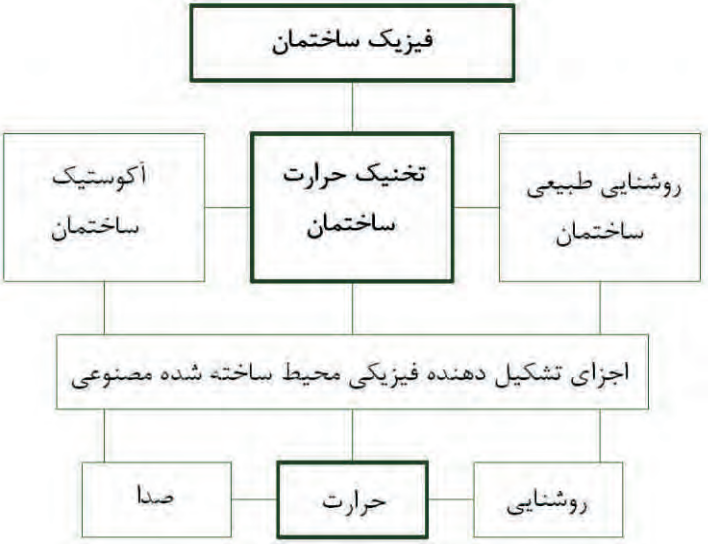
الزامات اساسی تخنیک حرارت در ساختمان

4 الزامات اساسی تخنیک حرارت برای ساختمان و ساختارهای ساختمانی

4-1 معلومات عمومی در باره تخنیک حرارت ساختمان

یکی از رشته های که تا حد زیادی بر طراحی عناصر اساسی ساختمان های روبنایی که شامل ساختمان های رهایشی، مدنی، صنعتی، و بخشی از ابنیه زراعتی که به شکل واحدهای مسکونی است،- اثر می گذارد، فیزیک ساختمان نامیده می شود.

با وصف اینکه در گذشته فیزیک ساختمان به عنوان یک بخش جداگانه مورد بررسی قـرار نمی گرفت، اما در هنگام طراحی و محاسبات تقسیم بندی کلی و محیطی ساختمان های تجاری، تاریخی، فرهنگی نقش بسزای داشته است. فیزیک ساختمان منحیث یک رشته به سه شاخه اساسی تقسیم بندی می شود، این شاخه ها عبارتند از: تخنیک حرارت ساختمان، آکوستیک ساختمان و روشنایی (نور) طبیعی ساختمان. (تصویر 1-4)



تصویر 1-4 چارت تقسیم بندی رشته فیزیک ساختمان

شاخه ها و یا گروه های مذبور در بالا، یک کامپلکس با هم مرتبط را بوجود می آورند که نه تنها کارایی انرژی ساختمان را، بلکه آسایش حرارتی محیط داخلی ساختمان را در هنگام اقامت و در دوران اجرای کار ساختمان به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار می دهد.

رشته **فیزیک ساختمان** در حقیقت نشان دهنده ترکیبی از قوانین فیزیک با کاربرد رشته ساخت و ساز در ساختمان های روبنایی تعمیراتی می باشد. البته این کار با هماهنگی و رعـــایت نمودن اصول دیگر بخش های تجهیزاتی و استاتیکی ساختمان باید انجام می گردد.

در مجموعه ی این کتاب تمرکز خاصی بر بخش تخنیک حرارت ساختمان با الحاق به مجموعه ای از قوانین و یا رشته های که اسم آن را طراحی تخنیکی- فیزیکی ساختاری ساختمان می گذاریم، صورت می گیرد. این بدان معنی است که آسایش حرارتی محیط داخل ساختمان پیشنهاد شده با در نظر داشت عناصر ساختاری داخلی، افقی و عمودی و شرایط آب و هوایی بیرون (با رعایت پارامترهای مطلوب درجه حرارت و رطوبت نسبی) مورد توجه قرار گیرد.

تخنیک حرارت ساختمان، حفاظت حرارتی ساختمان را با هر یک از بخش های آن در مقابل اثرات ناگوار هوای بیرون در ایام تابستان و زمستان به بحث می گیرد.

نظر به شرایط آب و هوای منطقه، اگر لازم باشد محیط داخل ساختمان در ایام تابستان سرد و در ایام زمستان گرم ساخته می شود. طرح و دیزاین تجهیزات تسخین (گرم ساختن) و تهویه (سرد ساختن) و همچنان مصرف انرژی این تجهیزات بستگی به سطح حفاظت حرارتی (عایق بودن) ساختمان و هر یک از بخش های ساختاری آن دارد.

عناصر ساختاری ساختمان با خواص تخنیک حرارتی آن، نیاز مطلوب حرارتی تسخین و تهویه ساختمان را قبلاً تعیین می نماید.

نیاز حرارتی مورد نظر محیط داخلی ساختمان مشتق آسایش حرارتی افراد مقیم ساختمان با درنظر داشت حفاظت حرارتی ساختمان و هر یک از بخش های ساختاری آن دارد. الزامات تخنیک حرارت ساختمان را می توان به شکل عمومی به چهار حوزه که متقابلاً بر یکدیگر اثر گذارند، طبقه بندی نمود:

- حفاظت از کاربران ساختمان (الزامات مورد نیاز برای یک محیط سالم و راحت)،
- حفاظت از ساختارهای ساختمان (سهم گرفتن در تضمین دوام ساختارهای ساختمانی و قطعات مربوط به آن)،
- بهره برداری اقتصادی از ساختمان (حصول اطمینان از هزینه های پایین بهـــره برداری)،
- حفاظت از محیط خارجی (محیط زیست در سطح محلی، منطقه ای و جهانی)،

تحقق همـــــزمان تمـام این الزامـات شاید کاری آسان نباشـد و آن هم با در نظرداشت اینکه

الزامات زیاد دیگر در بخش های شبه وجود دارند (فصل های دیگر فیزیک ساختمان مانند: آکوستیک ساختمان، روشنایی طبیعی، و یا ساحه استاتیک ساختمان ها و غیره...).

حفاظت حرارتی ساختمان شاخه ای از علم ساختمان است که انتشار حرارت و انتقال ماده را در ساختارهای ساختمان و محیط داخل ساختمان مورد بحث قرار می دهد.

روش های طراحی و اندازه گیری ساختمان و عناصر ساختاری آن با کمک الزامات خواص تخنیکی حرارت و معیارهای مورد نیاز شرایط ذیل را فراهم می نماید:

- آسایش حرارتی کاربران ساختمان،
- حرارت و رطوبت نسبی مورد نیاز ساختمان و عناصر ساختاری آن،
- جلوگیری از ایجاد اختلال در خواص تخنیک حرارتی ساختمان و عناصر ساختاری آن،
- نیاز کم به انرژی در هنگام فعالیت سیستم تسخین و تبادل هوا و همچنان ایرکاندیشن.

قوانین حفاظت حرارتی ساختمان، ابزاریست که طراح ساختمان در هنگام طراحی های جدید یا بازسازی آن ها رابطه مطلوب با محیط زیست و مصرفِ کمِ انرژی را اصل قرار دهد [12].

منحیث اولین گام در توسعه تخنیک حرارت ساختمان و حفاظت حرارتی آن، تغییرات تدریجی در تکنولوژی ساخت و ساز و مواد ساختمانی می باشد. که از مهمترین، این تغییرات مربوط بود به: کم وزن ساختن ساختمان ها، بهبود دادن قدرت عایق حرارتی عناصر ساختارهای احاطوی ساختمان ها و استاندارد ساختن روش محاسبه و اندازه گیری های آن ها می باشد.

2-4 قوانین، ابلاغیه ها، استانداردها و مقررات تخنیکی

بر اساس معیارها و الزامات تخنیک حرارت ساختمان، طراحی و پیشنهاد خواص تخنیکی حرارت ساختمان و عناصر ساختاری آن انجام می گیرد. این الزامات و معیارها در چهارچوب استانداردهای پذیرفته شده EN (ISO) نظر به نوع ساختمان تعریف می گردد. در حقیقت الزامات و معیارهای تعریف شده در نورم ها و یا استاندردهای روش یکسانی را برای طراحی و پیشنهاد خواص تخنیکی حرارت ساختمان و هر یک از عناصر ساختاری آن بوجود می آورد و این عمل انعکاس دهنده وضعیت تخنیکی، تکنولوژیکی، سنتی و شرایط دوام عمر اقتصادی آن می باشد.

انکشاف تاریخی الزامات خواص تخنیکی حرارت ساختمان و عناصر ساختاری آن باعث شد تا امروز ساختمان های که طراحی آن بر اساس معیارهای مختلف، مقتضی زمان صورت گرفته است

وجود داشته باشند.

در سطح جهانی استانداردهای تخنیکی ملی و اصول آن، معمولاً ماهیت غیر الزام آوری را منحیث اسناد تخنیکی ناظردر سیستم و سلسله طی مراحل کاری ساختمان دارا می باشند.

مراعات نمودن این استاندردها در عمل، اساس پیش شرط موفقیت به خصوص در بازار ساخت و ساز ساختمان می باشد. نیاز مقادیر (ضریب های) ارائه شده در استاندردهای در حقیقت منظر تفسیر حداقل ارزشی آن است. این الزامات و معیارها به طور رسمی در شرایط صدور گواهینامه یا سرتفیکیت ها در چهارچوب ابلاغیه ها یا فرامین ارگان های دولتی جا داده می شود. با وصف پذیرش استانداردهای اروپایی که وظیفه اصلی اتباع اروپا شمرده می شود، استانداردهای بین-المللی هم در چهارچوب استانداردهای ملی هر یک از کشورها علاوه می گردد. ایجاد استانداردهای ملی یک کشور بر اساس الزامات و معیارهای همان کشور، تدوین می گردد.

بر اساس اصول "استانداردهای تخنیکی غیر الزام آور"، که به صورت عموم در کشورهای اتحادیه اروپا تطبیق می گردد، انطباق آن با استانداردهای ملی هر کشور "داوطلبانه" می باشد، مگر به جزء از مواردی که تطبیق آن در قانون و مقررات تخنیکی حتمی نماید.

اشاره به استانداردهای ملی که رعایت آن اجباری است، به طور مستقیم در چوکات قانون و مقررات تخنیکی اعلام می گردد. با توجه به این که گاهی تطبیق استانداردهای ملی از نظر قانونی الزام آور نمی باشد، ولی تطبیق استانداردهای تخنیکی ارزش خود را از دست نمی دهد. بسیاری از استانداردها مانند الزامات مورد نیاز ساختارهای ساختمان یا تجهیزات آن می توانند "اجباری" شوند و آن هم از طریق مقامات مربوطه دولت در قالب احکام اجرایی می گردند.

استانداردهای ملی، و یا هم بخش های از آن می توانند "اجباری" شوند و با توافقنامه های کاری بین سرمایه گذاران و طراحـان پروژه امکان پذیر می شود. جایگاه استانداردها را در سیستـــم قانونگذاری تصویر زیر به نمایش می گذارد (تصویر 2-4).

تصویر 2-4 جایگاه استاندارد ها را در سیستم قانونگذاری [12]

استانداردهای تخنیکی در قسمت طراحی و ارزیابی خواص حرارتی ساختمان و عناصر ساختاری آن در استانداردهـای بین المللی (ISO / TC 163) (عایـق حرارتی Thermal insulation) و استـــانداردهای اروپـــایی (CEN/TC 89) (عمـــلکرد حـــرارتی ساختمان و اجزای آن Thermal performance of buildings and building components) جا داده شده است، و نتایج به دست آمده از ایجاد استانداردهای تخنیکی بین المللی و اروپایی متعاقباً با تطبیق آن ها در سیستم استانداردهای هر کشور در عمل منعکس می گردد.

توافقنامه ای وین، همکاری بین سازمان استاندارد اروپا CEN و سازمان بین المللی استاندارد-ISO را با ایجاد کمیته های تخنیکی کاری در بخش های همسان فراهم می نماید، که هدف از ایجاد این توافقنامه اجتناب از تکرار کار در استانداردهای ISO و EN است. از این رو تعداد زیادی از استانداردها، به طور مشترک با سازمان بین المللی استاندارد ISO / TC 163 عایق حرارتی-Thermal insulation باقی می مانند.

استانداردهای قدیمی تر در سیستم سازمان استاندارد اروپا CEN شامل نمی شوند، اما بازنگری آن ها باید به طور مشتـرک انجام شود. استانداردهای که به همکاری سـازمان بین المللی استاندارد ISO آماده می گردد تحت نام: EN ISO xxx یاد می شود[12].

استانداردهای تخنیکی شامل قوانین، دستـورالعمل هـا، راهنمایی هـا، تعـریف هـا، و نتایج فعالیت های علمـی تحقیقـاتی با هدف دستیـابی به مناسب ترین تنظیـم و آماده سـازی در امور مربوطه برای استفاده یکبار و یا مکرر می باشند [12].

استانداردهای تخنیکی عبارتند از:

- استاندارد بین المللی اتخاذ شده توسط سازمان بین المللی استاندارد (**ISO**)، که در دسترس عموم قرار دارد،
- استـــاندارد اتخاذ شده توسط سازمان استاندارد اروپا (**CEN**)،که در دسترس عموم قراردارد،
- استانداردهای ملی، که در دسترس عموم قراردارند.

در هنگام درج و یا پذیرش استانداردهای بین المللی و اروپایی به داخل چوکات و یا سیستم استانداردهای ملی همه حالت های درج و یا پذیرش مورد استفاده قرار می گیرند:

- توسط ترجمه،

- توسط درج و یا پذیرش نسخه اصلی،
- توسط درج و یا پذیرش با زبان یکی از اعضای اتحادیه CEN،
- توسط اعلامیه برای استفاده مستقیم.

استانداردهای تخنیکی در ساحه کارایی انرژی در ساختمان شامل انتقال حرارت از طریق ساختارهای ساختمان و عایق حرارتی سیستم تجهیزات ساختمان می باشد. شامل سیستم سازمان استاندارد اروپا CEN / TC89 (عملکرد حرارتی ساختمان و اجزای ساختمان- Thermal performance of buildings) بوده و حاوی موارد ذیل می باشد[12]:

- قواعدی که می توانند خواص مهم تخنیک حرارت و الزامات مربوطه آن را بیان کنند،
- روشی محاسبه و آزمون،
- ارائه اطلاعات درب ورودی از جمله بیان شرایط آب و هوا،
- بررسی اثر انتقال ماده، مانند رطوبت و هوا.

هر یک از استانداردهای تخنیکی به ارزیابی خواص تخنیک حرارتِ ساختارهای ساختمانی، جزئیات ساختارهای ساختمانی، هوای محیط داخل اطاق (فضای داخلی) و همچنین بصورت عموم حالت کل ساختمان می پردازد. برخی از استانداردهای تخنیکی تنها برای ساختارهای مشخص، مانند: کلکین ها و دروازه ها و ساختارهای کف اطاق قابل اجراء می باشند.

انتشار حرارت و انتقال ماده (به خصوص رطوبت) را می توان هم زمان بیان داشت. الزامات اساسی مورد نیاز برای انجام محاسبات مربوط به انتشار حرارت و رطوبت، شناخت و درک شرایط اقلیمی محیط بیرونی ساختمان مربوطه می باشد.

جمع آوری استانداردها در سیستم سازمان استاندارد اروپا CEN / TC89 بشکل سیستماتیک systemization اطلاعات درب ورودی اقلیمی صورت می گیرد. استانداردها در این مورد نشان دهنده روش جمع آوری و یا احصایه آمارها و طرز بیان هر یک از پارامترهای اقلیمی می باشد.

استانداردهای ساخته شده در سیستم سازمان استاندارد اروپا CEN/TC 89 را گاهی بنام "استانداردهای افقی" یاد می نمایند.

استانداردها در این مورد، الزامات مورد نیاز برای ساختارها و محصولات ساختمانی را مشخص نمی سازند، اما ذریعه مشخص ساختن خواص ساختارها و محصولات ساختمانی نقشی خاصی را ایفاء می نماید و آن هم ذریعه ارائه نمودن روش کلی برای تأیید بررسی و کنترول کردن خواص

آن ها می باشد. بخش مهم دیگری ساحه تطبیق این برنامه، استاندارد ساختن خواص تخنیکی حرارت ساختمان و عناصر ساختاری آن در هنگام طراحی به منظور کاهش نیاز انرژی و حرارت در هنگام بهره برداری از آن و همچنان دستیابی به حالت رضایت بخش (مورد نظر) محیط داخل ساختمان می باشد.

دستیابی به صرفه جویی انرژی در هنگام استفاده و بهره برداری از ساختمان یک فاکتور مهم در حفاظت از محیط زیست قلمداد می گردد.

رابطه بین کاهش تولید کاربن دای اکساید و طراحی مفید و کار آمد حرارتی مربوط به خواص تخنیکی حرارت ساختمان و عناصر ساختاری آن بسیار قابل توجه است.

استاندارد ساختن پروژهء مطابق به الزامات سازمان استاندارد اروپا CEN / TC 89 توسط انجنیر پروژه، وسیله ای برای طراحی ساختمان و عناصر ساختاری آن متناسب با محیط زیست می باشد. با توجه به قوانین اتحادیه اروپا در مورد تولید کاربن دای اکساید، تمام عناصر ساختاری ساختمان ها باید طوری طراحی شود که دارای سیستم مؤثر عایق حرارتی با داشتن خواص حرارتی کار آمد بوده و بتوانند پاسخگوی الزامات حفاظت حرارتی ساختمان باشند.

البته تمام ساختمان های رهایشی مشمول أخذ گواهینامه و یا سرتیفیکیت انرژی می شوند. وظیفه اصلی در این جا آماده سازی اسناد استانداردهای است که ارائه دهنده روش صدور گواهینامه انرژی ساختمان و همچنان اسناد استانداردهای که بیانگر الزامات ملی (در استانداردها و دستوالعمل های ملی) در رابطه با نیاز به حرارت و مصرف انرژی در ساختمان می باشد.

ارزیابی معیارهای طراحی ساختمان ها و عناصر ساختاری آن از دیدگاه حفاظت حرارتی شرط لازم برای ایجاد یک ساختار منسجم به نام "اسناد استاندارد تخنیکی در سطح ملی" در پیوند با استانداردهای اروپایی می باشد.

در هنگام پذیرش و هماهنگ سازی استانداردهای ملی با استانداردهای اروپایی نه تنها به گرفتن و پذیرش استانداردها اکتفا نمی شود، بلکه ایجاد استانداردهای جدید ملی هم شامل آن می شود. در حقیقت این همان الزاماتی است که برای ارزیابی خواص حرارتی مواد ساختمانی، ساختمان و عناصر ساختاری از آن استفاده به عمل می آید.

این ارقام مورد نیاز را استانداردهای اروپایی تجویز نمی نمایند، بلکه هر کشور اروپایی با توجه به شرایط در استانداردهای ملی خود آن را تدوین می نماید.

ایجاد استانداردهای ملی یک ضرورت مبرم شناخته می شود و آن هم به دلیل این است که

بتواند سیستم استاندارد اروپا EN معتبر نگهداشته شود و در هنگام استفاده، نیازمند اطلاعات لازم در محاسبه (مثالاً اطلاعات اقلیمی نظر به موقعیت کشور) نباشد.

3-4 الزامات کاربردی برای حفاظت حرارتی ساختمان

خواص تخنیکی حرارت ساختمان و عناصر ساختاری آن بر شکل گیری هوای محیط داخلی ساختمان بسیار مؤثر بوده و بر استفاده و بهره برداری ساختمان از نظر اقتصادی و میزان هزینه-های مصرف انرژی آن تأثیر می گذارد.

در هنگام انتخاب گزینه ها و راه حل های مختلف مربوط به کاهش فرار حرارت از ساختمان، مصرف سوخت و انرژی برای تسخین ساختمان ها، بیشترین توجه عموماً بر روی عناصر ساختاری ساختمان متمرکز می شود.

بهبود خواص تخنیک حرارت مواد ساختمانی و ساختارها، یکی از مهم ترین وسایل انطباق با اصول عقلانی چگونگی مصرف مواد سوختی و انرژی است. البته فراموش نباید کرد که تلاش برای بهبود این خواص در هر حالت باید صورت پذیرد و آن هم در شرایطی که ساختارهای احاطوی ساختمان دارای خواص عایق حرارتی بسیار کار آمد باشند.

وجود الزامات و معیارها بطور کلی باعث ایجـاد روش یکنـواخت برای طـراحی خواص تخنیک حرارت ساختمان و عناصر ساختاری آن می شود.

الزامات کاربردی در برگیرنده موارد ذیل می باشند:

انتشار حرارت، رطوبت و هوا از طریق ساختارهای ساختمان، ثبات حرارتی و تقاضای ویژه تسخین (مقداری است که خواص حرارتی ساختمان را بدون در نظر گرفتن اثر سیستم تسخین و منابع حرارتی آن مشخص می سازد. *این امر بیانگر مقدار حرارت در واحد سطح است*).

برای طراحی ساختارهای ساختمان و اطاق های مربوطه آن و همچنان تعیین وضعیت محیط داخلی ساختمان های مسکونی و غیر مسکونی، نیاز به تحقق حداقل معیارهای خواص عایق حرارت ساختمان می باشد. این معیارها قرار ذیل اند:

- معیار حداکثر مقدار ضریب هدایت حرارت عناصر ساختاری،
- معیار حداقل حرارت سطح داخلی عناصر ساختاری (معیارحفظ الصحه ای)،
- معیار حداقل اوسط تبادل هوا در اطاق (معیار تبدیلی هوا)،
- معیار حداکثر تقاضای ویژه تسخین برای گرم کردن ساختمان (معیار انرژیتیکی).

علاوه بر معیارهای فوق ذکر، ضرورت به تعیین انرژی مورد نیاز تسخین ساختمان با ارائه پیش بینی منطبق بر کارایی انرژی ساختمـان (معیـار حداقل الزامـات برای کارایی انرژی ساختمان ها) می باشد.

تحقق حداقل الزامات مورد نیاز برای کارایی انرژی ساختمان ها بستگی به سیستم های تخنیکی در ساختمان، فعالیت مفید منابع گرم کننده و سرد کننده، حامل های انرژی، و غیره... دارد. الزامات اساسی تخنیک حرارت برای ساختمان ها و عناصر ساختاری آن نظر به ضرورت های ذیل می باشد [28]:

- ایجاد شرایط حرارتی مطلوب در داخل ساختمان،
- طراحی ساختمان و قطعات عناصر ساختاری به طوریکه باعث جلوگیری ایجاد تراکم بخار آب (condensation of water vapor) در سطح داخل و خارج ساختمان گردد،
- محدود کردن نفوذ پذیری هوا از طریق ساختارهای ساختمان، مفاصل و نقاط اتصال،
- طراحی ساختمان و قطعات عناصر ساختاری آن با توجه به کمترین امکان فرار حرارت از ساختمان و کمترین نیاز مصرف انرژی برای تسخین ساختمان.

در مجموع این الزامات تخنیک حرارت ساختمان و عناصر ساختاری آن، به موارد تکمیل کننده دیگری هم نیاز می باشد، مانند: تولید مواد ساختمانی و فرصـت ها یا شرایط تولید آن، هزینه های راه اندازی ساختمان و هزینه های مرتبط با استفاده از ساختمان.

حالت حرارتی مورد نیاز محیط داخلی ساختمان باید با توجه به آسایش حرارتی افراد مقیم ساختمان حفظ گردد. این شرایط و یا حالت حرارتی مورد نیاز به طور فزاینده ای باعث کاهش بخار آب می گردد، که باعث بالا رفتن مقدار رطوبت در ساختارهای ساختمان می باشد. البته موجودیت رطوبت در ساختارهای ساختمان در نهایت باعث ایجاد موارد ذیل می گردد: کاهش عمر مواد ساختمانی و ساختارها، بوجود آمدن پوپنک، سمارق و دیگر میکروارگانیسم های که برای سلامتی انسان مضر است.

از جنبه های مهم دیگر، حفظ کارآیی مؤثر اقتصادی هزینه ایجاد شده و هزینه بهره برداری از سیستم تسخین (به حداقل رساندن فرار حرارت از ساختمان)، سرد ساختن، استفاده از آب گرم مورد نیاز ساختمان، روشنایی و تهویه یا تبدیل هوای ساختمان می باشد.

الزامات تخنیک حرارت ساختمان و عناصر ساختـاری آن شامل سطـوح مختلف کارآیـی اقتصادی بوده که منعکس کننده سخت گیری در خواص حرارتی ساختمان ها و عنـاصر ساختـاری

آن می باشد. این سطوح عبارتند از:

- حداقل الزامات (حداکثر اندازه ها)،
- بر اساس استاندارد ها (اندازه های مورد نیاز)،
- اندازه های توصیه شده،
- اندازه های توصیه شده ای هدفمند.

الزامات تخنیک حرارت مورد نیاز ساختمان و عناصر ساختاری آن پارامترها و اندازه های تعیین شده در مطابقت با استانداردهای ملی کشور مذبور را فراهم می نماید. که عبارتند از[55]:

- ضریب عبور حرارت (مقاومت حرارتی ساختمان)،
- درجه حرارت سطوح داخل ساختمان،
- مقدار بخار متراکم شده آب و تبخیر شده در ساختارهای ساختمان در مدت یک سال،
- نفوذ پذیری هوا از طریق منفذها و نقاط اتصال ساختارهای ساختمان،
- حرارت پذیری ساختارهای کف ساختمان،
- نیاز انرژی حرارت برای تسخین ساختمان،
- ثبات حرارتی داخل اطاق.

این الزامات کاربردی در برگیرنده موارد ذیل می باشند:

انتشار حرارت، رطوبت و هوا از طریق ساختارهای ساختمان، ثبات حرارتی داخل اطاق، حرارت مخصوص مورد نیاز (عبارت از مقدار انرژی در واحد سطح است) و کارایی انرژی ساختمان.

برای همه این الزامات شرایط و روش های ارزیابی موجود است، به جزء از مواردی که دارای ماهیت محاسباتی بوده و در استانداردهای تخنیکی و تشکیل هسته اصلی پروگرام های کامپیوتری مشخص شده است.

از این رو مسئول طراحی پروژه و مسئول کار اجرای پروژه می توانند توجه خود را در مفهوم یا کانسپت ساخت یک مدل تصحیح شده برای محاسبه پدیده های انفرادی ساختارهای ساختمان و جزئیات قطعات جداگانه آن متمرکز سازد.

1-3-4 انتشار حرارت در ساختارهای ساختمان– ضریب عبور حرارت و مقاومت حرارتی ساختار

برای این که بتوانیم به طوری بهتر "رفتار" عناصر ساختمان ها را از نظر تخنیک حرارت ساختمان درک نماییم در مقدمه ای این بخش، مفهوم انتشـــار حرارت و اشکال انتشـــار حرارت را

واضح می نماییم.

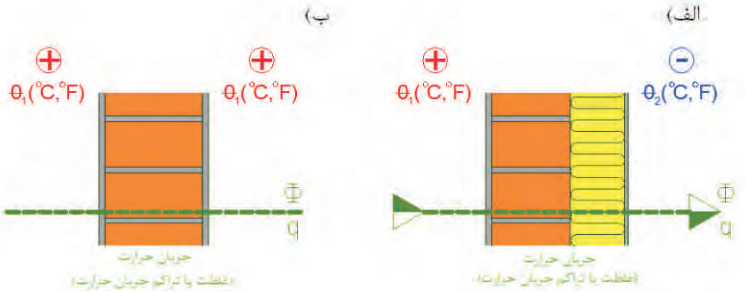
حرارت به طور کلی می تواند در هر محیطی با با درجه حرارت متفاوت منتشر شود، حرارت همواره از محیط گرم به طرف محیط سرد در حرکت می باشد (قانون دوم ترمودینامیک) این حرکت تا بوجود آمدن توازن حرارتی در بین دو محیط ادامه می یابد. انتشار حرارت در دو حالت صورت می پذیرد: حالت ثابت و حالت غیر ثابت، برای آن که انتشار حرارت در یک محل صورت گیرد (تصویر 3-4)، باید شرایط لازم برقرار باشد.

این شرایط لازم عبارت اند از اختلاف درجه حرارت ($\Delta\theta$) بین دو محیط مورد نظر (با مشخص شدن درجه حرارت محیط θ_1 و θ_2) بشکل ذیل:

$$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2 \neq 0 \qquad (°C, °F) \qquad (4\text{-}1)$$

نظر به این که در چه محیط و بر اساس کدام اصول فیزیکی این حرکت انرژی حرارت صورت می گیرد، انتشار حرارت متمایز می گردد، مانند:

- هدایت (conduction)،
- جریان داشتن یا وزیدن (convection)،
- تشعشع (radiation).



تصویر 3-4 نمایش انتشار حرارت در ساختار ساختمان ذریعه هدایت: الف) انتشار حرارت ذریعه هدایت صورت می گیرد ($\theta_1 - \theta_2 \neq 0$)، ب) انتشار حرارت ذریعه هدایت صورت نمی گیرد.

مفهوم **انتشار حرارت** در حقیقت بیانگر انتشار انرژی می باشد؛ انتقال حرارت به طریق هدایت، یا انتقال حرارت به طریق وزیدن و یا هم ترکیبی از هر دو انجام می پذیرد. انتقال حرارت به طریق هدایت در کل تراکم جریان حرارت را مشخص می سازد.

جریان حرارت Φ (W) نشان دهنده مقدار عبور حرارت در واحد زمان می باشد. این عبارت از مقدار حرارتی است که از مکان های گرمتر به مکان های سردتر در یک واحد زمانی معین انتشار می یابد. در محاسبات عملی جریان حرارت در فصل زمستان (به خصوص در مورد تسخین ساختمان) اصطلاح فرار حرارت همواره مورد استفاده قرار می گیرد. در فصل تابستان (بخصوص در مورد تهویه یا سرد ساختن ساختمان) اصطلاح بار حرارتی همواره مورد استفاده قرار می گیرد (جهت مشخص ساختن جریان کلی حرارت به محیط داخلی اطاق ایرکاندیشن دار).

جریان حرارت Φ و همچنین **جریان مخصوص حرارت** یا به عبارت دیگر غلظت (تراکم) حرارت q (W/m^2) کمیت های *وکتوری* اند که غیر از اینکه بیانگر مقادیر و ارزش عددی می باشد جهت و یا سمت انتشار حرارت q را هم مشخص می کنند. نظر به قانون اول فوریر- first Fourier law که در آن **جریان مخصوص حرارت**q در چهار چوب معادلات اساسی ریاضی تعریف شده است، ما می توانیم استنباط و تعریف یک شاخص و یا واحد مهم دیگر حرارتی را هم بیان نماییم. این پارامتر بیانگر خواص اساسی تخنیک حرارت مواد ساختمانی و همچنان بصورت عموم تمام مواد می باشد و ذریعه ضریب هدایت حرارت مواد (λ (W/(m.K)) تعریف می گردد.

ضریب هدایت حرارت توانایی مواد را در هدایت حرارتی بیان می نماید. این پارامتر نشان دهنده مقدار حرارت در W (وات) است که از طریق یک متر مربع سطح یک لایه با ضخامت 1,0 متر با تفاوت درجه حرارت سطوح متقابل این لایه به اندازه 1 K (یک کلوین- واحد اندازه گیری حرارت در سیستم SI) بدون بوجود آمدن دیفورمیشن یا تغییر حالت ساحه حرارتی هدایت می شود.

شناخت این واحد نقش بسیار بسزای در محاسبه R (مقاومت حرارتی عناصرساختمانی) و U (ضریب عبور حرارت) دارا می باشد.

با توجه به انطباق با شرایط آسایش حرارتی در داخل اطاق در ایام زمستان و پاسخگویی به نیازمندی های انرژی کشور مذبور باید دیوارها، بام ها، سقف ها و کف ها در اطاق های ساختمان-های رهایشی و غیر رهایشی با موجودیت رطوبت نسبی داخلی $\varphi_i \leq 80$ % دارای مقاومت حرارتی R باشند، یا به عبارت دیگر دارای ضریب عبور حرارت U باشند؛ که شرایط ذیل را باید در نظر گرفته شود[55]:

$$R \geq R_N \qquad (m^2.K/W) \qquad (4\text{-}2)$$

$$U \leq U_N \qquad (W/(m^2.K)) \qquad (4\text{-}3)$$

از آن جای که:

R_N- قیمت مقاومت حرارتی ساختارهای ساختمان های رهایشی و غیر رهایشی با تطابق به مجموعه ی از استانداردهای ملی با واحد اندازه گیری ($m^2.K/W$)،

U_N- قیمت ضریب عبور حرارت ساختارهای ساختمان های رهایشی و غیر رهایشی با تطابق به مجموعه از استاندارد های ملی با واحد اندازه گیری ($W/(m^2.K)$) می باشد.

ساختارهای ساختمان زمانی می تواند با تطابق با مقاومت حرارتی استاندارد باشد که در آن R مقاومت حرارتی محاسبه شده بزرگتر و یا مساوی به مقدار مورد نیاز R_N باشد. در غیر آن ساختاری-های ساختمان از نظر مقاومت حرارتی قابل پذیرش نیستند.

ساختارهای ساختمان می توانند زمانی با تطابق با ضریب عبور حرارتی استاندارد باشند که در آن U ضریب عبور حرارتی محاسبه شده کوچکتر و یا مساوی با مقدار مورد نیاز U_N باشد.

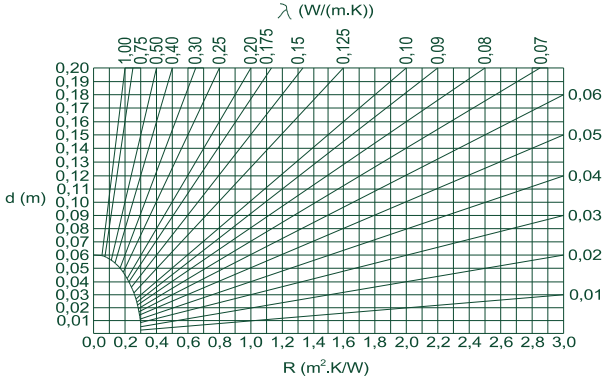
در غیر آن ساختارهای ساختمان از نظر ضریب عبور حرارت مورد نیاز قابل پذیرش نیستند. در حالی که مقاومت حرارتی R ساختار یک لایه به شکل ذیل محاسبه می شود:

$$R = \frac{d}{\lambda} \qquad (m^2.K/W) \qquad (4\text{-}4)$$

از آن جای که:

d - ضخامت یک لایه با واحد اندازه گیری (m) ،

λ - ضریب هدایت حرارت با واحد اندازه گیری ($W/(m.K)$) می باشد.

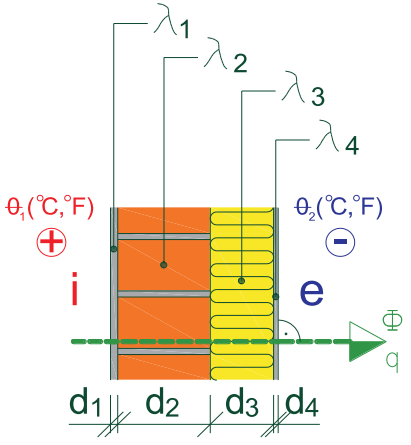


تصویر 4-4 بیانگر رابطه بین ضخامت ساختار یک لایه d، مقاومت حرارتی R و ضریب هدایت حرارت λ می باشد. [41]

مقاومت حرارتی R ساختارهای یک لایه زمانی زیاد می باشد که یا ضخامت ساختار d بیشتر باشد و یا هم ضریب هدایت حرارت ساختار λ پایین باشد (تصویر 4-4).

مقاومت حرارتی R ساختار چند لایه متشکل از مجموع مقاومت حرارتی لایه های فردی (R = R1 + R2 + R3 + R4 + ... RN) می باشد. البته چگونگی تنظیم لایه ها در پهلوی هم در ساختار ساختمان نقش در تعیین مقدار و ارزش کلی مقاومت حرارتی آن ندارد.

تعیین مقاومت حرارتی ساختارهای چند لایه با در نظرداشت اینکه لایه های ساختار بسیار نزدیک هم قرار گرفته به هم به وسیله چسپ متصل می شوند و به شکل عمودی در مقابل جهت جریان حرارت قرار دارند، صورت می گیرد (تصویر 5-4).



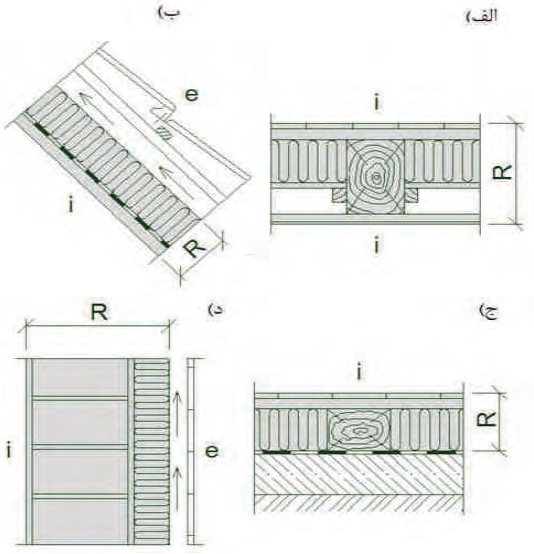
تصویر 5-4 طرح برای محاسبه مقاومت حرارتی R ساختارهای چند لایه ساختمان

در استانداردهای ملی برخی از کشورها، شمارش لایه ها در ترکیب ساختار ساختمان در جهت حرکت جریان حرارت در فصل زمستان (از داخل ساختمان به بیرون ساختمان) صورت می گیرد (تصویر 5-4). ولی در سیستم استانداردهای اروپا این شمارش لایه از بیرون ساختمان به طرف داخل ساختمان می باشد.

مقاومت حرارتی R (m^2.K/W) در حقیقت پارامتری است که نیازمندی های حفاظت حرارتی آن عده از عناصر ساختاری ساختمان را که از قبیل: دیوارها، بام ها و کف ها هستند فراهم می-نماید. از مقدار محاسبه شده مقاومت حرارتی ساختارهای ساختمان برای تعریف خواص مواد

ساختمانی و عناصر ساختاری آن استفاده به عمل می آید. برای محاسبه مقاومت حرارتی بعضی از ساختارهای ساختمان روش های خاص ذکر شده زیر مورد استفاده قرار می گیرد:

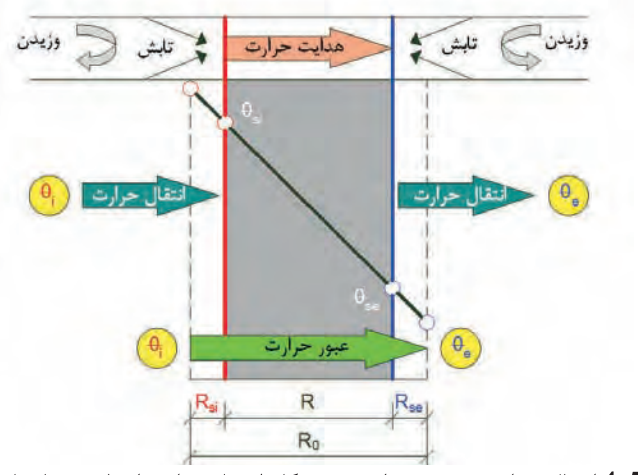
- محاسبه مقاومت حرارتی لایه های کف که در تماس با زمین هستند بر اساس لایه های که بالای لایه عایق ضد آب قرار دارند، صورت می پذیرد (تصویر 6-4 ج)،
- مقاومت حرارتی ساختارهای که لایه های آن دارای لایه مجزا (به عنوان مثال، پوشش روکار با لایه تبدیل هوا، ساختارهای دو پوششه بام با لایه مجزا) می باشد بر اساس لایه-های که از یک طرف با محیط داخل ساختمان و از طرف دیگر با لایه مجزا در تماس اند محاسبه می گردد (تصویر 6-4 ب و د).



تصویر 6-4 لایه های در نظر گرفته شده برای محاسبه مقاومت حرارتی ساختارهای ساختمان [41] الف) ساختار افقی داخلی، لایه فعال خود را در محدوده کل ترکیب ساختار سقف (باربر) و کف من جمله لایه های متشکل از جدار بسته هوا دارا می باشد، ب) در مورد ساختار بام شیب دار، لایه فعال و مورد نظر از سمت داخل به طرف لایه باز که در آن هوا جریان دارد، می باشد، ج) ساختار کف بروی زمین، لایه فعال خود را از سطح اصلاح شده تماس پا الی لایه عایق ضد آب دارا می باشد، د) پوشش های عمودی دارای لایه فعال از روی پلاستر داخلی الی لایه متشکل از جدار باز هوا می باشد.

به منظور مشخص شدن بیشتر محاسبه ضریب عبور حرارت U، باید ابتداً اصطلاح انتقال حرارت را تعریف کنیم.

انتقال حرارت ارائه دهنده تبادل حرارت بین سطح ساختار ساختمان و هوای محیط اطراف ساختمان در حالت انتشار حرارت به طریقه تشعشع و وزیدن می باشد (تصویر7-4).

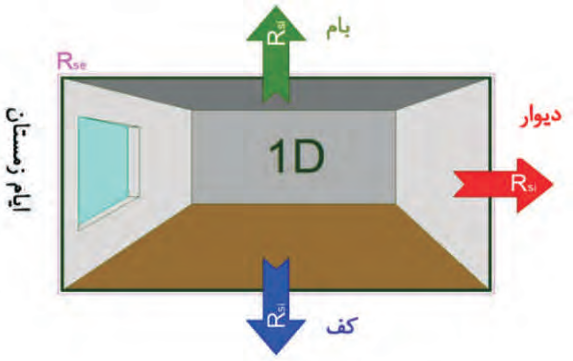


تصویر7-4 انتقال حرارت و عبور حرارت در هنگام انتشار حرارت از طریق ساختار ساختمان [12]

انتقال حرارت، توسط **ضریب انتقال حرارت** مشخص می شود h $(W/(m^2.K))$ و این در حقیقت نسبت بین جریان مخصوص حرارت q و تفاوت درجه حرارت بین سطح ساختار ساختمان و درجه حرارت هوای احاط کننده اطراف ساختار $\Delta\theta$ می باشد.

ضریب انتقال حرارت نشان دهنده جریان مخصوص حرارت است که از فضای اطراف ساختار به سطح ساختار و یا هم از سطح ساختار به فضای اطراف ساختار در موجودیت یک واحد تفاوت درجه حرارت بین سطح ساختار و هوای محیط اطراف آن منتقل می شود.

تبادل حرارت در این مورد، ترکیبی از انتشار حرارت به شکل وزیدن و تشعشع می باشد. قیمت معکـــوس ضریب انتقال حرارت در حقیقت **مقاومت در مقابل انتقال حررات** R_S $(m^2.K/W)$ می باشد. مقادیر ارائه شده ضرایب انتقال حرارت h همواره برای مقاصد اطلاعاتی می باشد، و در محاسبات همواره از مقاومت در هنگام انتقال حررات R_S استفاده به عمل می آید.



تصویر 8-4 نمای از مقاومت های اولیه در هنگام انتقال حرارت R_S براساس؛ جهت حرکت جریان حرارت، موقعیت و نوع ساختار ساختمان

بدیهی است که مقادیر ضرایب انتقال حرارت h و مقاومت حرارتی R_S پارامترهای متغیر هستند؛ که در محاسبات عملی (در هنگام ارزیابی ساختارهای ساختمان) از مقادیر ثابت توافق شده استانداردی کشور مذبور، که نظر به شرایط خاص مشخص شده استفاده صورت می گیرد. (تصویر 8-4)

از آنها عمدتاً برای محاسبه اعلام کیفیت خواص مواد ساختمانی و عناصر ساختاری ساختمان استفاده می شود.

تصویر 9-4 نمای که نشانگر جهت های جریان حرارت در ساختمان در حالت 1D می باشد.

اگر مقاومت حرارتی در هنگام انتقال حرارت در داخل ساختار ساختمان (R_{si}) و در خارج ساختار ساختمان (R_{se}) شناخته شده باشد، ما می توانیم ضریب عبور حرارت U ساختمان را به

شکل ذیل محاسبه نماییم[55]:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \qquad (W/(m^2.K)) \qquad (4\text{-}5)$$

در این جا:

R_{si} – مقاومت حرارتی در مقابل انتقال حرارت در سطح داخلی ساختار $(m^2.K/w)$،

R – مقاومت حرارتی محاسبه شده$(m^2.K/W)$،

R_{se} – مقاومت حرارتی در مقابل انتقال آن در سطح خارجی ساختار $(m^2.K/W)$ می باشد.

ضریب عبور حرارت U $(W/(m^2.K))$ نشان دهنده جریان حرارت از داخل ساختمان به خارج ساختمان در محدوده $1,0\ m^2$ ساختار در موجودیت یک واحد تفاوت درجه حرارت بین هوای داخل و خارج می باشد. البته این ضریب یک پارامتر مهم در تعیین مقدار فرار حرارت از ساختمان به شمار می آید.

البته ساختارهای مانند دیوارها، بام ها، سقف ها و کف ها، کلکین ها و دروازه های بیرونی ساختمان های رهایشی و غیر رهایشی نیز دارای ضریب عبور حرارت ساختاری می باشند[55] :

$$U_W \leq U_{W,N} \qquad (W/(m^2.K)) \qquad (4\text{-}6)$$

در این جا:

U_W – مقدار محاسبه شده ضریب عبور حرارت شیشه و ساختار چوکات می باشد، که برابر است با مقدار اندازه گیری شده و یا هم محاسبه شده از مقادیر اندازه گیری شده $(W/(m^2.K))$،

قیمت U_W را می توان منحیث مقدار محاسبه شده برای یک پیش ساخته قلمداد کرد. در صورتیکه این معلومات توسط یک آزمایشگاه یا لابراتوار معتبر ساختمانی ارائه شده باشد.

2-3-4 انتشار حرارت از طریق ساختارهای ساختمان- پایین ترین درجه حرارت مجاز سطح داخلی ساختار ساختمان

دیوارها، سقف ها و کف ها در محیط داخلی ساختمان با داشتن رطوبت نسبی داخلی $\varphi_i \leq 80\ \%$ باید مطابق به استانداردهای ملی کشور مذبور باشد، و آن هم طوریکه درجه حرارت سطح داخلی ساختار θ_{si} که به سانتی گراد (درجه سلیسیوس) (°C) اندازه می شود، در هر ساحه سطح داخلی ساختار، درجه حرارت باید با اطمینان خاطر بالاتر از نقطه شبنم و اجتناب از خطر

بوجود آمدن پوپنک باشد[55]:

$$\theta_{si} \geq \theta_{si,N} = \theta_{si,80} + \Delta\theta_{si} \qquad (°C) \qquad (4\text{-}7)$$

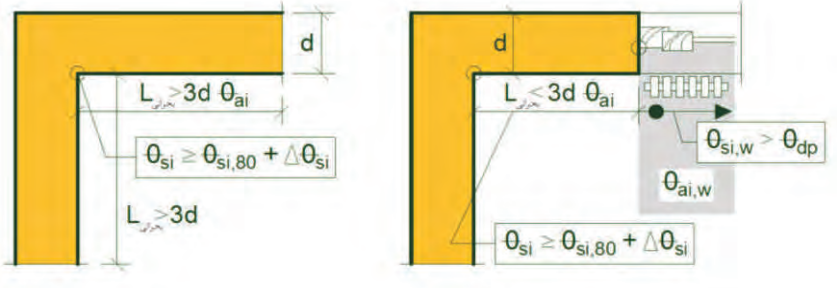
از آن جای که:

$\theta_{si,N}$- پایین ترین درجه حرارت سطح داخلی ساختار ساختمان بوده، که تعیین آن در هنگام موجودیت حداقل شرایط مطلوب و مناسب عملکرد های فی مابین مواد ترکیبی ساختار ساختمان با هندسه ساختاری ساختمان به شمول موجودیت پل های حرارتی صورت می گیرد. واحد اندازه گیری آن (°C) است،

$\theta_{si,80}$ - درجه حرارت بحرانی سطح داخلی ساختار ساختمان که باعث بوجود آمدن پوپنک می-شود و بیانگر موجودیت 80% رطوبت نسبی در قرابت بسیار نزدیک سطح داخلی ساختار ساختمان با داشتن درجه حرارت هوای محیط داخل ساختمان θ_{ai} و رطوبت نسبی هوای محیط داخل ساختمان φ_i می باشد،

در شرایط استانداردی هوای محیط داخل ساختمان خصوصاً نظر به[55] زمانی که درجه حرارت هوای محیط داخلی آن$\theta_{ai} = +20{,}0$ °C و رطوبت نسبی هوای محیط داخلی آن φ_i= 50,0% باشد، پایین ترین درجه حرارت سطح داخلی ساختار ساختمان$\theta_{si,80} = +12{,}6$ °C می باشد. تعیین آن به شکل تلویحی یا ضمنی بوده و از شرایطی که در آن نسبت فشار جزئی بخار آب p_d و فشار جزئی بخار مشبوع p_{sat} در سطح ساختار کمتر و یا مساوی به 0,8 می باشد.

$\Delta\theta_{si}$- درجه حرارت اضافه شده ایمنی که باز تاب دهنده روش تسخین فضای داخل اطاق و روش استفاده اطاق می باشد و واحد اندازه گیری آن کلوین (K) است.



تصویر 10-4 در نظر گرفتن تأثیر ساختار کلکین [12]

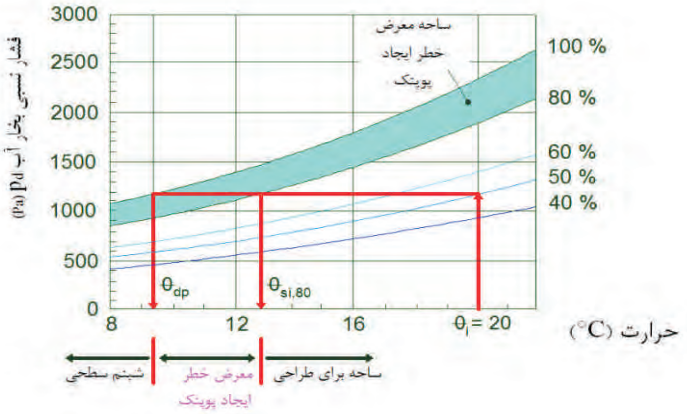
اگر یک بخش مشخص ساختار ساختمان را برش دهیم، مثلاً در یک ساحه بسیار حساس ساختار که عبارت است از قطعه تماس دو ساختار احاطوی ساختمان که همانا کنج دیوارها می‌باشد (تصویر 10-4) تأثیر ساختار کلکین را زمانی باید در نظر گیریم، که اگر فاصله موجوده از کنج دیوار کمتر از 3d باشد (d ضخامت ساختار مورد ارزیابی است).

درحالی که موارد ذیل قابل اعتبار است:

- برآورده شدن الزامات برای عدم موجودیت درجه حرارت بحرانی در سطوح داخلی ساختمان، *که باعث نموء پوپنک می گردد و در حقیقت برآورده شدن الزامات حفظ الصحه ای می باشد.*
- در صورتی که رطوبت نسبی هوای داخل ساختمان $\varphi_i > 80\ \%$ باشد و الزامات که در معادله بالا (7-4) از آن یاد شده است توسط محاسبه حاصل نشود، نمی تواند این نیاز مرفوع گردد.
- درجـه حرارت اضافه شده ایمنـی $\Delta\theta_{si}$ در هنگام بررسی مکان بوجـود آمدن پوپنک، به رطوبت اضافه شده ایمنی $\Delta\varphi_i=5\ \%$ تعویض می گردد ($\Delta\theta_{si}$ نمایانگر $\Delta\varphi_i = 5\ \%$ است).
- کمترین درجه حرارت سطح داخلی ساختار θ_{si} معمولاً توسط محاسبه میدان یا حوزه حرارتی در نقاط اتصال بحرانی قطعات ساختاری ساختمان از قبیل (ساحات موجودیت پل حرارتی در ساختار ساختمان) تعیین می گردد. اتصال بحرانی قطعات ساختاری ساختمان عبارتند از: ساحه تماس فی مابین ساختارهای احاطوی ساختمان (کنج ها)، تماس بین ساختارهای احاطوی ساختمان و ساختار بام.

در هنگام بررسی و محاسبات، درجه حرارت هوای بیرون θ_e مربوط به محل اعمار ساختمان در نظر گرفته می شود.

- در صورتی که شرایط واقعی پیش بینی شده در اطاق های مورد ارزیابی در طول زمان، متفاوت از شرایط استاندارد هوای داخل ساختمان باشد، ارزیابی قطعات مهم بحرانی ساختارهای ساختمان بر اساس شرایط خاص هوای محیط داخلی همان ساختمان انجام می گیرد.



تصویر 11-4 ساحه معرض خطر ایجاد پوینک و تعیین $\theta_{si,80}$ [12]

حداکثر تفاوت درجه حرارت مجاز بین هوای محیط داخل ساختمان و درجه حرارت سطح داخلی ساختار ساختمان $\Delta\theta_{si}$ در ساختمان های که در آن ها کارهای بسیار سبک اجراء می شوند بر اساس ذیل تعیین شده است [55]:

$\Delta\theta_{si} \leq 6$ K برای ساختار های عمودی ساختمان (بیرونی و داخلی)،

$\Delta\theta_{si} \leq 3$ K برای ساختارهای کف.

درجه حرارت بر روی سطح داخلی ساختار باید الزامات و شرایط حفظ الصحه ای را تأمین نماید.

همچنان ساختارهای دیگر مانند: ساختارهای چوکات و یا فریم کلکین ها، شیشه های شفاف و غیر شفاف کلکین ها در اطاق های که رطوبت نسبی آن $\varphi_i \leq 50$ % باشد، با توجه به استانداردهای ملی کشور مذبور در هر نقطه از این ساختارها باید درجه حرارت سطح $\theta_{si,w}$ به °C بالاتر از حرارت نقطه شبنم θ_{dp} باشد [55]:

$$\theta_{si,w} > \theta_{si,w,N} = \theta_{dp} \qquad (°C) \qquad (4\text{-}8)$$

از آن جای که:

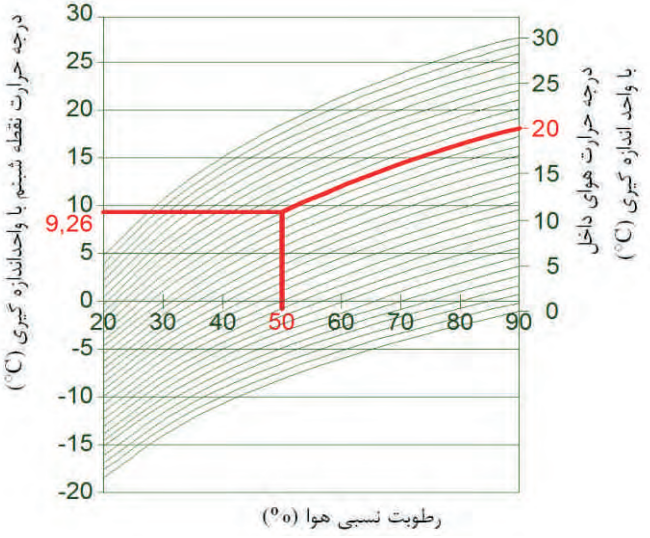
$\theta_{si,w,N}$- قیمت تعیین شده استانداردی درجه حرارت سطح داخلی ساختارهای کلکین با واحد اندازه گیری (°C) می باشد،

θ_{dp}- درجه حرارت نقطه شبنم به واحد اندازه گیری (°C)، که با در نظر داشت درجه حرارت

محاسبه شده هوای داخل ساختمان θ_{ai} و رطوبت نسبی محاسبه شده هوای داخل ساختمانφ_i تعیین می شود.

برای شرایط استاندارد هوای محیط داخل ساختمان، اگر[55] درجه حرارت هوای محیط داخلی آن که θ_i= + 20,0 °C و رطوبت نسبی هوای محیط داخل ساختمان φ_i= 50,0% باشد، در آن صورت درجه حرارت نقطه شبنم θ_{dp}= + 9,26 °C خواهد بود. این همان درجه حرارتی است که در آن هوا به طور کامل از بخار آب اشباع می شود (بخار متراکم شده آب به شکل قطرات کوچک شبنم پدیدار می گردند، این همان **نقطه شبنم** است.).

$\theta_{si,w}$- درجه حرارت سطح داخلی ساختارهای کلکین می باشد که متناسب با درجه حرارت محاسبه شده هوا محیط داخل ساختمان (°C) است.



تصویر 12-4 وابستگی رطوبت نسبی، درجه حرارت هوا و درجه حرارت نقطه شبنم [41]

از آن جای که این موارد قابل اعتبار است:

- درجه حرارت استاندارد مورد نیاز سطح داخلی ساختارهای کلکین برای رفع تراکم بخار آب با در نظر گرفتن درجه حرارت متوسط هوای خارج محل اعمار ساختمان در سردترین ماه سال تعیین می شود. ارزیابی این کلکین ها در حالت نصب شدگی با در نظر داشت تأثیرات

ساختارهای همجوار صورت می گیرد،

- با توجه به حذف تراکم بخار آب بروی شیشه کلکین ها، در اطاق های که اقامت افراد به شکل دوامدار است، استفاده از نوار و یا فیته جداکننده آلومینیومی توصیه نمی شود.

معیار حفظ الصحه ای- در سطوح داخلی ساختارهای ساختمان نباید تراکم بخار آب ایجاد شود. علاوه بر الزامات فوق ذکر، تمام ساختارهای ساختمان و نقاط اتصال ساختارها در اطاق های که رطوبت نسبی هوا آن در زمستان $\varphi_i \leq 50,0\ \%$ می باشد، باید درجه حرارت در هر سطح داخلی ساختار ساختمان با توجه به استانداردهای ملی کشور مذبور، طوری باشد که فاکتور حرارتی بدون ابعادی f_{Rsi} شرایط ذیل را تأمین نماید [55]:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \qquad (-) \qquad (4\text{-}9)$$

از آن جای که:

$f_{Rsi,N}$- عبارت از پایین ترین مقدار فاکتور حرارتی مورد نیاز با در نظر گرفتن تأثیر درجه حرارت هوای بیرونی محاسبه شده محل اعمار ساختمان θ_e و رعایت درجه حرارت اضافه ای ایمنی برای درجه حرارت های مختلف هوای محیط داخل ساختمان است. این فـاکتور بدون واحد اندازه گیری می باشد.

3-3-4 انتشار حرارت از طریق ساختارهای ساختمان - حرارت پذیری ساختارهای کف

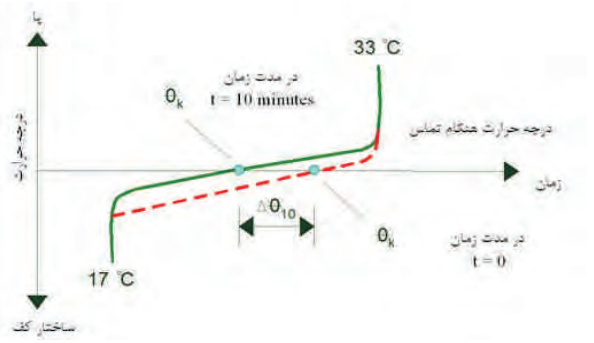
در هنگام تماس پا با ساختار کف به طور قابل توجهی پا می تواند احساس سردی نماید. به منظور جلوگیری حتی الامکان از این حالت، باید اطمینان حاصل شود که ساختار کف دارای درجه حرارت سطح مورد لازم باشد. البته درجه حرارت سطح مورد لازم کف هم گاهی شاید نتواند احساس سردی را از بین ببرد و این در قدم اول به حرارت پذیری کف بستگی دارد.

حرارت پذیری b با واحد اندازه گیـری $(W.s^{1/2}/(m^2.K))$ بیانـگر توانـــایی مواد در میزان حرارت پذیری و یا هم از دست دادن آن می باشد. تعیین توانایی حرارت پذیری کف بر اساس جریان اولیه حرارت پا در هنگام تماس با ساختار کف صورت می گیرد. پیش بینی می شود که ساختار کف و پا یک سیستم اجسام فیزیکی را تشکیل داده،که توسط شرایط مرزی با هم مرتبط می باشند[12].

تعیین حرارت پذیری در فصل زمستان بر اساس جریـــان حرارتی ثابت (مستقـــر) با توجه به

موارد ذیل صورت می پذیرد[12]:

- درجه حرارت اولیه سطح پا ها $\theta_n = +33{,}0\ °C$
- درجه حرارت اولیه سطح ساختار کف $\theta_{si} = +17{,}0\ °C$
- مدت زمان تماس پا با ساختار کف $t = 10$ دقیقه

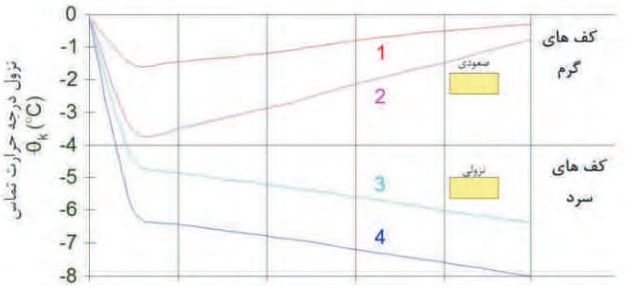


تصویر 13-4 نمای که نشان دهنده تماس پا و ساختار کف می باشد [12]

تصویر بالا (تصویر 13-4) نشان دهنده کاهش درجه حرارت تماس θ_k پس از یک دوره زمان t=10 minutes می باشد. درجه **حرارت تماس** را می توان بشکل درجه حرارتی که در هنگام تماس پا با ساختار کف بوجود می آید، تعریف نمود. بیان تفاوت درجه حرارت $\Delta\theta_{10}$ در حقیقت ارائه دهنده نزول درجه حرارت تماس بعد از مدت زمان t=10 minutes می باشد.

در تصویر بعدی (تصویر 14-4) می توان کاهش درجه حرارت تماسی را در ارتباط با زمان دید. برخی مؤلفین از جریان حرارت تماسی پا با سطح کف ساختار را در سه مرحله بیان می کنند:

- **مرحله اولیه-** با کاهش تقریباً بلافاصله درجه حرارت سطح پا به حداقل مشخص می شود،
- **مرحله اول واکنش-** با روند تنظیم حرارت بدن انسان مشخص می شود. نظر به اندازه جریان حرارتی عرضه شده به سطح پاها و گرفته شده از سطح کف، درجه حرارت سطح پا یا افزایش می یابد (کف گرم) و یا کاهش می یابد (کف سرد)،
- **مرحله دوم واکنش-** توسط حالت تعادل جدید پا مشخص می شود و یا هم توسط نزول درجه حرارت سطح پا به حدی که ایجاد تعادل با درجه حرارت سطح زمین نماید.



تصویر 4-14 منحنی نشان دهنده نزول درجه حرارت تماس $\Delta\theta_{10}$: 1 - کفپوش چوب پنبه، 2 - کف های چوبی، 3 - PVC Izolit ، 4 - کف های کانکریتی [12]

حرارت پذیری از جمله نشان دهنده تغییر درجه حرارت سطح با توجه به تغییر در جریان مخصوص حرارت در یک سطح مورد نظر می باشد. هر قدر که حرارت پذیری مواد پایین تر باشد، به همان اندازه زمانی که جریان حرارت به سطح مورد نظر، تغییر می یابد درجه حرارت سطح تماس سریع تر تغییر می کند. هر اندازه که حرارت پذیری مواد بالاتر باشد، به همان اندازه ماده، حرارت را به شدت جذب می کند و حرارت انباشته شده را همچنان به سرعت آزاد می سازد.

نوع مواد ساختمانی	وزن حجمی ρ_o (kg/m^3)	حرارت پذیری b (W.s$^{1/2}$/(m^2.K))
آهن کانکریت	2400	1811
کانکریت	2000	1309
پلاستیک	1200	654
چوب سخت	600	520
قالین	160	140

جدول 4-1 حرارت پذیری بعضی از مواد ساختمانی[12]

نظر به جدول بالا (جدول 4-1) "مناسب ترین" مواد ساختمانی (اشاره شده در این جدول) از نظر پذیرش حرارتی ساختار کف، منسوجات تکه باب (فرش) بوده و "نا مناسب ترین" مواد ساختمانی از نظر پذیرش حرارتی ساختـــار کف، آهن کانکریت (یکی از مواد ساختمـــانی مورد استفاده اغلب برای ساخت ساختار کف) می باشد.

حداکثر مقدار مجاز درجه حرارت پذیری ساختار کفb، باید شرایط زیر را برآورده نماید[55].

$$b \leq b_N \qquad (W.s^{1/2}/(m^2.K)) \qquad (4\text{-}10)$$

از آن جای که:

b_N- مقدار مورد نظر است که با توجه به نوع ساختمان و اطاق با توجه به استانداردهای ملی کشور مذبور تعیین می گردد ($W.s^{1/2}/(m^2.K)$).

حرارت پذیری مواد ساختمانی b (این شامل ساختارهای کف هم می باشد) براساس رابطه ذیل تعیین می گردد:

$$b = \sqrt{\lambda . c . \rho} \qquad (W.s^{1/2}/(m^2.K)) \qquad (4\text{-}11)$$

از آن جای که:

c- ظرفیت حرارتی ویژه (خاص) است ($J/(kg.K)$)،

ρ- وزن حجمی (کثافت) مواد است (kg/m^3)،

λ- ضریب هدایت حرارت مواد است($W/(m.K)$) می باشد.

ساختارهای کف که از نظر حرارت پذیری ساختار b مورد ارزیابی قرار نمی گیرند، قرار ذیل اند:

- لایه تماس کف که از تکه باب (قالین) باشد،
- زمانیکه درجه حرارت سطح کف بالاتر از 26.0 °C + باشد.

اگر ساختارهای کف ساختمان را بعنوان یک ساختار کلـــی از نظر حرارت پذیری تحت مطالعه قرار دهیم، می توان گفت که هر قدر مقدار حرارت پذیری ساختار b بالا باشد به همان اندازه مقدار بیشتری از حرارت را کف از پا خارج می نماید و همچنان بالعکس این عمل نیز انجام می شود.

بر اساس این واقعیت ذکر شده می توان گفت که هر قدر مقدار حرارت پذیری ساختار پایین باشد به همان اندازه ساختار مفید بوده و هر قدر مقدار حرارت پذیری ساختار بالا باشد، ساختار غیر مفید می باشد. بنابر این بهتر خواهد بود که از مواد ساختمانی با "وزن حجمی کم" استفاده شود (جدول 1-4).

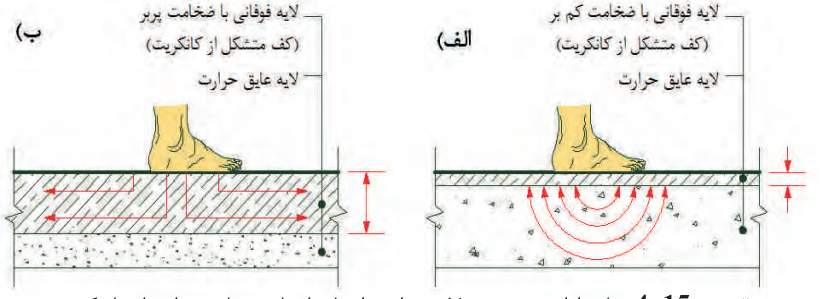
چنین مصالح ساختمانی معمولاً سایر خواص مطلوبی مانند مقاومت در برابر آب، ضربه، سایش و غیره را که باید در ساختار کف موجود باشند، ندارند. بروی همین ملحوظ ساختارهای کف به شکل چندین لایه ای طراحی می گردد، که البته اصول ذیل را در هنگام طراحی باید مراعات نمود:

اگر لایه ای که دارای کمترین مقدار حرارت پذیری است نتواند در ترکیب ساختار در جایگاه فوق قرار گیرد، پس لازم است لایه فوقانی که بالای آن قرار می گیرد، دارای حداقل ضخـامت باشد

و این بدین منظور است تا لایه ای را که در جایگاه زیر آن با خواص حداقل اندازه حرارت پذیری موقعیت دارد، تحت تأثیر قرار ندهد. به همین دلیل "نظم و جابجایی" هر یک از لایه ها در ترکیب کلی ساختار در هنگام طرح و اجراء نقش بسیار مهمی دارد.

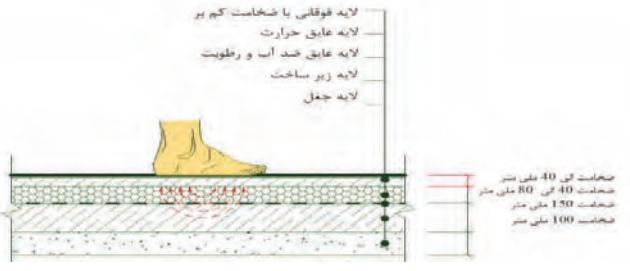
این بدین معنی است که ساختارهای کف ساختمان که دارای لایه فوقانی مشابه می باشند، که می توانند مقادیر مختلف حرارت پذیری b را نشان دهند و این تعلق می گیرد به خواص، ترکیب و جابجایی لایه های که در زیر لایه فوق هستند.

اندازه درجه حرارت سطح ساختار کف (سطح لایه فوق) به خواص تخنیک حرارت هر یک از لایه های تشکیل دهنده تعلق می گیرد (نظر به جابجایی مناسب و ضخامت هر یک از لایه ها)، تغییر درجه حرارت آب و هوای بیرون ساختمان، درجه هوای داخل ساختمان، زمان عملکرد درجه حرارت هوا، مواد تشکیل دهنده لایه فوقانی تماس که در حقیقت بیانگر توانایی مواد از نظر جذب حرارت در هنگام تماس پا با کف است. در این زمینه، باید که آیا کف (لایه تماس) با پاهای برهنه و یا پوشیده در تماس است تمیز قایل شد.



تصویر 15-4 نمای ارائه دهنده حذف حرارت انسان از ناحیه پا توسط ساختار کف:

الف) راه حل مناسب، ب) راه حل نامناسب



تصویر 16-4 نمای از ترکیب توصیه شده ساختار کف بروی زمین طبیعی

احساس گرمی و سردی و از کاهش حرارت بدن در هنگام تماس پا برهنه با کف (تصویر15-4) بستگی به درجه حرارت کف و خواص تخنیک حرارت مواد تشکیل دهنده لایه فوقانی آن دارد.

شدت جریان حرارت بین پا و کف ساختار نظر به "فرکانس" جابجایی پا بروی کف و مدت زمان تماس پا با کف متغیر می باشد. از یک مشاهده آماری می توان دید که معمول ترین زمان تماس پا با کف 2 دقیقه است.

مرز فعال لایه های کف، که در تبادل درجه حرارت نقش فعال دارد در ساختار چند لایه کف کنونی (تصویر 16-4) عموماً در ترکیب بین لایه اول، دوم و یا سوم قرار داشته و ضخامت فعال لایه معمول بیشتر از 3.0 میلی متر تجاوز نمی کند[10].

جریان حرارت بین پای کفشدار و سطح کف ساختار متفاوت از جریان حرارت بین پای برهنه و سطح کف ساختار می باشد (البته با توجه به مواد کفش). اگر مواد تشکیل دهنده کفش دارای کیفیت عایقی مناسب باشد، از شدت حذف حرارت از پا و انتقال آن به کف کاسته می شود.

4-3-4 انتشار رطوبت از طریق ساختارهای ساختمان - مقدار بخار آب تراکم شده در ساختار ساختمان

ساختارهای ساختمان از قبیل بام، سقف و دیوارها باید بدون تراکم یا کاندینزشن بخار آب طراحی شود چون بخار متراکم آب میزان فعال بودن مورد نیاز ساختار را تهدید می نماید[55]:

$$M_c = 0 \qquad (kg/(m^2.a)) \qquad (4\text{-}12)$$

از آن جای که:

M_c – مقدار متراکم شده بخار آب در ساختار ساختمان در طول یک سال می باشد. و واحد اندازه گیری آن کیلوگرام در یک متر مربع در یک سال ($kg/(m^2.a)$) است.

- تمام مقدار بخار متراکم شده آب یک ساله در ساختار نسبت به شرایط آب و هوای محل خاص اعمار ساختمان با توجه به استانداردهای ملی همان کشور تعیین می گردد،
- تهدید وظیفه اصلی ساختار، در حقیقت به معنای کوتاه نمودن چشم گیر عمر آن و کاهش حرارت سطوح داخلی ساختار با خطر ایجاد پوپنک می باشد. این امر باعث تغییر حجمی و افزایش قابل توجه وزن ساختار به بیش از حد محاسبه شده و یا پیش بینی شده استاتیکی گردیده و بلاخره منجر به افزایش وزن حجمی مواد ساختمان به سرحد که دیفرمیشن و یا تغییر شکل ساختار را همرا خواهد داشت می گردد،

- اگر با توجـه به نـوع استفـاده در ساختمـان ارزیابی لازم باشـد که رطـوبت نسبـی بالاتـر از $\varphi_i = 50,0\ \%$ در نظر گرفته شود، برای نشان دادن انطباق با الزامات انتشار رطوبت، نیاز است تا هنگام مطالعه ساختارها، میزان رطوبت نسبی با توجه به استاندارد ملی یا اسناد و مدارک پروژه در نظر گرفته شود.

با وجود یک مقدار محدود بخار متراکم آب در ساختار ساختمان که بدون در نظر گرفتن تأثیر تشعشعات خورشید تعیین می شود، امکان طراحی بام ها، سقف ها و دیوارهای ساختمان که در آن شرایط استانداردهای ملی کشور مذبور ارائه شده با رعایت عوامل ذیل امکان پذیر می باشد[55]:

- بخار متراکم آب در ساختار، تهدیدی برای فعال بودن مورد نیاز ساختار نباشد،
- مقدار بخار متراکم آب یک ساله مجاز عبارتند از:

برای ساختار های بام یک پوششه:

$$M_c \leq 0,1 \qquad (kg/(m^2.a)) \qquad (4\text{-}13)$$

برای ساختار های دیگر:

$$M_c \leq 0,5 \qquad (kg/(m^2.a)) \qquad (4\text{-}14)$$

در مورد ساختارهای با لایه هوای آزاد، علاوه بر الزامات (4-12)، باید درجه حرارت سطح لایه هوا نیز مورد بررسی قرار گیرد. در تمام طول لایه در نظر گرفته شده باید شرایط ذیل رعایت گردد:

$$\theta_{si} > \theta_{dp} \qquad (°C) \qquad (4\text{-}15)$$

از آن جای که:

θ_{si} – درجه حرارت سطوح داخل لایه هوا با واحد اندازه گیری (°C)،

θ_{dp} – درجه حرارت نقطه شبنم یا dew point temperature با واحد اندازه گیری (°C) مطابق به درجه حرارت محاسبه شده هوای داخل ساختمان θ_{ai} و رطوبت نسبی هوای داخل ساختمان φ_i می باشد.

نظر به نیازمندی های (4-13)، تأیید بیلانس سالانه رطوبت و مقدار مطلق بخار متراکم آب در ساختار صورت می پذیرد. البته بیلانس سالانه مطلوب و مساعد تنها کفایت نمی کند.

از نقطه نظر اقتصادی همیشه ممکن نیست طراحی ساختارهای ساختمان بدون حضور تراکم یا کاندینزشن صورت گیرد. در صورتی که رطوبت متراکم شده در ساختار، توانایی ساختار را از نظر

ایمنی استاتیکی، دوام و عمر ضعیف نسازد، می توان یک مقدار بخار متراکم شده آب معین را در داخل ساختار ساختمان اجازه داد. به هیچ صورت، تراکم یا کاندینزشن در سطح ساختار قابل مجاز نیست (غیر از استثنائات خاص). مثلاً اگر در ساختار ساختمان عمل تراکم یا کاندینزشن صورت گیرد، باید شرط بیلانس سالانه امکان موجودیت مقدار بخار متراکم آب شده به داخل ساختار M_c و مقدار بخار آب تبخیر شده از ساختار M_{cv} در همه طول سال به اجراء در آید. (بخش 5-3-4)

4-3-5 انتشار رطوبت از طریق ساختارهای ساختمان – بیلانس سالانه رطوبت

در آن عده از ساختارها ساختمان که امکان موجودیت مقدار محدود بخار متراکم شده آب در داخل آن وجود دارد، نباید این مقدار بیشتر از بیلانس سالانه بخار متراکم شده آب تجاوز کند تا در دراز مدت باعث بالا رفتن مقدار رطوبت در ساختار نشود.

مقدار سالانه بخار متراکم شده آب در داخل ساختار M_c با واحد اندازه گیری $kg/(m^2.a)$ باید کمتر از مقدار سالانه بخار آب که می تواند تبخیر شود M_{cv} با واحد اندازه گیری $kg/(m^2.a)$ باشد. رابطه بین بیلانس سالانه مقدار بخار متراکم شده آب و مقدار بخار آب تبخیر شده زمانی مناسب و مساعد است که[55]:

$$M_c < M_{cv} \qquad (kg/(m^2.a)) \qquad (4\text{-}16)$$

از آن جای که:

M_{cv} – مقدار بخار آب تبخیر شده سالانه با واحد اندازه گیری $(kg/(m^2.a))$ می باشد.

تأیید بیلانس سالانه رطوبت را در شرایط و مواردی انجام می دهیم که اگر هر یک از ساختارها (و یا مواد ساختمانی گنجانیده شده در آن ها) بتوانند وظیفه تعیین شده خود را با مقدار معین آب موجود که باعث ایجاد تراکم یا کاندینزشن در داخل آن می گردد، انجام دهند.

بیلانس سالانه رطوبت، نظر به هوا و آب گوناگون و مختلف در بیرون با رطوبت نسبی مربوطه آن و نظر به مدت زمان دوام آن در طول سال انجام می گیرد.

برای محاسبه بیلانس سالانه رطوبت از روش های مختلف ذیل استفاد می نماییم[12]:

- عدم اثر تابش نور خورشید (برای دیوارهای خارجی و بام های یک پوششه بدون لایه هوا، که در مقابل نور خورشید در سایه قرار دارند)،
- تأثیر تابش نور خورشید (برای بام های یک پوششه، که نور خورشید در طول سال بر آن می تابد).

4-3-6 انتشار هوا از طریق ساختارهای ساختمان – نفوذ پذیری هوا از طریق منفذها

به طور کلی، ساختارهای پرکننده طاق ها (کلکین ها، دروازه ها) که ساحه زینه ها و دهلیز ها را از محیط خارج ساختمان و اطاق های نشیمن تسخین شده را از ساحه مشترک غیر تسخین شده (دهلیز ها و زینه ها) جدا می نماید، باید از نظر نفوذ پذیری هوا با در نظر داشت قوانین پذیرفته شده تخنیکی اعمار گردند.

منفذها در ساختارهای ساختمان باید ضریب نفوذ پذیری هوا از این طریق باید مساوی به صفر باشد. به منظور جلوگیری از تراکم بخار آب در منفذهای ساحه اتصال ساختارهای کلکین و دروازه با سایر ساختارهای، باید ضریب نفوذ پذیری هوا از طریق منفذ i_{lv} با واحد اندازه گیری ($m^3/(s.m.Pa^{0,67})$) مساوی به صفر و برابر سطوح داخلی منفذها باشد. پارامتر مهم دیگر، شدت تبادل هوا در اطاق n با واحد اندازه گیری(1/h) می باشد. این پارامتر زمانی قابل اعتبار است که نفوذ پذیری هوا مفصل ها و منفذهای موجود در ساختارهای کلکین و دروازه (در حالت طبیعی تبدیل هوا) دارای شرایط ذیل باشد[55]:

$$n \geq n_N \qquad (1/h) \qquad (4\text{-}17)$$

از آن جای که:

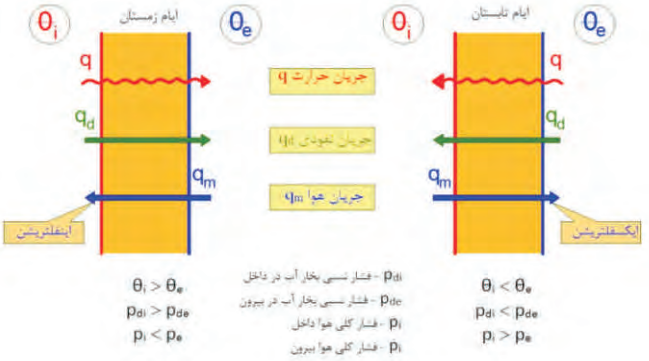
n_N- شدت متوسط تبادل هوا مورد نیاز نظر به استانداردهای ملی کشور مذبور با واحد اندازه گیری (1/h) است.

شرایط ذکر شده در فوق برای ساختمان های قابل اعتبار است، که تبادل هوا در آن به شکل اجباری از طریق سیستم ایرکاندیشن وغیره تأمین نمی شود و ضرورت برای نشان دادن خواص عدم نفوذ پذیری هوا در ساختمان وجود ندارد. در صورتی که شرایط مورد نیاز برای تبادل هوا در اطاق های با استفاده از شیوه های طبیعی تبدیل هوا فراهم نشود، لازم است که برای تبادل هوا از طرق دیگر اقدام نمود.

در تمام محیط های داخلی ساختمان های رهایشی و غیر رهایشی، مقدار متوسط شدت تبادل هوا $n_N = 0,5\ 1/h$ می باشد. و این در صورتی است که مقررات حفظ الصحه ای و شرایط بهره برداری و یا هم استانداردهای ملی کشور مذبور ضرایب دیگری را تقاضا ننمایند. ضرایب مورد نیاز بیشتر شدت متوسط تبادل هوا، معمولاً توسط سیستم تبدیل هوا و یا ایرکاندیشن (در آشپزخانه ها، مراکز صحی و غیره) فراهم و تأمین می گردد.

البته در چنین مواردی توصیه می شود که از تجهیزات تخنیکی ساختمان که دارای سیستـــم

بازیابی حرارت (heat recuperation) است استفاده شود.علت اصلی نفوذ هوا از طریق ساختارهای احاطوی ساختمان، تفاوت فشارهای جزئی گازهای تشکیل دهنده دیگر "اتمسفر هوا" می باشد، که فشار جزئی این گازها در خارج از ساختار ساختمان در فصل زمستان بالاتر از فشار جزئی بخار آب می باشد (تصویر 17-4). البته تفاوت اصلی بین نفوذ و یا دیفیوژن بخار آب و نفوذ و یا رسوخ هوا در همین است.



تصویر 17-4 عبور حرارت، دیفیوژن بخارهای آب و انتشار هوا از طریق ساختارهای خلادار [12]

در صورتیکه هوا از محیط خارج ساختمان به محیط داخل ساختمان از طریق ساختارهای ساختمان نفوذ می نماید، این پدیده را اینفیلترشن (infiltration) و جهت معکوس آن را ایکس فیلترشن (exfiltration) می نامند (تصویر 17-4).

هنگام طراحی ساختارهای ساختمانی، در درجه اول کاهش درجه حرارت ساختار از اثر نفوذ هوای سرد به داخل ساختمان که باعث بوجود آمدن تغییر در حوزه حرارتی ساختار و بالا رفتن فرار حرارت از آن می گردد، برای ما حایز اهمیت است.

به هر اندازه که جریان هوای سرد از طریق ساختـارهای ساختمان به داخل ساختمـان نفوذ می نماید به همان پیمانه درجه حرارت ساختار کاهش یافته و درجه حرارت سطوح داخلی ساختار پایین می آید.

به طور کلی می توان گفت که اکثر ساختارهای ساختمان دارای خواص متناسب از نظر نفوذ پذیری هوایی می باشند. این به خاطر واقعیتی است که بیشتر مواد ساختمانی مانع نفوذ هوا می-شوند و اگر هم نفوذی وجود داشته باشد، این نفوذ به شکل بسیار محدود می باشد.

اگر از طریق ساختـارهای ساختمان هوا جریـان پیدا نماید، کافی است بروی این ساختـــارها

پلاستر را با ضخامت لازمه کشانده و یا هم اصلاحات دیگری را که بتوانند مانع نفوذپذیری کم هوا در سطح ساختار شود، انجام داد. و در نهایت دستیابی به سرحد مطلوب نفوذ پذیری هوا در ساختار امکان پذیر است.

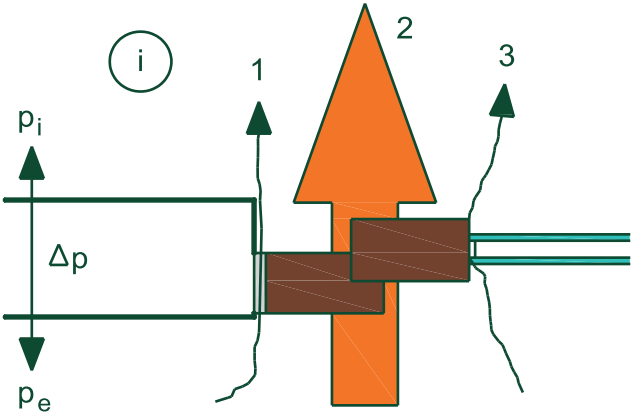
در نتیجه این فیلترشن و یا نفوذ هوا به داخل ساختمان از طریق منفذها و نقاط اتصال ساختارهای بیرونی ساختمان، به طور قابل توجهی بیلانس حرارتی ساختمان ها و حالت هوای محیط داخل ساختمان تحت تأثیر قرار می گیرند.

نفوذ پذیری هوا، بیانگر کیفیت و خواص کلکین ها در حالت بسته که هوا را در موجودیت تفاوت فشار از بیرون به داخل ساختمان انتشار می دهند، می باشد. توسط جریان حجمی هوا مشخص شده و توسط m^3/h بیان می شود و تبدیل هوا و یا تهویه هوا محیط داخل ساختمان به شکل طبیعی به صورت ذیل در نتیجه ی نفوذ هوا و یا اینفیلترشن انجام می پذیرد:

(1) از طریق ساحه اتصال کلکین با دیوار جانبی کلکین،

(2) از طریق ساحه اتصال پله کلکین با چوکات کلکین،

(3) از طریق ساحه اتصال شیشه های کلکین (تصویر 18-4).



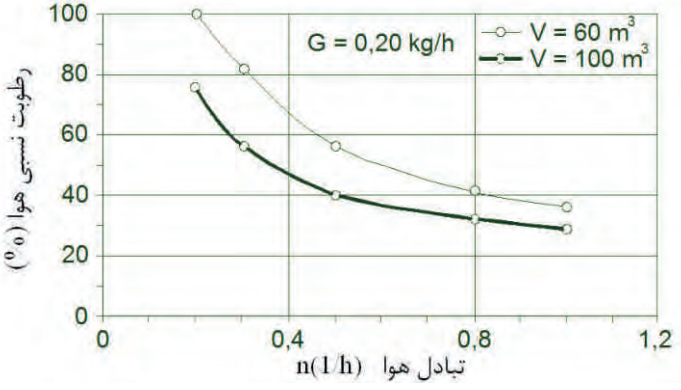
تصویر 18-4 اینفیلترشن و یا نفوذ هوا از طریق ساختار کلکین [12]

حجم جریان هوای اینفلتریشن شده از طریق منفذهای ذکر شده ممکن است، اما نظر به موقعیت های مختلف به مقدار متفاوت می باشد. جریان حجمی هوا اینفلتریشن شده عمدتاً به بخش

های اتصال چوکات کلکین ها با پله های باز شونده آن نسبت داده می شود. البته می توان پیش بینی نمود که مقدار جریان حجمی نفوذ هوا را در ناحیه اتصال کلکین با دیوار جانبی آن با طراحی استفاده از مواد درزگیر مرغوب حذف نمود.

طراحی عمده ی ساختارهای کلکین ها طوری است که در نقاط اتصال شیشه ها از چسپ شیشه سیلیکنی و در کلکین های عایق شده دو جداره از مواد درزگیر با دوام و انعطاف پذیری که در حقیقت مانع بسیار خوبی در مقابل نفوذ هوا شمرده می شود، می توان استفاده نمود. بر اساس موارد فوق الذکر، جریان حجمی نفوذ هوا را می توان فقط در ساحه اتصال چوکات کلکین با پله باز شونده آن و چوکات دروازه با پله آن نسبت داد.

همین مقدار حجم هوا که از ساحات اتصال ذکر شده نفوذ پیدا می کند، بنام ضریب نفوذپزیری ساختار یاد می شود. به طور کلی آشکار است، که اگر تبدیل هوای کافی در داخل ساختمان وجود نداشته باشد نظر به بخار آب تولید شده در داخل ساختمان تمرکز آلودگی رطوبت بیشتر می شود. در درجه های حرارت پایین، هوای بطور کل اشباع شده ولی مقدار کلی بخار آب در آن نسبت به هوای گرم داخل اطاق که در آن بصورت عموم هوا کمتر اشباع می شود، کمتر خواهد بود.



تصویر 19-4 وابستگی رطوبت نسبی هوا در حالت تولید ثابت بخار آب، شدت تبادل هوا و در حجم های مختلف اطاق ها [12]

در تصویر قبلی (تصویر 19-4) وابستگی کلی رطوبت نسبی هوا در هنگام تولید ثابت بخار آب در شرایط مختلف شدت تبادل هوا و حجم های مختلف اطاق، در نظر گرفته شده است.

هر قدر که تبادل هوا کمتر باشد به همان اندازه رطوبت نسبی هوای داخل ساختمان در فصل زمستان بیشتر خواهد بود. هر قدر که حجم فضای اطاق کمتر باشد به همان اندازه رطوبت نسبی هوای داخل ساختمان بیشتر می باشد. این دلیل تا حدودی توضیح دهنده ایجاد مشکلات بیشتر حفظ الصحه ای (بوجود آمدن پوپنک) در آپارتمان های کوچک نسبت به آپارتمـــان های بزرگ می باشد. از همین رو است که در داخل یک آپارتمان، عموماً پوپنک در اطاق های خواب که نسبتاً کوچک تر از اطاق نشیمن هستند، بوجود می آید. و این در حالی است که در اطاق نشیمن این مشکل کمتر وجود دارد [12].

7-3-4 ثبات حرارتی اطاق ها

ثبات حرارتی اتاق برای فصل زمستان و تابستان (نظر به شرایط آب و هوایی کشور مذبور) بر اساس حالت حرارتی غیر ثابت ذیل تعیین می گردد:

- **در فصـــل زمستـــان:** درجـه حـرارت محـاسبه شده داخلـی در آغـاز سـرد شـدن هـوا بایـد ($\theta_{ai,0} = +20,0\ °C$) باشد، این حالت در صورتی است که شرایط بهره برداری و تخنیک ساختمان تقاضای بیشتر حرارت هوای داخل را ننماید. در طول زمان توقف تسخین (زمانی که هوا داخل اطاق سرد می شود هشت ساعت،$t = 8$)، در تمام مدت سرد شدن هوای داخل اطاق نظر به شرایط ذیل فرض می گردد:

- درجه حرات هوای بیرون ثابت θ_{ae} که مطابق به استانداردهای ملی کشور مذبور می باشد،
- درجه حرارت ثابت هوا موجوده داخل اطاق های مجاور (در داخل ساختمان).

درجه حرارت نهایی در هنگام تأیید، تابع درجه حرارت هوا در زمان سرد شدن، ابعاد اطاق، مقادیر متغیر R_{si}، ساختارهای ساختمان که محدوده اطاق را تعیین می کنند و شدت تبادل هوا n می باشد.

- **در فصل تابستان** کسب حرارت به شکل دایم از منابع ذیل صورت می گیرد:

- نور خورشید از طریق ساختارهای بیرونی شفاف و غیر شفاف،
- منابع داخلی حرارتی،
- حرارتی که در اثر تبدیل هوا بدست می آید،
- حرارتی که در داخل ساختارهای داخلی ساختمان جذب شده است.

در اطاق های داخل ساختمان که حالت بحرانی حرارتی در آن حکفرما است، در پایان زمانی که هوای داخل اطاق سرد می شود (t)، ضرورت به اثبات رساندن *کاهش تفاوت درجه حرارت اطاق در فصل زمستان* $\Delta\theta_v(t)$ با توجه به استانداردهای ملی کشور مذبور نظر به رابطه ذیل می باشد [55]:

$$\Delta\theta_v\,(t) \leq \Delta\theta_{v,N}\,(t) \qquad (°C) \qquad (4\text{-}18)$$

از آن جای که:

$\Delta\theta_{v,N}\,(t)$ - کاهش مقدار قابل مجاز درجه حرارت نهایی داخل اطاق در فصل زمستان با توجه به استانداردهای ملی کشور مذبور با واحد اندازه گیری (°C) می باشد.

اطاق بحرانی با توجه به مقوله حرارت عبارت است از آن فضا و یا ساحه ی که دارای موقعیت نامطلوب نظر به تابش خورشید و بدست آوردن حرارت خورشیدی در ساختمان بوده و ساختارهای سرد کننده بر آن تأثیر می گذارند.

در اطاق های بحرانی (ساحه بحرانی)، ضرورت به ثبات رساندن *بالاترین درجه حرارت هوای اطاق در فصل تابستان* $\theta_{ai,max}$ با توجه به رابطه ذیل می باشد[55]:

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \qquad (°C) \qquad (4\text{-}19)$$

از آن جای که:

$\theta_{ai,max,N}$- مقدار مورد نیاز بالاترین درجه حرارت هوای روزانه در داخل اطاق در فصل تابستان، با توجه به استانداردهای ملی کشور مذبور با واحد اندازه گیری(°C) می باشد.

تطبیق معیارهای که برای $\theta_{ai,max,N}$ در نظر گرفته شده است، می تواند پیش فرض فراهم نمودن شرایط آسایش حرارتی در فصل تابستان باشد. شرایط واقعی حاکم در اطاق های که در آن افراد به شکل دایم اقامت دارند در زمان بهره برداری ساختمان باید متناسب با الزامات و مقررات حفظ الصحه ای کشور مذبور باشد.

اگر تأمین این الزامات و شرایط توسط ترمیم و اصلاح ساختارهای ساختمان (مانند اعمار ساختارهای سایه دهنده) و تهویه یا تبدیل هوا بشکل طبیعی صورت نمی پذیرد، پس در آن صورت می توان در یک حد و محدوده منطقی و معقول از سیستم میخانیکی تبدیل هوا و یا سرد ساختن به اصطلاح ایرکاندیشن استفاده نمود. در این شرایط اصطلاح **اطاق بحرانی** در داخل ساختمان به اطاقی که ساختارهای احاطوی آن دارای بیشترین سطح کلکین های که مستقیماً در

جهت تحت تابش شعاع خورشید قرار دارند و در محدوده آفتابی (جنوب - غرب - شرق) موقعیت دارند، اطلاق می شود.

در ارزیابی ساختمان در فصل زمستان و تابستان، اطاق های بحرانی از هم متفاوت اند.

در محاسبات بار حرارتی اطاق در فصل تابستان لازم است که تأثیـــرات کسب حرارت از منابع داخلی را از لحاظ به نوع ساختمان در نظر گرفت. خانه های رهایشی، آپارتمانی رهایشی و ساختمان های رهایشی دیگر (از قبیل لیلیه ها، خانه های سالمندان) باید قسمی طراحی شوند که برای تأمین آسایش حرارتی آن ها در فصل تابستان نیاز به اعمار و فراهم نمودن سیستم میخانیکی تهویه و یا تبدیل هوا (ایرکاندیشن) نباشد.

برای فراهم نمودن این شرط لازم است که از تأثیر ثابت حرارتی (thermal inertia) ساختارهای داخلی ساختمان و مؤثر بودن عناصری که در ایجاد سایه بر سطوح کلکین ها نقش ایفا می نمایند، استفاده نمود [55].

4-3-8 انرژی مورد نیاز برای ساختمان ها

محاسبه نیاز ویژه تسخین $Q_{H,nd}$ $(kWh/(m^2.a)$، که با توجـه به ارزیـابی تسخین بدون وقفه ساختمان صورت می پذیرد، در حقیقت تعیین کننده معیار مصرف انرژی ساختمان بوده که شامل تأثیرات ساختارهای ساختمان بر مصرف حداکثر حرارت ساختمان بدون در نظر گرفتن کتگوری ساختمان ها (چگونگی هدف استفاده از ساختمان) می باشد. ساختمان ها زمانی می توانند معیار انرژی را برآورده نمایند، که با توجه به فاکتور شکل ساختمان، نیاز ویژه تسخین آن به شکل ذیل باشد [55]:

$$Q_{H,nd} \leq Q_{H,nd,N} \qquad (kWh/(m^2.a)) \qquad (4.20)$$

از آن جای که:

$Q_{H,nd,N}$- مقدار تعیین شده استاندارد نیاز ویژه تسخین، که با توجه به استانداردهای ملی کشور مذبور مشخص می شود و دارای واحد اندازه گیری $(kWh/(m^2.a))$،

$Q_{H,nd}$- نیاز ویژه تسخین با واحد اندازه گیری $(kWh/(m^2.a))$ می باشد.

در این مورد، از نیاز ویژه تسخین برای مقایسه راه حل های پیشنهادی در پروژهء ساختمان که در برگیرنده اثر جابجایی ساختمان با توجه به سمت های جغرافیایی و کیفیت خواص حرارتی ساختارهای ساختمان می باشند، استفاده صورت می گیرد. به هیچ وجه، این ارزیابی واقعی مصـرف

انرژی نظر به شرایط معین جابجایی ساختمان در محیط و نوع روش استفاده از ساختمان نیست.

فاکتور شکل ساختمان (A/V_b) با واحد اندازه گیری $1/m$ نشان دهنده نسبت مجموع آن عده از سطوح ساختارهای احاطوی است که باعث تبادل حرارت می گردند (سطوح ساختار های ساختمان A با واحد اندازه گیری m^2 و فضای ساخته شده V_b با واحد اندازه گیری m^3).

کمیت مهم دیگر در این عرصه، تعیین چگونگی فرضیه قبول شده کارایی انرژی در ساختمان-ها می باشد. محاسبه نیاز تسخین ساختمان برای به اثبات رساندن فرضیه قبول شده حداقل الزامات کارایی انرژی در ساختمان ها در برگیرنده زمان بهره برداری تسخین ساختمان با تعیین اثرات کاهش درجه حرارت محیط داخل ساختمان نظر به نوع کتگوری ساختمان می باشد.

ساختمان زمانی می تواند معیار کارایی انرژی را برآورده کند که نیازمندی حرارت برای تسخین آن نظر به نوع کتگوری ساختمان بر اساس رابطه ذیل باشد[55]:

$$Q_{EP} \leq Q_{N,EP} \qquad (kWh/(m^2.a)) \qquad (4\text{-}21)$$

از آن جای که:

$Q_{N,EP}$- مقدار تعیین شده استانداردی نیازمندی حرارت برای تسخین است، که برای بدست آوردن کارایی انرژی در ساختمان با مطابقت با استانداردهای ملی کشور مذبور با واحد اندازه گیری $(kWh/(m^2.a))$،

Q_{EP}- نیاز مندی حرارت برای تسخین که برای نشان دادن انطباق با حداقل الزامات مورد نیاز کارایی انرژی ساختمان با واحد اندازه گیرد $(kWh/(m^2.a))$ می باشند.

از نیاز ویژه تسخین برای تعیین فرضیه قبول شده حداقل نیازمندی کارایی انرژی درساختمان، برای مقایسه فی مابین ساختمان ها، با توجه به تأثیر جابجایی ساختمان نظر به سمت های جغرافیایی کیفیت خواص تخنیک حرارت ساختارهای ساختمان و بهره برداری استاندارد کار گرفته می شود.

البته این ارزیابی نمایانگر واقعی مصرف انرژی ساختمان در شرایط خاص نمی باشد.

تقاضای حرارت عبارت است از مقدار حرارت لازم که به محیط و یا فضای تسخین داده شود، تا بتوان درجه حرارت تقاضا شده محیط داخل اطاق تسخین را حفظ نمود.

تقاضای انرژی برای تسخین عبارت است از مقدار انرژی لازم که به سیستم تسخین داده شود، تا بتوان تقاضای حرارت را برآورده نمود.

تقاضای حرارت بر اساس محاسبه خواص تخنیک حرارت ساختارهای ساختمان ها، بدون تأثیر تجهیزات ساختمان تعیین می شود، این در حالی ست که تقاضـــای انرژی برای تسخیـن بر اساس محاسبه خواص تخنیک حرارت ساختارهای ساختمان با در نظر داشت ضریب مؤثریت تجهیزات ساختمان تعیین می شود.

مصرف انرژی عبارت است از مقادیری که توسط دستگاه اندازه گیری و یا توسط نظارت در شرایط بهره برداری واقعی ساختمان مشخص می شود.

4-4 قوانین فنی و تخنیکی با توصیه ها- برای طراحی ساختارهای ساختمان از دیدگاه حفاظت حرارتی ساختمان

طراحی و سایز بندی ساختمان از دیدگاه حفاظت حرارتی باید باعث ایجاد محیط داخلی با بالاترین کیفیت ممکن با مصرف کم انرژی در هنگام بهره برداری و عامل فشار مناسب و پایین نسبت به محیط زیست در مقیاس محلی و همچنین منطقه ای و جهانی در تمام چرخه عمر ساختمان گردد.

برای برآورده شدن این هدف، تا حد زیادی می توان از دانش و معلومات بدست آمده حفاظت حرارتی ساختمان در صورتی که در عمل از آن استفاده شود یاری جست.

علاوه بر معیارها و شرایط فرموله شده در استانداردهای ملی در هنگام طراحی و سایز بندی ساختارهای ساختمان، توصیه ها و الزامات آتی مورد نیاز ساختارهای ساختمان که بیانگر روش خاص تخنیکی بوده و می تواند در موارد خاص و موقعیت های مربوطه آن اجراء شود به شرح زیر ارائه می شود:

- ضریب عبور حرارت U دیوارهای احاطوی ساختمان در محل جابجایی وسایل تسخین نباید از مقدار ضریب عبور حرارت U ساختارهای غیر شفاف در دیوارهای احاطوی ساختمان تجاوز کند،
- اگر از عناصر تسخین (مرکزگرمی) در برابر دیوار شیشه ای خارجی استفاده شود، به منظـور کـاهش از دست دادن حـــرارت، لازم است در عقب عنـــصر تسخیـــن از پوشش

غیر قابل جابجایی که بتواند فرار حرارت را کاهش دهد استفاده نمود،

- اگر سیستم تسخین در ساختار کف ساختمان قرار دارد، پس باید لایه فوق یا تماسی در کف دارای مقاومت حرارتی $R \leq 0,15\ m^2.K/W$ باشد، درغیر آن داشتن مقاومت حرارتی بیشتر باعث توقف انتشار حرارت به داخل اطاق می گردد. نیازمندی های ذکر شده در فوق تقریباً در اکثر پوشش های کف مراعات می شود. البته استفاده از فرش نخی با ارتفاع پشم بیشتر از 10 میلی متر،PVC پشم دار و یا پارکیت از چوب نرم در لایه تماس ساختار کف داری سیستم تسخین توصیه نمی شود. برعکس استفاده از سرامیک، سنگ کاشی با حداکثر ضخامت 6.0 میلی متر در لایه تماس ساختار کف مناسب می باشند.
- در سیستم تسخین در ساختـار کف ساختمان، عایق حرارتی جا داده شده در کف بایـد دارای نوع خواصی از عایق حرارتی بوده که بتواند پاسخگوی نیازمندی مقاومت حرارتی R در تطابق بااستانداردهای درج شده کشور مذبور باشد. در حالیکه باید تنـاسب مقاومت حرارتیR لایه های فوق لوله های گرم کننده در کف نسبت به مقاومت حرارتی R لایه-های تحتانی لوله های گرم کننده در کف تقریباً 1:10 باشد،
- به همین ترتیب، ساحاتی که در آن پل حرارتی موجود است، باید دارای پارامترهـای تخنیک، حرارت یکسان مانند قطعات معمولی ساختارها ساختمان باشند، این پیشنهاد شامل دیتایل فرود کنسول بالکن نمی شود،
- اگر در زیر کلکین عنصر تسخین وجود نداشته باشد، در آن صورت توصیه می شود که کلکین ها باید دارای ارزش ضریب عبور حرارت U نزدیک به حداکثر مقدار توصیه شده برای ساختمان های جدید و یا حتی پایین تر از آن باشند،
- برای اطمینان فراهم نمودن ثبات حرارتی در فصل تابستان نیاز به تأمین معیارهای مربوط به افزایش روزانه درجه حرارت هوای داخل ساختمان در فصل تابستان $\Delta\theta_{ai,max}$ با توجه به استانداردهای ملی کشور مذبور می باشد،
- در ساختمان های که تجهیزات تهویه یا تبدیل هوا (ایرکاندیشن) موجود است، باید ساختارهای ساختمان دارای منفذهای خیلی تنگ و بسته باشند. تا بتواند مانع تبادله هوا به شکل طبیعی از طریق منفذهای باز دیوارهای احاطوی گردد. همچنین شرط ذیل باید برقرار باشد:

$n \leq 0,1\ h^{-1}$ این در حالی است که اگر شرایط بهره برداری کشـور مذبور مقادیر ضریبی

بیشتری را تقاضا ننماید،

- در ساختمان های رهایشی یا به عبارت دیگر در ساختمان های که حالت هوای محیط داخلی شان با هم قابل مقایسه است، نیاز برای فراهم آوری تبادله هوا حداقل $15\ m^3/h$ برای هر نفر با در نظرداشت فعالیت جسمانی انسان که باعث تولید حرارت میتابولیزمی الی $80\ W/m^2$ می شود، می باشد. اگر نوع فعالیت انسان باعث تولید حرارت میتابولیزمی بیشتر از $80\ W/m^2$ شود، در آن صورت نیاز به فراهم آوری تبادل هوا حداقل $25\ m^3/h$ برای هر نفر خواهد بود،
- در ساختمان های که نیاز به تبادله هوا کنترل شده "بازیابی" دارند، باید نوعی از تجهیزات نصب گردد که بتوانند توانایی بازیابی حرارت بیشتر از % 60,0 را داشته باشند، در موجودیت اختلاف فشار هوا 50 Pa بین محیط داخل و خارج ساختمان، آن نوع خاصیت عدم نفوذ هوا از طریق منفذهای ساختارهای ساختمان توصیه می شود که تبادل هوا در ساختمان های بدون تجهیزات سرد سازی بیشتر از 3,0 1/h و در ساختمان های با تجهیزات سرد سازی بیشتر از 1,5 1/h نباشد.
- تبادل هوا در اطاق ها باید بر اساس اطمینان از شرایط متناسب حفظ الصحه ای محیط داخل ساختمان باشد. در صورت تبادل بیش از حد هوا، فرار حرارت بیش از حد ایجاد شده و تقاضای حرارت برای تسخین ساختمان افزایش می یابد و در صورتی که تبادل هوا کافی نباشد، در آن رطوبت نسبی هوا در محیط داخل ساختمان و میزان آلودگی ها افزایش می یابد. افزایش دایمی رطوبت نسبی هوای داخل ساختمان، ایجاد و افزایش پوپنک را در سطح داخلی ساختارهای ساختمان سبب می شود،
- در راستای این هدف، به منظور برآورده نمودن معیار انرژی مشخص شده در استانداردهای ملی، توصیه می شود که مجموع فرار حرارت از ساختمان به حداقل برسد. فرار حرارت ویژه، نشان دهنده این ارقام است[12]:

  - $15\ W/m^3$ الی $20\ W/m^3$ برای ساختمان های جدیدالعمار،
  - $22\ W/m^3$ الی $28\ W/m^3$ برای ساختمان های بازسازی شده.
- ساختمان ها باید طوری طراحی شوند تا نیازمندی حرارتی تسخین آن پایین بوده و بتوانند حفاظت حرارتی ساختمان را مطابق با الزامات درج شده در استانداردهای کشور مذبور فراهم نمایند. البته طرف های قرارداد (طراح پروژهء و صاحب پروژهء) می توانند با

توافق یکدیگر الزامات دقیق تری را در مقایسه با مقادیر که در استانداردها توصیه شده، تعیین نمایند،

- مدل های مختلف پلان گذاری که در برگیرنده اهداف دقیق انرژی است بهتر خواهد بود که تحت بررسی محاسباتی که بر اساس خواص حرارتی مواد ساختمانی و ساختارهای آن هستند، قرارگیرند. خصوصاً بررسی ضریب عبور حرارت ساختارهای احاطوی ساختمان که عامل تبادل حرارت می باشند، باید مقایسه آن در محدوده مقدار حداکثری توصیه شده و در صورت امکان پایین تر از آن صورت گیرد. البته به همین اصول در فازهای دیگر بعد از طراحی هم کوشش شود تا از مناسب ترین مدل های که باعث کاهش مصرف انرژی می شود، استفاده شود.
- برای تجزیه و تحلیل مفصل تر تأثیرات هر یک از ساختارهای ساختمان مانند: تأثیر جداربندی شیشه ها، تأثیر عایق حرارت اطراف کف اطاق ها که با زمین در تماس است، تأثیر موجودیت پل حرارتی که عامل فرار حرارت است، تأثیر فرار حرارت از اطاق های تسخین شده به اطاق های همجوار تسخین نشده می توان، از روش های محاسبه مندرج شده در استانداردهای کشور مذبور استفاده نمود،
- در هنگام طراحی و اعمار ساختمانی که باید بازسازی شود، بخش جدیدی که ایجاد می-شود و یا هم بخشی که تعویض می گردد (توسعه و یا الحاق) را باید با تطابق به اجرأت الزامی ای که برای ساختمان های جدید العمار در نظر گرفته شده عمل نمود،
- ساختمان های که با سطوح بزرگ شیشه ای احاط شده اند، باید به نیازمندی انرژی که برای سرد ساختن هوای محیط داخل آن در فصل تابستان لازم است رسیدگی صورت پذیرد. برای کاهش قابل توجه نیاز به انرژی، می توان از عناصر مناسب سایه دهنده، خواص مطلوب نوری شیشه ها و یا هم سیستم مناسب تبادل هوا کمک جست. سیستم تهویه یا تبادل هوا باید قابل تنظیم با توجه به نوع و هدف استفاده اطاق و همچنین الزامات بهره برداری در حال حاضر ساختمان باشد،
- در نتیجه جریان پروسه های مرطوب اعمار ساختمان، می تواند مقدار رطوبت اولیه در ساختمان نسبت به رطوبت مطرح شده رقمی بالاتری را داشته باشد. به همین جهت باید از سیستم تهویه یا تبادل هوای مناسب برای یک زمان معین استفاده به عمل آورد. اگر لازم باشد هوای محیط داخل ساختمان را تسخین نموده تا تبادل هوا صورت پذیرد.

فصل پنجم

ثبات حرارتی اطاق ها و منازل

5 ثبات حرارتی اطاق ها و منازل

5-1 عوامل تأثیر گذار بر ثبات حرارتی

اصطلاح "ثبات حرارتی" اطاق به هدف مشخص کردن خواص حرارتی اطاق تعیین گردیده است، بیانگر توانایی سیستم ساختارهای ساختمانی تشکیل دهنده اطاق بوده که حالت حرارتی خود را در یک محدوده ای درجه حرارتی تعریف شده حفظ می نماید. این خاصیت ویژه در حالت حرارتی غیر ثابت منعکس و آشکار می گردد.

اگر تغییر حالت درجه حرارت محیط داخل اطاق از "حد مجاز" تجاوز نکند، در اطاق مذکور ثبات حرارتی حکم فرما می باشد. بر اساس موارد فوق می توان ثبات حرارتی اطاق را به این شرح مشخص نمود: **اطاق زمانی دارای ثبات حرارتی می باشد که حالت حرارتی آن در یک فاصله زمانی معین در محدوده قابل قبول باقی بماند.**

برای ارزیابی ثبات حرارتی اطاق ها و ساختمان ها به طور کلی دو دوره بحرانی سال متمایز می گردد: زمستان و تابستان.

در فصل زمستان **کاهش درجه حرارت** و در فصل تابستان **افزایش درجه حرارت** مورد بررسی قرار می گیرد.

در ایام زمستان، ارزیابی و بررسی اطاق های ساختمان از نظر ثبات حرارتی محیط داخل ساختمان در شرایط حالت حرارتی غیر ثابت و بر اساس کاهش درجه نهایی حرارت (درجه حرارت اندازه شده توسط حرارت سنج کروی) در اطاق $\Delta\theta_v$ با واحد اندازه گیری (°C) در زمان t با واحد اندازه گیری ساعت (h) می باشد، این در حالی است که پارامترهای ثبات حرارتی اتاق ها متغیر با زمان بوده و متشکل از موارد ذیل می باشد:

- حد متوسط ضریب عبور حرارت از طریق ساختارهای احاط کننده اطاق U با واحد اندازه گیری ($W/(m^2.K)$)،
- حد اقل درجه نهایی حرارت اطاق $\theta_{v,\,min}$ با واحد اندازه گیری سیلیسیوس (°C)،
- درجه حرارت طرح شده داخل اطاق θ_i با واحد اندازه گیری (°C)،
- درجه حرارت هوای داخل اطاق θ_{ai} با واحد اندازه گیری (°C)،
- درجه حرارت اولیه هوای داخل اطاق θ_a با واحد اندازه گیری (°C)،
- درجه حرارت هوای بیرون اطاق θ_e (در تمـام مدت زمـــان سرد شدن ثابت می باشد) با

واحد اندازه گیری (°C)،

- مقاومت در مقابل انتقال حرارت در سطح داخل و بیرون ساختار ساختمان R_{si}, R_{se} با واحد اندازه گیری متر مربع، درجه کلوین بر وات (m^2.K/W)،
- درجه حرارت اولیـه سطح داخل ساختـارهای سرد کننده متقـارن ساختمان θ_{si} در زمان $t = 0$ ساعت (برای ساختارهای داخلی، اغلب بر اساس قیمت درجه حرارت هوا داخل محیط ساختمان θ_{ai} تعیین می شود) درجه حرارت اولیه سطح بیرون ساختارهای سرد کننده متقارن ساختمان θ_{se} در زمان $t = 0$ ساعت.

تبصره: زمان سرد شدن اطاق t با واحد اندازه گیری (h) در زمان تسخین با وقفه و همچنان در مدت زمان عدم ضرورت به تسخین تعیین می شود.

- شدت تبادله هوا در اطاق n با واحد اندازه گیری (1/h).

در ایام تابستان ارزیابی و تأیید اطاق های ساختمان از نظر ثبات حرارتی محیط داخل ساختمان در شرایط حالت حرارتی غیر ثابت و بر اساس حداکثر افزایش درجه حرارت روزانه در اطاق $\Delta\theta_{ai,\,max}$ با واحد اندازه گیری(°C) صورت می گیرد. این در حالی است که پارامترهای ثبات حرارتی اتاق ها متغیر با زمان بوده و متشکل از موارد ذیل می باشد:

- درجه حرارت طرح شده داخل اطاق θ_i با واحد اندازه گیری (°C)،
- درجه حرارت هوا داخل اطاق θ_{ai} با واحد اندازه گیری (°C)،
- درجه حرارت طرح شده بیرون اطاق θ_{em} با واحد اندازه گیری (°C)،
- دامنه نوسان درجه نهایی حرارت (the resultant temperature amplitude) هوای بیرون در فصل تابستان A_V با واحد اندازه گیری (°C)،
- دامنه نوسان شدت تابش جهانی خورشید A_I،

(Amplitude of the intensity of global solar radiation) با واحد اندازه گیری وات بر متر مربع (W/m^2)،

- شدت متوسط تابش جهانی خورشید I_m،

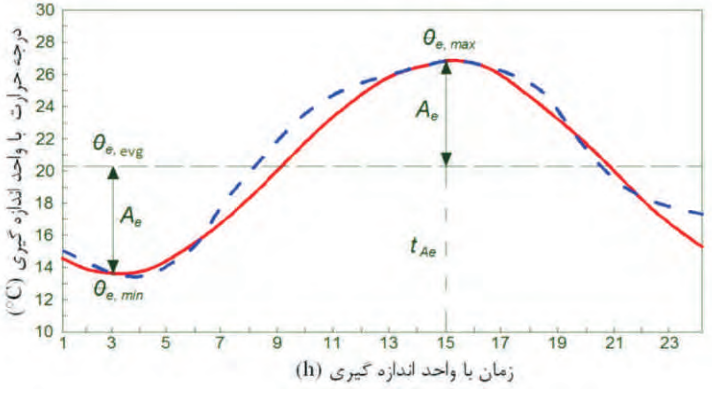
(Medium intensity of global solar radiation) با واحد اندازه گیری وات بر متر مربع (W/m^2)،

- مقاومت در مقابل انتقال حرارت در سطح بیرون و داخل ساختار ساختمان R_{si} و R_{se} در ایام تابستان با واحد اندازه گیری متر مربع، درجه کلوین بر وات ($m^2.K/W$)،
- شدت تبادله هوا در اطاق n با واحد اندازه گیری (1/h)،
- جذب حرارت از منابع حرارتی داخلی ناشی از استفاده و بهره برداری از ساختمان.

5-2 انتشار دورانی نوسانات درجه حرارت

مدل سازی حالت غیرثابت حرارتی ساختارهای ساختمان، برای برآورده شدن نیازهای عملی طراحی و ارزیابی بسیار رضایت بخش نمی باشد. بنابراین، برای رفع نیازها و ارزیابی سریع و آسان، مواردی همچو گراف تکرار دوره ای و نوسانی درجه حرارت محیط داخل و بیرون که بر ساختارهای ساختمان عمل می نمایند، با هم نزدیکتر می شوند.

به عنوان مثال، می توان از عملکرد تابش شعاع خورشید بر روی سطح خارجی ساختارهای ساختمان در یک دوره 24 ساعته نام برد. نوسانات روزانه درجه حرارت هوای بیرون (در زمستان و تابستان) همچنین نمایانگر کارکتر تقریبی نوسانات دوره ای می باشد (تصویر 1-5).



تصویر 1-5 عملکرد تقریبی روزانه درجه حرارت در اثر نوسانات هارمونیک درجه حرارت [12]

با فرض این که نوسانات درجه حرارت هوای بیرون به صورت دوره ای و دوام دار تکرار می-گردد و رویدادهای دیگر مرتبط با آن هم به شکل منظم طوری تکرار می شود که در آن حالت اولیه حرارتی را نشان نمی دهد، این حالت را می توان **حالت شبه پایدار** نامید و مقاومت در

مقابل انتشار حرارت در چنین حالت که نماینگر چگونگی نوع ساختارهای ساختمان می باشد بنام **سکون حرارتی** ساختار ساختمان یاد می گردد. فرضیه نظری نوسانات دوره ای نظر به توابع هارمونیک یا همساز، بسیار سودمند بوده و یک راه حل ساده هدایت حرارت یک بعدی (**1D**) بشمار می رود.

نوسانات هارمونیک درجه حرارت هوای بیرون که با نوسان دوره ای t = 24 همراه می باشد، را می توان با رابطه زیر بیان نمود:

$$\theta_{e,\,t} = \theta_{e,avg} - A_e * \cos(\omega t - \varphi) \qquad (°C) \qquad (5\text{-}1)$$

از آن جای که:

$\theta_{e,avg}$ – حد متوسط درجه حرارت با واحد اندازه گیری سیلیسیوس (°C)،

A_e – دامنه نوسانات درجه حرارت (amplitude of temperature fluctuations) بوده که بر اساس رابطه 2-5 محاسبه می گردد،

ω – فرکانس زاویه ای $\omega = 2\pi/t$ با واحد اندازه گیری (1/h) ،

t – طول دوره نوسان هارمونیک حرارتی (period of harmonic temperature oscillation)،

φ – زاویه فاز و بیانگر حداکثر زمان دامنه A_e بوده و با واحد اندازه گیری رادیان (rad) می باشد.

دامنه نوسانات درجه حرارت A_e، با در نظر داشت تفاوت حداکثر درجه حرارت یا حداقل درجه حرارت و حد متوسط درجه حرارت با توجه به معادله زیر محاسبه می گردد[12]:

$$A_e = \theta_{e,\,max} - \theta_{e,\,str} = \theta_{e,\,str} - \theta_{e,\,min} \qquad (°C) \qquad (5\text{-}2)$$

از آن جای که:

$\theta_{e,max}$ – حداکثر درجه حرارت با واحد اندازه گیری (°C)،

$\theta_{e,\,min}$ – حداقل درجه حرارت با واحد اندازه گیری (°C) می باشد.

نوسانات درجه حرارت هوا بیان شده توسط معادله 1-5، موجب بروز نوسانات درجه حرارت بر روی سطح بیرونی ساختار، در داخل خود ساختار و در سطح داخلی ساختار می گردد و این در حالی است که به تدریج دامنه نوسانات کوچک می گردد و **تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت Ψ** بوجود می آید.

در سطح داخلی ساختار، جریان حـرارت هارمونیک و دوره ای فرض می گردد (تصویر 2-5)

و نوسانات درجه حرارت سطح داخلی ساختار توسط رابطه زیر بیان می شود[12] :

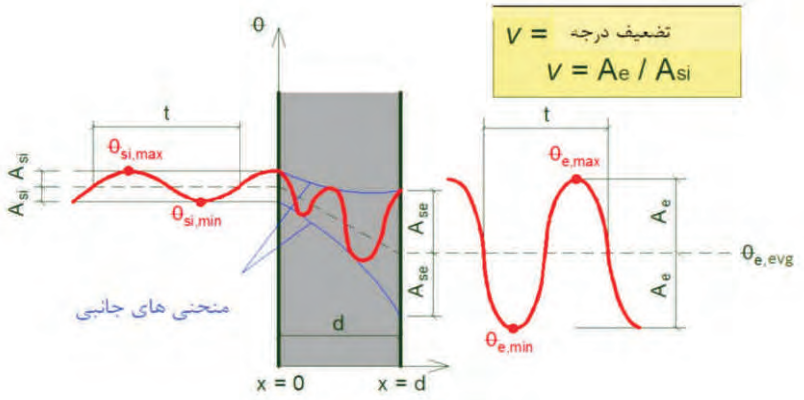
$$\theta_{si,\,t} = \theta_{si,\,evg} + \frac{A_e}{v} \,.\, \cos(\omega t - \varphi - \Psi) \quad (°C) \qquad (5\text{-}3)$$

از آن جای که:

A_e – دامنه نوسانات درجه حرارت هوای بیرون یا هوای محیط خارج ساختمان A_v بوده و واحد اندازه گیری آن (°C)،

v – تضعیف درجه حرارت بوده و با توجه به معادله 5-4 محاسبه می گردد،

Ψ – تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت با واحد اندازه گیری ساعت (h) می باشد.



تصویر 2-5 تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت [12]

5-3 تضعیف درجه حرارت ساختار

تضعیف درجه حرارت ساختارهای ساختمان **v** (بدون واحد اندازه گیری) بیانگر توانایی ساختار ساختمان بوده که تا چه اندازه می تواند تغییر هارمونیک درجه حرارت هوای بیرون را در ایام تابستان و یا زمستان با در نظر داشت درجه حرارت سطح داخلی ساختار تضعیف نماید.

این را می توان توسط نسبت دامنه نوسانات درجه حرارت هوای بیرون A_e (در فصل زمستان) و دامنه نوسانات درجه حرارت سطح داخلی ساختار ساختمان A_{si} طبق معادله زیر بیان نمود:

$$v = \frac{A_e}{A_{si}} \qquad (1) \qquad (5\text{-}4)$$

و یا هم توسط نسبت دامنه نوسانات درجه حرارت هوای بیرون A_e (در فصل تابستان) و دامنه نوسانات درجه حرارت سطح داخلی ساختار ساختمان A_{si} طبق معادله زیر بیان نمود:

$$v = \frac{A_v}{A_{si}} \qquad (1) \qquad (5\text{-}5)$$

البته این با فرض تغییر دوره ای درجه حرارت هوای بیرون (یا نتیجه نهایی درجه حرارت محیط بیرونی ساختمان) و درجه حرارت سطح داخلی ساختار ساختمان در یک دوره 24 ساعت می باشد. به سادگی می توان آن را به شرح ذیل هم بیان نمود:

تضعیف درجه حرارت ساختار ساختمان v (بدون واحد اندازه گیری) بیانگر آن است که چند بار دامنه نوسانات درجه حرارت در سطح داخلی ساختار ساختمان A_{si} احتمالاً کمتر از دامنه نوسانات درجه حرارت هوای بیرون ساختمان A_e (یا دامنه نوسانات درجه حرارت هوای محیط بیرونی ساختمان A_v) می باشد.

در گذشته، برخی از الزامات استانداردها بر تضعیف درجه حرارت در ساختارهای ساختمان تحمیل می گردید، اما در حال حاضر، با تقاضای رو به رشد مقاومت حرارتی (**R**) ساختارهای ساختمانی، به طور اتوماتیک یا خودکار روند تضعیف درجه حرارت در ساختارهای ساختمان صورت می گیرد و آن هم به حد قابل توجهی که در آن ضرورت به اعلام معیارهای استانداردی ذکر شده وجود ندارد.

5-3-1 روش محاسبه تضعیف درجه حرارت ساختارهای ساختمان

در حال حاضر به منظور محاسبه تضعیف درجه حرارت ساختارهای ساختمان می توان از روش بیان تضعیف به شکل "عدد مختلط" (روش دقیق محاسبه) استفاده کرد یا هم از روش تقریبی محاسبه تضعیف درجه حرارت، با در نظر داشت ابعاد ایمنی آن استفاده نمود.

روش دقیق محاسبه تضعیف درجه حرارت در عمل و یا اجرات تخنیکی، به طور عمده برای ارزیابی خواص حرارتی ساختارهای ساختمان با استفاده از پروگـــرام های کامپیوتری صورت می گیرد.

برای محاسبات دستی، این روش بسیار وقت گیر می باشد، براساس این ملوحظ در این مورد از روش ساده "محاسبه تقریبی" تضعیف درجه حرارت استفاده می گردد.

در تعیین تضعیف درجـه حرارت به استفـاده از روش تقریبی، ما هنـوز هم به اندازه کافـــی در بازه ای ایمنی آن قرار داریم، چرا که در اغلب موارد (در حدود 95,0 % از موارد) ما مقـــدار درجه

نهایی تضعیف حرارت را الی % 30,0 کمتر از روش دقیق محاسبه آن بدست می آوریم.

مقــدار درجه نهایی تضعیف حرارت در ساختــارهای ساختمان توســط رابطه محاسبـوی (Sklover) تعیین می گردد.

$$v = 0{,}7*\exp\left(\frac{D}{\sqrt{2}}\right) * \frac{s_1+h_i}{s_1+U_1} * \frac{s_2+U_1}{s_2+U_2} * \ldots * \frac{s_n+U_{n-1}}{s_n+U_n} * \frac{h_e+U_n}{h_e} \qquad (1) \qquad (5\text{-}6)$$

از آن جای که:

s_j- جذب حرارت لایه هایj با واحد اندازه گیری وات بر متر مربع در درجه کلوین ($W/(m^2.K)$) بوده که توسط رابطه 7-5 تعیین می گردد (برای $t = 24\ h = 86400\ s$) :

$$s_j = \sqrt{\frac{2\pi}{t} * \lambda_j * c_j * \rho_j} \qquad (W/(m^2.K)) \qquad (5\text{-}7)$$

از آن جای که:

h_i- ضریب انتقال حرارت تا سطح داخلی ساختار ساختمان با واحد اندازه گیری ($W/(m^2.K)$)،

h_e- ضریب انتقال حرارت تا سطح بیرونی ساختار ساختمان با واحد اندازه ($W/(m^2.K)$) ،

U_j- جذب حرارت سطح بیرونی ساختار ساختمان با واحد اندازه گیری ($W/(m^2.K)$)،

D- بقا حرارت (thermal inercia) ساختار ساختمان که توسط رابطه 8-5 تعیین می گردد. این در حال است که R_j نشان دهنده مقاومت حرارتی لایه های ساختار ساختمان می باشد.

$$D = R_1*s_1 + R_2*s_2 + \ldots + R_j*s_j \qquad (1) \qquad (5\text{-}8)$$

جذب حرارت لایه ها U_j توسط یکی از این سه روابط ذکر شده تعیین می گردد:

- اگر برای لایه های ساختار $j = 1; 2; 3;\ldots n$
- اگر $D_j = R_j * s_j \geq 1 \Leftarrow U_j = s_j$ برای لایه های ساختار $j = 1; 2; 3;\ldots n$،
- اگر $D_j = R_j * s_j < 1 \Leftarrow U_j = \frac{R_{j*}s_j^2+h_i}{1+R_j*h_i} =$ برای لایه های ساختار $j = 1$،
- اگر $D_j = R_j * s_j < 1 \Leftarrow U_j = \frac{R_{j*}s_j^2+U_{j-1}}{1+R_j*U_{j-1}} =$ برای لایه های ساختار

$j = 2; 3; 4, ...n.$ برای لایه های ساختار در صورت موجودیت لایه هوا از دو طرف بسته، جذب حرارت $s_j = 0$ $W/(m^2.K)$ در نظر گرفته می شود. جذب حرارت برای سطح بیرونی لایه هوا طبق رابطه زیر تعیین می گردد:

$$U_j = \frac{U_{j-1}}{1+R_{vv}*U_{j-1}} \qquad (W/(m^2.K)) \qquad (5\text{-}9)$$

از آن جای که:

R_{vv}- مقاومت حرارتی لایه هوای از دو طرف بسته با واحد اندازه گیری $(m^2.K/W)$ می باشد.

عدم دقت محاسبه با استفاده از به اصطلاح رابطه تقریبی زمانی بوجود می آید که ساختارهای ساختمان متشکل از لایه های با ضخامت کوچک باشند. در این صورت، توصیه می شود که لایه های با ضخامت های کوچک (الی حدود 10.0 میلی متر ضخامت) در نظر گرفته نشوند (به عنوان مثال، ورقه های ایزوگام، فویل ها و غیره).

تبصره: پلاستر ها و لایه های نازک را می توان به لایه های با ضخامت بیشتر ادغام نمود.

در عمل، بعضی از ساختارهای ساختمان وجود دارند که خاصیت جذب حرارتی آن ها بسیار ناچیز شمرده می شود($s_j \rightarrow 0$). به عنوان مثال: شیشه بندی، دیوار تشکیل شده از مواد پیش ساخته سبک، دروازه ها و غیره.

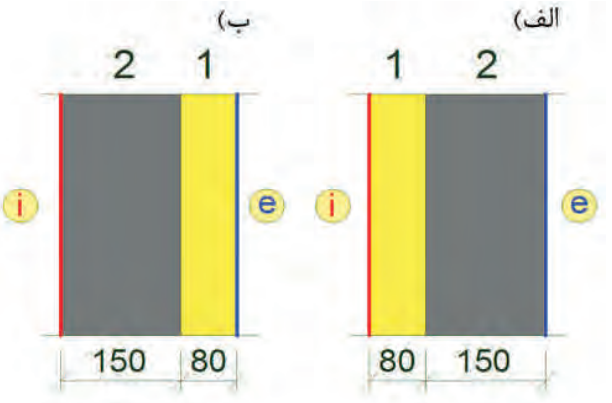
در این صورت، برای محاسبه تضعیف درجه حرارت می توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$\nu = \frac{R_0}{R_{si}} = \frac{1}{U * R_{si}} \qquad (1) \qquad (5\text{-}10)$$

تعویض یا جابجایی مناسب لایه ها را از نظر تضعیف درجه حرارت می توان در نمونه دیوار احاطوی بیرونی دو لایه (تصویر 3-5) به طور مؤثر توسط مثال بعدی نشان داد.

بر اساس خـواص مصالـح ساختمانی (تصویر 3-5) روابط توضیـح داده شده در بالا، تضعیف درجه حـرارت برای ساختار ساختمـان الف (عایق حرارت در طرف داخلی) با مقـدار $\nu_A = 34,4$ (1) و برای ساختـــار ساختمـــان ب (عایق حـــرارت در طرف بیـــرونی) با مقـــــدار $\nu_B = 59,3$ (1) مجدداً حساب گردیده است.

از نظر حالت غیر ثابت حرارتی در طول فصل زمستان، مناسب خواهد بود که اگر در هنـگام جابجایی لایه های دیوارهای احاطوی ساختمان، لایه عایق حرارت در طرف بیرون قرار گیرد.



تصویر 3-5 ساختار دو لایه دیوار احاطوی بیرونی برای محاسبه تضعیف درجه حرارت

ساختار		λ W/(m.K)	ρ kg/m³	c J/(kg.K)
1	پالسترین	0.037	40	1270
2	آهن کانکریت	1.58	2400	1020

جدول 1-5 خواص مواد ساختمانی

5-4 تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت

تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت **Ψ** با واحد اندازه گیری (ساعت) به عنوان تفاوت زمان بین حداکثر درجه حرارت هوای بیرون و حداکثر درجه حرارت در سطح داخلی ساختار تعریف شده می تواند (تصویر 4-5).

همانطور که در تصویر زیر دیده می شود (تصویر 4-5)، تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت توسط تفاوت ذیل تعیین می گردد:

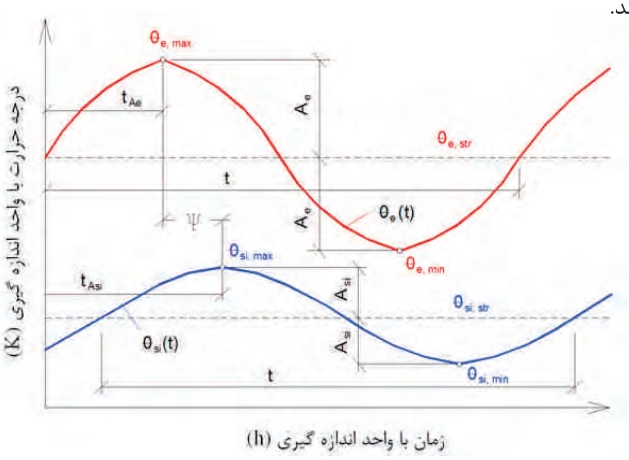
$$\Psi = t_{Asi} - t_{Ae} \qquad (h) \qquad (5-11)$$

از آن جای که:

Ψ- تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت با واحد اندازه گیری ساعت (h) می باشد،

t_{Asi}- زمان رسیدن حداکثر درجه حرارت در سطح داخلی ساختار با واحد اندازه گیری ساعت (h)،

t_{Ae}- زمان رسیدن حداکثر درجه حرارت هوای بیرونی ساختمان با واحد اندازه گیری ساعت (h) می باشد.



تصویر 4-5 تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت[12]

این یک پارامتر متغیر بوده که مقدار آن نظر به توصیه استانداردی محدود نمی باشد و از آن به عنوان یکی از پارامترهای درب ورودی در محاسبات ثبات حرارتی اطاق در فصل تابستان استفاده می گردد.

محاسبه تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت بلافاصله به محاسبه تضعیف درجه حرارت ارتباط می گیرد. در این مورد تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت را می توان به کمک محاسبه دقیق مرتبط بوده به محاسبه تضعیف درجه حرارت از طریق اعداد مختلط و یا هم با استفاده از رابطه زیر تعیین نمود:

$$\Psi = 2{,}7 * D \qquad (h) \qquad (5\text{-}12)$$

از آن جای که:

D - بقاء حرارت (thermal inercia) بوده که توسط رابطه 8-5 تعیین می گردد.

5-5 ثبات حرارتی اطاق در فصل تابستان

بررسی ثبات حرارتی اطاق در حقیقت یک مثال بارز از حالت غیر ثابت حرارتی بوده، با توجه به اینکه ارزیابی رفتار فضای داخلی اطاق درصورتی انجام می گردد که اطاق در فصل تابستان تحت

تابش شعاع آفتاب قرار داشته باشد و این امر باعث افزایش درجه حرارت داخل اطاق گردد. از این-رو، ثبات حرارتی اطاق در فصل تابستان بیشتر به یک معظله تبدیل گردیده است. از آن جا که ساختمان های اعمار گردیده ای که سطوح شیشه ای بیشتری در دیوارهای احاطوی آن ها دیده می شود، اغلب باعث گرم شدن بیش از حد فضای داخلی اطاق می گردد. در هنگام طراحی ساختمان ها و با توجه به شرایط خاص انتخاب شده شدید اقلیمی در فصل تابستان، ضرورت به ایجاد شرایط لازم و قابل قبول برای آسایش حرارتی در اطاق های که اقامت و انجام فعالیت های افراد در آن بیشتر می باشد دیده می شود [12].

بررسی ثبات حرارتی اطاق در فصل تابستان معمولاً در اطاق های انجام می گردد که از نظر درجه حرارت در حالت بحرانی قرار دارند. این اطاق های هستند که سطوح بیشتری از کلکین های آن در دیوارهای احاطوی غربی، جنوب غربی، جنوبی، جنوب شرقی و شرقی به تناسب مساحت داخلی کف آن نسبت به دیگر اطاق های همجوار تحت تابش مستقیم شعاع آفتاب قرارد دارد. از این نظر بررسی ثبات حرارتی بحرانی اطاق در فصل تابستان و در فصل زمستان می تواند با هم متفاوت باشد.

اطاق بحرانی (محیط داخل) باید این موارد را شامل شوند:

- بیشترین افزایش روزانه درجه حرارت هوا در داخل اطاق در فصل تابستـــان $\Delta\theta_{ai,\ max}$ با واحد اندازه گیری (°C) با انطباق با شرایط ارائه شده در رابطه ذیل:

$$\Delta\theta_{ai,\ max} \leq \Delta\theta_{ai,\ max,\ N} \qquad (°C) \qquad (5\text{-}13)$$

از آن جای که:

$\Delta\theta_{ai,max,N}$ – مقدار مجاز حداکثر افزایش روزانه درجه حرارت هوا در داخل اطاق در فصل تابستان با واحد اندازه گیری (°C) می باشد.

- یا حداکثر درجه حرارت هوا در داخل اطاق در فصل تابستان $\Delta\theta_{ai,\ max}$ با واحد اندازه گیری (°C) با انطباق با شرایط ارائه شده در رابطه ذیل:

$$\theta_{ai,\ max} \leq \theta_{ai,\ max,\ N} \qquad (°C) \qquad (5\text{-}14)$$

از آن جای که:

$\theta_{ai,max,N}$ – مقدار مجاز حداکثر روزانه درجه حرارت هوا در داخل اطاق در فصل تابستان با واحد اندازه گیری (°C) می باشد[33].

در صورت عدم انطبـــاق شرایط فوق ذکر، لازم خواهد بود که چنان اصـلاحات بوجود آیـد، که باعث کاهش بار حرارتی ناشی از تابش بیش از حد شعاع آفتاب گردد. این اصلاحات شامل این موارد می باشند:

- در سمت تابش آفتاب بر ساختمان، کلکین ها با توجه به نیازهای حفظ الصحه ای طراحی گردد (در مواردی که ضرورت به استفاده از انرژی آفتاب وجود نداشته باشد).
- کلکین های بزرگتر را می توان (به شرطی که ثبات حرارتی اطاق اجازه این را بدهد) تنها در ترکیب با آفتاب گردان طراحی نمود،
- ساختارهای احاطوی ساختمان را با رنگ های روشن طراحی نمود،
- استفاده از ورق های ریفلکس یا بازتابی بروی کلکین ها،
- ایجاد رویکار ساختمان با شگاف هوایی تهویه یا تبادل هوا،
- استفاده از عناصر سایه افگن طبیعی مانند درختان، بوته ها، اما به شکل که مانع اثرات مطلوب تابش شعاع آفتاب بر ساختمان نگردد،
- تهویه اطاق توسط هوا با درجه حرارت کمتر- تأمین و ورود هوای سرد از طبقه زیر زمینی ساختمان و یا هم از جهت ساختمان که در تحت تابش شعاع آفتاب قرار ندارد.

از نظر تخنیـکی و همچنین شرایـط اقتصـادی، کرکره یا پرده می تواند یک راه منـــاسب برای حفاظت فضای داخلی ساختمان در مقابل بار حرارتی ناشی از تشعشع شعاع آفتاب بشمار می آید. مؤثر ترین پرده یا کرکره آن نوعی می باشد که در جهت بیرونی کلکین ها قرار دارند و می توانند تنها بخش بسیار کوچکی از تشعشع شعاع آفتاب را عبور دهند $\tau = 12,0 - 14,0$ % .

پرده یا کرکره که تأثیر کمتری دارد، آن نوعی می باشد که در بین دو جدار یا شیشه های کلکین قرار دارند و مقدار عبور تشعشع شعاع آفتاب آن ها $\tau = 27,0 - 45,0$ % می باشد.

پرده یا کرکره با کمترین تأثیر، همان های اند که در جهت داخلی کلکین قرار دارند و مقدار عبور تشعشع شعاع آفتاب آن ها $\tau = 50,0 - 68,0$ % می باشد.

در این زمینه باید توجه داشت که تمام تجهیزات سایه افگن باید تحت کنترل باشد و تسهیل در اداره و بکارگیری آن وجود داشته باشد.

افزایش درجه حرارت هوا در داخل اطاق و در حالت غیر ثابت حرارتی در فصل تابستان عمدتاً توسط موارد ذیل تحت تأثیر قرار می گیرد:

- درجه حرارت هوای بیرون،

- تابش شعاع آفتاب بر ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان و انتشار آن به داخل،
- موجدیت، تعداد و اندازه های کلکین ها در اطاق،
- سرعت و جهت وزیدن باد،
- منابع حرارت داخلی چراغ ها، افراد مقیم و وسایل تخنیکی،
- تبادل هوا و روش تهویه،
- بقای حرارت ساختارهای تشکیل دهنده اطاق های ساختمان.

در تعیین معیارها برای ارزیابی ساختمان های رهایشی و عام المنفعه از نظر ثبات حرارتی در فصل تابستان، به شرایط دستیابی به آسایش حرارتی در داخل ساختمان رو آورده می شود.
آسایش حرارتی محیط داخل ساختمان که در آن افراد اقامت دارند اغلب توسط شرایط زیر بیان می گردد:

$$\theta_M = \theta_{ai} + \theta_{si} \leq 51{,}0 \qquad (°C) \qquad (5\text{-}15)$$

نوت - مشخصات دقیق تر رابطه 15-5 در فصل سوم (صفحه 64 و 65) تعریف گردیده است.

به بیان ساده تر، ما می توانیم فرض کنیم که بالاترین درجه حرارت هوا در داخل اطاق های ساختمان $\theta_{ai,max}$، و بالاترین میزان اوسط حداکثری درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای اطاق های ساختمان $\theta_{si,max}$ تقریباً با هم مساوی بوده و چنین بر می آید:

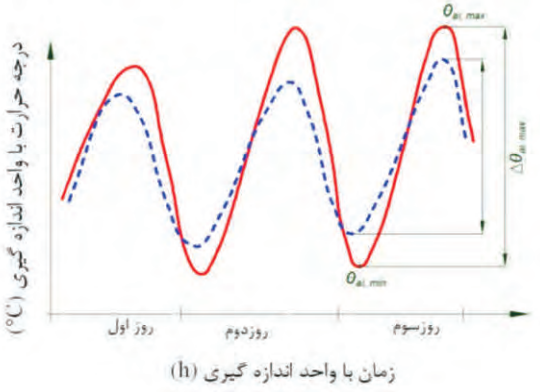
$$\theta_{ai,max} = \theta_{si,max} = +\,27{,}0 \qquad (°C) \qquad (5\text{-}16)$$

از این شرح چنین برداشت می گردد که حداکثر درجه حرارت هوای داخل اطاق نباید بالاتر از 27,0 °C + باشد. هر گاه حداقل درجه حرارت هوای داخل اطاق به طور تقریبی برابر به اوسط درجه حرارت هوای بیرون ساختمان در ایام تابستان باشد، در آن صورت ممکن است نشان داد که حداکثر افزایش روزانه درجه حرارت هوای داخل اطاق با توجه به شرایط آسایش حرارتی مطابق با معادله زیر باشد:

$$\Delta\theta^{N}_{ai,max} = \theta_{ai,max} - \theta_{ai,min} \qquad (°C) \qquad (5\text{-}17)$$

با فرض حالت هارمونیک و دوره ای درجه حرارت هوای داخل و بیرون ساختمان پس از چند روز تعادل حرارتی بوجود می آید. طرز رفتار یک روزه درجه حرارت هوای داخل اطاق توسط مقدار

حداقل و حداکثر مشخص می شود (تصویر 5-5).



تصویر 5-5 حداکثر افزایش روزانه درجه حرارت هوای داخل اطاق در فصل تابستان [12]

حداکثر افزایش روزانه درجه حرارت هوای داخل اطاق $\Delta\theta_{ai,max}$ با واحد اندازه گیری (°C) مطابق به رابطه ذیل محاسبه می گردد:

$$\Delta\theta_{ai,max} = 24 * \left(1 - e^{-Q/W}\right) \qquad (°C) \qquad (5\text{-}18)$$

از آن جای که:

Q - افزایش حرارتی دایم اطاق با واحد اندازه گیری کیلو وات ساعت بر روز (kWh/day)،

W- انرژی حرارتی انباشته شده در ساختارهای داخلی اطاق با واحد اندازه گیری کیلو وات ساعت بر روز (kWh/day) می باشد.

5-6 ثبات حرارتی اطاق در فصل زمستان

محاسبه ثبات حرارتی اطاق در فصل زمستان در حقیقت بررسی رفتار حالت حرارتی اطاق در زمان قطع تسخین می باشد. این قطع می تواند ناشی از وقفه در تسخین باشد و یا هم دلایل دیگر که موجب قطع تسخین می گردد (به عنوان مثال خرابی سیستم تسخین).

این بررسی در حالت غیر ثابت حرارتی انجام می گردد، و آن هم با فرض اینکه درجه حرارت هوای بیرون ثابت و درجه حرارت هوای محیط داخل متغیر می باشد.

با فرض اینکه در یک زمان مشخص روز قطع تسخین صورت می گیرد (توقف عرضه و یا تأمین

انرژی حرارتی برای پوشش دادن ضایعات حرارتی اطاق)، این امر منجر به کاهش درجه حرارت هوای داخل اطاق و درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای ساختمانی تشکیل دهنده اطاق می گردد (اطاق به مرور زمان سرد می شود).

معیار ارزیابی ثبات حرارتی اطاق در ایام زمستان عبارت از کاهش درجه نهایی حرارت در داخل اطاق می باشد.

ارزیابی فوق در اطاق بحرانی انجام می گیرد. در حقیقت این اطاق دارای بالاترین مقدار ضریب انتقال حرارت می باشد. اغلب اوقات این همان اطاقی است که سطوح شیشه ای در دیوارهای احاطوی بیرونی آن دارای بیشترین سهم می باشند و یا هم اطاقی است که ساختارهای احاطوی بیرونی سرد کننده آن دارای بزرگترین سهم می باشند (اطاق گوشه ای در آخرین طبقه ساختمان).

اطاق بحرانی که برای ارزیابی ثبات حرارتی در فصل زمستان مشخص شده است ممکن است که با اطاقی که برای ارزیابی ثبات حرارتی در فصل تابستان مشخص شده است، منطبق نباشد.

درجه حرارت هوای داخل اطاق در هنگام تسخین را می توان در حدود 20,0 °C پیش بینـی کرد. در هنگام روش تسخین وقفه ای، کراکتر رفتار درجه حرارت هوای داخل اطاق را می توان در تصویر بعدی نشان داد (تصویر 6-5).

برای ساختمان های رهایشی، در زمان تسخین مجموع درجه حرارت اطاق (در حالت ثابت حرارتی) بشکل ذیل پیش بینی می گردد:

$$\theta_M = \theta_{ai} + \theta_{si} \geq 38{,}0 \qquad (°C) \qquad (5\text{-}19)$$

نوت- مشخصات دقیقتر رابطه 5-19 در فصل سوم (صفحه66) تعریف گردیده است. شرایط رضایت بخش حالت حرارتی در هنگامی که جریان تسخین قطع می گردد زمانی خواهد بود که مجموع درجه حرارت اطاق در پایان وقفه تسخین شرایط زیر را بر آورده کند:

$$\theta_M^N\,(t) = \theta_{ai}\,(t) + \theta_{si}\,(t) \geq 32{,}0 \qquad (°C) \qquad (5\text{-}20)$$

از آن جای که:

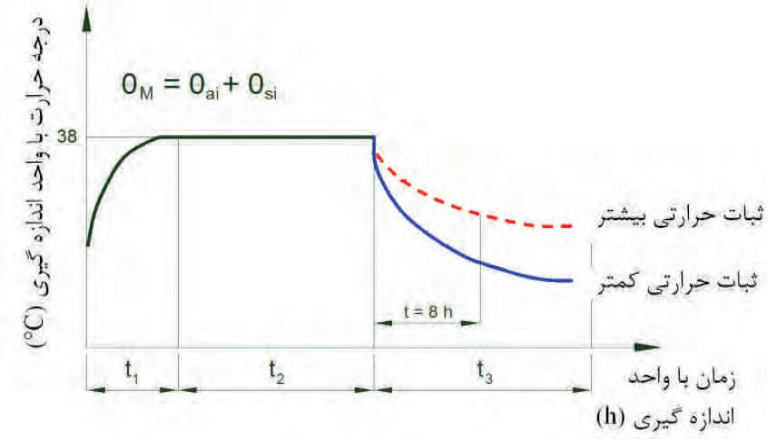
θ_M – درجه حرارت مجموعی اطاق با واحد اندازه گیری سیلیسیوس (°C)،

θ_{ai} – درجه حرارت هوای داخل اطاق با واحد اندازه گیری (°C)،

θ_{si} – اوسط درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای ساختمانی تشکیل دهنده اطاق با واحد اندازه گیری (°C)،

t – مدت زمان وقفه تسخین اطاق با واحد اندازه گیری ساعت (h) می باشد.

مدت زمان وقفه تسخین اطاق (زمان سرد شدن اطاق) در هنگام ارزیابی نظر به استاندارد t = 8 hour در نظر گرفته شده است و این در حالی است که در طول مدت سرد شدن، درجه حرارت هوای بیرون θ_e ثابت فرض می گردد. اگر شرایط فوق ذکر برآورده نگردد، ثبات حرارتی در ایام زمستان در اطاق حکم فرما نخواهد بود.



تصویر 6-5 کارکتر رفتار درجه حرارت مجموعی هوای داخل اطاق در هنگام روش تسخین وفقه-ای[12]

کاهش درجه حرارت نهایی اطاق در ایام زمستان $\Delta\theta_v$ (t) در هنگام سرد شدن اطاق و در زمان t توسط رابطه ذیل تعیین می گردد:

$$\Delta\theta_v(t) = \theta_i - \theta_v(t) \qquad (°C) \qquad (5\text{-}21)$$

از آن جای که:

θ_i– درجه حرارت محاسبه شده هوای داخل اطاق در آغاز سرد شدن در زمان t در صورتی که این رابطه برقرار باشد: $\theta_i = \theta_v(0)$ (°C).

θ_v– درجه حرارت نهایی در هنگام ارزیابی سرد شدن در زمان t با واحد اندازه گیری (°C) می-باشد.

درجه حرارت نهایی θ_v در زمان (t) با واحد اندازه گیری (°C) نظر به رابطه زیر تعیین می-گردد:

$$\theta_v\,(t) = \theta_{ai}\,(t) - 650*\dot{V} * \frac{\theta_{ai}(t)-\theta_e}{\sum\frac{A_i}{R_{si}}} \quad (°C) \qquad (5\text{-}22)$$

از آن جای که:

θ_{ai}– درجه حرارت هوای داخل اطاق در زمان t با واحد اندازه گیری (°C)،

$\dot{V}$– جریان حجم هوا به داخل اطاق با واحد اندازه گیری متر مکعب بر ثانیه (m^3/s)،

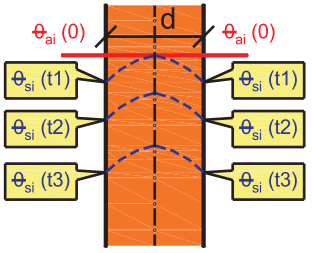
θ_e– درجه حرارت محاسبه شده هوای بیرون اطاق با واحد اندازه گیری (°C)،

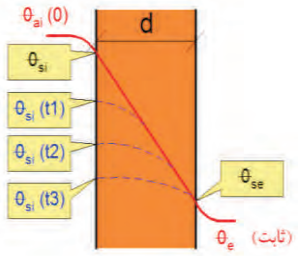
$\sum(A_i/R_{si})$– مجموع نسبت ها میان سطوح ساختارهای تشکیل دهنده اطاق و مقاومت های حرارتی در هنگام انتقال حرارت تا سطح داخلی ساختار ها می باشد.

از دیدگاه بررسی ثبات حرارتی، ساختارهای ساختمان را بشکل ذیل تقسیم بندی می نماییم:

- ساختارهای سرد کننده متقـــارن (معمولاً شامل ساختـــارهای می باشد که فضای داخل اطاق ها را از هم جدا می نمایند)، که درجه حرارت آن در آغاز زمان سرد شدن بیش از 5,0 °C تفاوت نمی نماید. در واقع در این ساختارهای ساختمان، کاهش درجه حرارت به پیمانه مساوی در هر دو طرف ساختار صورت می گیرد (تصویر 7-5)،
- ساختارهای سرد کننده غیر متقارن (فضای داخل اطاق ها را از هم جدا می نماید)، که درجه حرارت آن در آغاز زمان سرد شدن بیش از 5,0 °C تفاوت می نماید. این در حقیقت ساختارهای داخلی است که محیط داخلی را با تفاوت درجه های حرارت که به طور قابل توجهی با هم اختلاف دارند از هم جدا می نمایند و یا هم ساختارهای احاطوی بیرونی می باشند که در معرض محیط خارجی و داخلی قرار دارند. کاهش درجه حرارت در هر دو طرف ساختارهای داخلی به طور قابل توجهی از هم متفاوت می باشد. در مورد ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان، کاهش درجه حرارت تنها در طرف داخلی ساختار صـــورت می گیرد در حالیکه طرف بیرونی ساختار در معرض درجه حرارت ثابت هوا بیرون قرار دارد (تصویر 8-5).

- ساختارهای نیمه بی نهایت (ساختارهای که در تماس با زمین می باشند)، که در آن کاهش درجه حرارت در مدت زمان سرد شدن،تنها در سطوح داخلی آن صورت می گیرد.

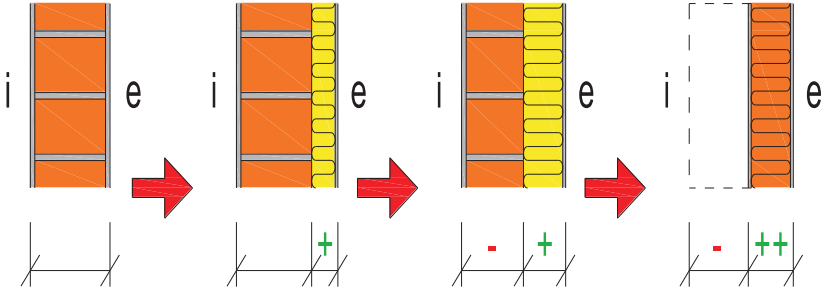




تصویر 7-5 ساختار سرد کننده متقارن[14] **تصویر 8-5** ساختار سرد کننده غیر متقارن [14]

5-7 راه های حذف بار حرارتی در ساختمان ها

ساختارهای احاطوی ساختمان تحت یک تکامل تدریجی از تکنولوژی های سنتی ساخت و ساز (بدون تحمیل شرایط حرارتی "به اندازه کافی" در ساختارهای ساختمانی)، به فن آوری های مدرن قرن گذشته، که در آن لایه عایق حرارت عنصر غالب در ترکیب ساختارهای احاطوی ساختمان شمرده می شود قدم گذاشت (تصویر 9-5).



تصویر 9-5 توسعه تاریخی و مسیریابی طراحی ساختارهای احاطوی ساختمان

یکی از گزینه های مؤثر کاهش مصرف انرژی در ساختمان، علاوه بر کنترل هوشمند سیستم تهویه و تسخین (موضوع مربوط به سیستم تجهیزات ساختمان)، همچنان عایق نمودن ساختارهای احاطوی ساختمان تحت نام "عایق نمودن دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمان" می باشد. دقیقاً به همین دلیل است که استفاده از عایق حرارت در دیوارهای احاطوی ساختمان در حال حاضر به حد

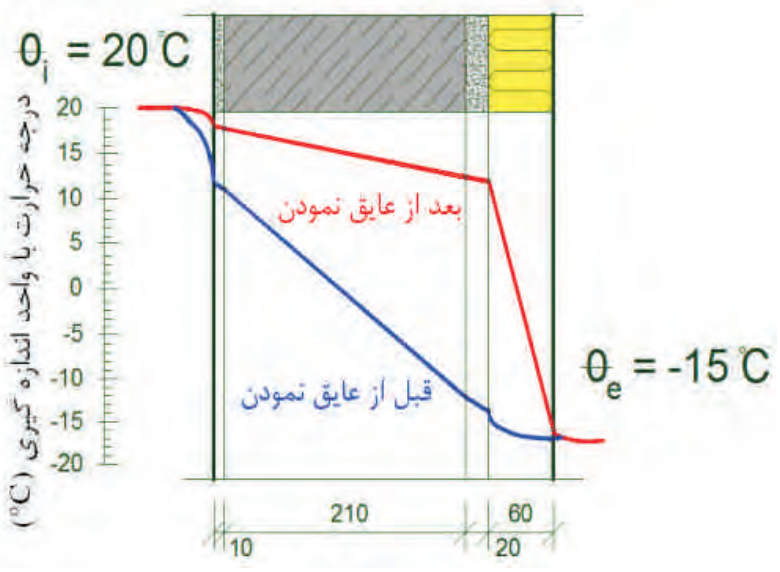
قابل توجهی برای کاهش فرار حرارت از ساختمان در درجه های حرارت پایین هوای بیرون در ایام (زمستان) و همچنان کاهش بار حرارت در درجه های حرارت بالای هوای بیرون در ایام (تابستان) نقش مهم ایفاء می کند.

سیستم عایق حرارت یک ساختار غیر باربر بوده که متشکل از عناصر مواد پوششی و عناصر تکمیل کننده می باشد و همراه با ساختارهای اصلی ساختمان حفاظت حرارتی مورد نیاز ساختمان را بدون تأثیر منفی بر خواص عملکرد دیگر ساختارهای ساختمان فراهم می نماید.

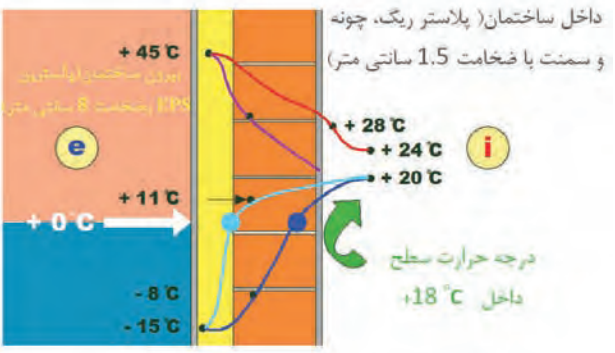
از عایق حرارت به طور کلی در طرف بیرونی ساختمان استفاه صورت می گیرند.

در ساخت و ساز عملی ساختمان ها، دو نوع سیستم بیشتر عایق مورد استفاده قرار می گیرد:

- سیستم های مرکب عایق حرارت،
- سیستم های عایق حرارت با داشتن لایه جریان هوا (مونتاژی).



تصویر 10-5 طرز رفتار درجه حرارت در دیوار احاطوی ساختمان قبل از عایق نمودن و بعد از عایق نمودن [12]



تصویر 11-5 جریان درجه حرارت در دیوار احاطوی ساختمان در ایام زمستان و تابستان [1]

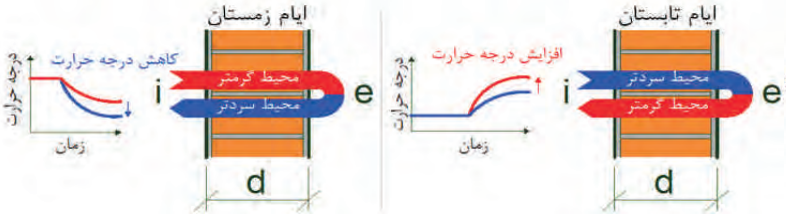
در "ساختمان های عایق شده" امکان آن وجود دارد که آغاز فصل تسخین با تأخیر شروع و پایان فصل آن زودتر باشد،که این امر در ساختمان های غیر عایق شده امکان پذیر نمی باشد و این خود تأثیر مثبت بر درجه حرارت سطح داخل ساختارهای ساختمانی دارد(تصویر10-5 و11-5).

سیستم عایق حرارت به عنوان محصولی عرضه می گردد و متشکل از اجزای دقیقی است که توسط چسب یا به شکل مکانیکی به صورت عموم در طرف بیرون دیوار احاطوی ساختمان طوری تعبیه می گردد که هر یک از لایه های آن در بین خود در تماس مستقیم قرار دارند. مواد تشکیل دهنده لایه عایق می تواند از پالسترین (EPS)، پالسترین اکسترود (EXP)، فیبرها یا رشته های معدنی (MW)، پلی اورتان و امثال آن باشد.

عایق نمودن ساختارهای احاطوی ساختمان موجوده را نیز می توان بخشی از بازسازی جامع ساختمان دانست؛ که باید پارامترهای استفاده از تکنولوژی رعایت گردد (تعویض ساختارهای کلکین، اصلاح ساختارهای بیرون برآمـــده از ساختمان، عـــایق نمودن ساختارهای احاطوی ساختمان)، تا بتواند تضمین کننده حداقل عمر مورد نیاز تمام تغییرات ساختمانی اجراء شده در ساختمان باشد.

با یکبار هزینه نمودن برای عایق بندی ساختمان در حقیقت مصـرف انـرژی آن کاهـش پیدا نموده و از این رو هزینه های سالانه ای که برای تسخین و تهویه ساختمان در نظر گرفته شده است هم کاهش می یابند. این هزینه یکی از بزرگترین اقلام هزینه های بهره برداری از ساختمان برای افراد مقیم ساختمان می باشد.

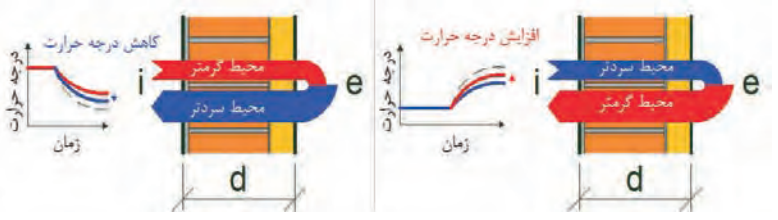
ساختـارهای احاطوی ساختمـان از نقطه نظر تخنیـک حرارت به طور کلی به شکل "باطــری حرارت یا ذخیره گاه حرارت" عمل می نمایند، بنابراین طراحی هر یک از لایه های ساختار احاطوی ساختمان باید به طور مؤثر پل های حرارتی را حذف نماید و باعث کاهش جریان حرارت از داخل به بیرون ساختمان در ایام زمستان گردد (تصویر 12-5).



تصویر 12-5 انتشار حرارت در دیوار احاطوی ساختمان (**بدون استفاده از سیستم عایق حرارت**) در ایام زمستان و تابستان – برای وضاحت بهتر تصویر، بهCD ضمیمه کتاب مراجعه نماید.

در اثر فرار حرارت از ساختمان، غالباً *به طور قابل توجهی عمر پیش بینی شده ساختارهای احاطوی ساختمان کوتاه گردیده و درجه حرارت سطح داخلی آن ها کاهش می یابد و در معرض خطر ایجاد پوپنک و تغییرات حجمی قرار می گیرند.*

فرار حرارت از ساختمان را می توان به طور مؤثر با بهبود خواص تخنیک حـرارت هر یک از لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان حذف نمود، به عنوان مثال، افزود نمودن عایق. (تصویر 13-5).



تصویر 13-5 انتشار حرارت در دیوار احاطوی ساختمان(**با استفاده از سیستم عایق حرارت**) در ایام زمستان و تابستان – برای وضاحت بهتر تصویر، بهCD ضمیمه کتاب مراجعه نماید.

انتشار حرارت در ایام تابستان از طریق ساختارهای احاطوی ساختمان از خارج به داخل به دلیل درجه حرارت بالاتر هوای خارج صورت می گیرد و در نتیجه به ایجاد بار حرارتی در ساختمان کمک می نماید.

بار حرارتی ساختمان تحت تأثیر موارد چون: خواص عایق حرارت لایه های ساختارهای احاطوی ساختمان، شدت متوسط تابش جهانی خورشید (بستگی دارد به شرایط خاص اقلیمی و موقعیت جغرافیایی جابجایی ساختمان)، تناسب سطوح ساختارهای شفاف نسبت به ساختارهای غیر شفاف در ساختارهای احاطوی ساختمان و همچنین کسب حرارت از منابع تجهیزات تخنیکی داخل ساختمان می باشد.

موجودیت بار حرارتی در ساختمان را به می توان طور مؤثر با ارائه موارد ذیل حذف نمود:

- بهبود خواص تخنیک حرارت هر یک از لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان،
- اعمار ساختارهای بیرون برآمده و فرو رفته (بالکن، پیک، بالکن های فرورفته به داخل، پیش بر آمدگی، لبه بام و غیره)،
- نصب عوامل منفعل که مانع بیش از حد گرم شدن ساختمان می گردد (عناصر سایه دهنده، جابجای ساختمان نظر به سمت های جغرافیایی و غیره...)،
- رفتار کاربران واقعی ساختمان در ارتباط با تبادل هوای ساختمان در ایام تابستان (زمان و طول تبادل هوا در جریان روز).

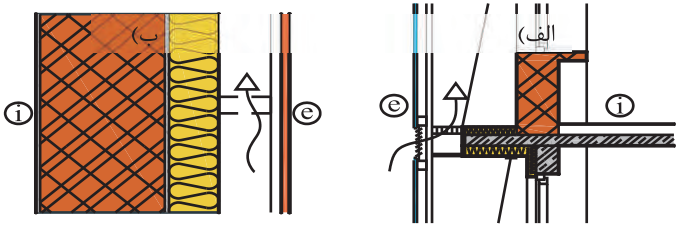
اگر دستیابی به محیط زیست داخلی مورد نظر ساختمان های رهایشی با وصف ارائه الزامات، فاکتورها و تدابیر فوق ذکر ناممکن باشد، می توان برای فراهم آوری کاهش بار حرارتی ساختمان در فصل تابستان از وسایل سرد کننده مکانیکی و در فصل زمستان از سیستم تسخین (برای پوشش ضایعات حرارتی و فرار حرارت از ساختمان) استفاده نمود.

برای فراهم نمودن حفاظت حرارتی مورد نیاز ساختمان، افزودن عایق بروی دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمان اثرات عمده ای ذیل را بر ساختمان در ایام تابستان و زمستان دارد:

- کاهش مصرف انرژی برای تسخین و تهویه ساختمان،
- محدود نمودن فرار حرارت از ساختمان و بار حرارتی ساختمان،
- ایجاد شرایط آسایش حرارتی برای کاربران ساختمان،
- کاهش اثرات اختلاف درجه های حرارت تأثیر گذار بر ساختارهای باربر ساختمان،
- از بین بردن کاستی های حفظ الصحه ای (پوپنک)،
- کاهش گازهای گلخانه ای و آلاینده ها،
- حذف نم در محیط داخل از دیوار های احاطوی، ساختار بام و کلکین ها،

- جلوگیری از زنگ زدگی سیخ های گول در نقاط اتصال پانیل ها،
- افزایش طول عمر ساختمان،
- بهبود نمای ظاهری ساختمان،
- بهبود وضعیت سلامتی کاربران ساختمان.

سیستم عایق حرارت با داشتن لایه جریان هوا یک ساختار اضافی معلق بوده که معمولاً بروی دیوار احاطوی بیرونی نصب و مونتاژ می شود. لایه سطحی بیرونی آن توسط موجودیت لایه هوا که در آن هوا از دو طرف جریان دارد از لایه های دیگر، به ویژه از لایه عایق حرارت از هم جدا می- گردد (تصویر 14-5).



تصویر 14-5 پرنسیب کارکرد: الف) روکار دو تایی(Double) شفاف ساختمان، ب) روکار ساختمان با سیستم عایق حرارت با داشتن لایه جریان هوا

لایه جریان هوا که در روکار ساختمان موجود است در حقیقت در بین سطح بیرونی و لایه عایق حرارت قرار دارد و ضخامت آن در محدوده 40,0 الی 60,0 ملی متر می باشد.

روکار با داشتن لایه جریان هوا (از دید مقابـــل بر ساختمان) متشکل از "پوشش هـــای سایدینگ" و موجودیت فاصله ها در بین تخته ها (در محدوده 8,0 الی 12,0 ملی متر) می باشد، که در آن هوا در گردش است.

روکار دو تایی شفاف ساختمان یک سیستم ساختمانی که متشکل از دو روکار جدا از هم می باشد، و توسط یک فاصله از هم جدا شده که در آن هوا در گردش می باشد. این روکار متشکل از یک جدار یا دو جدار (اغلب با عناصر سایه دهنده) با عرض فاصله فی مابین از20,0 cm الی2,0 m می باشد.

فصل ششم

پل حرارتی

6 پل حرارتی

6-1 زون حرارتی

زون حرارتی به طورکلی بوسیله ی انتشار حرارت و از طریق هدایت و ظاهر شدن درجه های مختلف حرارتی در نقاط مختلف یک جسم مشخص می گردد.

زون حرارتی در حقیقت اختلاف درجه حرارت در نقاط گوناگون بدنه یک جسم در یک زمان مشخص می باشد. از نظر ریاضی، می توان آن را به صورت رابطه ی ذیل بیان نمود:

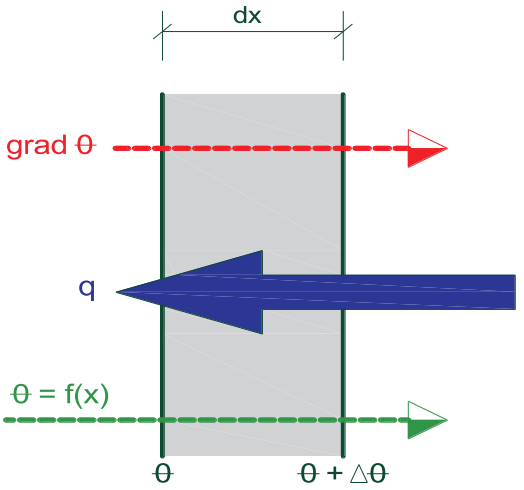
$$\theta = f(x, y, z, t) \qquad (6\text{-}1)$$

فرمول ذکر شده در بالا (6-1) نشان می دهد که درجه حرارت θ تابع موقعیت (x, y, z) و زمان t می باشد. به طور کلی، درجه حرارت به همراه مکان و زمان تغییر می کند، چنین زونی را زون ناپایدار (غیر ثابت) حرارتی می نامند و در صورتی که درجه حرارت با زمان تغییر نکند و فقط تابع موقعیت باشد، زون پایدار (ثابت) حرارتی نامیده می شود. در تخنیک حرارت ساختمان زون-های حرارتی ذیل در نظر گرفته شده است:

- یک بعدی پایدار (ثابت) - $\theta = f(x)$،
- یک بعدی ناپایدار (غیرثابت) - $\theta = f(x, t)$،
- دو بعدی پایدار (ثابت) - $\theta = f(x, y)$،
- دو بعدی ناپایدار (غیرثابت) - $\theta = f(x, y, t)$،
- سه بعدی پایدار (ثابت) - $\theta = f(x, y, z)$،
- سه بعدی ناپایدار (غیرثابت) - $\theta = f(x, y, z, t)$.

6-1-1 شرایط پایدار (ثابت) حرارتی

شرایط حرارتی پایدار نشان دهنده فرضیه ساده و مناسب برای استفاده از محاسبات تخنیک حرارت می باشد. در این مورد ساختارهای ساختمانی دو محیط متفاوت را با درجه های حرارتی مختلف ثابت از هم می توان جدا نمود. حرکت جریان حرارت از مکانی با درجه حرارت بالاتر به طرف مکانی با درجه حرارت پایین تر اتفاق می افتد (تصویر 1-6).

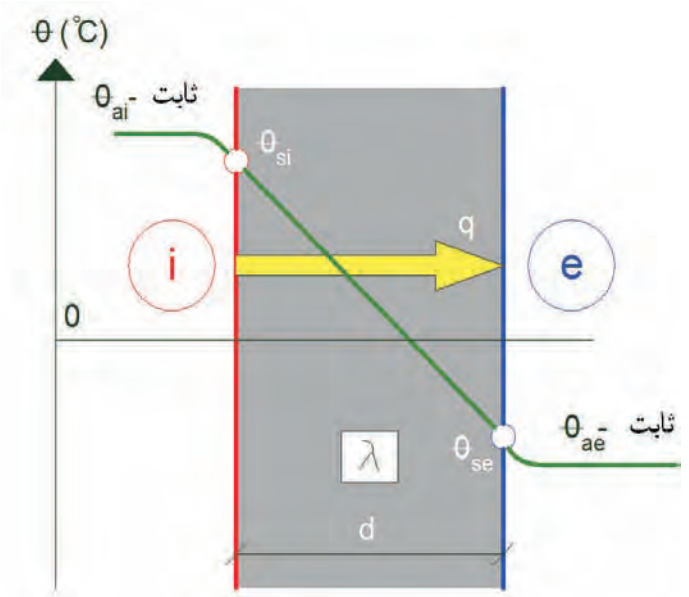


تصویر 1-6 حوزه حرارتی یک بعدی پایدار (ثابت)[12]

اگر زون حرارتی یک بعدی پایدار (ثابت) در نظر گرفته شود (تصویر 1-6)، در آن صورت درجه های حرارت θ در نقاط مختلفی از ساختار تنها توسط موقعیت $(\theta = f(x))$ مشخص خواهد شد. جریان حرارتی که از طریق ساختارهای ساختمان عبور می کند، به طور مستقیم متناسب به اختلاف درجه حرارت هوا بوده و همچنان وابسته به خواص تخنیک حرارت ساختار می باشد.

در تخنیک حرارت ساختمان به طور کلی، نامگذاری های درجه حرارت به شکل ذیل استفاده می شود:

- θ_{ai}- درجه حرارت هوای داخل اطاق با واحد اندازه گیری (°C)،
- θ_{ae}- درجه حرارت هوای خارج اطاق با واحد اندازه گیری (°C)، و با حرارت سنج (بدون اثر تشعشع سطوح اطراف) اندازه می شوند،
- θ_{si}- درجه حرارت سطح داخلی ساختار اطاق با واحد اندازه گیری (°C)،
- θ_{se}- درجه حرارت سطح خارجی ساختار اطاق با واحد اندازه گیری (°C)،
- θ_{i}- درجه حرارت محاسبه شده هوای داخل اطاق با واحد اندازه گیری (°C) که از نظر عددی برابر به حرارت مجموعی محیط مورد نظر می باشند،
- θ_{e}- درجه حرارت محاسبه شده هوای خارج اطاق در فصل زمستان با واحد اندازه گیری (°C) می باشد، که با فرض این که درجه حرارت هوای داخل اطاق از درجه حرارت بیرون ساختمان بیشتر می باشد، تعریف می گردد.



تصویر 2-6 نمایی از درجه حرارت در هر دو طرف ساختار [12]

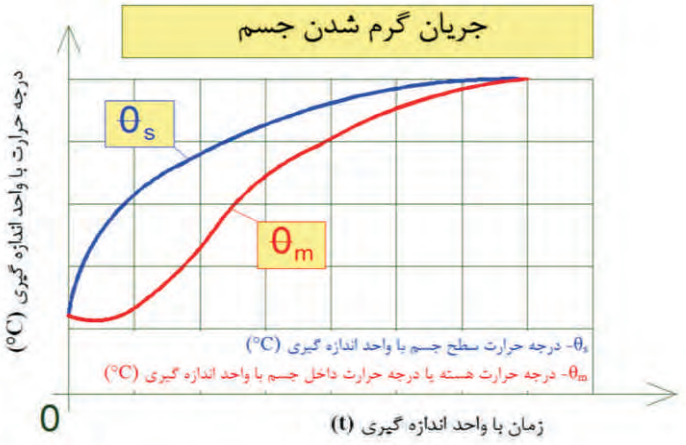
اگر فصل زمستان را فرض کنیم که ($\theta_{ai} > \theta_{ae}$) باشد، انتشار حرارت از محیط داخل ساختمان (i) به طرف محیط خارج ساختمان (e) صورت می گیرد. درجه حرارت سطح داخلی ساختار θ_{si} با درجه حرارت هوا در اطراف سطح برابر نیست (تصویر 2-6). در سطح داخلی ساختار اطـاق رابطه $\theta_{si} < \theta_{ai}$ دارای اعتبار است، و این در حـــالی است کـــه در سطح خارجی ساختار اطاق رابطـــه $\theta_{se} > \theta_{ae}$ دارای اعتبار می باشد.

2-1-6 شرایط ناپایدار (غیر ثابت) حرارتی

بر اساس فرضیه ساده شده ای حالت پایدار (ثابت) حرارتی که حوزه حرارتی در طول زمان تغییر نمی کند، نسبتاً راه حل آسان به شمار می آید. اما کاملاً متناسب با وضعیت واقعی ای که در آن، حرارت در ساختمان و ساختارهای آن گسترش می یابد نمی باشد. در واقعیت، زون (ناحیه) حرارتی در هنگام انتشار حرارت از طریق ساختارهای ساختمان نظر به زمان تغییر می کند. این مورد را می توان انتشار حرارت ناپایدار(غیر ثابت) خواند. البته این در حالتی است که درجه حرارت θ تابع زمان t ($\theta = f(x, y, z, t)$) باشد.

عملاً می توان این امر را ذریعه یک مثال مؤثق گرم شدن یک جسم در یک زمان معیـن نشان

داد (تصویر 3-6). یک جسم که به یک محیط گرم تر منتقل می شود، شروع به گرم شدن می-نماید (برای تأمین تعادل حرارتی) و به تدریج گرما به لایه های سطحی جسم و سپس هم به لایه داخلی جسم منتقل می شود. پس از مدت معینی، درجه حرارت جسم با حرارت محیط احاطه کننده خود به تعادل دمایی می رسد. در حقیقت در اینجا "تعادل حرارتی" صورت می گیرد.



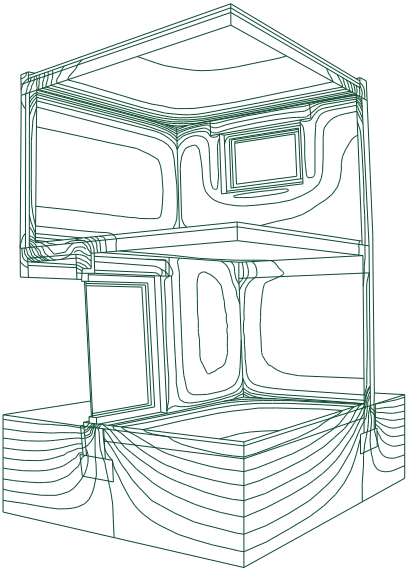
تصویر 3-6 گرم شدن تدریجی جسم - تغییر درجه حرارت جسم در طول زمان

زمان تعادل درجه حرارت در جسم به طور مستقیم به قیمت ضریب نفوذ پذیری حرارتی (Thermal diffusivity) مواد تشکیل دهنده جسم وابسته است.

ضریب هدایت درجه حرارت (a) با واحداندازه گیری (m^2/s) بیانگر توانایی ماده برای تغییر درجه حرارت در یک ساحه مشخص و تعیین شده مواد با توجه به تغییر در درجه حرارت سطح می باشد و در حقیقت بیان کننده سرعت تأمین تعادل درجه حرارت در جسم است.

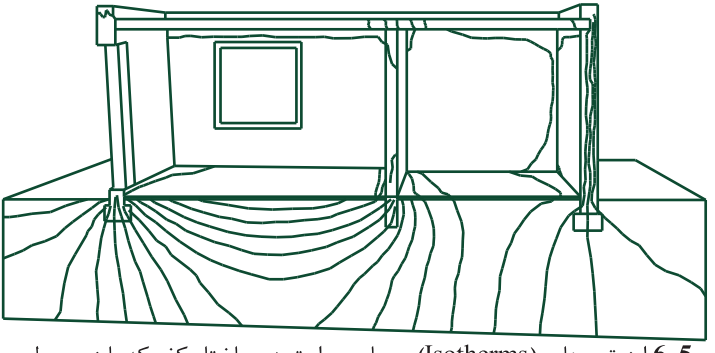
6-2 انتشار حرارت دو بعدی و سه بعدی

تمام روابط و ملاحظات قبلی ذکر شده در این بخش برای ساختارهای مسطح بدون روزن، بدون کنج ها و بدون پیش برآمدگی های مختلف اعمال می شود. اگر در ساختارهای ساختمان روزن ها، کنج ها و رینگ ها موجود باشد، در آن صورت انتشار در این ساحات توسط زون حرارتی دو بعدی (2D) و سه بعدی (3D) مشخص می شود (تصویر 4-6).



تصویر 6-4 ساحه یک بعدی (1D)، دو بعدی (2D) و سه بعدی (3D) انتشار حرارت [12]

در این مورد انتشار حرارت یک بعدی (1D)، به یک ساحه کوچک در مرکز ساختار محدود شده است. در لبه ها یا مرز تماس دیوارها، انتشار حرارت دو بعدی (2D) و در کنج ها و در ساحات تماس سه ساختار و همچنان انتقال حرارت از ساختار به زمین طبیعی، انتشار حرارت در سه بعدی (3D) می باشد.



تصویر 6-5 ایزوترم های (Isotherms) جریان حرارت در ساختار کف که با زمین طبیعی در تماس است [12]

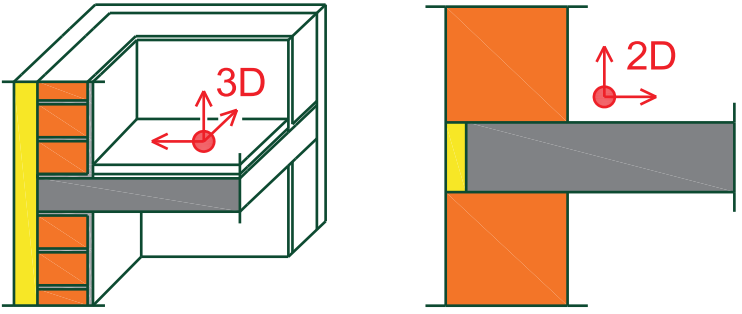
تصویر بالا (تصویر 5-6) نشان دهنده ای ویژگی های مسیر ایزوترم جریان حرارت در ساختار کف در تماس با زمین طبیعی، انتشار سه بعدی (3D) حرارت می باشد. جریان حرارت از طریق ساختار کف اعمار شده روی زمین و خاک، در اثر اختلاف درجه حرارت بین محیط داخل و خارج ساختمان ایجاد می شود.

6-2-1 زون های حرارتی مسطح و فضایی

زون های حرارتی مسطح عبارت از آن زون های می باشند که درجه حرارت تنها در جهت محور های x و y تغییر می نماید، در حالی که در جهت محورz ثابت باقی خواهند ماند (تصویر6-6).

زون های حرارتی فضایی عبارتند از آن زون های می باشند که درجه حرارت در جهت محور های x، y و همچنان z تغییر می نماید (تصویر 6-6).

در مورد ساختارهای احاطوی ساختمان ها، زون حرارتی مسطح (2D) ، زمانی رخ می دهد که در ساختار ساختمان عناصر اسکیلت موجود باشند (در مواردی که ضریب هدایت حرارت λ از این عناصر بیشتر از ضریب هدایت حرارت λ بقیه ساختارهای کلکین باشد) و یا هم زون حرارتی مسطح (2D) در هنگام محاسبه جریان ایزوترم در کنج های دیوار، دیوار جانبی جوار کلکین ها و دروازه ها ایجاد می گردد.



تصویر 6-6 نمایی از حوزه حرراتی فضای (3D، تغییر حرارت در جهت محور های x، y، z) و حوزه حرارتی مسطح (2D، تغییر حرارت در جهت محور های x، y) [12]

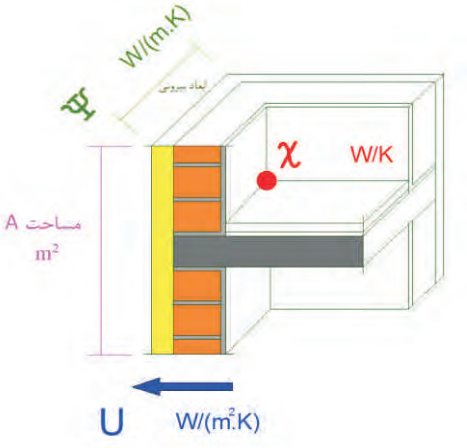
6-2-2 اثر پل حرارتی بر جریان حرارت و فرار حرارت

پل های حرارتی، که به طور کلی در هر نقطه تماسی بین بخش ها و یا قطعات ساختارهای ساختمان و یا هم در ساحه تغییر ترکیب مواد ساختمانی ساختار ایجاد می گردند، در مقایسه با بخش های دیگر ساختار که بدون پل حرارتی می باشند، دارای دو پیامد هستند [12]:

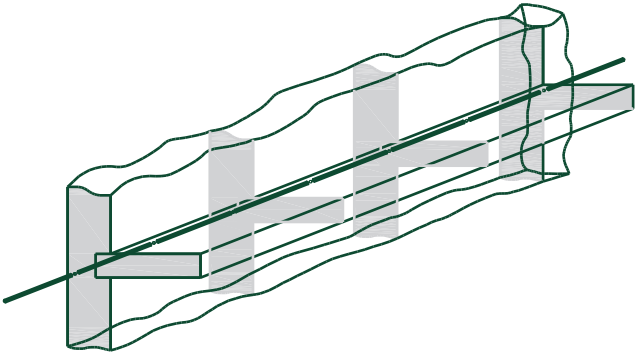
- تغییر جریان حرارت،
- تغییر درجه حرارت سطوح داخل ساختار.

پل های حرارتی به اصطلاح "مهم" فرار حرارت کلی ساختمان را افزایش می دهند. پل های حرارتی را از نظر فرار حرارت از ساختمان (تصویر 4-6) می توان به شکل ذیل تقسیم نمود:

- **پل حرارتی خطی**- دارای بریدگی مشابه در یک جهت می باشد (ترکیب یکسان در امتداد یکی از محورهای مختصاتی، تصویر 7-6)،
- **پل حرارتی نقطه ای**- دارای بریدگی مشابه در هیچ جهت نمی باشد (ممکن است در اثر تلاقی پل های حرارتی خطی بوجود آیند).



تصویر 7-6 ضریب فرار حرارت خطی و نقطه ای [12]



تصویر 8-6 پل حرارتی خطی (پیوند حرارتی) [39]

یکی از پارامترهای تعیین کننده برای محاسبه فرار کلی حرارت از ساختمان (در ایام زمستان) که در این مورد در برگیرنده اثرات ضریب فرار حرارت خطی و نقطه ای می باشد، عبارت است از:
H_D ـ جریان حرارت ویژه مستقیم که از طریق ساختارهای ساختمان از محیط تسخین شده و یا غیر تسخین شده داخل ساختمان به محیط خارج ساختمان عبور می نماید و دارای واحد اندازه-گیری آن (W/K) می باشد. البته نظر به رابطه ی ذیل محاسبه می گردد[51]:

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j \qquad \text{(W/K)} \qquad (6\text{-}2)$$

از آن جای که:
A_i – عبارت از مساحت عناصر مذکور در ساختارهای احاطوی ساختمان و واحد اندازه گیری آن مترمربع (m^2) می باشد. و در صورت موجودیت کلکین و دروازه در ساختارهای احاطوی ساختمان، اندازه های ابعاد خارجی چوکات آن ها در نظر گرفته می شود،
U_i – عبارت از ضریب عبور حرارت عناصر مذکور در ساختارهای احاطوی ساختمان و واحد اندازه گیری وات بر مترمربع در کلوین($W/(m^2.K)$)،
l_k – عبارت از طول پل حرارتی خطی k با واحد اندازه گیری متر (m)،
Ψ_k – عبارت از ضریب پل حرارتی خطی با واحد اندازه گیری ($W/(m.K)$) که بر اساس جدول های موجوده در استانداردهای ضرایب کشور مربوطه که با توجه به اصول سازمان جهانی استاندارد ISO 14683 آماده شده اند، می باشد،
χ_j – عبارت از ضریب پل حرارتی نقطه ای با واحد اندازه گیری وات بر کلوین (W/K) می باشد. که بر اساس استـــانداردهای کشور مذبور و یـــا هم نظـــر به استاندارد سازمان جهانی ISO 10211 محاسبه می شود. هرگاه پل های حرارتی نقطه ای موجود باشند که بخشی از سطح عنصر ساختار را تشکیل می دهند و قبلاً در محاسبه ضریب عبور حرارت در نظر گرفته می شود، دیگر ضرورت بر منعکس نمودن آن ها در اینجا نیست.

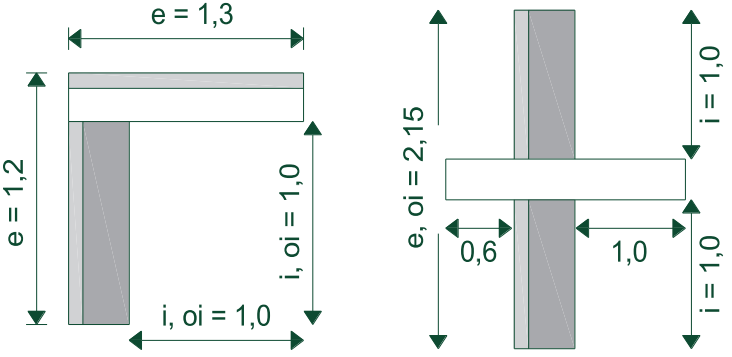
در هنگام استفاده از معادله بالا (2-6)، به طور کلی برای ساختارهای پیچیده و ساختارهای ناهمگون توصیه می گردد که کنترول گردد، تا پل های حرارتی و پیچیدگی ها در بیان ضریب عبور حرارت U شامل باشند. ضریب عبور حرارت U در اغلب موارد تنها برای بیان مقدار جریان حرارت در یک جهت (1D) مورد استفاده قرار می گیرد.

ارزش مستقیم جریان حرارت ویژه H_D و فرار حرارت به سیستم مورد نظر ابعاد ساختمان بستگی دارد و از این ابعاد در هنگام محاسبه جریان حرارت در یک جهت (1D) و محاسبه معادله $\Sigma A_i U_i$ در رابطه (2-6) استفاده صورت می گیرد.

برای محاسبه جریان حرارت ویژه، ضریب فرار حـرارت خطـی و فـرار حـرارت اغلـب از ابعـــاد

خارجی استفاده می شود، این ابعاد بر اساس اندازه گیری سطح بیرونی عناصر ساختمان بدست می آیند. در هنگام استفاده از این روش محاسبه، ساختارهای احاطوی ساختمان به بخش های جزئی ذیل تقسیم می گردند (تصویر9-6). و همچنان اندازه گیری ابعاد بخش های جزئی، اغلب با یکی از سه نوع ابعاد؛ داخلی، کل محیط داخلی و محیط بیرونی صورت می گیرد. در حقیقت سه نوع مقدار Ψ را می شناسیم:

- Ψ_i – با استفاده از سیستم ابعاد داخلی،
- Ψ_{oi}– با استفاده از سیستم ابعاد کل داخلی،
- Ψ_e – با استفاده از سیستم ابعاد خارجی.



تصویر 9-6 اندازه گیری ابعاد پل حرارتی [12]

انواع مختلف ابعاد در نظر گرفته شده با توجه به چگونگی محاسبه سطح تماس بین هر یک از عناصر (سطح تماس بین عناصر از جهت داخل به بیرون و یا برعکس آن) از هم متفاوت می باشند. از روی همین ملحوظات قیمت عبارت $\Sigma A_i U_i$ در معادله (2-6) در استفاده ابعاد خارجی نسبت به استفاده ابعاد داخلی بیشتر خواهد بود.

در اغلب موارد، ممکن است اثرات پل های حرارتی نقطه ای نادیده گرفته شوند، از این رو تصحیح پل حرارتی نقطه ای در رابطه (2-6) در نظر گرفته نمی شود. در مواردی که در آن پل-های حرارتی مهم نقطه ای وجود دارند باید ضرایب فرار حرارت نقطه ای χ را نظر به استانداردهای کشور مربوطه محاسبه نمود.

اندازه مقدار ضریب فرار حرارت خطی Ψ با واحد اندازه گیری (W/(m.K)) نظر به رابطه ذیل محاسبه می شود[49]:

$$\Psi = L_{2D} - \sum_{j=1}^{Nj} U_j . l_j \qquad (W/(m.K)) \qquad (6\text{-}3)$$

از آن جای که:

L_{2D}- عبارت از توانایی عبور حـــرارت تعیین شده از محاسبه عبور حرارت دو بعدی (2D) در ساختارهای ساختمان که دو محیط در نظر گرفته شده را از هم جدا می کنند، می باشد. و واحد اندازه گیری آن وات بر متر در کلوین (W/(m.K))،

U_j – عبارت از ضریب عبور حرارت در یک بعدی (1D) ساختارهای ساختمان که دو محیط در نظر گرفته شده را از هم جدا می کنند، می باشد. و واحد اندازه گیری آن وات بر مترمربع در کلوین ($W/(m^2.K)$) می باشد،

l_j – عبارت از طولی است که در آن U_j مدار اعتبار می باشد و واحد اندازه گیری آن (m) است.

ضریب فرار حرارت خطی Ψ عبارت است از اندازه گیری تفاوت خواص تخنیک حرارت یک ساحه معمولی ساختار که زون حرارتی آن در اثر موجودیت خواص پـــل حـرارتی دیفـــورمیشن یا تغییر حالت نداده است. این تفاوت توسط تغییرات جریان حرارت (معمولاً افزایش حرارت) مشخص می شود. بنابرین ضریب فرار حرارت خطی Ψ نشان دهنده فرار حرارت اضافه با واحد اندازه گیری (W) بر یک m طول پل حرارتی خطی با موجودیت تفاوت درجه حرارت واحد فی مابین هوای محیط داخل و خارج ساختمان می باشد.

قیمت ضریب فرار حرارت نقطه ای χ با واحد اندازه گیری (W/K) نظر به رابطه ذیل محاسبه می شود [49]:

$$\chi = L_{3D} - \sum_{i=1}^{Ni} U_i . A_i - \sum_{j=1}^{Nj} \Psi_j . l_j \qquad (W/K) \qquad (6\text{-}4)$$

از آن جای که:

L_{3D} – عبارت از توانایی عبور حرارت تعیین شده از محاسبات سه بعدی (3D) ساختارهای سه بعدی (3D) ساختمان، که دو محیط در نظر گرفته شده را از هم جدا می کنند می باشد. واحد اندازه گیری آن وات بر متر در کلوین (W/(m.K))،

U_j – عبارت از ضریب عبور حرارت در یک بعدی (1D) ساختارهای ساختمان می باشد که دو محیط در نظر گرفته شده را از هم جدا می کنند. واحد اندازه گیری آن وات بر متر در کلوین ($W/(m^2.K)$)،

A_i– عبارت از ساحه که در آن U_j دارای اعتبار می باشد. واحد اندازه گیری آن متر مربع (m^2)،

Ψ_j – عبارت از ضریب فرار حرارت خطی می باشد. و واحد اندازه گیری آن وات بر متر در کلوین (W/(m.K))،

l_j– عبارت از مقدار طولی است که در آنU_jدارای اعتبار می باشد و واحد اندازه گیری آن متر(m)،

N_j – عبارت از تعداد ساختارهای دو بعدی (2D) ساختمان،
N_i – عبارت از تعداد ساختارهای یک بعدی (1D) ساختمان می باشد.

با افزایش مقاومت حرارتی R دیوارها، سقف ها و کف ها، فرار حرارت از طریق مکان های خاص به ویژه این ساختارهای کاهش می یابد. به نظر می رسد که فرار حرارتی اضافه ای به علت موجودیت پل های حرارتی مقدار 5,0% الی 25,0 % از مجموع کل فرار حرارت در پدیده عبور حرارتی را تشکیل می دهد. این ارقام نیاز رو به افزایش این موضوع را نشان می دهد.

در هنگام محاسبه ضریب فرار حرارت خطی و نقطه ای، اثر پل های حرارتی را بر ارزش مقدار ضریب عبور حرارت می توان با توجه به رابطه ذیل تعیین نمود:

$$\Delta U = \frac{\Sigma \Psi l + \Sigma \chi}{\Sigma A_i} \qquad (W/(m^2.K)) \qquad (6\text{-}5)$$

از آن جای که:

ΔU – عبارت است از افزایش ضریب عبور حرارت از اثر موجودیت پل های حرارتی با واحد اندازه گیری آن وات بر متر در کلوین ($(W/(m^2.K))$)،

ΣA_i– عبارت است از سطح ساختارهای ساختمان که توسط اندازه های ابعاد بیرونی تعیین می-شود و واحد اندازه گیری آن متر مربع (m^2) می باشد.

از معادله بالا (5–6)بر می آید که برای محاسبه مقدار دقیق ضریب عبور حرارت، باید شمارش تمام پل های حرارتی خطی و نقطه ای صورت گیرد. که البته این یک محاسبه ساده نیست و در هر ساختمان به طول ده ها متر انواع از پل های حرارتی خطی موجود است (در مورد بلاک های رهایشی می تواند این طول الی یک کیلومتر هم باشد). بنابراین در هنگام طراحی ساختمان ها، ساده سازی این نوع محاسبات مورد استفاده قرار می گیرد.

ارزش ΔU را می توان در بعضی موارد که هنوز جزئیات یا دیتایل ساختارهای ساختمان شناخته نشده، به شکل تقریبی به شرح زیر تعیین نمود[12]:

- $\Delta U = 0{,}05\ W/(m^2.K)$، در صورت ارائه فرضیه که لایه عایق حرارت بر روی سطح بیرونی ساختار در تماس باشد.
- $\Delta U = 0{,}1\ W/(m^2.K)$، در ساختارهای خشتی، ساختارهای ساندویچی، ساختارها با پلچک های چهار خانه ای چوبی سبک، ساختارهای احاطـوی ساختمـان متشکل از مـواد روکش دار لایه پلاستیکی فلزی و ساختارهای پانیلی پیش ساخته شده.

در مواردی که مقدار ΔU برای سیستم ساختاری شناخته شده می باشد، و امکان آن وجود دارد که در محاسبات از آن استفاده نمود اما به شرط اینکه این مقدار در استانداردهای ملی کشور مذبور تعیین شده باشد. در موارد دیگر، اثر پل های حرارتی شامل محاسبـــات عددی دقیق ضرایب

فرار حرارت خطی و نقطه ای با توجه به روابط (6-2 الی 6-5) می شود.

6-3 پل های حرارتی و کنج ها

پل های حرارتی را می توان به عنوان بخشی از قسمت بیرونی (احاطوی) ساختار ساختمان که در آن جریان حرارت در یک جهت (1D) به طور قابل توجهی نظر به تأثیرات ذیل تغییر می نماید، تعریف نمود:

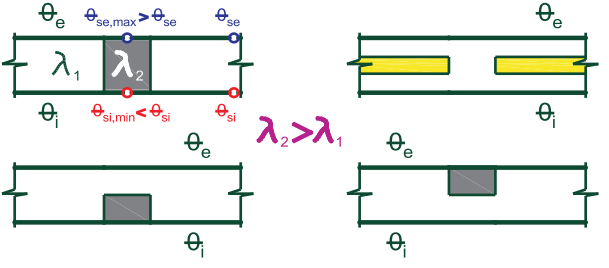
- نفوذ کامل و یا هم نفوذ نسبی مواد ساختمانی با هدایت حرارتی متفاوت به داخل ساختارهای احاطوی ساختمان،
- تغییر ضخامت d ساختار ساختمان،
- اندازه ها و ابعاد سطح داخلی که حرارت را دریافت می نمایند با اندازه ها و ابعاد سطح خارجی که حرارت را از دست می دهند، تفاوت دارد. این تفاوت را می توان از جمله در گوشه های دیوار، کف و غیره مشاهده نمود.

پل های حرارتی به طور معمول در هر نقطه تماس بین بخش های مختلف ساختارهای ساختمان ایجاد می گردد، و یا هم در ساحاتی که ترکیب مواد ساختمانی استفاده شده در یک عنصر ساختار ساختمان تغییر می یابد.

پل های حرارتی عبارت اند از ساحاتی در ساختار ساختمان، که در آن کاهش درجه حرارت سطوح داخلی و یا تغییر جریان حرارت بوجود می آید. معمولاً در سطوح ای که در آن مکان یا سایت محلی، هدایت حرارتی (توانایی عبور حرارت) بالاتر وجود داشته باشد، بوجود می آیند.

پل های حرارتی را می توان به طور کلی به شکل ذیل تقسیم نمود:

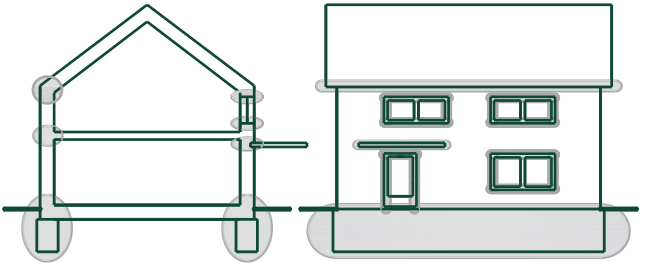
- هندسی (مانند گوشه ها و یا کنج ها)،
- ترکیب مواد (تصویر 6-10)،
- ترکیبی از هر دو.



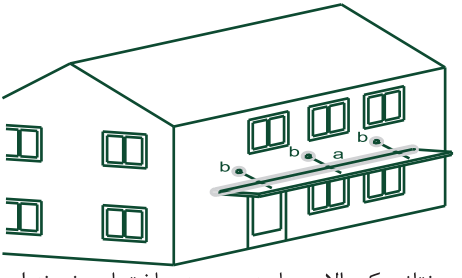
تصویر 6-10 پل حرارتی ناشی از ترکیب مواد [12]

تصویر 11-6 یک مثال موثق پل حرارتی ناشی از ترکیب مواد

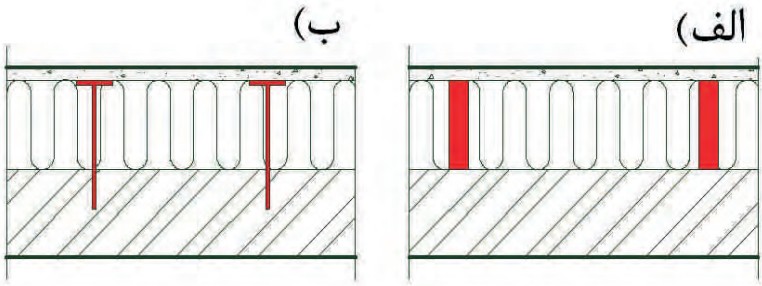
در صورتی که در ساختارهای ساختمان پل حرارتی موجود باشد، ما می توانیم فرض کنیم که در فصل زمستان درجه حرارت در سطح داخلی آن ($\theta_{si,\ min}$) کمتر از درجه حرارت در یک سطح معمولی دیگر ساختار (θ_{si}) می باشد (تصویر 10-6). در سطح خارجی پل حرارتی ترکیب مواد این واقعیت وجود دارد که درجه حرارت در سطح بیرونی ساحه پل حرارتی ($\theta_{se,max}$) بالاتر از درجه حرارت در یک سطح معمولی دیگر ساختار (θ_{se}) می باشد. این به خاطر واقعیتی است، که در ساحه موجودیت پل حرارتی، ساختار ساختمان دارای هدایت حرارتی بالاتر (توانایی عبور حرارت) نظر به ساحات معمولی دیگر می باشد.



تصویر 12-6 ساحات معمول پیوند های حرارتی (خطی) [39]



تصویر 13-6 نصب و مونتاژ پیک بالای ساحه ورود به ساختمان- نمونه ای از ترکیب پل حرارتی خطی (a) و پل حرارتی نقطه ای (b) [39]



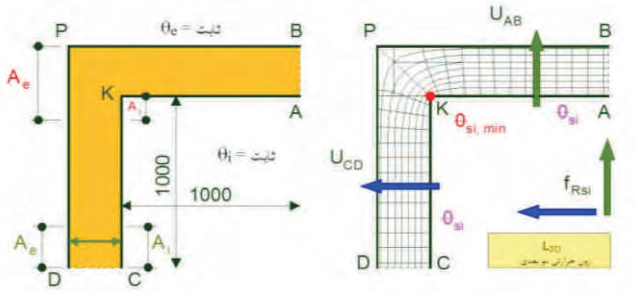
تصویر 14-6 موجودیت پل های حرارتی به طور منظم در داخل هر یک از ساختارهای ساختمان: الف) ساختار احاطوی ساختمان روی هم چیده با عناصر باربر آن (موجودیت پل حرارتی خطی)، ب) عناصر نصب و محکم کننده (موجودیت پل حرارتی نقطه ای) که به طور منظم از طریق لایه عایق حرارت عبور می نماید [39] .

تصاویر ارائه شده بالا (تصاویر12-6 الی 14- 6) نشان دهنده رایج ترین ساحات پیش بینی شده ایجاد پل های حرارتی خطی و نقطه ای می باشد. البته در این جا هشدار داده می شود که ضرورت به ارائه توجه کافی در هنگام نصب انواع ساختارها بالای ساحات درب ورودی (پیک، سایه-بان)، و همچنین نصب ساختارهای مرکب بروی ساختارهای احاطوی (ساندویچ، سیستم عایق EPS) می باشد.

در بین ساحات معمول با وجود پل های حرارتی، اغلب گوشه ها و یا کنج ها شامل می شوند. این ساحات خیلی حساس می باشند، خصوصاً از نظر: حرارت، رطوبت نسبی و جریان وزیدن هوا.

در تصویر بعدی (تصویر15-6) می توان به وضوح دید که چگونه ایزوترم ها در کنج های بیرونی دیوار احاطوی همگون در حال جریان و حرکت می باشند. ایزوترم ها در نقاط دور دست ساختار (دور تر از گوشه و یا کنج بیرونی) به صورت موازی به سطح ساختار آنچه برای ساختار هموار پیش بینی شده است، در حال جریان و حرکت می باشند. در این مکان ها انتشار حرارت در یک جهت (1D) موجود می باشد. در مکان هایی که به محوطه کنج های بیرونی ساختار نزدیک تر است، ایزوترم ها به تدریج از سمت داخل ساختمان به طرف بیرون ساختمان منحرف گردیده از ساحه کنج داخلی فاصله می گیرند.

بروی همین ملحوظ می توان گفت که درجه حرارت سطح داخل کنج کاهش می یابد.



تصویر 15-6 مسیر ایزوترم ها و جریان های حرارت در گوشه و یا کنج بیرونی دیوار همگون احاطوی [12]

ساحه دیفورمیشن و یا تغییر شکل زون حرارتی (از گوشه و یا کنج) معمولاً به ساحه که 2 الی 3 برابر بیشتر از ضخامت ساختار ساختمان است، تعریف و مشخص می شود. دیفورمیشن و یا تغییر شکل زون حرارتی به دلیل ناهمسان بودن سطوح اتفاق می افتد $A_e > A_i$ (تصویر 15-6).

سطح A_e در ساحه خارج ساختمان حرارت را از دست می دهد (در کنج) و سطح A_i در ساحه داخل ساختمان حرارت را می پزیرد. در اثر این عمل، کنج و یا گوشه دیوار نهایت سرد شده و در نتیجه کاهش درجه حرارت سطح داخلی ساختار ساختمان اتفاق می افتد [12].

کاهش قیمت درجه حرارت سطح داخلی ساختار ساختمان θ_{si} در کنج ها وابسته به موارد ذیل می باشد:

- شکل و نوع طراحی ساختاری کنج ها و یا گوشه های ساختمان،
- اندازه مقاومت حرارت ساختار ساختمان R (در صورتیکه مقاومت حرارتی R بیشتر شود، پایین آمدن درجه حرارت سطوح داخلی ساختار کاهش می یابد)،
- تفاوت حرارتی بین محیط داخل ساختمان و محیط خارج ساختمان،
- ارزش مقاومت حرارتی در هنگام انتقال حرارت در سطح داخل ساختار ساختمان R_{si} (زمانی که اندازه R_{si} افزایش می یابد، درجه حرارت در کنج کاهش می یابد.)،
- مقدار کاهش درجه حرارت کنج ها وابسته به ضخامت ساختار ساختمان نمی باشد.

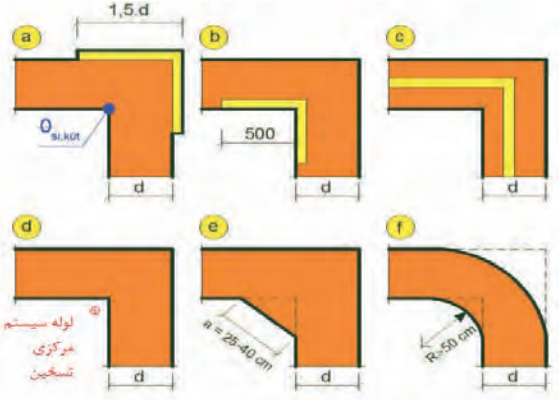
6-3-1 شرایط امکان حذف پل های حرارتی

نقش ساختارهای احاطوی ساختمان طوری است که حفاظت کل ساختمان را برعهـــــده دارد

و اثرات پل های حرارتی (خطی و نقطه ای) را حذف و یا به حداقل محدود می سازد.

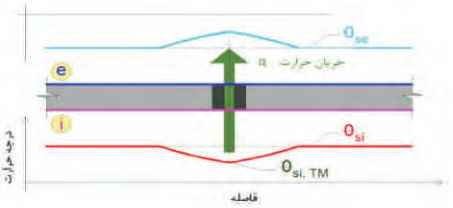
پل های حرارتی اغلب در رینگ ها و یا بیم های بالای کلکین ها و دروازه ها، اتصال عناصر باربر سقف اطاق ها با بالکن ها و در ساختار قرنیز (دیوار چینی پشت بام) به وجود می آیند. در هر مکانی که پل حرارتی ایجاد می گردد، نیاز به پوشش مواد عایق حرارت مفید و کارآمد در سطح بیرونی ساختمان باضخامت می باشد که بتواند از کاهش درجه حرارت سطح داخلی ساختار ساختمان در حداکثر حالت ممکن، جلوگیری نماید. درجه حرارت سطوح داخلی ساختار ساختمان هیچ گاه نباید پایین تر از سرحد درجه حرارت بحرانی باشد که باعث ایجاد پوپنک می گردد.

در برخی از کنج های ساختارهای اعمار شده که اندازه مقاومت حرارتی R آن کم است، نسبتاً دشوار خواهد بود که بتوان مقادیر مورد نیاز درجه حرارت سطح داخلی در کنج و یا گوشه را بدست آورد. برای این منظور ضرورت به افزایش مقاومت حرارتی R ساختارهای ساختمان در ساحات کنج ها و یا گوشه ها می باشد. اجرای این امر توسط ترمیم، اصلاح و یا تغییرات مختلف گوشه های محوطه بیرونی ساختار ساختمان مهیا می گردد (تصویر 16-6).

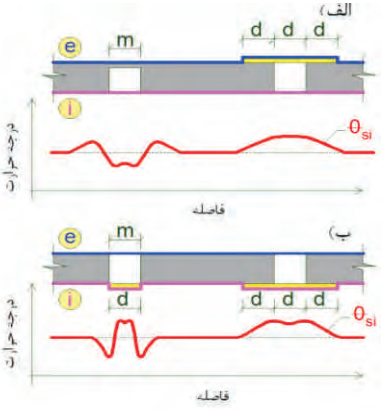


تصویر 16-6 اصلاحات و تغییرات مختلف گوشه های محوطه بیرونی ساختار ساختمان [12]

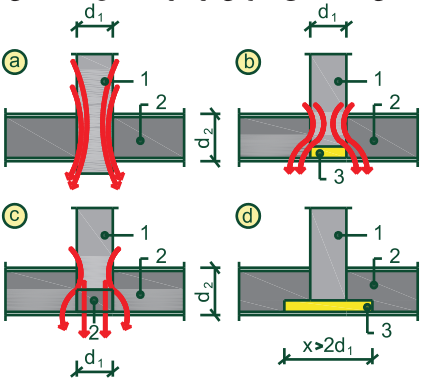
تصویر 17-6 نمونه مشخص از پل حرارتی مواد - اسکلت های آهن کانکریتی ساختار ساختمان و بلوک های خشت پخته میان خالی سبک شده



تصویر 18-6 تأثیر استفاده از مواد مختلف ساختمانی در ساختار احاطوی بیرونی ساختمان که باعث بالا رفتن درجه حرارت سطح دیوار داخل ساختار $\theta_{si,TM}$ در ساحه و یا محل موجودیت پل حرارتی می شود [14]



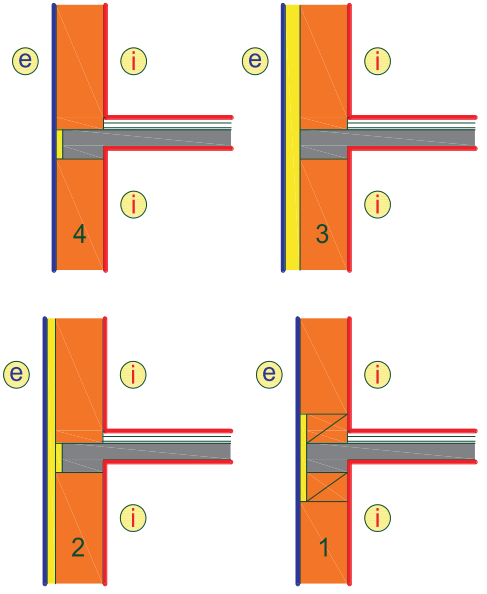
تصویر 19-6 امکان اصلاح و ترمیم پل حرارتی در ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان و اثر آن بر افزایش درجه حرارت سطوح داخلی در ساحه که در آن پل حرارتی موجود است: الف) عایق نمودن از طرف بیرون ساختمان، ب) عایق نمودن از طرف داخل ساختمان [14]



تصویر 20-6 گزینه های مختلف ترمیم اتصال ساختارهای داخلی و خارجی ساختمان [12]

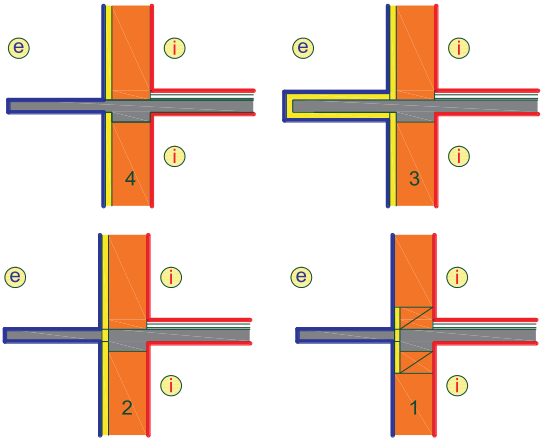
از تصاویر بالا (تصاویر 19-6 و 20-6) بر می آید، که استفاده از سیستم عایق حرارت در طرف بیرون ساختمان به عنوان مناسب ترین آلترناتیف یا گزینه از نظر حالت درجه حرارت سطوح داخلی ساختار (از بین بردن و یا حذف پل حرارتی) می باشد.

یکی دیگر از انواع معمول پل حرارتی خطـــی عبارت از تمـــاس دیوار احاطـوی بیرونی ساختمـان با سلـب آهن کانکریت ساختمـان (تصویر 21-6) یا هم تماس دیـــوار احاطوی بیرونی ساختمان با قسمتی از ساختار سلب آهن کانکریت کشیده شده به سوی بیرون ساختمان (بالکن و یا تراس)، می باشد (تصویر 22-6).



تصویر 21-6 امکان حذف پل های حـــرارتی در ساحه تمـــاس دیوار احاطـــوی بیرونی ساختمان با ساختار سلب آهن کانکریت ساختمان (1- بهترین راه حل، 4 - بدترین راه حل)

اگر دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمان متناسب با حداقل احتیاج های مورد نیاز (R و U) که برای ساختارهای ساختمان تعیین شده، باشند؛ در این صورت برای از بین بردن و یا حذف پل حرارتی از نظر تخنیک حرارت و از نظر اقتصادی، بهترین راه حل، راه حل شماره 1 در تصویر شماره 21-6 می باشد. (عایق نمودن لبه بیرونی رینگ آهن کانکریت روی دیوار به ارتفاع حداقل 3 بار ضخامت موجوده رینگ روی دیوار)

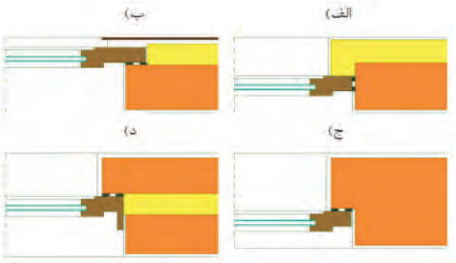


تصویر 22-6 امکان حذف پل های حرارتی در ساحه تماس دیوار احاطوی بیرونی ساختمان با قسمت از ساختار سلب آهن کانکریت کشیده شده به سوی بیـرون ساختمـان (بالکـن و یا تـراس) (1- بهترین راه حل، 4- بدترین راه حل)

اگر دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمان متناسب با حداقل احتیاج های مورد نیاز (R و U) که برای ساختار های ساختمان تعیین شده، باشند، در آن صورت برای حذف پل حرارتی از نظر تخنیک حرارت و از نظر اقتصادی بهترین راه حل، راه حل شماره 1 در تصویر بالا می باشد. (عایق نمودن لبه بیرونی رینگ آهن کانکریت روی دیوار به ارتفاع حداقل 2 بار ضخامت موجوده رینگ روی دیوار و استفاده از سیستم ساختاری مانند HALFEN HIT ISO - Element [71] که در آن پل حرارتی در ساختار بیم بالکن توسط پالسترین XPS جا داده شده قطع می شود).

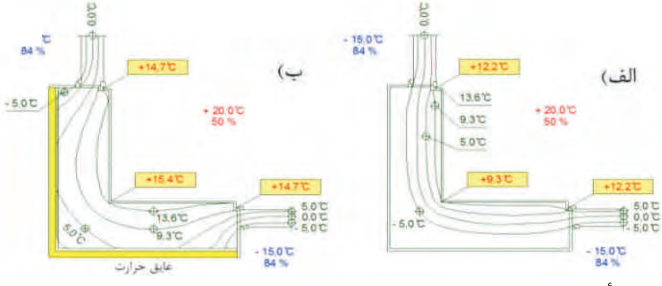
وظیفه راه حل های ذکر شده بالا (تصاویر 21-6 و 22-6) این خواهد بود تا بتواند در ساحاتی که در آن پل حرارتی موجود است (رینگ ها، بیم های بالکن) پارامترهای تخنیک حرارت تقریباً یکسان را همانند دیگر قطعات نمونه مورد بررسی ساختمان بدست آورد.

به همین ترتیب محدوده ای سـر دروازه و کلکیـــن، دیوار جانبـی داخلـی کلکیـن و دروازه و همچنان جابجایی کلکین ها و دروازه ها در دیوارهای احاطوی ساختمان، مکرراً زمینه ایجاد پل های حرارتی قابل توجه را فراهم می نماید. دلیل آن این است که مقاومت حرارتی R در دیوارهای جانبی داخلی کلکین ها و دروازه ها جا داده شده در دیوارهای احاطوی ساختمان، تنها مساوی به مقاومت حرارتی R ضخامت چوکات کلکین و دروازه مربوطه می باشد و در حقیقت به مقدار قابل توجهی کمتر از مقاومت حرارتی R یک سطح دیگر دلخواه دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمـان می باشد.



تصویر 23-6 موقعیت کلکین ها در بین دیوارهای احاطوی بیرونی، حداکثر درجه حرارت سطح داخلی ساختمان و حداقل ضریب فرار حرارت خطی را فراهم می نماید: الف) دیوار با عایق حرارت در بیرون ساختمان، ب) دیوار دو پوشش با داشتن لایه هوا، ج) دیوار همگون (Homogeneous)، د) دیوار ساندویچ [12]

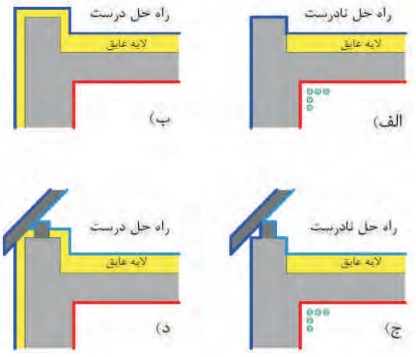
تصویر ارائه شده بالا (تصویر 23-6) شامل اصول و قواعد عمومی طراحی نصب کلکین ها در دیوارهای بیرونی احاطوی ساختارهای مختلف ساختمان می باشد. در مورد دیوار بیرونی احاطوی ساختمان که سیستم عایق حرارت در طرف بیرونی آن استفاده شده است (تصویر 23-6)، مطلوب ترین محل نصب کلکین همانا هم سطح بودن آن با سیستم عایق حرارت می باشد. اگر این امکان پذیر نباشد، پس در آن صورت دیوارهای جانبی بیرون کلکین را باید عایق حرارت نمود. در مورد دیوارهای احاطوی بیرونی ساندویچی(تصویر 23-6)، بهترین محل جابجایی کلکین همانا هم سطح بودن آن با محور لایه عایق حرارت می باشد. مواد ساختمانی مدرن که در دیوار چیدن از آن استفاده می شود، دارای پروفیل های می باشند که در این پروفیل ها تخته عایق حررات جابجا می شود (به عنوان مثال پالسترین XPS با ضخامت 30.0 ملی متر). این پروفیل ها را در دیوارهای جانبی بیرونی اطراف کلکین, سرتاقی کلکین و زیرتاقی کلکین استفاده می نمایند.



تصویر 24-6 تأثیر عایق حرارت دیوار بیرونی احاطوی ساختمان بر جریان و مسیر ایزوترم ها و درجه حرارت سطح نواحی بحرانی ساختمان: الف) در دیوار احاطوی بیرونی از سیستم عایق استفاده نشده است، ب) در دیوار احاطوی بیرونی از سیستم عایق استفاده شده است [14]

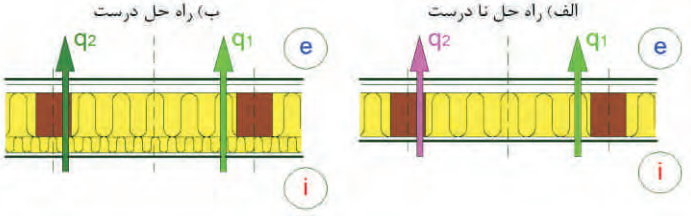
در تصویر بالا (تصویر 24-6) به وضوح می توان اثر استفاده از سیستم عایق حرارت در دیوار همگون بیرونی ساختمان را بر حالت و اوضاع درجه حرارت سطوح بحرانی (کنج ها، دیوارهای جانبی داخلی کلکین ها) مشاهده نمود. البته با استفاده از عایق نمودن دیوارهای جانبی بیرونی کلکین می توان درجه حرارت سطح دیوارهای جانبی داخلی کلکین را کمی بیشتر حفظ نمود (پوش نمودن ساحه تماس کلکین با دیوار بیرونی احاطوی ساختمان و یا هم نصب کلکین هم سطح با لایه عایق حرارت.)

نواحی تماس دیوارهای بیرونی احاطوی ساختمان با ساختارهای مسطح و یا هم شیب دار ساختمان (تصویر 25-6)، نواحی حساس از نظر دیفورمیشن یا تغییر حالت حوزه حرارت و ایجاد پل های حرارتی به شمار می روند. این نواحی عبارت از آن بخش های از ساختار ساختمان می-باشند که با افزایش سطح خارجی، سطح داخلی آن سرد می گردد.



تصویر 25-6 نمایی از حذف پل های حرارتی در امتداد لبه پشت بام: الف) و ج) - راه حل های نادرست، ب) و د) - راه حل های درست [12]

این پل حرارتی غالباً موجود در لبه پشت بام و اطراف احاطه ساختمان (تصویر 25-6)، با استفاده از عایق حرارتی با کیفیت و کارآمد می تواند حذف شود.

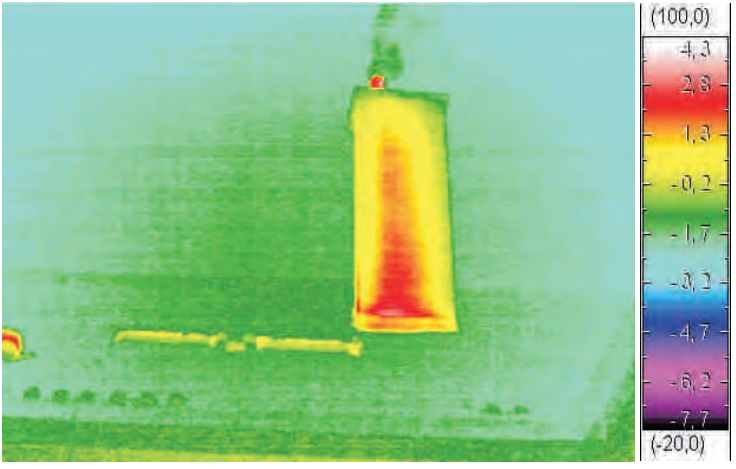


تصویر 26-6 نمای فوقانی (Top view) مشخصات ترکیب بام مایل ناهمگون: الف) راه حل نادرست، ب) راه حل درست (عایق نمودن زیر شده ها)

6-3-2 ترموگرافی ساختمان- تشخیص و یا شناسایی پل های حرارتی و نواقص

بی قاعده گی های مختلف در خواص تخنیک حرارت مواد یا مصالح ساختمانی، عناصر و قطعات تشکیل دهنده ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان، باعث تغییرات درجه حرارت در سطوح داخلی ساختمان می گردد. اثر مثبت انتقال سطحی حرارت را می توان برای تعیین تخنیک حرارت ناهمگون (متنوع) که ناشی از عوامل ذیل است، استفاده نمود:

اختلالات عایق حرارتی، مقدار بالای رطوبت و یا هم نفوذ هوا.

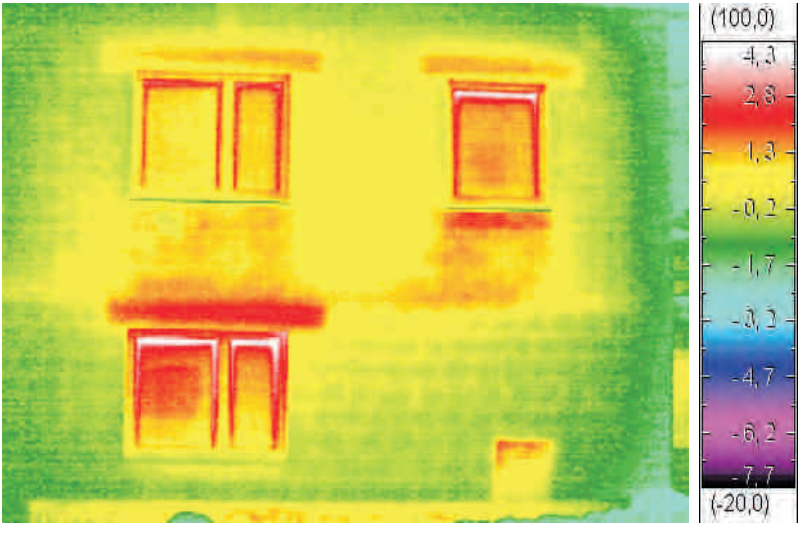


تصویر 6-27 مثالی از ترموگرام پخش درجه حرارت در سطح بیرونی ساختمان- ساختار دودکش پشت بام- برای وضاحت بهتر تصویر، بهCD ضمیمه کتاب مراجعه نماید.

ترموگرافی بر اساس نظریه که، اگر ما به پل های حرارتی از بیرون (از خارج ساختمان) نگاه کنیم، درجه حرارت سطح آن، بالاتر از درجه حرارت سطح موقعیت های معمولی دیگر می باشد، استوار است. این در نتیجه حاصل و جذب حرارت بالاتر در محل ایجاد پل حرارتی می باشد.

ترموگرافی بر اساس دستگاه های سنجش اشعه ماورای سرخ (infrared radiation) بوده که ارائه دهنده تصاویری بر اساس درجه حرارت تشعشع ظاهری نواحی اندازه گیری می باشد.

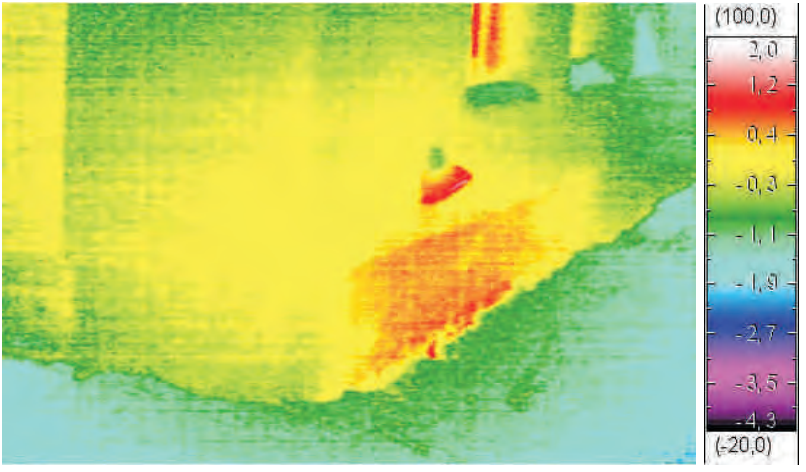
دستگاه سنجش، تشعشع انرژی حرارتی ساحه اندازه گیری شده را به تصویر حرارتی ترانسفر یا تبدیل نموده و نماینگر شدت نسبی تشعشع حرارتی از نقاط مختلف سطوح می باشد. (تصویر 6-27).



تصویر 28-6 مثال ترموگرام پخش درجه حرارت در دیوار بیرونی یک منزل رهایشی، دیوار احاطوی بیرونی بدون عایق حرارت می باشد - برای وضاحت بهتر تصویر، به**CD** ضمیمه کتاب مراجعه نماید.

در تصویر بالا (تصویر 28-6) می توان به وضوح پل های حرارتی خطی را در نواحی دیوارهای جانبی کلکین ها، رینگ های بالای کلکین ها، زیرتاقی ها، ساحه تماس پیزاره ها با دیوار احاطوی ساختمان، کف اطاق و تهداب مشاهده نمود. همچنان نواقص در دیوار احاطوی بیرونی همگون را که در نتیجه خواص بهتر عایق حرارتی بلوکه های سبک شده سمتی نسبت به مصالح ساختمانی که در بین بلوکه ها برای دیوارچیدن و چسپاندن از آن استفاده می شود، مشاهده نمود.

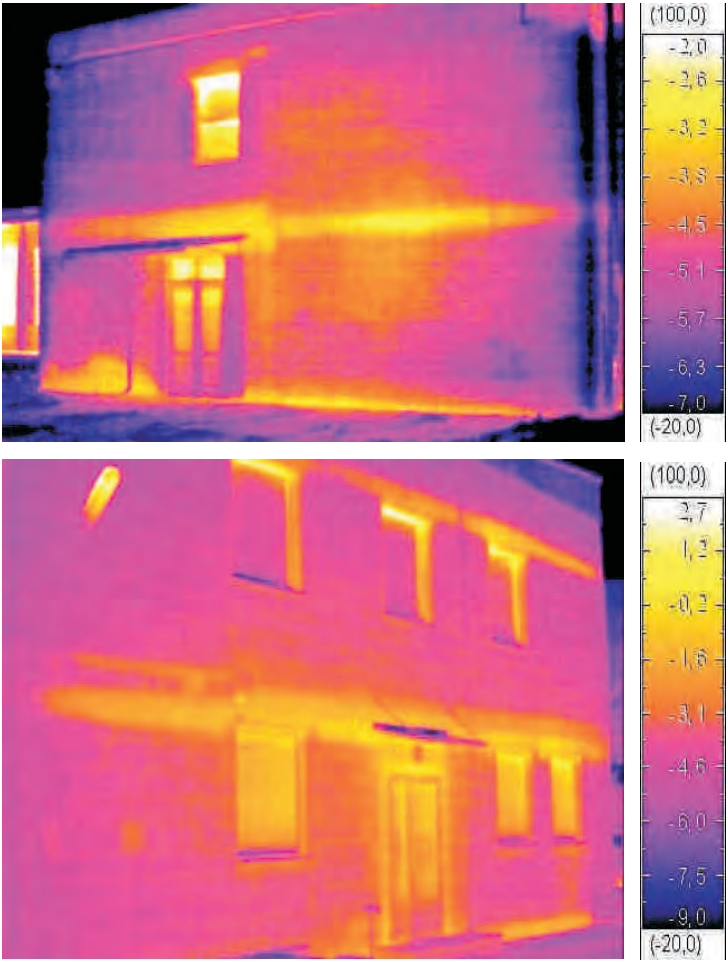
برای حذف مؤثر و از بین بردن بسیاری از این پل های حرارتی می توان از سیستم عایق حرارت که تمام سطـــــوح دیوار را پوشش دهد، استفاده نمود (سیستم عایق**EPS**، سیستم عایق **XPS**، سیستم عایق پشم سنگ).



تصویر 29-6 مثال ترموگرام پخش درجه حرارت در دیوار بیرونی یک خانه مسکونی- قسمت پیزاره دیوار احاطوی بیرونی بدون عایق حرارت- برای وضاحت بهتر تصویر، بهCD ضمیمه کتاب مراجعه نماید.

در تصویر (تصویر 29-6) می توان به وضوح منطقه پل حرارتی را در محل پیزاره ساختمان که در حقیقت ساحه تماس دیوار احاطوی بیرونی ساختمان با کف اطاق و تهداب ساختمان است، مشاهده نمود. البته در عمل، اغلب این پل های حرارتی به یاد فراموشی سپرده می شوند. (و در نتیجه عدم تحقق معیارهای حفظ الصحه ای، تراکم بخار، ایجاد پوپنک، اتفاق می افتد).

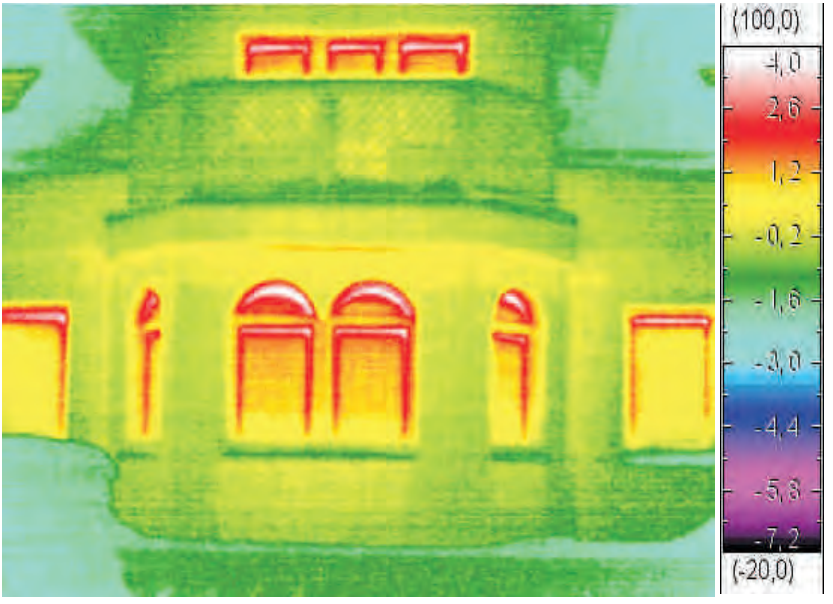
برای حذف مؤثر و از بین بردن این پل های حرارتی می توان از سیستم عایق حرارت XPS که تمام سطوح دیوار پیزاره را پوشش دهد، استفاده نمود.



تصویر 30-6 مثال ترموگرام پخش درجه حرارت در سطوح دیوار بیرونی- دیوار احاطوی بیرونی بدون عایق حرارت

در تصویر فوق(تصویر 30-6) در اثر عدم موجودیت سیستم عایق حرارت در دیوارهای احاطوی ساختمان می توان به وضوح موجودیت پل های حرارتی خطی را در نواحی دیوارهای جانبی کلکین ها و دروازه، رینگ های بالای کلکین ها و دروازه، نواحی سرتاقی های بالای دروازه و کلکین ها، ساحه تماس پیزاره ها با دیوارهای بیرونی، کف ها و ساختارهای تهداب مشاهده نمود.

همچنان نقص را در دیوار احاطوی بیرونی همگون که در نتیجه خواص بهتر عایق حرارتی بلوکه های سبک شده سمتی نسبت به چسپ ساختمانی که برای دیوارچیدن و چسپاندن بلوکه ها استفاده می شود، مشاهده نمود. باز هم برای حدف مؤثر و از بین بردن این پل های حرارتی می توان از سیستم عایق حرارت (EPS، XPS، پشم سنگ)، که تمام سطوح دیوار را پوشش بدهد، استفاده نمود.



تصویر 31-6 مثالی از ترموگرام پخش درجه حرارت در سطوح دیوار احاطوی بیرونی منزل مسکونی- حذف مؤثر پل های حرارتی

تصویر ارائه شده فوق نشان دهنده حذف مؤثر اغلب پل های حرارتی است که می تواند در منازل رهایشی ایجاد شود، تطبیق این امر در این منزل رهایشی به کمک استفاده از سیستم عایق حرارت **EPS** (ضخامت عایق حرارت 5 سانتی متر در دیوارهای احاطوی ساختمان، ضخامت عایق حرارت 2 سانتی متر در دیوارهای جانبی بیرونی کلکین ها، سرتاقی ها و زیرتاقی های کلکین ها و ضخامت عایق حرارت 3 سانتی متر در پیزارهای ساختمان که نواحی تماس تهداب با کف اطاق است) مهیا گردیده است.

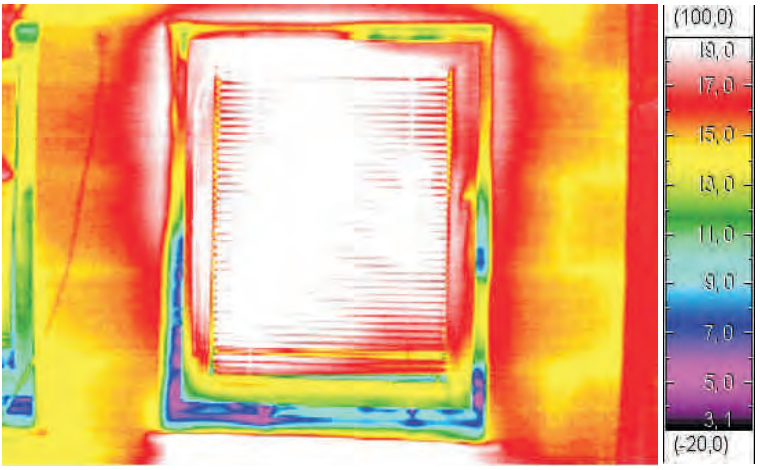
تصویر 32-6 مثال ترموگرام پخش درجه حرارت در سطوح دیوار احاطوی بیرونی بلاک رهایشی- حذف مؤثر پل های حرارتی (قسمت دست چپ-پانل های احاطوی بیرونی که با سیستم عایق حرارت **EPS** عایق گردیده است، قسمت دست راست- پانل های احاطوی بیرونی که عایق حرارت نگردیده اند- موجودیت پل های حرارتی در ساحات تماس فی مابین پانل ها در دیوارهای جانبی بیرونی کلکین ها، سرتاقی ها و زیر تاقی های کلکین ها)

در مثال های ترموگرافی ذکر شده تا کنون (تصاویر 27-6 الی 32-6)، پخش نابرابر درجه حرارت سطوح با توجه به موجودیت پل های حرارتی و نواقص در ساختارها زمینه ایجاد درجه حرارت بالای سطوح خارجی ساختمان را نسبت به موقعیت های معمولی دیگر فراهم می نماید.

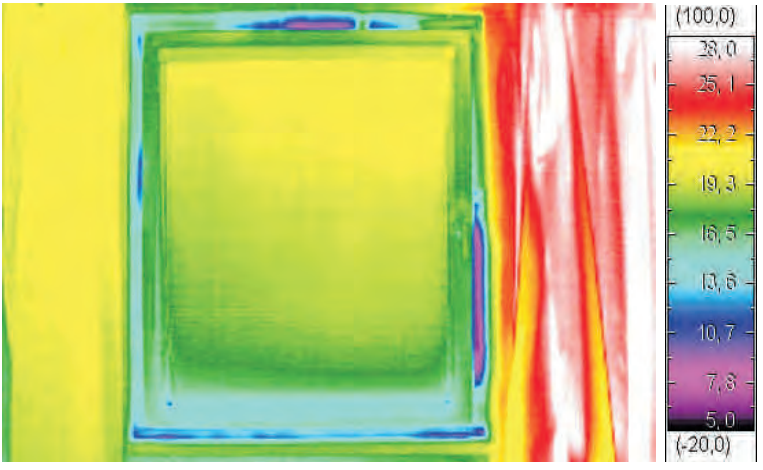
موجودیت چنین درجه حرارت بالا در سطح خارجی ساختمان نمایانگر حاصل حرارت و جذب حرارت بالا ساختار ساختمان است، که باعث ایجاد پل حرارتی می گردد.

شرایط عمومی اندازه گیری های ترموگرافی عبارت اند از: اختلاف درجه حرارت بین محیط داخل و خارج ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان.

این تفاوت باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا قادر به شناسایی استثناهای واقعی حرارتی باشد. این را می توان تنها در صورتی بدست آورد که در زمانی که آزمایش صورت می گیرد، باید شرایط درجه حرارت ثابت و تفاوت فشار هوا بین محیط داخل و خارج ساختمان موجود باشد. (اجتناب از قرار گرفتن ساختمان در معرض مستقیم تشعشع آفتاب)



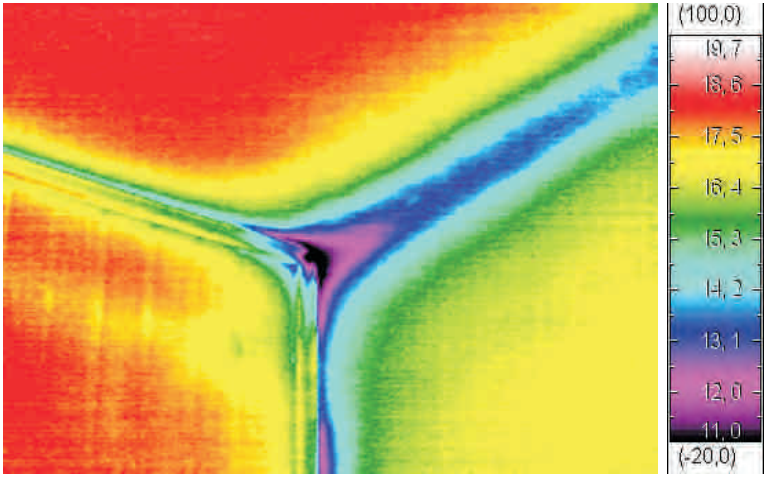
تصویر 33-6 مثالی از ترموگرام پخش درجه حرارت در سطوح داخلی دیوار احاطوی بیرونی منزل رهایشی- کلکین چوبی اولیه (به کلکین مدرن تبدیل نشده)



تصویر 34-6 مثالی از ترموگرام پخش درجه حرارت در سطوح داخلی دیوار احاطوی بیرونی منزل رهایشی- کلکین جدید **PVC** (کلکین اولیه به کلکین مدرن تبدیل شده است)

در تصاویر بالا (تصاویر 35-6 و 34-6)، به منظور مقایسه قسمت بالای کلکین چوبی اولیه که در دیوار احاطوی بیرونی بدون عایق حرارت موقعیت دارد (عدم فراهم آوری حذف پل حرارتی در

ساحه سرتاقی و دیوارهای جانبی کلکین که با توجه به تخریب فیته های درزگیر رابری بوجود آمده و زمینه اینفلتریشن یا تبدیل هوارا مساعد می سازد) و قسمت پایینی کلکین جدید **PVC** که در دیوار احاطوی بیرونی عایق حرارت شده موقعیت دارد (عدم فراهم آوری حذف پل حرارتی در نواحی زیرتاقی و نقص کوچک در دیوارهای جانبی کلکین و سرتاقی کلکین که با توجه به عدم تماس کامل چوکات کلکین با دیوارهای جانبی کلکین و سرتاقی بوجود آمده است)، می باشد.



تصویر 35-6 مثالی از ترموگرام پخش درجه حرارت در سطوح داخلی دیوار احاطوی بیرونی منزل رهایشی- کنج و یا گوشه دیوارهای داخلی

در مثال های بالای ترموگرافی (تصاویر 33-6 الی 35-6) می توان پخش نابرابر درجه حرارت سطح را با توجه به موجودیت پل های حرارتی و نواقص یا عیوب که باعث ایجاد نواحی که در آن **درجه حرارت سطح داخلی پایین تر** نسبت به دیگر نواحی معمولی می باشد، مشاهده نمود. این شرایط به خاطر آن است، که نواحی موجودیت پل حرارتی دارای حاصل و یا جذب حرارت بالا می باشد.

تصویر 36-6 نمونه از کمره ترموویژون کنونی [72]

نمونه های انتخاب شده از پل های حرارتی و نواقص در ساختارهای ساختمان که توسط استفاده از روش اندازه گیری ترموگراف به دست آمده، نشان دهنده ساحات به اصطلاح "مشکل-دار" ساختمان های رهایشی می باشد. در اکثر موارد، پل های حرارتی به علت ترکیب مواد می-باشد. مواد ساختمانی که در ساختارهای احاطوی ساختمان از آن استفاده صورت می گیرد، دارای خواص تخنیک حرارت متفاوت می باشند. در این باره می توان به موارد ذیل اشاره نمود: در مصالح چسب که در درزهای بلوک های سبک شده سمنتی موجود است، پل های حرارتی خطی قابل توجه در نواحی رینگ های بالای کلکین ها و دروازه ها، در اطراف دیوارهای جانبی کلکین ها و دروازه های بیرونی و سرتاقی ها (ساحات که در آن دیفورمیشن زون حرارتی در اثر اینفلتریشن و یا تبادل هوا صورت می گیرد)، در پیزاره های ساختمان که ناحیه تماس تهداب با کف اطاق و ساحه تماس دیوار احاطوی بیرونی ساختمان با ساختار بام ساختمان می باشد، موجود اند. علاوه بر این، پل های حرارتی نقطه ای مختلف در نواحی نصب پیک ها بالای دروازه های درب ورودی ساختمان و همچنان کنج ها وجود دارد. موجودیت این پل های حرارتی و نواقص که در این نواحی ذکر شده است، در عمل اغلب وابسته به طراحی نادرست پروژه، عدم مراعات دستورات ذکر شده مندرج در اسناد پروژه، عدم مراعات پروسه تکنولوژی اعمار و سهل انگاری در پروسه اجراء می باشد.

به این ترتیب نتیجه طراحی نامناسب جزئیات و یا قطعات ساختارهای ساختمان یا همانا کاهش در کیفیت هوای محیط داخلی ساختمان می باشد که با اغلب اثرات نامطلوب، از جمله ایجاد پوپنک، ایجاد تراکم بخار و یا هم تخریب بخشی از ساختارهای ساختمان همراه می باشد، از این رو طراحی مناسب ساختارهای ساختمان با جزئیات و قطعات عناصر ساختاری ساختمان در قدم اول مستلزم "هماهنگی و متناسب بودن" همه عناصر حفاظت حرارتی ساختمان می باشد.

فصل هفتم

خواص تخنیک حرارتی و انرژیکی ساختمان

7 خواص تخنیک حرارتی و انرژیکی ساختمان های رهایشی

7-1 تعادل فرار حرارت از ساختمان و جذب حرارت در ساختمان

در اعمار ساختمان های رهایشی و بهره برداری از آن توجه خاصی در زمینه انرژی و مصرف آن وجود دارد. تا به همین اواخر، بنابر وجود میزان متناسب ذخایر انرژی و قیمت مناسب به مسائل مربوطه مصرف انرژی بهاء داده نمی شد.

اخیراً وضعیت منابع انرژی به طور قابل توجهی تغییر کرده و انرژی تبدیل به یک معیار بسیار مهم برای پلان گذاری، ارزیابی، اعمار و بهره برداری ساختمان ها قرار گرفته است. در این زمینه، باید درک نمود که هزینه ی اولیه در تولید مواد ساختمانی و ساختارهای ساختمان به عنوان یک عامل مهم پنداشته نمی شود، زیرا این هزینه برای یکبار می باشد، ولی مصرف انرژی در هنگام بهره برداری از ساختمان در طول تمام عمر ساختمان تکرار می شود.

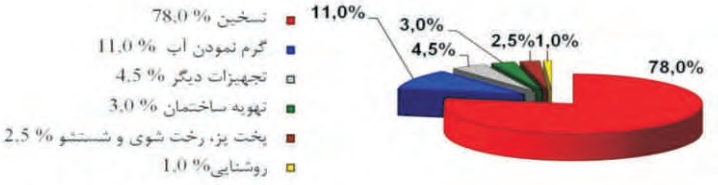
چگونگی مصرف کلی انرژی مورد نیاز اعمار و استفاده از ساختمان های رهایشی را می توان به سرمایه گذاری اولیه و بهره برداری از آن تقسیم بندی نمود. در سرمایه گذاری اولیه در چگونگی مصرف انرژی ساختمان ها، موارد ذیل شامل می شود:

- ساخت و ساز،
- نوسازی،
- اعمار مجدد،
- دفع و انهدام ساختمان ها.

در چگونگی بهره برداری و مصرف انرژی ساختمان ها، موارد ذیل شامل می شود:

- نگهداری،
- جبران فرار حرارت (انرژی برای تسخین و تهویه)،
- فراهم سازی آب گرم،
- پخت و پز،
- استفاده از تجهیزات مختلف (چراغ ها، تلویزیون، ماشین لباسشویی، و غیره).

نظر به تقسیم بندی چگونگی مصرف انرژی فوق در ساخت و ساز و استفاده از ساختمان های رهایشی در شرایط اقلیمی اروپای مرکزی، تا حد زیادی مقدار انرژی، صرف تسخین و تهویه می-گردد، که تقریباً در حدود % 78,0 الی % 81,0 می باشد.
(تصویر 1-7)



تصویر 1-7 مصرف انرژی در منازل رهایشی [35]

انرژی مورد نیاز برای تسخین ساختمان در هنگام بهره برداری، در حقیقت نتیجه تعامل متقابل خواص تخنیک حرارت ساختارهای ساختمان و همچنین انتخاب سیستم تسخین با توجه به حالت و شرایط محیط داخلی و بیرونی ساختمان می باشد. تعادل حرارتی فضای تسخین شده ساختمان با توجه به تعادل فرار حرارت و جذب حرارت مشخص می گردد.

به طور کلی فرار انرژی حرارتی از ساختمان ها مستقیماً به مصرف انرژی که برای تسخین استفاده می گردد، مربوط می شود. به هر اندازه که فرار انرژی حرارتی از ساختمان بیشتر باشد، به همان اندازه انرژی بیشتر برای فراهم آوری حالت حرارتی مورد نیاز محیط داخلی فضای تسخین شده ساختمان ضرورت داریم. مقدار فرار انرژی حرارتی از ساختمان به مساحت هر یک از ساختارهای احاطوی بیرونی تشکیل دهنده ساختمان، فیصدی سهم آن ها و همچنین خواص عایق حرارت ساختارهای ساختمان مربوط است.

ساختمان های اختصاص داده شده برای رهایش افراد معمولاً برای یک دوره زمان استفاده 80 الی100 سال اعمار می گردند. از این رو لازم است که در هنگام طراحی ساختمان در مورد هزینه-های بهره برداری مرتبط به تسخین و تهویه، که ممکن است در نهایت بیشتر از هزینه های اعمار ساختمان باشد، باید غور صورت گیرد (تصویر 2-7).

تصویر 2-7 تجزیه و تحلیل کیفیت ساختارهای احاطوی ساختمان در ارتباط با چگونگی مصرف کلی انرژی آن ها

فرار انرژی از ساختمان را می توانیم به سه بخش تقسیم نماییم [2]:

- فرار انرژی حرارتی از طریق عبور حرارت (transmissions): بستگی به انتشار حرارت به طریقه هدایت از طریق ساختارهای احاطوی ساختمان دارد. (البته تابع خواص تخنیک حرارت آن ها می باشد.) کمیت آن ها توسط ضریب عبور حرارت U و مقاومت حرارت R بیان می گردد.

عبور حرارت می تواند به طور مستقیم از طریق ساختارهای ساختمان، به صورتیکه در تماس با هوای بیرون باشند و یا هم به طور غیر مستقیم زمانیکه در بین فضای تسخین شده و فضای بیرون ساختمان فضای غیر تسخین قرار داشته باشد، صورت گیرد. طریقه دیگر عبور حرارت از طریق خاک پیوسته به ساختمان می باشد،

- فرار انرژی حرارتی توسط تبادل هوا: در این صورت فرار انرژی بستگی به مقدار هوای که توسط سیستم تنظیم شده و غیر تنظیم شده تبادل هوا از طریق جزئیات قطعات ساختارهای و عناصر تشکیل دهنده سیستم ساختارها به داخل ساختمان وارد می گردد، دارد. همچنان بستگی به اختلاف درجه حرارت هوا بین هوای وارد شده به ساختمان و هوای خروج شده از ساختمان دارد. کمیت آن ها توسط نمبر تهویه n با واحد اندازه گیری (1/h) بیان می گردد. این نمبر بیان کننده تعداد دفعات تبادل هوا در محل مورد نظر در هر فی ساعت می باشد،
- ضایعات حرارت به دلیل موجودیت لوله ها: در این صورت فرار انرژی بستگی به مقدار مصرف آب گرم مورد ضرورت و همچنان تفاوت درجه حرارت بین آب وارده شده به ساختمان و آب خروج شده از ساختمان دارد.

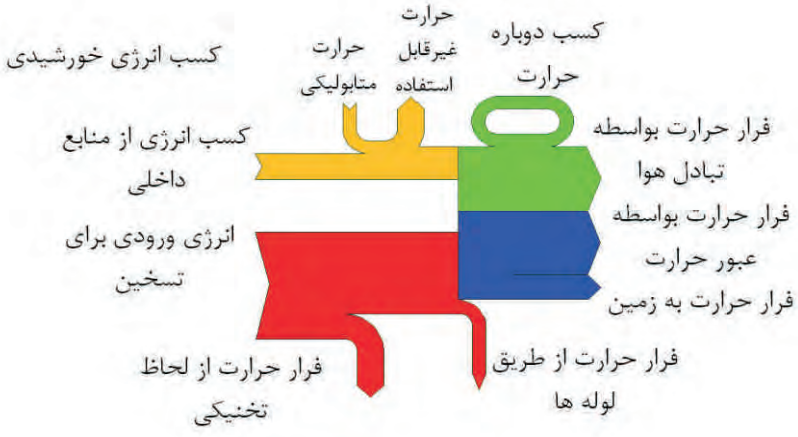
تصویر بعدی (تصویر 3-7)، فرار تقریبی حرارت را از طریق ساختارهای احاطوی بیرونی یک منزل رهایشی معمول نشان می دهد.

تصویر 3-7 معلومات تقریبی درباره فرار حرارت از طریق ساختارهای احاطوی بیرونی یک منزل رهایشی معمول [73]

منابع کسب حرارت یک ساختمان را می توان به صورت ذیل تقسیم نمود:

- کسب حرارت داخلی ساختمان- حرارت منتشر شده در محیط داخل ساختمان با ویرایش شرایط:
  - حرارت متابولیکی،
  - پخش حرارت از لوازم خانگی،
  - پخش حرارت از چراغ ها،
  - پخش یا جذب حرارت از لوله های توزیع آب گرم (تسخین)،
  - حرارت از سیستم تسخین.
- کسب حرارت خورشیدی- بستگی به در دسترس بودن تابش خورشید در مکان، جهت سطوح کالکتورها، سایه افگن های دائم، انتقال و جذب شعاع خورشید و قابلیت جذب حرارت سطوح کالکتور ها دارد.

تصویر بعدی (تصویر 4-7) این فرضیه را تأیید می کند که بیشترین میزان فرار حرارت ناشی از تبادل هوا و عبور حرارت از طریق ساختارهای احاطوی ساختمان می باشد. در هنگام طراحی ساختمان و هر یک از ساختارهای آن نیاز است که علاوه بر در نظر گرفتن فرار انرژی حرارتی از ساختمان در ایام زمستان، باید به رفتار ساختمان و هر یک از ساختارهای آن در ایام تابستان (گرم شدن بیش از حد)، که در عمل اغلب فراموش می شود نیز توجه نماییم.

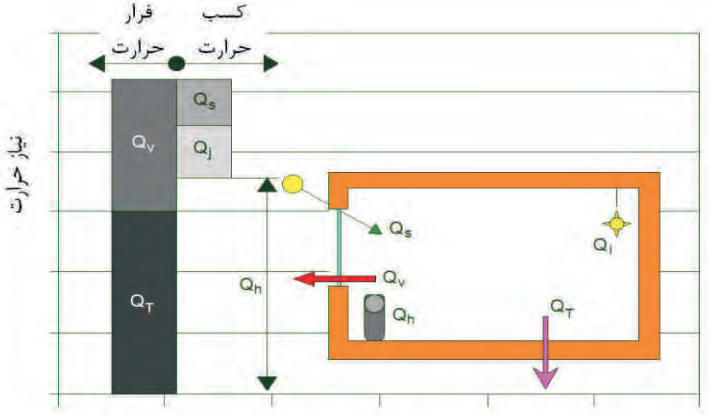


تصویر 4-7 بالانس انرژی سالانه ساختمان ها با توجه به استاندارد EN ISO 13790 [52]

هنگام بررسی هر یک از اجزاء بالانس یک فضای تسخین شده (تصویر 4-7)، برای معرفی صریح و روشن خصوصیات آن، اصطلاح "نیاز انرژی برای تسخین" استفاده می گردد (تصویر 5-7).

نخست لازم است که پارامترهای که از همه بیشتر مربوط به نیاز حرارت و مصرف انرژی می-گردد را مشخص نماییم: *نیاز حرارت، نیاز انرژی، مصرف انرژی*

نیاز حرارت برای تسخین Q_h با واحد اندازه گیری کیلو وات ساعت– (kWh) نشان دهنده مقدار حرارتی است که باید به فضای تسخین شده داخل عرضه گردد (برای جبران فرار حرارت از ساختمان)، تا بتواند درجه حرارت محیط داخلی ساختمان را حفظ نموده و در نتیجه آسایش حرارتی را فراهم نماید. تعیین آن بر اساس محاسبه خواص تخنیک حرارت ساختارهای ساختمان، بدون اثرات تجهیزات تخنیکی سیستم تسخین ساختمان انجام می گردد.



تصویر 5-7 اجزا بالانس حرارتی برای تعیین نیاز حرارت برای تسخین [12]

نیاز حرارت برای تسخین بر اساس معادله ذیل تعیین می گردد:

$$Q_h = Q_T + Q_V - \eta.(Q_s + Q_j) \qquad \text{(kWh)} \qquad (7\text{-}1)$$

از آن جای که:

Q_h – نیاز حرارت برای تسخین با واحد اندازه گیری (kWh)،

Q_T – نیاز حرارت برای پوشش فرار حرارت از ساختمان به واسطه عبور حرارت از طریق ساختارهای احاطوی است. واحد اندازه گیری آن (kWh)،

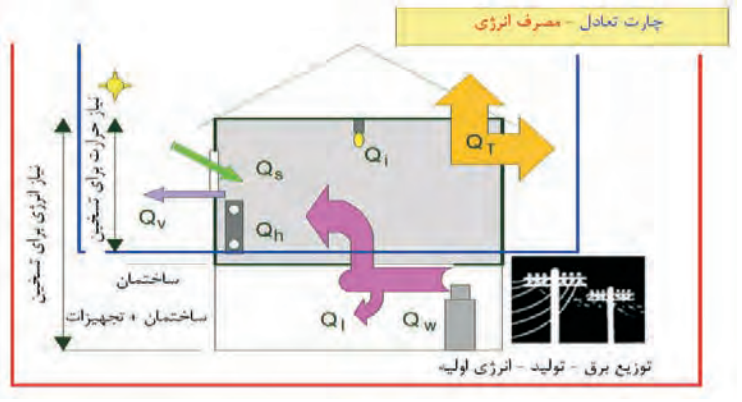
Q_V – حرارتی است که برای پوشش دادن فرار حرارت از ساختمان بواسط تبادل هوا نیاز است و واحد اندازه گیری آن (kWh)،

Q_i – حرارتی است که توسط منابع داخلی تولید می گردد و واحد اندازه گیری آن (kWh)،

Q_s – حرارتی است که توسط تابش شعاع آفتاب از طریق کلکین های ساختمان بدست می آید و واحد اندازه گیری آن (kWh)،

η – ضریب استفاده از کسب حرارت می باشند.

نیاز انرژی برای تسخین Q با واحد اندازه گیری (kWh) عبارت است از مجموع نیاز حرارتی برای تسخین و فرار کلی حرارت از سیستم تسخین در هنگام تولید و توزیع حرارت- این شامل مؤثریت سیستم تجهیزات تسخین ساختمان نیز می باشد (تصویر 6-7).



تصویر 6-7 اجزا بالانس فضای تسخین شده در نظر گرفته شده [12]

نیاز انرژی برای تسخین نظر به معادله ذیل تعیین می گردد:

$$Q + Q_r = Q_h + Q_w + Q_t \qquad (kWh) \qquad (7\text{-}2)$$

از آن جای که:

Q – نیاز انرژی برای تسخین با واحد اندازه گیری (kWh)،

Q_r – حرارت دوباره کسب شده از تجهیزات ضمیمه ای، سیستم تسخین و از محیط اطراف با واحد اندازه گیری (kWh)،

Q_h – نیاز حرارت برای تسخین با واحد اندازه گیری (kWh)،

Q_w – نیاز حرارت برای گرم ساختن آب با واحد اندازه گیری (kWh)،

Q_t – فرار کلی حرارت از طریق سیستم تسخین با واحد اندازه گیری (kWh) می باشند.
مصرف انرژی نشان دهنده مقدار انرژی است، که توسط اندازه گیری و یا هم توسط نظارت بر تولید مشخص می شود.

7-2 عوامل تأثیر گذار بر اندازه فرار انرژی حرارتی در ساختمان های رهایشی

به طور کلی مشخص است که یکی از بزرگترین "مصرف کنندگان انرژی" آنانی اند که از انرژی برای تسخین ساختمان استفاده می نمایند (نیاز حرارت برای تسخین) و با اجراء این کار می توانند به طور مؤثر از فرار حرارت موجود ساختمان جلوگیری نمود. تسخین ساختمان، حرارتی را که از ساختمان فرار می نماید دوباره جبران می نماید. خصوصاً در ساحات که درجه حرارت هوای بیرون کمتر از درجه حرارت مورد نیاز محیط داخل ساختمان است (چون زمانی که در داخل اطاق درجه حرارت بیشتر از درجه حرارت هوای بیرون است، حرارت از محیط گرم به طرف محیط سرد حرکت نموده، فرار می نماید و باعث پایین آمدن درجه حرارت هوا داخل می گردد و در اینجا است که سیستم تسخین دوباره با ایجاد حرارت، درجه حرارت مورد نیاز را فراهم می نماید).

به حداقل رساندن فرار حرارت از ساختمان فرایند و یا پروسه بسیار پیچیده ای است که بستگی به عوامل یا فاکتورهای چون (ساخت و ساز، طرح ریزی و کانسیپشن انرژیتیکی ساختمان) دارد.

اطمینان از تعامل مطلوب تمام عوامل تعیین کننده، نیاز به یک رویکرد جامع برای پرداختن به حل نمودن این مسائل گسترده دارد و این امر به کمک کاربرد دقیق اثرات ذیل مهیا می گردد [5]:

- اثرات اوربانیزم،
- اثرات مهندسی،
- اثرات خواص فیزیکی و تخنیکی ساختمان،
- اثرات تجهیزات فنی و تخنیکی،فراهم کننده بهینه سازی محیط زیست داخلی ساختمان.

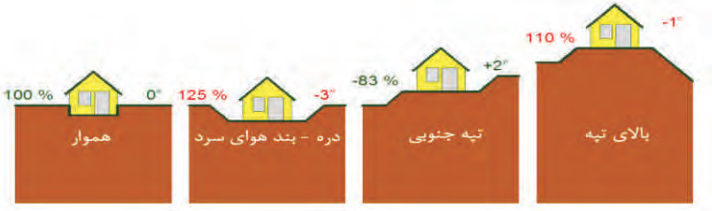
7-2-1 تأثیرات اوربانیزم (شهر سازی)

در کانسیپشن اوربانیزم لازم است تا عوامل یا فاکتورهای ذیل را در نظر گیریم:

- جابجایی ساختمان در زمین با توجه به پیکاربندی زمین و اقلیم محل (درجه حرارت هوا بیرون، سرعت و جهت باد، رطوبت هوا، نزولات جوی، تابش خورشید)،
- جهت بندی ساختمان نظر به سمتهای جغرافیایی،
- نوع و ارتفاع ساختمان،
- شکل گروه بندی ساختمان های متعدد،

- رنگ آمیزی سطوح،
- پیش بینی ساختمان های سایه افگن اطراف،
- تناسب ساختارهای شفاف و غیر شفاف در ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان.

در هنگام انتخاب موقعیت مناسب برای جابجایی ساختمان، اقلیم محل نقش مهمی را ایفاء می- نماید. هر قدر که درجه حرارت هوای بیرون کمتر باشد، به همان اندازه فرار حرارت از ساختمان بیشتر خواهد بود. به طور کلی این مفکوره که اگر تفاوت درجه حرارت هوای بیرون در حدود 1,0 K باشد پس تغییر فرار حرارت از ساختمان در حدود 3,0 % را نشان خواهد داد، قابل اعتبار است. در اینجا موقعیت ساختمان نظر به جابجایی آن در زمین نقش مهم را ایفاء می نماید (تصویر7-7). درجه حرارت هوای بیرون در دره ها و در بلندی های تپه پایین تر از موقعیت محافظت شده است که در دامنه های جنوبی قرار دارند. مناطق دره ای می توانند در اثر تنزل هوای سرد (به خصوص در شب)، بند هوای سرد را ایجاد نماید.



تصویر 7-7 فرار حرارت از ساختمان به فیصدی (%) و درجه حرارت محیط اطراف با در نظر داشت جابجایی ساختمان بر روی زمین [70]

با افزایش سرعت باد، فرار انرژی حرارتی از ساختمان هم افزایش می یابد (تصویر7-8)، و در نتیجه افزایش ضریب انتقال حرارت و هم چنین افزایش فرار انرژی حرارتی از ساختمان توسط اینفلتریشن و ایکسفلتریشن (نفوذ و خروج) می باشد. این در نتیجه اختلاف فشار هوا بین محیط داخلی و بیرونی ساختمان ایجاد می شود.

بنابراین از نظر سرعت و جهت باد، مناسب خواهد بود که ساختمان را طوری اعمار نمود که [29]:

- در خارج از دره و تپه قرار داشته باشد،
- در جهت غالب باد مفید خواهد بود که موانع ایجاد شود، بهترین شیوه کاشت درخت ها می تواند باشد،
- مناسب خواهد بود که ساختمان های یک طبقه ای را با ایجاد ساختمان ها کمکی با هم پیوند دهیم،

- کاهش به حداقل درزها در ساختارهای احاطوی ساختمان، به خصوص در کلکین ها و در دروازه های بیرونی.

تصویر 8-7 فرار حرارت از ساختمان به فیصد (%) با در نظرداشت اثرات باد و جابجایی ساختمان بر روی زمین [70]

رطوبت هوا و نزولات جوی، اغلب موجب افزایش رطوبت در ساختارهای احاطوی ساختمان می گردد. به طور کلی واضح است، که هر قدر رطوبت هوا بیشتر باشد به همان اندازه فرار حرارت از ساختمان بیشتر خواهد بود. به روی همین دلیل لازم است که لایه های بیرونی ساختارهای احاطوی ساختمان باید از مواد غیر قابل جذب باشند.

تابش خورشید (در مقایسه با اثرات اقلیمی قبلی) در فصل زمستان و در فصل گذار به شکل مطلوب بر بالانس انرژی ساختمان اثر می گذارد. جهت بندی ساختمان نظر به سمت های جغرافیایی در این مرحله یک امر حیاتی است.

اولویت باید نمره زمینی باشد که در آن ساختمان بتواند طوری جابجا گردد که نمای اصلی آن با بزرگترین مساحت شیشه ها رو به سمت روشن (جنوب شرقی، جنوب، جنوب غربی) قرار گیرد و همزمان زمینه نمایش جذاب را در مناطق اطراف آن بوجود آورد.

در ساحات واقع شده در جنوب، در عین منطقه اقلیمی، تابش نور خورشید در ایام زمستان 10.0 الی30.0 درصد بیشتر از دامنه های شمالی می تواند باشد.

همچنین در جهت بندی ساختمان ها نظر به سمت های جغرافیایی، از نظر کسب حرارت در فصل تابستان باید توجه جدی صورت گیرد.

در ایام تابستان، ممکن است فضای داخلی ساختمان به طور قابل توجهی بیش از حد گرم گردد. در این صورت اجراء تنظیم تبادل هوای سرد و یا هم ایجاد تجهیزات تهویه (ایرکاندیشن) ضروری می باشد. مصرف انرژی سرد ساختن ساختمان ها اغلب بیشتر از تسخین ساختمـان ها می باشد.

همچنین درجه حرارت هوای بیرون در عین زمان در یک محیط آزاد بیرون از شهر نسبت به یک محیط در داخل شهر از هم متفاوت می باشد. در شهرها و در مناطق که ساختمان ها خیلی در

قرابت هم قرار دارند و ازدیاد نفوس در آن موجود است، درجه حرارت هوای بیرون در آن جا بیشتر از خارج شهر می باشد.

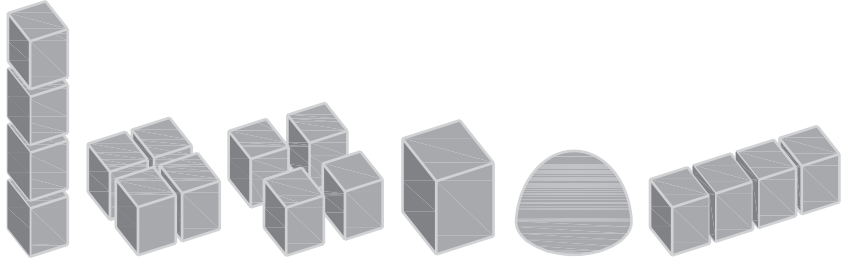
7-2-2 تأثیرات مهندسی

علاوه بر طراحی اوربانیزم، برای بهینه سازی محیط داخلی ساختمان و صرفه جویی در مصرف انرژی، اهمیت طراحی مهندسی ساختمان در کانسیپشن اوربانیزم لازم و ضروری بوده و فاکتورهای ذیل را باید در نظر گرفت[17]:

- شکل ساختمان،
- تناسب قطعات شفاف نسبت به قطعات غیر شفاف در ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان
- طراحی دیسپوزیشن داخلی ساختمان،
- نوعیت سطح بیرونی ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان.

بهترین راه حل پارامترهای سطحی و فضایی ساختمان، آن هایی را می توان عنوان کرد که سطوح پوشش های حرارتی ساختمان را در یک حجم محصور درنظر گرفته شده داخلی به حداقل می رساند.

واضح است که در تسخین دو اطاق با حجم های مساوی، فرار حرارت از اطاقی که سطوح سرد کننده آن در دیوار احاطوی بیرونی بیشتر می باشد، زیادتر خواهد بود (تصویر 7-9).



تصویر 7-9 تأثیر گذاشتن شکل ساختمان بر فرار حرارت در ساختمان های که دارای حجم مساوی می باشند [70]

از تصویر بالا می توان چنین نتیجه گرفت که مطلوب ترین شکل برای حفظ انرژی، شکل کره ای یا نیمه کره ای می باشد. ساختمان های فشرده، ناهموار با داشتن تعداد اندک پیش برآمده گی ها و فرو رفته گی ها و بالکن ها با مقدار کمتر سطوح بیرونی می تواند از فرار حرارت ساختمان از

طریق انتقال حرارت جلوگیری نماید. تناسب سطوح پوشش های حرارتی ساختمان ها نسبت به حجم فضای داخلی ساختمان ها توسط **فاکتور شکل ساختمان** f_b بیان می گردد:

$$f_b = \sum A_i / V_b \qquad (1/m) \qquad (7\text{-}3)$$

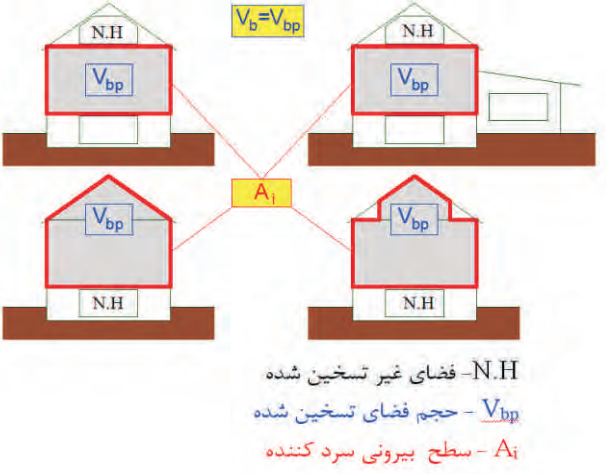
از آن جای که:

A_i – سطح پوشش حرارتی ساختمان با واحد اندازه گیری (m^2)،

V_b – حجم فضای داخلی ساختمان با واحد اندازه گیری (m^3) می باشند.

از نظر کاهش فرار حرارت از ساختمان، ترجیح داده می شود که فاکتـور شکل ساختمان تا می تواند کوچک باشد زیرا به همان اندازه متناسب تر خواهد بود. این قابل اعتبار است که هر قدر مدار یا اندازه چهار طرف یک ساختمان در نقشه نما (ویو پلان plan view) ارائه شده کمتر باشد به همان اندازه فاکتور شکل ساختمان پایین تر می آید و نیاز حرارت برای تسخین هم تنزیل می نماید.

پوشش حرارتی ساختمان، فضای داخلی تسخین شده ساختمان را از همه اطراف در محاصره قرار می دهد (از طرف ابعاد خارجی آن)، محاسبه سطح پوشش حرارتی ساختار ساختمان بر اساس اندازه های بیرونی ساختمان انجام می گردد (تصویر 10-7).



تصویر 10-7 پوشش حرارتی ساختمان ها [27] برای وضاحت بهتر تصویر، بهCD ضمیمه کتاب مراجعه نماید.

بخش شفاف از ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان های رهایشی نقش مهمی را در فرار حرارت از ساختمان ایفاء می نمایند. فراهم آوری پارامترهای داخلی مورد نیاز (حفظ الصحه ای و رفاه اجتماعی) برای به حداقل رساندن و بهینه سازی قسمت های شفاف ضروری می باشد. بروی همین دلایل می باشد که، برای به حداقل رساندن فرار حرارت از طریق قطعات شفاف ساختارهای احاطوی ساختمان، باید به درستی اندازه مطلوب آن، شکل کارآمد آن و جابجایی آن نظر به محیط داخلی ساختمان طراحی گردد. اگر رسیدن به این هدف "بشکل دشوار قابل دسترس می باشد" و یا هم در هنگام اجرای آن، فرار حرارت از ساختمان به مقدار قابل توجهی بوجود آید، لازم است که نور پردازی ترکیب شده را انتخاب کرد و یا هم عدم موجودیت نور کافی در جریان روز را با تأمین نور مصنوعی جبران نمود [5].

طرح دیزپوزیشن داخلی ساختمان نیز می تواند به طور قابل توجهی بر فرار حرارت از ساختمان و نیاز حرارت برای تسخین ساختمان تأثیر گذارد و در این باب دو مشکل اساسی وجود دارد:

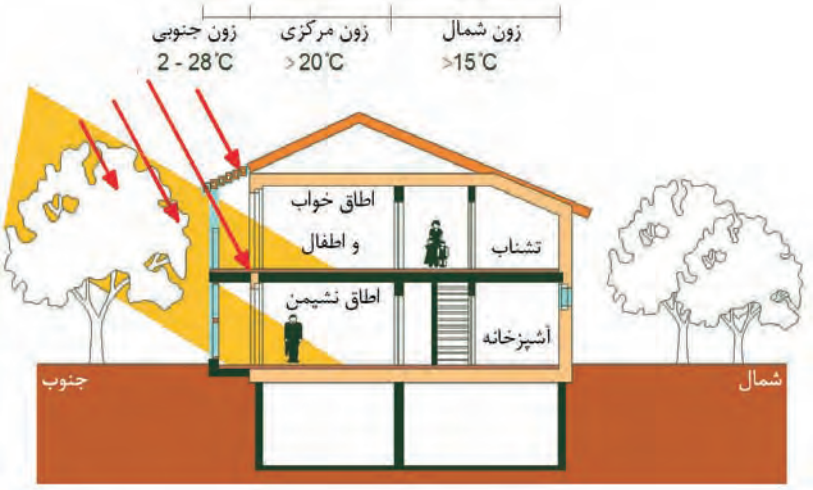
- مشکل اول ناشی از واقعیتی است که در ساختمان اطاق های تسخین شده و غیر تسخین شده و یا هم اطاق های که با درجه حرارت پایین تسخین می گردند، وجود دارد،
- مشکل دوم مرتبط به تابش خورشید بر ساختمان می گردد.

راه حل مشکل اول این است که در اطاق های که تسخین صورت می گیرد باید در مجاورت یکدیگر قرار گیرند. به همین دلیل، در طرح دیزپوزیشن داخلی که در آن اطاق های که در آن تسخین صورت می گیرد و اطاق های که در آن تسخین صورت نمی گیرد با هم آمیخته گردند مناسب نخواهد بود.

با توجه به تابش خورشید بر ساختمان، از دیدگاه کسب کلی حرارت که در نتیجه تابش خورشید به داخل ساختمان بدست می آید، سودمند خواهد بود که جهت ساختمان با سطوح دیوارهای بیشتر در جهت جنوب- شمال قرار گیرد. در واقع انرژی خورشیدی نسبتاً ارزان بوده و در دسترس می باشد. استفاده منفعل انرژی خورشیدی به نوع طراحی ساختمان بستگی دارد. در ایام زمستان انباشت کسب انرژی منفعل و در ایام تابستان حفاظت در مقابل گرم شدن بیش از حد ساختمان در اولویت قرار دارد.

ایجاد زون های حرارتی که دارای کانسیپت خورشیدی هستند "زون بندی محیط داخل ساختمان"، عمدتاً به دلیل جهت گیری اطاق های نشیمن در سمت خورشید که دارای فواید انرژی بخش و آرامش بخش روانی می باشد، صورت می گیرد.

اطاق ها در ساختمان نظر به نیازهای آن ها برای استفاده های منفعل انرژی خورشیدی جهت بندی می گردند (تصویر 11-7).



تصویر 11-7 زون بندی حرارتی در ساختمان و استفاده های منفعل انرژی خورشیدی [70]

زون(سپر) شمالی: مناطق ضمیمه ای است که با استفاده متوالی کمتر مواجه می باشد، مانند: حمام، تشناب، محل انبارش و محل تخنیکی، گاراج، راهروها و راه زینه ها (جای که کلکین های کوچکتر کافی می باشد).

زون (نشیمن) جنوبی: اطاق های می باشد که اغلب مورد استفاده قرار می گرند. آن ها در سمت آفتابی از ساختمان واقع شده اند. سطوح بزرگ شیشه ای آن زمینه گرم شدن کافی ساختمان را در ایام هوای سرد سال فراهم می نماید.

زون (انباشت) جنوبی: شیشه خانه ی که می تواند منحیث گلخانه باشد و به زون نشیمن مدغم می باشد.

در اثر عمل تابش خورشید در سطح خارجی ساختار احاطوی بیرونی ساختمان، جذب انرژی تابشی رخ می دهد و این به افزایش درجه حرارت سطح کمک می نماید. مقدار حرارت جذب شده بستگی دارد به توانایی سطح که تا چه اندازه می تواند انرژی تابشی را جذب نماید [17].

توانایی موادی که تا چه اندازه می تواند انرژی تابش خورشیدی را جذب نماید، در درجه اول بستگی به رنگ و نوع ساختاری سطح و همچنان ضریب جذب حرارت سطح مربوطه می داشته باشد[10].

7-2-3 اثرات خواص فیزیکی و تخنیکی ساختمان

برای به حداقل رساندن مصرف انرژی بهره برداری از ساختمان ها، خواص فیزیکی و تخنیکی ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان مذکور، تأثیر قطعی بر فرار حرارت از ساختمان می داشته باشد.

ما این اصل را باید در نظر گیریم که کاهش مصرف انرژی بهره برداری حالت مناسب حرارتی محیط داخلی را تضعیف ننماید، یعنی حالتی که در آن کاربران نباید احساس سردی یا گرمی بیش از حد نمایند. بنابراین، محیط زیست داخلی ساختمان باید پاسخگو الزامات مورد نیاز به اصطلاح "محیط بهره برداری" باشد.

حالت حرارتی مناسب محیط داخلی ساختمان وابسته به شرایط اساسی زیر می باشد[5]:

- تعادل حرارتی بین بدن انسان و محیط اطرف زیست،
- همگنی مطلوب بار حرارتی انسان در محیط و زمان،
- محدوه مطلوب تناسب بین انتقال حرارت تشعشعی و انتقال حرارت جریانی،
- جریان مناسب بخار آب از بدن به محیط زیست داخل.

بهبود کیفیت مواد ساختمانی و ساختارهای ساختمان، به طور فزاینده نه تنها ساختار و ترکیب مواد را تغییر می دهد، بلکه به کاهش وزن آن هم می انجامد.

این روند حاکی از یک تغییر قابل توجهی در درک از طراحی ساختارهای ساختمان و جزئیات قطعات ساختارها به ویژه ساختارهای احاطوی ساختمان می باشد.

عدم توجه و کمبودی در طراحی ساختارهای احاطوی ساختمان ممکن است نه تنها تأثیرهای گوناگون *بر فرار حرارت از ساختمان داشته باشد، بلکه بر مصرف حرارت برای تسخین و تهویه ساختمان و یا هم در ایجاد محیط زیست مناسب داخلی که در بر گیرنده وضعیت کلی تخنیکی ساختمان است، نیز دارا می باشد.*

7-2-4 اثرات تجهیزات تخنیکی فراهم کننده بهینه ساختن محیط زیست داخلی ساختمان

استفاده عاقلانه از تجهیزات تخنیکی موجوده امروز برای تسخین، تبادل هوا یا تهویه، در درجه اول بستگی به کارکرد قابل اطمینان وسایل تخنیکی اتومات کنترول شونده دارد[5].

نیاز استفاده مؤثر و صرفه جوی در مصرف انرژی، باعث تشویق توسعه تجهیزات جدید تسخین و تهویه می گردد.

این تلاش ها به طور عمده در توسعه تجهیزات متمرکز شده است که با مصرف انرژی کم بازده بالا را نشان می دهد، البته در اینجا هزینه های نسبتا بالا تأمین این تجهیزات یک فاکتور مهم و تعیین کننده قلمداد نمی گردد [5] و همچنان اهمیت قابل توجهی به نصب و استفاده از تجهیزات که بر اساس منابع انرژی تجدید پذیر (غیر سنتی) می باشند، - به ویژه در شرایط امروزه، استفـاده

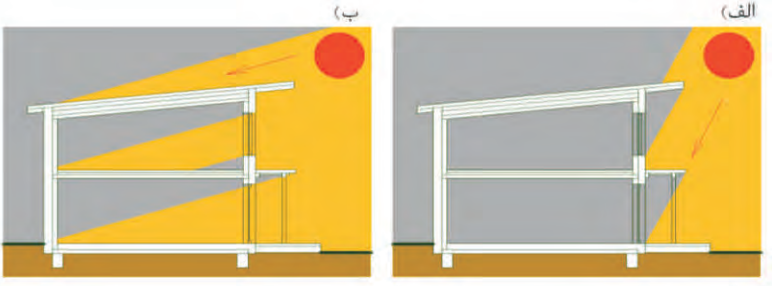
از انرژی خورشید قایل- می گردد.

7-3 سرد ساختن ساختمان

در اساس استراتیژی ها و یا راهبردهای ایجاد ساختمان ها با انرژی کارآمد، محدودیت در سرد ساختن ساختمان در طول ماه های تابستان هم شامل می باشد. از نظر اقتصادی، راه حل های لازم و مناسب ساختمانی توأم با اصلاحات ساختاری که بتواند باعث کاهش مصرف انرژی برای سرد ساختن ساختمان به پایینترین حد گردد، بسیار ضروری قلمداد می گردد.

از جمله گام های اساسی که برای کاهش مصرف انرژی وجود دارد موارد ذیل را بر می شماریم:

- کاهش کسب انرژی منفعل خورشیدی به حداکثر میزان که بتوان از آن برای جبران فرار حرارت از ساختمان در ایام زمستان استفاده کرد- طرح اندازه مناسب کلکین ها، ایجاد سایه افگن ها بالای کلکین ها (تصویر 12-7)،
- کاهش کسب حرارت از منابع داخلی از طریق استفاده از لوازم تخنیکی که مصرف انرژی آن کم می باشد،
- مساعد ساختن زمینه ی که بتواند ساختارهای ساختمان که دارای تنوع بیش از حد بار حرارتی می باشند در بین خود به تعامل متقابل برسند (ساختارهای داخلی می تواند مقدار معین انرژی را در خود جذب نمایند و باعث "کاهش" بوجود آمدن بار حرارتی نهایت بلند در داخل ساختمان گردند).



تصویر 12-7 استفاده از عناصر سایه دهنده برای بهینه سازی کسب حرارت: الف) زاویه تابش اشعه خورشید در تابستان ، ب) زاویه تابش اشعه خورشید در فصل زمستان [74]

7 -4 امکانات بالقوه صرفه جویی در مصرف انرژی در ساختمان های رهایشی

هدف اولیه طراحان یا تیم مهندسان باید رسیدن به راه حل های مطلوب معماری و حجمی با در نظر داشت حداقل نیازهای مصرف انرژی مورد نیاز ساختمان مذکور باشد.

ابزار مهم برای کاهش تقاضای مصرف انرژی و مصرف حرارت برای تسخین ساختمان، بهبود خواص تخنیک حرارت هر یک از ساختارهای ساختمان می باشد. به ویژه کاهش در قیمت ضریب عبور حرارت U و یا هم افزایش مقاومت حرارت R که در اثر آن درجه حرارت سطح ساختار ساختمان افزایش می یابد.

به هر حال این عوامل، تنها یک بخشی از یک مجموع بزرگ خواص تخنیک حرارت مورد نیاز ساختارهای ساختمان را در بر می گیرد.

کاهش نیاز حرارت در ساختمان های طراحی شده جدید و یا هم در ساختمان های موجوده را می توان از طریق ذیل به دست آورد:

- فراهم آوری الزامات برای حفاظت حرارتی هر یک از ساختارهای ساختمان،
- کاهش یا هم افزایش سهم سطوح ساختارهای ساختمان، که از طریق آن ها فرار حرارت از ساختمان با توجه به خواص حرارتی آن ها صورت می گیرد،
- کاهش یا هم افزایش سهم سطوح ساختارهای شفاف با توجه به انرژی کلی تابش خورشید (با توجه به سمت های جغرافیایی)،
- حذف پل های حرارتی،
- اثر گزاری روی فاکتور شکل ساختمان با کاهش سطوح آن عده از ساختارهای ساختمان، که فرار حرارت از طریق آن ها انجام می گردد،
- نفوذ پذیری هوای کافی ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان،
- افزایش سطح استفاده از کسب حرارت،
- انتخاب مطلوب سیستم تسخین- با قدرت مناسب و تنظیم خوب، پاسخگو و انعطاف پذیر نظر به تغییر درجه حرارت در هر لحظه،
- تولید آب گرم با صرفه جویی در مصرف انرژی- تجهیزات سولاری فعال،
- سیستم کنترل شده تهویه،
- استفاده مؤثر از انرژی برق- چراغ و لوازم برقی خانه که مصرف انرژی آن کم می باشد،
- رفتار خود کاربران ساختمان- استفاده مسولانه، با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی ایام روزانه و سالانه و همچنان تحت کنترل داشتن تجهیزات تخنیکی.

ساختمـان های موجـوده اغلب در حالتی قرار دارند که پاسخگوی الزامات امروزه و روند رشد نمی باشند. یکی از گزینه ها این خواهد بود که باید به طور مؤثر مصرف انرژی تسخین و تهویه ساختمان کاهش داده شود.

کاهش مصرف انرژی را می توان با پیروی از روش های اساسی ذیل به دست آورد:

- تحت تأثیر قرار دادن رفتار کاربران ساختمان،

- تحت کنترول داشتن مصرف انرژی در ساختمان،
- أخذ اقدامات و تدابیر تخنیکی مناسب مربوط به ساختارهای ساختمان،
- أخذ اقدامات و تدابیر تخنیکی مناسب مربوط به تجهیزات ساختمان،

برای بازسازی و نوسازی ساختمان های موجوده واجد شرایط، برای بهبود تعادل انرژی آن ها دو گروه اساسی تدابیر وجود دارد:

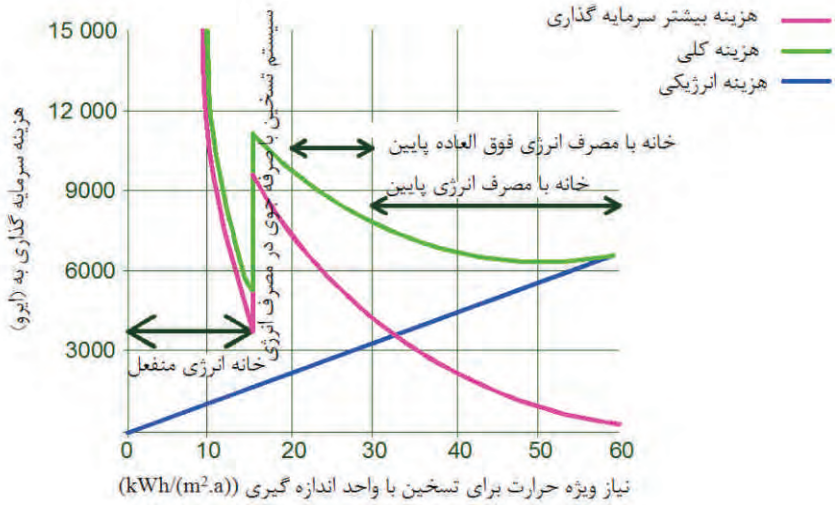
- اصلاحات ساختاری، به خصوص "تقویت" لایه عایق حرارت ساختارهای احاطوی بیرونی عمودی و افقی و همچنان بهبود پارامترهای حرارتی ساختارهای کلکین،
- تنظیم سیستم تسخین (یا تهویه و ایرکاندیشن) با تمرکز بر بهره برداری اقتصادی از این تجهیزات.

5- 7 بازدهی اقتصادی و سود آوری از صرفه جویی انرژی در ساختمان های رهایشی

راه بسوی اقدامات و تدابیر کاهش دهنده هزینه مصرف انرژی از طریق **ارزیابی جامع از ساختمان و ترکیب تدابیر پیشنهادی صرفه جویی ارائه شده** در پرتو همه جریان های حرارتی و انرژیتیکی موجود که به ساختمان وارد و از ساختمان خارج می گردند، میسر می شود. همچنین ارزیابی تحنیکی و اقتصادی هزینه (سرمایه گذاری) و منافع واقعی اقدامات پیشنهاد شده شامل این پروسه می باشد. با توجه به میزان سرمایه گذاری، نیاز به بررسی همه گزینه ها خواهد بود تا بتوان مناسب ترین ترکیب این اقدامات صرفه جویانه را با بیشترین تأثیر کلی از نظر به حداقل رساندن فرار انرژی حرارتی از ساختمان و مصرف انرژی برای تسخین ساختمان را انتخاب نمود.

تطبیق اقدامات صرفه جویانه اعمال شده به شیوه مشابه بر انواع مختلف از ساختمان ها، اثرات مختلف را از نظر تخنیکی و اقتصادی به ارمغان می آورد. پتانسیل اقتصادی مؤثر صرفه جویی را می توان چنین تعریف نمود: ***هزینه تأمین اقدامات صرفه جویانه کمتر از هزینه های خرید انرژی در طول عمر ساختمان می باشد.***

در نگاه اول تا به حال تقریباً غیر ممکن به نظر می رسید، که نیاز انرژی برای تسخین ساختمان را زیر $30,0\ kWh/m^2$ در سال کاهش داد (در بازدهی اقتصادی معقول و منطقی)، بنابر آن که هر قدر بخواهیم صرفه جویی در مصرف انرژی داشته باشیم به همان اندازه نیاز به سرمایه گذاری بیشتر خواهد بود. نقطه عطف اساسی در مشاهده سود آوری این واقعیت خواهد بود که در عبور از مقدار $15,0\ kWh/m^2$ در سال، امکان این وجود دارد که سیستم تسخین معمولی را در ساختمان نفی نمود، که این به معنی صرفه جویی قابل توجهی در سرمایه گذاری خواهد بود (تصویر 13-7). نتیجه استفاده از اقدامات مؤثر صرفه جویانه، هزینه های بسیار کم برای تسخین ساختمان خواهد بود (مثلاً هزینه ماهانه 10.0 الی 25.0 یورو برای هر واحد مسکونی).



تصویر 13-7 سودآوری از خانه های انرژی منفعل [19]

مناسب ترین خانه ها در دراز مدت، خانه های انرژی منفعل و خانه های با مصرف انرژی پایین می باشند. کاهش در هزینه های سرمایه گذاری مربوط به خانه های انرژی منفعل، ارتباط به تکنولوژی ساده بهره برداری خانه دارد، در این مورد چگونگی مصرف انرژی آن کمتر از یک حد معین می گردد. در آینده می توان تصور کرد که کاهش قیمت سیستم های فعال برای کسب انرژی از منابع تجدید پذیر خواهد توانست رشد هزینه های سرمایه گذاری برای خانه های که مصرف انرژی آن تقریباً صفر است کاهش دهد.

از سوی دیگر این احتمال وجود دارد که قیمت انرژی افزایش خواهد یافت (هزینه های بهره برداری) و پس از سال 2020 میلادی، در ساختمان های که در کشورهای اتحادیه اروپا اعمار می گردند باید الزامات دستور العمل تعیین شده اتحادیه اروپا تحت نام 2010/31/EU تطبیق گردد[45].

در حال حاضر ساختمان های انرژی منفعل می توانند ساختمان های بازسازی شده هم باشد. اگر امکان آن وجود داشته باشد که عایق حرارت مورد ضرورت را اضافه نمود و کلکین ها را تبدیل کرد و سیستم تهویه بازیابی حرارت را نصب نمود. ممکن است که در باره این ساختمان گفت، که پارامترهای تخنیک حرارت آن قابل مقایسه با عالیترین ساختمان های جدید العمار خواهد بود. به صورت عموم ممکن نیست که تمام پل های حرارتی و یا دیگر نقاط ضعیف ساختارهای موجوده ساختمان بتوانند حذف گردند.

اگر نتوان پارامترهای خـــانه های انرژی منفعـل را به طـور کامل حاصـل نمود، اما بازسـازی ساختمان ها با "بهترین نوع" آن با محدودیت های اقتصادی معقول و منطقی انجام می گردد، *این امر می تواند به یک سیگنال مثبت برای کاهش چگونگی مصرف انرژی در ساختمان های موجود عنوان گردد.*

6- 7 طبقه بندی ساختمان های رهایشی از نظر مصرف انرژی

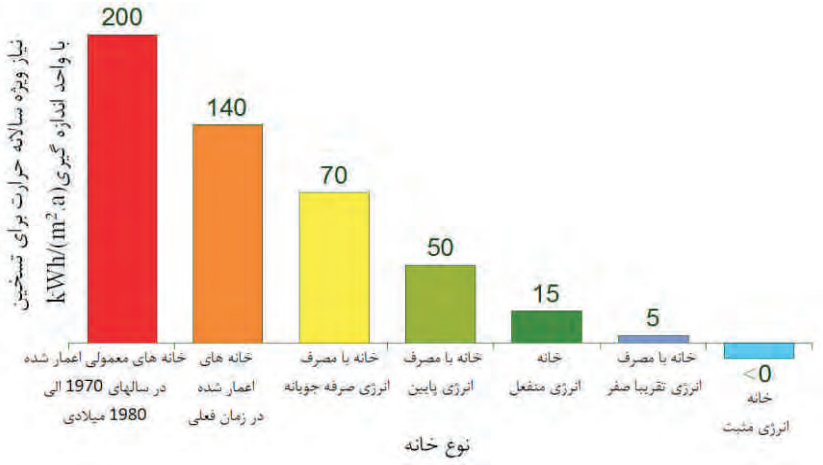
توسعه مداوم کنونی جامعه، با افزایش روز افزون هزینه های انرژی مشخص می شود. دستیابی به " اندازه مصرف معقول انرژی" از اهداف اساسی جامعه می باشد. از همین رو می باشد که الزامات برای خواص تخنیک حرارت ساختمان های رهایشی همواره در حال تغییر بوده و روز به روز دقیق تر و سخت تر می گردد.

ساختمان های رهایشی را می توان نظر به عرضه کلی انرژی نظر به جدول ذیل شامل کلاس بندی انرژیتکی نمود (جدول 1-7).

کلاس بندی انرژیتیکی	مشخصات چگونگی مصرف انرژی	نیاز ویژه حرارت برای تسخین خانه های رهایشی با واحد اندازه گیری ($kWh/(m^2.a)$)	نیاز ویژه حرارت برای تسخین بلاک های رهایشی با واحد اندازه گیری ($kWh/(m^2.a)$)
A	فوق العاده صرفه جویانه است	< 54	< 40
B	صرفه جویانه است	55 – 110	41 - 79
C	رضایت بخش است	111 – 165	80 - 119
D	رضایت بخش نیست	166 – 220	120 - 158
E	صرفه جویانه نیست	221 – 275	159 - 198
F	خیلی زیاد صرفه جویانه نیست	276 – 330	199 - 237
G	فوق العاده صرفه جویانه نیست	> 330	> 237

جدول 1-7 کلاس بندی انرژیکی ساختمان های رهایشی نظر به عرضه کلی انرژی

پارامتر تعیین کننده چون "مصرف انرژی" ساختمـــان، در حقیقت مصـرف انرژی آن بـــرای تسخین می باشد. در تصویر بعدی (تصـویر 14-7) مـا می توانیـم تقسیـم بنـدی ساختمـان هـای رهایشی (در مورد خانه های رهایشی) را با توجه به نیاز ویژه سالانه حرارت برای تسخین آن ها نگاه نماییم.



تصویر 14-7 نیاز ویژه سالانه حرارت (مصرف انرژی) برای تسخین خانه های رهایشی

تقسیم بندی خانه ها نظر به صرفه جویی در مصرف انرژی:

- خانه با مصرف انرژی صرفه جویانه ($50 - 70\ kWh/(m^2.a)$)،
- خانه با مصرف انرژی پایین ($15 - 50\ kWh/(m^2.a)$)،
- خانه انرژی منفعل ($5 - 15\ kWh/(m^2.a)$)،
- خانه با مصرف انرژی تقریباً صفر ($< 5\ kWh/(m^2.a)$)،
- خانه انرژی مثبت ($< 0\ kWh/(m^2.a)$).

حد اوسط مصرف انرژی برای تسخین خانه های رهایشی اعمار شده قبل از سال 1997 میلادی در کشور سلواکیا بین $165 - 200\ kWh/(m^2.a)$ می باشد.

فصل هشتم

ساختار های احاطوی بیرونی ساختمان

8 ساختار های احاطوی بیرونی ساختمان های رهایشی- مواد ساختمانی و ساختارها

ساختارهای احاطوی ساختمان شامل عناصر یکپارچه ساختمان می باشند، که محیط داخلی ساختمان را با شرایط و حالت مورد نیاز از محیط بیرونی ساختمان جدا می نمایند و آن را در برابر اثرات عوامل خارجی (خورشید/ گرما، یخبندی/ سرما، بارران و باد)، سر و صدا، ارتعاش، و همچنان در برابر نفوذ افراد بیگانه (حفاظت اموال شخصی) محافظت می نمایند.

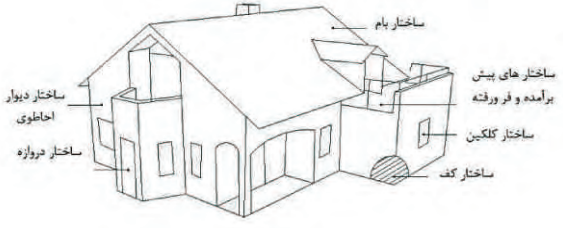
بهبود کیفیت مواد ساختمانی و ساختارها، به طور فزاینده نه تنها به تغییر ساختاری ترکیب مواد می انجامد بلکه بر کاهش وزن آن ها هم اثر می گذارد.

این روند همراه خود تغییرات قابل توجهی را در درک طراحی ساختارها و جزئیات آن ها به ویژه در ساحه ساختارهای احاطوی ساختمان به ارمغان می آورد.

کمبودی ها در طراحی ساختارهای احاطوی ساختمان در واقع نه تنها تأثیرات مختلف بر فرار حرارت از ساختمان دارند، بلکه بالای مصرف حرارت برای تسخین و تهویه ساختمان و همچنان ایجاد محیط زیست داخلی مناسب نیز تأثیر می گذارند. از این رو می توان گفت که بر حالت کلی تخنیکی ساختمان تأثیر گذار می باشند.

از نظر فرار حرارت در هنگام طراحی ساختمان های جدید، به طور عمده به این ساختارهای ساختمان باید توجه کافی و لازم صورت گیرد:

- دیوارهای بیرونی،
- کلکین ها و دروازه ها،
- ساختار بام،
- ساختارهای افقی سلب،
- ساختارهای عمودی،
- کف های اطاق ها.



تصویر 8-1 ساختمان رهایشی (خانه مسکونی) و ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان که در فرار کلی حرارت از ساختمان نقش دارند

تصویر قبلی (تصویر 1-8)، تمام ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان در خانه های رهایشی، که در فرار حرارت از ساختمان و همچنین نیاز کلی حرارت و مصرف انرژی برای تسخین ساختمان نقش دارند را نشان می دهد.

1-8 دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمان

دیوارهای احاطوی، به عنوان بخشی از ساختارهای احاطوی ساختمان، اسکچ (طراحی کلیات) اصلی و عمده مهندسی ساختمان را بوجود می آورد. با ساختارهای تکمیل کننده ساختمان در شکل گیری محیط داخلی ساختمان سهم داشته و ساختمان را در مقابل عوامل تأثیر گذار اقلیم بیرونی محافظت می نماید.

روند رشد دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمان، ارتباط نزدیک با کاهش و تنزیل وزن سطحی آن ها می داشته باشد. این البته با توسعه تدریجی و تغییر بنیادی مواد ساختمانی به خصوص با کاربرد مواد عایق حرارت با کارایی بالا مرتبط می باشد.

با توجه به وزن سطحی، دیوارهای احاطوی ساختمان را به سه گروه ذیل تقسیم بندی می نماییم:

- با وزن سطحی بزرگ $m_s \geq 500\ kg/m^2$ (سنگ، خشت، بلوکه)،
- با وزن سطحی متوسط $100 < m_s < 500\ kg/m^2$ (ساختار که قابل باز و بسته می باشد و بخش باربر آن از آهن کانکریت می باشد)،
- با وزن سطحی کم $m_s < 100\ kg/m^2$ (بر اساس چوب و پی وی سی فلز می باشد).

با توجه به نوع مواد و تکنولوژی تولید آن، می توان دیوارهای بیرونی ساختمان را چنین تقسیم نمود:

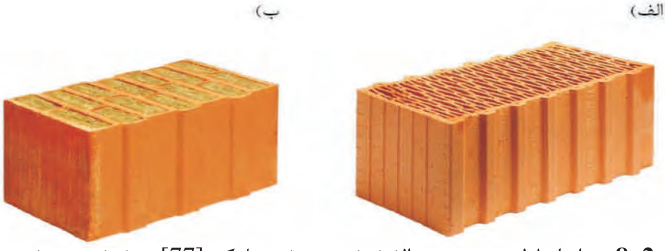
- ساخته شده از سنگ، تولیدات سرامیکی، بلوکه بر اساس کانکریت سبک شده، ساختار لایه ای،
- کانکریت ریخت شده، آهن کانکریتی،
- پیش ساخته شده کانکریتی، آهن کانکریتی، سرامیکی، فلزی، چوبی، پلاستیکی،
- مرکب از نظر تکنولوژیکی و مواد.

دیوار خشتی از مواد طبیعی ساخته شده است و از رایج ترین دیوارهای به اصطلاح، "کلاسیک" ساختمان می باشد. توسط اتصال خشت پخته با ملات ریگ و سمنت و یا لایه نازک از

ملات که دارای خواص عایق حرارت می باشد و یا هم با ملات فوم دار در تماس با ستون ها و دیوارهای دیگر بوجود می آید.

در تصویر بعدی (تصویر 2-8- الف)، می توان خشت پخته بلوکه کلاسیک را مشاهده کرد. در تصویر (تصویر 2-8- ب)، می توان خشت پخته بلوکه را که با عایق حرارت پشم شیشه پر گردیده است، مشاهده کرد.

دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمان که متشکل از این نوع خشت ها می باشند، به صورت عموم نیاز به عایق حرارت اضافی در سطح بیرونی خود ندارند (راه حل مناسب برای اعمار ساختمان های با مصرف انرژی کم و ساخت و ساز ساختمان های انرژی منفعل).



تصویر 2-8 دیوار احاطوی بیرونی: الف) خشت پخته بلوکه [77]، ب) خشت پخته بلوکه که با عایق حرارت پشم شیشه پر گردیده است [76]

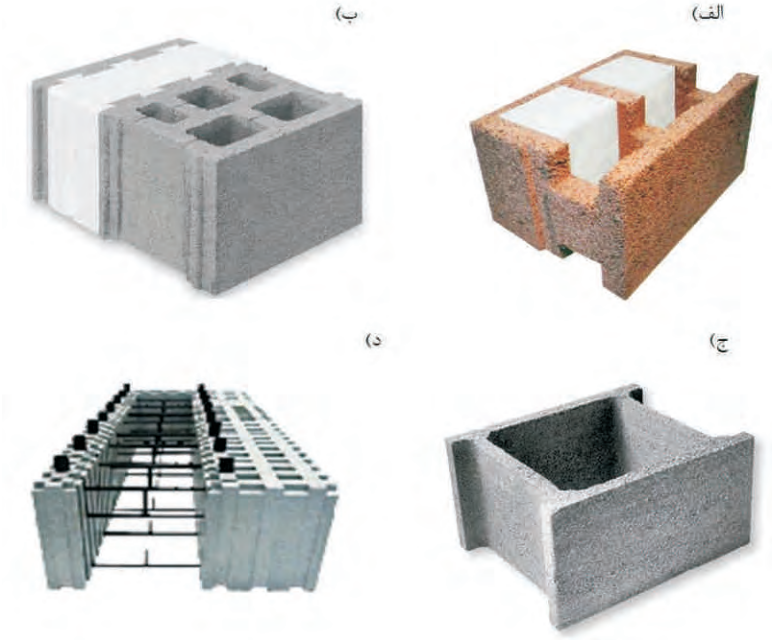
بلوکه های کانکریتی سبک شده و سیلیکات کلسیم متخلخل (تصویر 3-8)، اغلب برای اعمار ساختمان های با مصرف انرژی کم و ساخت و ساز ساختمان های انرژی منفعل (بدون اضافه نمودن عایق حرارت در ترکیب دیوارهای احاطوی بیرونی) استفاده می گردند.

در بین مزایای آن ها، تنوع در شکل و اعمار نسبتاً سریع شامل می باشد. از طـــریق یک لایه نازک از ملات به یکدیگر متصل می شوند. نقص قابل توجه آن ها، جذب آب می باشد.

تصویر 3-8 دیوار احاطوی بیرونی از بلوکه های کانکریتی سبک شده: الف) بلوکه کانکریتی سبک شده [81]، ب) بلوکه سیلیکات کلسیم متخلخل[82]

یکی از گروه های خاص در این بخش، سیستم های به اصطلاح "قالب بندی شده" می باشد. این سیستم ها عناصر ذیل را شامل می شوند: بلوکه های که از سمنت و بوره اره ساخته شده که در داخل آن ها عایق حرارت قرار دارد (تصویر 4-8-الف)، بلوک های مرتعش شده و فشرده شده متشکل از لیاپور کانکریت که در داخل آن عایق حرارت پالسترین قرار دارد (تصویر 4-8- ب)، بلوکه پالسترینی (تصویر 4-8- ج)، بلوکه سمنتی (تصویر 4-8- د) که از آن مجمع قالب بندی در ارتفاع یک طبقه بوجود می آید .

این مجمع بعدا با توجه به محاسبات استاتیکی با سیخ گول تکمیل می گردد و در آن کانکریت ریخت می شود.



تصویر 4-8 دیوار احاطوی بیرونی از بلوکه های قالب بندی شده: الف) بلوکه سمنت و بوره اره [106]، ب) بلوک های لیاپور کانکریت [80]، ج) بلوکه پالسترینی [79]، د) بلوکه سمنتی[78]

چوب به عنوان مواد ساختمانی متعلق به اصطلاح مواد سنتی، می باشد که اغلب در گذشته ها در اعمار ساختمان ها از آن به شکل چوب گرد استفاده می شد (تصویر 4-8-الف).

ساختمان های کنونی مبتنی بر چوب، روند مدرن را از اعمار ساختمان های با مصرف انرژی کم و ساخت و ساز ساختمان های انرژی منفعل ارائه می نماید. به شکل ساختمان های چوبی متشکل از ساختار های پانیلی مانند SIPs - structural insulated panels (تصویر 5-8- ب) یا هم به شکل ساختار تخته ای (تصویر 6-8- الف/ب) اعمار می گردند.

هستـــــه ســاختارهای پانیـــــلی SIPs از پالســـترین بــوده کــه از دو طــرف آن تختــه SB(oriented strand board) چسپانده شده است. عناصر عمودی ساختارهای تخته ای اغلـب از چوب ماسیو (سخت) ساخته شده است. البته امکان تعویض آن هم وجود دارد، بشکل کـه ترکیـب بیم های فلزی I بشکل افقی و تخته های OSB بشکل عمودی جایگزین آن گردد.

به طور کلی، سیستم های که به طور گسترده استفاده می شوند آن های می باشند که در آن تخته های OSB در طرف بیرون ساختمان قرار داشته و فضای بین تخته ها، با عایق حرارت پر گردیده و با فویل مانع نفوذ بخار پوشش داده شده است. از طرف داخل، تخته چوب های اصلاح شده تزیئنی به کمک میله های چوبی بروی آن قرار می گیرد.

تصویر 5-8 دیوار احاطوی بیرونی از چوب: الف) دیوار احاطوی از چوب گرد [83]، ب) دیوار احاطوی ساختمان چوبی متشکل از ساختار چوبی [86]

الف)

- رنگ داخل،
- تخته گچ کاغذ،
- فقره چوبی+ فاصله میان خالی هوا،
- تخته چوبی OSB که مفاصل آن پرکاری شده است،
- ساختار چوکات چوبی + عایق حرارت،
- فقره چوبی پیش برآمده + عایق حرارت،
- تخته چوبی یک بافت روی کار،
- لایه متشکل از چسپ + جال شیشه ای،
- پلاستر روی کار.

ب)

- رنگ داخل،
- تخته گچ کاغذ،
- فقره چوبی + فاصله میان خالی هوا،
- تخته چوبی OSB که مفاصل آن پرکاری شده است،
- ساختار چوکات چوبی + عایق حرارت،
- تخته DHF (تخته چوبی یک بافت که دارای منفذ های باز می باشد،)
- چسب برای تخته های DHF ،
- عایق های معدنی روی کار ساختمان،
- لایه متشکل از چسپ + جال شیشه ای،
- پلاستر روی کار.

تصویر 6-8 دیوار احاطوی بیرونی از چوب: الف) دیوار احاطوی ساختمان چوبی متشکل از ساختارهای تخته ای (ترکیب، برای اعمار ساختمان های با مصرف انرژی پایین) [84]، ب) دیوار احاطوی ساختمان چوبی متشکل از ساختار های تخته ای (ترکیب برای اعمار ساختمان های با انرژی منفعل) [85]

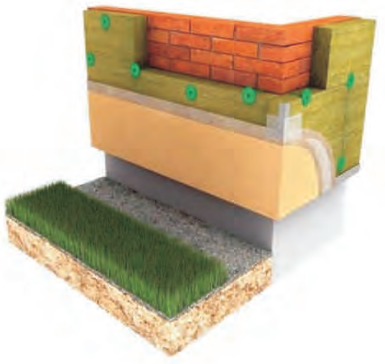
8-1-1 سیستم های عایق حرارت

انتخاب مناسب و اجراء خوب سیستم عایق حرارت، مانع نشأت حرارت از داخل ساختمان به محیط اطراف گردیده و در نتیجه فرار حرارت را حذف می نماید (بشکل مطلوب بر مصرف انرژی و نیاز حرارت ساختمان اثر می گذارد.).

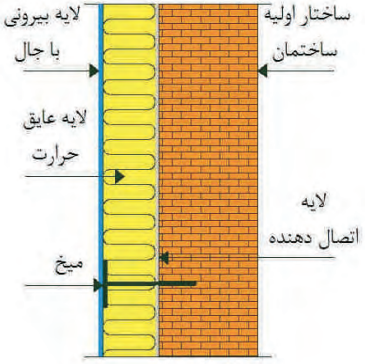
از نظر طرز اجراء این شیوه ها از هم تمیز می گردند:

- **سیستم های تماس دار عایق حرارت** - تماس سطحی دقیق قطعات تعیین شده که بوسیله چسپ و کوبیدن میخانیکی به هم متصل می گردند (تصویر 7-8)،
- **سیستم های عایق حرارت که دارای لایه تبادل هوا می باشند** - ساختارهای نصب شده آویزان اضافی در طرف بیرونی ساختمان بوده که لایه سطحی بیرونی آن توسط لایه تبادل هوا از لایه های دیگر،به ویژه از لایه عایق حرارت از هم جدا شده است(تصویر8-8)،
- **سیستم های عایق حرارت پلاستری**- با استفاده از کشیده شدن پلاستر مخصوص که دارای خواص بهتر عایق حرارت در مقایسه با پلاسترهای معمولی اند بروی سطح بیرون اجراء می شود.

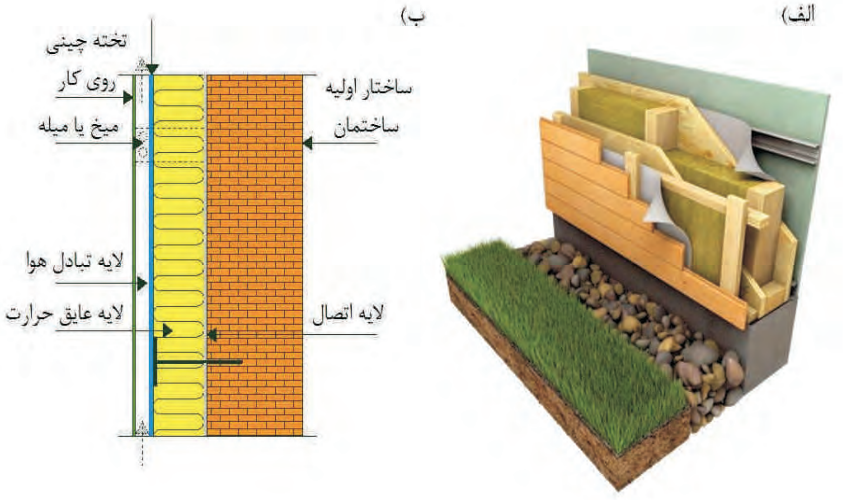
الف)



ب)



تصویر 7-8 الف) سیستم های تماس دار عایق حرارت[87]، ب) نمای قطع عمودی سیستم تماس دار عایق حرارت [88]



تصویر 8-8 الف) سیستم عایق حرارت با لایه تبادل هوا ساختمان چوبی [87] ، ب) نمای قطع عمودی سیستم عایق حرارت با لایه تبادل هوا ساختمان خشتی [88]

از نقطه نظر استفاده مواد، ما سیستم های عایق حرارت ذیل را از هم تمیز می دهیم:

- پالسترین،
- پشم های معدنی(پشم سنگ، پشم شیشه)،
- فوم پلی اورتان،
- پشم گوسفند،
- فرش از کنف / کتان،
- الیاف سلولوز،
- کاه.

نظر به جابجای، سیستم های عایق حرارت ذیل را تمیز می دهیم:

- عایق حرارت بیرونی،
- عایق حرارت داخلی.

8-2 کلکین و دروازه

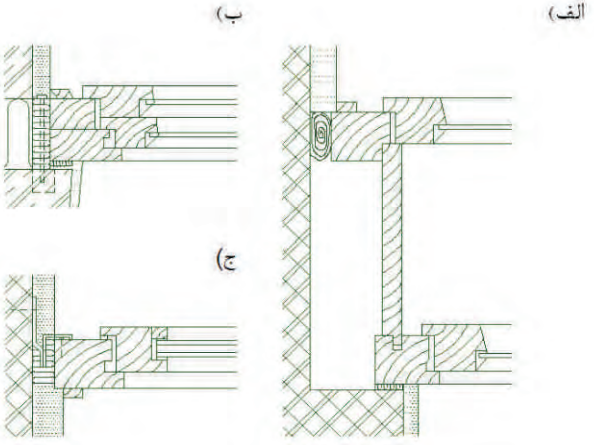
وظیفه اصلی کلکین های عبارت اند از:

تأمین روشنایی طبیعی روز و تابش شعاع خورشید (اینسولیشن فضای داخلی توسط تابش مستقیم شعاع خورشید) برای محیط داخل ساختمان، تهویه طبیعی ساختمان، ارتباط دادن داخل ساختمان با بیرون ساختمان و امکان فرار در صورت بوجود آمدن حریق.

از نظر تخنیک حرارت ساختمان، ساختارهای کلکین (در ترکیب بندی خود) ساختارهای ناهمگون را با توجه به خواص تخنیک حرارت متفاوت چوکات، پله، شیشه و نوع مواد که در میان دو شیشه پر می شوند، نشان می دهند. این ساختارها حداقل توانایی جذب حرارت را تبارز می-دهند (تقریباً بلافاصله، به تغییرات اقلیمی بیرونی واکنش نشان می دهند).

تقسیم بندی کلکین ها نظر به نوع ساختاری آن قرار ذیل است (تصویر 8-8):

- ساده (با یک شیشه، با دو شیشه عایق شده و یا با سه شیشه عایق شده)،
- دو جداره (با دو شیشه، با سه شیشه، با دو شیشه عایق شده در طرف داخل، یا با اضافه شدن شیشه سوم)،
- دو چوکاته (با دو شیشه، مرکب از یک شیشه ساده با دو شیشه عایق شده و غیره).

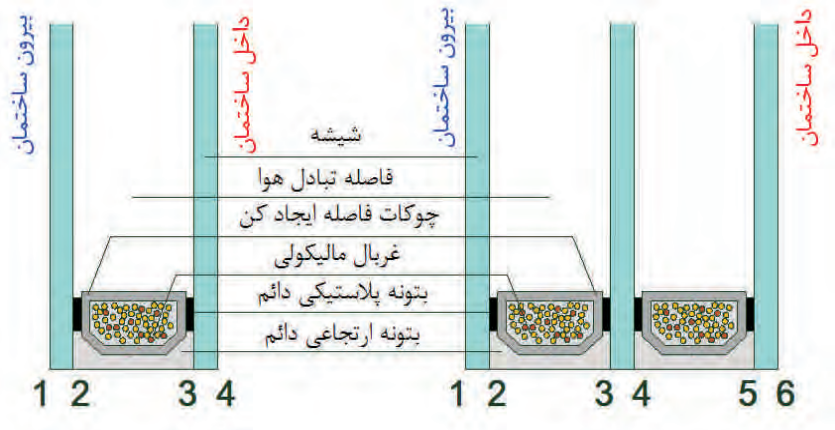


تصویر 9-8 ساختار های کلکین: الف) کلکین دو چوکاته، ب) کلکین دو جداره، ج) کلکین ساده با دو شیشه [25]

روند شیشه بندی در سال های اخیر، اغلب دو شیشه ای بوده ولی در زمان حاضر با توجه به اقدامات صرفه جویانه و کارایی انرژی ساختمان، شیشه بندی سه شیشه ای نظر به خواص بهتر تخنیک حرارت آن گامی بسوی جلو گذاشته است.

برای کاهش انتقال حرارت، پر کردن حفره بین شیشه ها از گاز های نجیبه (آرگون، کریپتون، نیون) استفاده به عمل می آید. در لبه شیشه بندی، چوکات فاصله ایجاد کن (تصویر 8-10) که در بتونه جابجا شده است از فرار گاز از حفره ها جلوگیری می نماید. در داخل آن یک غربال مالیکولی موجود است که در صورت ایجاد تراکم بخار، آن را جذب می نماید (این تراکم ممکن است که در حفره ایجاد گردد).

ماده ای که برای ساخت چوکات فاصله ایجاد کن استفاده می گردد، اغلب از فلزات (فولاد ضد زنگ، نیکل) یا پلاستیک های استحکام داده شده با نخ های شیشه و یا فلزی می باشد.



تصویر 10-8 سیستم شیشه بندی کلکین ها [103]

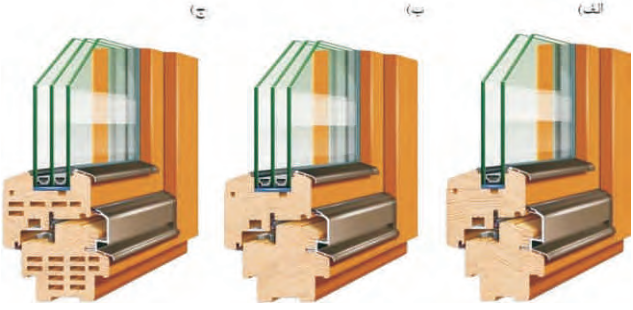
پروفایل های فلزی فاصله ایجاد کن باعث کاهش درجه حرارت در نقاط تماس می گردند (تراکم بخار سطحی در نزدیکی لبه شیشه بندی رخ می دهد).

برای حذف تراکم سطحی بخار آب بر روی لبه شیشه بندی عایق شده (حذف پل های حرارتی میکرو)، توصیه می گردد که از پروفایل های فاصله ایجاد کن "لبه گرم" که دارای ضریب هدایت حرارتی نهایت پایین در مقایسه با پروفایل های فلزی اند استفاده گردد.

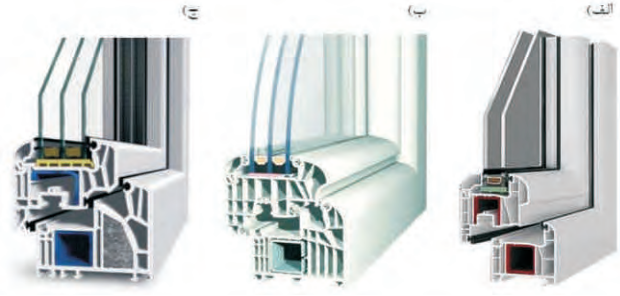
این چوکات ها از پلاستیک های استحکام داده شده با نخ های شیشه و یا فیته های فلزی تهیه می گردند.

تقسیم بندی کلکین ها بر اساس مواد چوکات و پله های کلکین:

- چوبی (تصویر 11-8)،
- پی وی سی (تصویر 12-8)،
- فلزی/ آلومینیومی (تصویر 13-8)،
- کامپوزیتی یا چوبی که از طرف بیرون با پی وی سی پوش شده است (تصویر 14-8)،
- ترکیبی (تصویر 15-8).



تصویر 11-8 کلکین های چوبی: الف) با دو شیشه عایق شده، ب) با سه شیشه عایق شده، ج) با سه شیشه عایق شده و حفره های تراش داده شده که در آن هوا وجود دارد (برای اعمار ساختمان های انرژی منفعل مطلوب می باشد) [92]



تصویر 12-8 کلکین های پی وی سی: الف) پینج جداره با دو شیشه عایق شده [95]، ب) هشت جداره با سه شیشه عایق شده [96]، ج) شش جداره با سه شیشه عایق شده و با یک جدار که در آن عایق حرارت جابجا شده است [97]

تصویر 13-8 کلکین های المونیمی: الف) با سه شیشه عایق شده، ب) با سه شیشه عایق شده و با عایق حرارت جابجا شده در چوکات کلکین [98]

تصویر 14-8 کلکین های کامپوزیتی: الف) با سه شیشه عایق شده [93]، ب) با سه شیشه عایق شده و با عایق حرارت جابجا شده در چوکات کلکین و در پله کلکین [94]

تصویر 15-8 کلکین های مرکب: الف) با سه شیشه عایق شده و با ترکیب از چوب/ المونیم با عایق حرارت [99]، ب) با سه شیشه عایق شده و با ترکیب از پی وی سی/ المونیم با عایق حرارت [100]، ج) با سه شیشه عایق شده و با اختلاط پله که دارای عنصر سایه افگن می باشد[101]

تقسیم بندی بالا برای دروازه ها هم صدق می کند، تفاوت تنها در تناسب فیصدی سهم سطوح

طعات شفاف و سطوح قطعات غیر شفاف در ساختار پله دروازه و نوع قفل دروازه می باشد.

8-3 ساختارهای کف

ساختار کف به اصطلاح " قسمت بالایی" ساختارهای تقسیم کننده افقی را تشکیل می دهد. البته بصورت عموم ساختارهای چندین لایه ای را ایجاد می نماید.

لایه های اساسی در ساختار کف را می توان از هم بشکل ذیل تمیز داد:

- لایه سطحی بالایی که در تماس با پا قرار دارد،
- لایه گسترش،
- لایه عایق (عایق حرارت / عایق صدا)،
- لایه ضد آب.

از نظر تخنیک حرارت، ساختارهای کف را می توان بشکل ذیل تقسیم بندی نمود[27]:

- ساختار های کف بالای زمین طبیعی،
- ساختار های کف بالای سطح زمین زیر زمینی ها،
- ساختار کف که در بیرون ساختمان قرار دارند و در تماس با محیط بیرونی می باشند (رمپ ها، تراس ها و غیره)،
- ساختار های کف که در بیرون ساختمان قرار دارند و بدون تماس با محیط بیرونی می باشند (سلب و غیره).

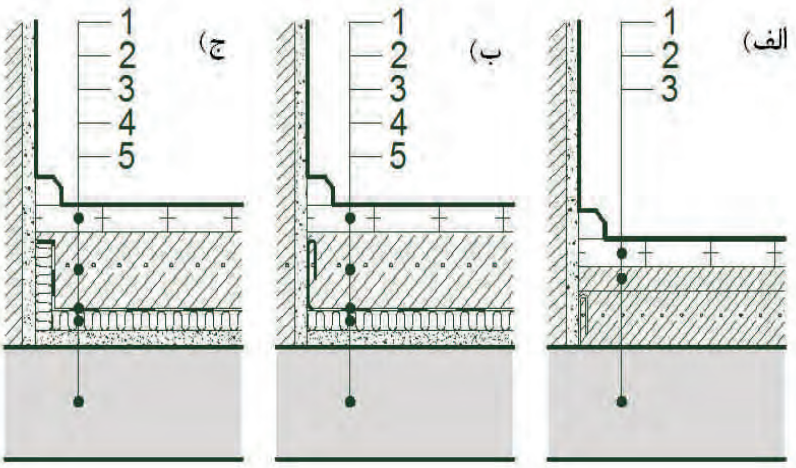
نظر به نوع مواد لایه سطحی بالایی که در تماس با پا قرار دارد، ساختار کف را چنین تقسیم بندی می نماییم:

- چوبی،
- سرامیکی،
- پوشش آن با (پی وی سی، لینولیوم، رابر، قالین و غیره)،
- سمنتی (ساخته شده توسط ریخت، کوبیده شده، سخت شده توسط غلطک، یا هم صاف شده توسط دست).

نظر به ترکیب ساختاری (تصویر 16-8)، ساختارهای کف را به شکل ذیل تقسیم بندی می-نماییم:

- جامد و سخت،

- شناور سبک،
- شناور سنگین.



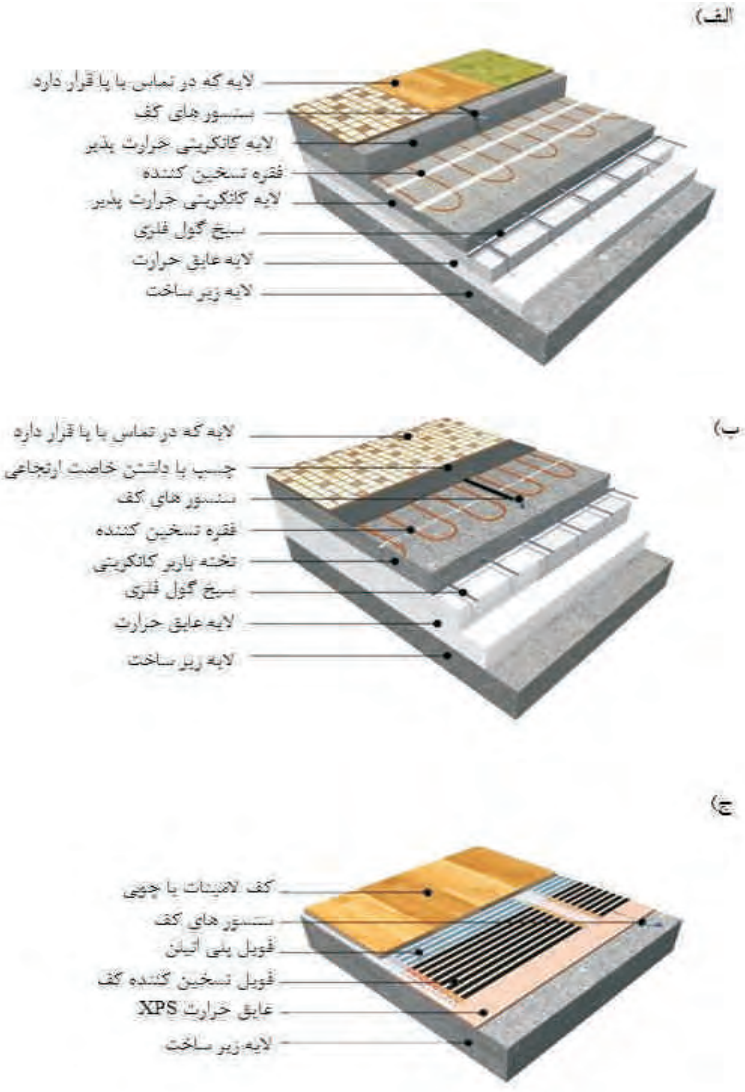
- لایه تماس
- زیر ساخت سخت
- ساختار سلب.

- لایه تماس
- زیر ساخت سخت
- حفاظت از زیر ساخت ارتجاعی
- زیر ساخت ارتجاعی
- ساختار سلب.

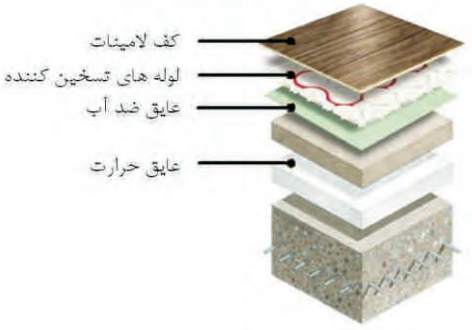
- لایه تماس
- زیر ساخت سخت
- حفاظت از زیر ساخت ارتجاعی
- زیر ساخت ارتجاعی
- ساختار سلب.

تصویر 16-8 پرنسیپ ترکیب ساختار کف: الف) جامد و سخت، ب) شناور سبک، ج) شناور سنگین [11]

یکی از گروه های ویژه ساختار کف را "ساختارهای کف تسخین شده" تشکیل می دهد. نظر به نوع تجهیزات تسخین، تجهیزات برقی تسخین کف (تصویر 17-8) و تجهیزات آب گرم کن تسخین کف (تصویر 18-8) را از هم تمیز می دهیم.



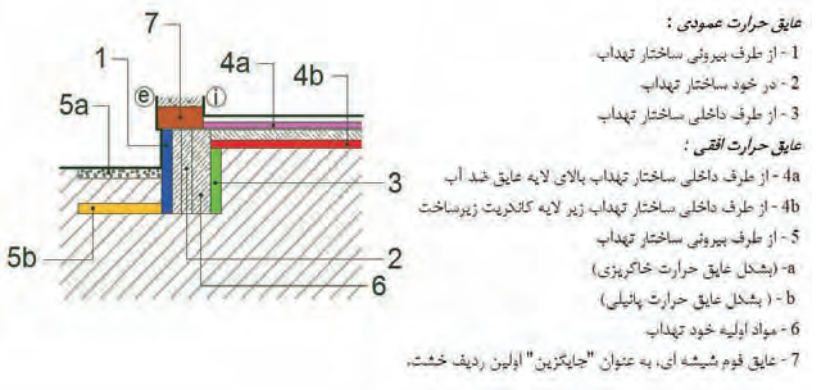
تصویر 17-8 ترکیب ساختار کف با سیستم تسخین برقی کف: الف) تسخین کف حرارت پذیر با استفاده از فقره های تسخین [102]، ب) تسخین مستقیم کف با استفاده از کابل های تسخین کننده [102]، ج) تسخین کف با استفاده از فویل تسخین کننده [105]



تصویر 18-8 ترکیب ساختار کف با سیستم تسخین کف که آب گرم در لوله ها می باشد[107]

محل اتصال ساختارهای کف با سایر ساختارها "بسیار حساس" بوده و اغلب از نظر ایجاد پل حرارتی بسیار آسیب پذیر می باشد. اتصال دیوار احاطوی بیرونی با ساختار کف و اتصال ساختار تهداب با خاک زیر کف (ساختار کف که بروی زمین طبیعی اعمار گردیده است).

تصویر زیر نشان دهنده امکانات و شیوه های مؤثر گذاشتن عایق حرارت در جزئیات زیر ساختار ساختمان می باشد (تصویر 19-8).



تصویر 19-8 امکان قرار دادن عایق حرارت در جزئیات زیر ساختار ساختمان (ساختمان اعمار شده بروی زمین طبیعی)

انتخاب عایق حرارت و همچنین ترکیب نمودن آن، در درجه اول بستگی به خواص خاک زیر تهداب دارد. خاک متشکل از یک سیستم سه فاز بوده که از اجزأ ذیل ترکیب شده است:

قطعات محکم، منافذ پر از آب، منافذ پر از هوا. در هنگام کاهش درجه حـــــرارت زیر نقطـه انجمـاد (0 °C) آب که در منافذ یا خلأ ها قرار دارد به فاز جامد- یخ متبلور می گردد.

در هنگام ایجاد ساختار بلوری، آب حجم خود را در حدود 9 % بزرگ می سازد و به محیط اطراف خود فشار وارد می کند [4] .

خاک انجماد شده یا یخ زده (عمق انجماد زیر خاک/ عمق تهداب گذاری ساختمان) می تواند اختلال استاتیکی جدی را بوجود آورد و حتی منجر به انهدام ساختار هم گردد.

8-4 ساختار بام

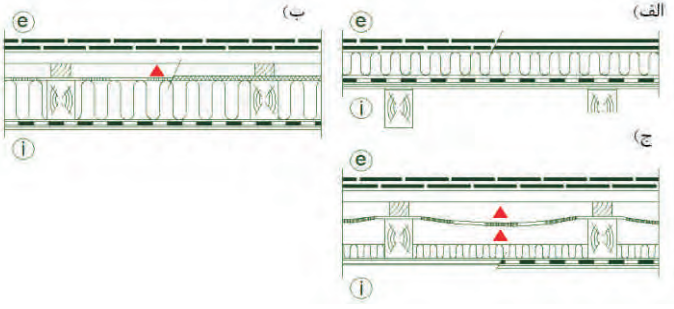
سقف تنها یک بخش از "مجتمع ساختار احاطوی ساختمان" می باشد. معمولاً بالای آخرین طبقه ساختمان قرار دارد و در ایجاد محیط فیزیکی مصنوعی نقش دارد و این نقش به گونه ای است که ساختمان را در مقابل تأثیرات کمپلکس اقلیم بیرونی (به خصوص باد، برف و باران) محافظت می نماید.

از نظر موقعیت و همواری، ساختارهای بام را بشکل ذیل تقسیم بندی می نماییم:

مسطح- شیب($0° < \alpha \leq 10°$)، مایل- شیب($10° < \alpha = 45°$)، شیب تند- شیب ($\alpha > 45°$)

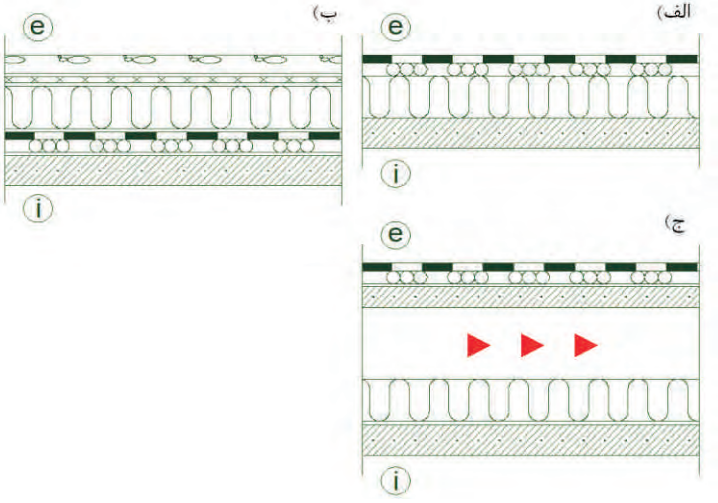
با توجه به طرز اعمار، ساختار احاطوی بام را می توان به طور ذیل تقسیم بندی نمود: یک پوششه، دو پوششه، چندین پوششه (تصویر 21-8).

نظر به نوع استفاده روی پوش، ساختارهای بام را می توان به طـور ذیـل از هـم تمیـز نمود: روی پوش چیدنی، روی پوش های رولی (روی پوش های که به شکل رول بوده و بالای بام آن را باز نموده، نصب می نماییم) و ترکیب هر دو.



تصویر 20-8 نمونه های از ساختارهای بام مایل(نظر به تیپ و تعداد پوشش ها) [57]:

الف) بام یک پوششه مایل با لایه عایق حرارت بالای شَده های بام و لایه نفوذ پذیر بخار در سطح داخلی بام، ب) بام دو پوششه مایل با لایه عایق حرارت بالای تمام ارتفاع شَده های بام در پوشش تحتانی، با لایه نفوذ پذیر بخار در سطح داخلی بام، با لایه تضمینی ضد آب که به طور مؤثر نفوذ بخار آب را به سطح پوشش تحتانی و روی پوش چیدنی در پوشش فوقانی با لایه تبادل هوا امکان پذیر می سازد، ج) بام سه پوششه مایل با لایه عایق حرارت در بین شَده های بام و لایه نفوذ پذیر بخار در پوشش تحتانی (در گونه های مختلف)، با لایه تضمینی ضد آب که به طور مؤثر نفوذ بخار آب را به پوشش میانی و روی پوش چیدنی در پوش فوقانی با هر دولایه تبادل هوا امکان پذیر می سازد.



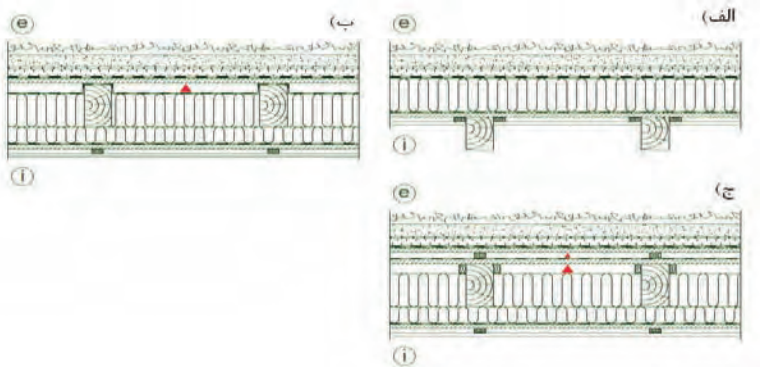
تصویر 21-8 نمونه های از ساختارهای بام هموار(نظر به تیپ و تعداد پوشش ها):
الف) بام یک پوششه با لایه عایق حرارت (به اصطلاح ساده)، ب) بام یک پوششه با جهت معکوس ترکیب دادن لایه ها، ج) بام دو پوششه با لایه عایق حرارت در پوشش تحتانی (به اصطلاح ساده) [57].

یک گروه جداگانه و خاص ساختارهای بام، به اصطلاح بام های سبز می باشد (تصویر 22-8). که بام های سبز گیاهی مواد آلاینده را از هوا جذب می نمایند، ذرات گرد و غبار هوا را فیلتر نموده و مانع تلاطم آن می گردند، اکسیژن تولید و هم زمان کاربن دای اکسیاید را مهار می- نمایند. در

کتاب های مسلکی اغلب ذکر به عمل می آید که یک ساحه با مساحت $1,4\ m^2$ با پوشش گیاهی می تواند مقدار اکسیژن مورد ضرورت یک بزرگسال را تولید نماید[37].

ساختارهای بام که با یک لایه پوشش گیاهی (لایه هوموس از پوشش گیاهی) آراسته می باشند، پارامترهای کیفیت محیط مصنوعی ساختمان از جمله آرامـــش داخلی آن را بالا برده و بهبـود می بخشند.

همچنین شاخص های کیفی خود ساختار بام را در مقایسه با ساختار بام بدون پوشش گیاهی افزایش می دهند [37].



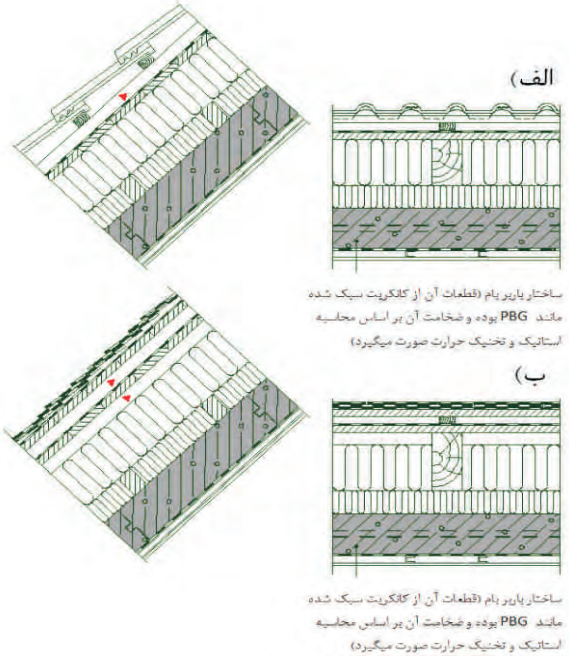
تصویر 22-8 نمونه های از ساختارهای بام مایل گیاهی (نظر به تیپ و تعداد):

الف) بام یک پوششه مایل گیاهی که ساختار باربر آن را تخته بندی چوبی تشکیل داده است، و لایه عایق حرارت و طبقات گیاهی آن بالای بام قرار دارند، ب) بام دو پوششه مایل گیاهی با داشتن لایه تبادل هوا که ساختار باربر آن را تخته بندی چوبی تشکیل می دهد، با قرار داشتن لایه عایق حرارت در بین شَده های بام و در زیر شَده های بام و قرار داشتن طبقات گیاهی بالای تخته بندی و روی پوش و همچنان بالای لایه محافظ که از رشد بیش از حد ریشه ها جلو گیری می کند، ج) بام سه پوششه مایل گیاهی با داشتن لایه تبادل هوا که ساختار باربر آن را تخته بندی چوبی تشکیل می دهد، با قرار داشتن لایه عایق حرارت آن در بین شَده های بام و در زیر شَده های بام و قرار داشتن طبقات گیاهی بالای تخته بندی و روی پوش و همچنان بالای لایه محافظ که از رشد بیش از حد ریشه ها جلوگیری می کند[37].

توسعه مواد جدید، با سرعت پیشرفت زیاد، در بخش طراحی ساختارهای بام هم ثابت نمانده است.

در این آواخر در مورد مواد جدید "چند منظوره" (تصویر 8-23) معلومات زیاد ارائه می گردد. و این مواد عبارتند از:

موادی که از مواد خام تفکیکی استفاده شده و یا هم مواد خام که بی ضرر به محیط زیست می باشند (با مزایای غیر قابل اغماض اقلیمی برای کل ساختمان)، مانند مواد طبقات بخش های بام مایل سبز گیاهی [36].



تصویر 23-8 نمونه های مدرن ساختارهای بام مایل با استفاده از مواد پیشرفته و با تأکید بر اقدامات صرفه جویانه مصرف انرژی (نظر به تیپ و تعداد پوشش ها):

الف) ترکیب بام دو پوششه مایل و شیب دار تند با روی پوش شیروانی، با قطع در جهت شیب بام و عمود بر شیب بام، ب) ترکیب بام سه پوششه مایل و شیب دار تند با روی پوش از اسفالت شیندل، با قطع در جهت شیب بام و عمود بر شیب بام.

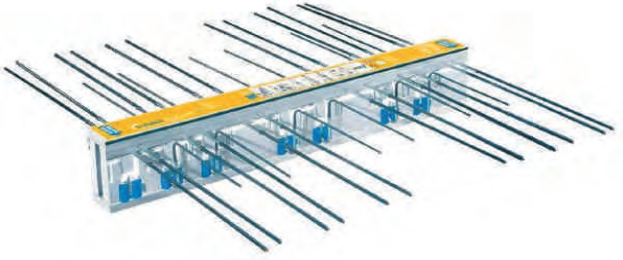
نوت: مثال های ارائه شده، ترکیب ساختار بام با استفاده از PBG (فوم کانکریت- کانکریت سبک) از نظر انتخاب مواد ساختمانی در یک سطح عمومی بدون ارائه اندازه ها و انتخاب دقیق هر یک از مواد مختلف طراحی شده است.

8-5 ساختارهای فرورفته و پیش برآمده

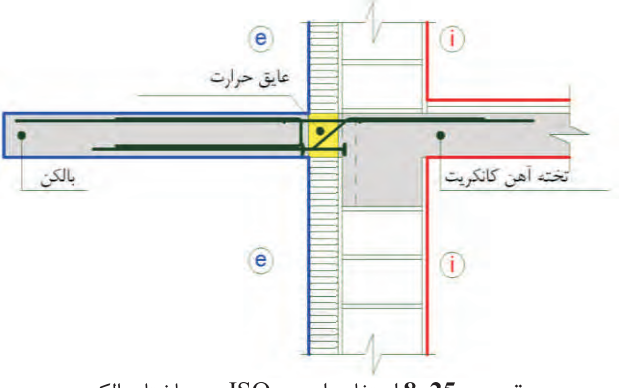
به طور کلی در انتخاب و طراحی ساختمان ها ترجیح داده شود که سطوح ساختار های احاطوی بیرونی ساختمان کمتر عضو بندی و یا بخش بندی شوند و به همان پیمانه با دقت از رابطه عایق حرارت و نفوذ پزیری هوا باید اطمینان حاصل شود.

گروه مهم به اصطلاح "پل های حرارتی بالقوه" اغلب در اثر اتصال کلکین و دروازه به دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمان بوجود می آیند. چگونگی راه حل برای این مشکل، در فصل ششم به طور مفصل شرح داده شده است (فصل 1-3-6).

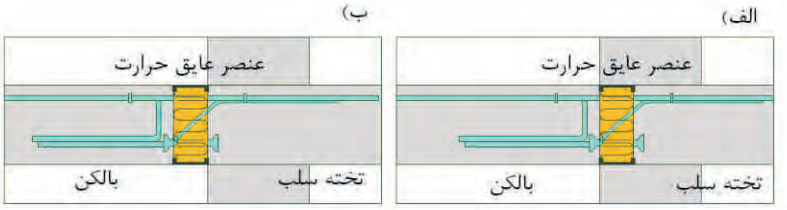
یکی از ساحات معمول ایجاد پل های حرارتی، اتصال نادرست بالکن، تراس، پیک بالای کلکین و دروازه، پیک بام و یا هم دیوار لبه پشت بام می باشد. قطع قابلیت نامطلوب هدایت حرارت ساختار آهن کانکریتی که به شکل تخته کانزولی می باشد را می توان توسط استفاده از ساختارهای خاص به نام "بیم های ISO" فراهم نمود (تصویر 24-8 الی 25-8).



تصویر 24-8 استفاده از بیم ISO در ساختار بالکن [108]



تصویر 25-8 استفاده از بیم ISO در ساختار بالکن



تصویر 26-8 امکان جابجایی بیم ISO در ساختار بالکن (بدون الزامات مقاومت در برابر آتش):
الف)تطبیق در حالت فرو رفتگی، ب) در حالت پیش برآمده گی [104]

یکی از بخش های دیگر نسبتا شایع برای تشکیل پل های حرارتی، اتصال دیوار احاطوی ساختمان با ساختار بام هموار و بام مایل می باشد. راه حل های این مشکل، در فصل ششم به طور مفصل شرح داده شده است (فصل 1-3-6).

فصل نهم

اندازه گیری پارامترهای فیزیکی در افغانستان

9 اندازه گیری های آزمایشی پارامترهای فیزیکی انتخاب شده در افغانستان

9-1 دلایل اجرای اندازه گیری های آزمایشی

از دلایلی که فصل پایانی این کتاب در مورد تأثیر استفاده از سیستم های عایق حرارت (**EPS**) بر اقلیم محیط زیست داخلی منازل رهایشی در شرایط دشوار آب و هوای بیرونی تمرکز می یابد، می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- در حال حاضر تیوری قابل اعتبار می باشد، که بر اساس آن "پاکترین و ارزانترین انرژی عبارت از انرژی است که هرگز ضرورت به تولید آن نباشد". روند کنونی در زمینه حفاظت حرارتی ساختمان عبارت از آن نوع طراحی ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان می باشد که بتواند به شکل مطلوب حالت حرارتی هوای محیط داخل ساختمان را تحت تأثیر قرار دهد و در دراز مدت با هدف کاهش مصرف کلی انرژی ساختمان همراه باشد،
- ساختمان های که برای رهایش افراد مورد استفاده قرار می گیرند، با در نظر داشت مصرف حرارتی که برای تسخین و یا برای سرد ساختن آن تخصیص می یابد به طور قابل توجهی سهم بزرگی در ارتباط با تعادل انرژی کلی کشور مورد بررسی می داشته باشند. فرار حرارت از طریق دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمان در حدود % 25,0 الی % 35,0 از مجموع کل فرار حرارت از طریق ساختارهای احاطوی ساختمان را به خود اختصاص می دهد (این وابسته به تناسب سطوح سرد کننده هر یک از ساختارهای ساختمان می باشد)،

به همین دلیل ضروری است که ساختمان های جدید و ساختمان های بازسازی شده برای کاهش بلند مدت مصرف انرژی نقش داشته باشند و آن هم از طریق کاهش مستقیم فرار حرارت از ساختمان و جذب و بدست آوردن حرارت ناخواسته از بیرون ساختمان امکان پذیر است (این وابسته به خواص عایق حرارت ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان با در نظر داشت شرایط آب و هوایی کشور مذبور می باشد)،

- با توجه به تأثیر مستقیم خواص عایق حرارت ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان در فرار حرارت و جذب حرارت و رژیم حرارتی ساختمان، لازم خواهد بود که به بررسی انتقال حرارت از طریق ساختار احاطوی بیرونی ساختمان پرداخته شود. این ارزیابی می تواند باعث ایجاد فرضیه ای گردد که مؤثر بودن استفاده از سیستم های عایق حرارت در شرایط دشوار آب و هوا در فصل تابستان (که گرمی هوا بیرون منجر به گرم شدن بیش از حد ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان می شود) و در فصل زمستان (که سردی هوا بیرون منجر به سرد شدن بیش از حد ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان می شود) را نشان دهد.

اندازه گیری های آزمایشی به منظور شناسایی تأثیر استفاده از عایق حرارت (**EPS**) در ترکیب دیوارهای احاطوی ساختمان و ساختار سقف ساختمان رهایشی بر اقلیم محیط زیست داخل ساختمان و در شرایط آب و هوای دشوار فصل تابستان و در منطقه جغرافیایی مانند افغانستان تا کنون اجراء نشده است. به کمک این اندازه گیری های آزمایشی می توان مرزهای دانش و اندوخته ها را در زمینه کاهش مؤثر بار حرارتی ساختمان رهایشی که در شرایط دشوار آب و هوای بیرون قرار دارند "یک گام به پیش برد".

2-9 انتخاب خانه ها، روش آزمایش و اندازه گیری و تجهیزات اندازه گیری

به منظور یک ارزیابی عینی و واقعی معلومات اندازه گیری ها، خانه های رهایشی (در شهر هرات) انتخاب گردیدند که بدون رژیم و یا حالت کاربر مستقیم افراد در سراسر طول مدت اجرای اندازه گیری های آزمایشی قرار داشتند. این شرایط امکان آن را مساعد نمود تا حالت حرارتی هوا محیط داخل ساختمان را در اطاق های که عایق حرارت (EPS) در ترکیب ساختارهای احاطوی آن استفاده شده است و در اطاق های که عایق حرارت (EPS) در ترکیب ساختارهای احاطوی آن استفاده نشده است مورد بررسی قرار دهیم. عوامل تعیین کننده که در درجه اول بر انتخاب خانه های رهایشی نقش داشته اند قرار ذیل می باشند:

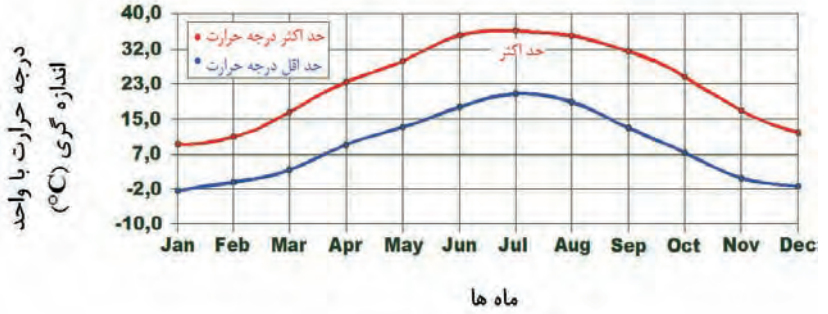
- شرایط آب و هوای دشوار و یا اکستریم در فصل تابستان،
- اطاق های نمونه یا ریفرینس (reference) که بدون حالت کاربر مستقیم افراد بوده اند. (یکی از عوامل اصلی تأثیر گذار بر نتیجه اندازه گیری آزمایشی)،
- ترکیب عایق حرارت و عدم ترکیب عایق حرارت در ساختارهای دیوارهای احاطوی بیرونی و ساختارها بام ساختمان ها، اجراء اندازه گیری ها در زمان مشابه در هر دو منزل رهایشی و در محل مسکونی مشابه.

بنابراین، " مدل آزمایش خانه های RH1/RH2 " این را ممکن ساخت تا حالت هوای محیط زیست داخل اطاق های انتخاب شده را در شرایط دشوار آب و هوای بیرون (به خصوص در فصل تابستان)، با توجه به استفاده و عدم استفاده از عایق حرارت (EPS) در ترکیب ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان ها مقایسه نمود.

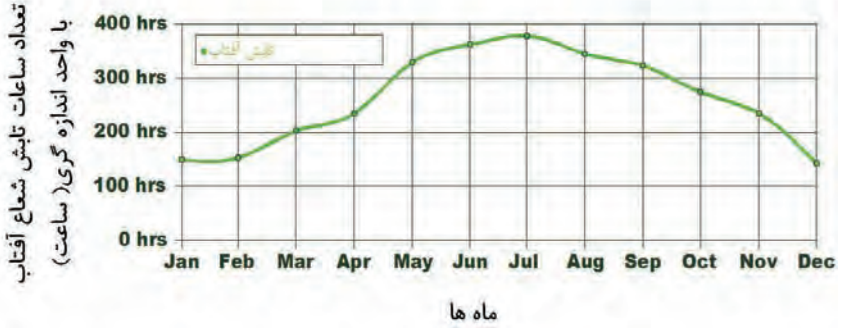
شرح تفصیلی مشخصات آب و هوای محیط بیرون ساختمان:

اطلاعات در باره حد متوسط معلومات هواشناسی ماهواره در شهر هرات، بر اساس سوابق یا رکوردهای ایستگاه هواشناسی (میدان هوای هرات) در طول سال های2007 الی2012 می باشد. سوابق مربوط به قبل از سال2007 در دسترس نمی باشد. منطقه (ساحه) ولایت هرات توسط اقلیم نیمه گرمسیری (سب تروپیکال استپ یاhot subtropical steppe climate) مشخص می شود.

درجه حرارت هوای بیرون ساختمان در طول سال، در محدوده 3,0 °C - الی37,0 °C + قرار- دارد و به ندرت کمتر از 9,0 °C - کاهش و بیشتر از 39,0 °C + افزایش می یابد (تصویر 9-1).



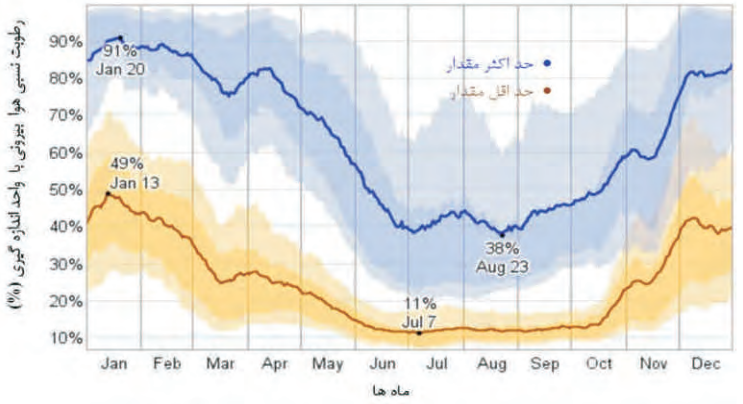
تصویر 9-1 دیاگرام جریان حداکثر و اوسط درجه حرارت هوای بیرون و حداقل اوسط درجه حرارت هوای بیرون در طول سال در شهر هرات[109]



تصویر 9-2 دیاگرام حد اوسط تعداد ساعات تابش نور آفتاب در طول سال در شهر هرات[109]

رطوبت نسبی هوای بیرونی در شهر هرات (تصویر 9-3) در طول سال در محدوده به طور متوسطاز 11,0 % (در فصل تابستان) الی 91,0 % (در فصل زمستان) می باشد و به ندرت به حد کمتر از 7,0 % می رسد.

"خشک ترین" زمان هوای بیرونی، در طول سال های اندازه گیری (2007 الی2012) تقریباً 7 جولای بوده و این زمانی است که رطوبت نسبی هوا کمتر از 12,0 % می باشد و از طرف دیگر "مرطوب ترین" زمان هوای بیرونی (بزرگترین مقدار رطوبت)، تقریباً 20 جنوری بوده و این زمانی است که رطوبت نسبی هوا بالاتر از 88,0 % افزایش می یابد.



تصویر 3- 9 مقدار متوسط رطوبت نسبی روزانه هوای بیرونی در طول سال های 2007 الی2012 در شهر هرات [109]

مشخصات عمومی محل آزمایش:

- ارتفاع از سطح بحر: 964 متر،
- مختصات محل: 34°20'31″S, 62°12'11"V،
- شهر هرات،
- حد متوسط درجه حرارت سالانه هوای بیرونی $\theta_{e,priem} = +16,9\ °C$ [62]،
- حد متوسط درجه حرارت هوای بیرونی (جولای) $\theta_{e,jul} = +28,4\ °C$ [62]،
- شدت تابش خورشیدی جهانی (افقی) $G = 2000 \sim 2100\ kWh/m^2$ [62] .

9-2-1 مشخصات منازل رهایشی انتخاب شده

در افغانستان بخش قابل توجهی ساختمان ها از زمان نیمه دوم قرن گذشته بجا مانده است. اساسات بسیاری از ساختمان ها از نظر تخنیک حرارت مطابق به استانداردهای کشور اتحاد جماهیری شوروی سابق می باشد (هنوز هم هیچ نهادی که بتواند در ایجاد استانداردهای ساختمان از نظر تخنیک حرارت بپردازد در افغانستان وجود ندارد).

در سال های اخیر، اجرای پروژه های ساخت و ساز ساختمان بر اساس استانداردهای غربی (استاندارد ASTM آمریکا، استاندارد اروپا EN و یا هم ISO) و همچنان وابستگی به خواسته های سرمایه گذاران مربوط دارد.

افغانستان یکی از کشورهای است که در بسیاری از بخش های آن تابستان های بسیار گرم و زمستان های سرد حکم فرما می باشد و از این رو است که می توان آن را "شرایط اقلیمی دشوار" نامید. اما از زمانی که سیستم عایق حرارت (EPS) در سال2005 میلادی در "بازار افغانستان" وارد گردید، بحث سازنده در مورد این موضوع در جامعه علمی و مسلکی افغانستان باز گردید.

منزل رهایشی انتخاب شده مشخص گردیده "**RH1**" (از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه-های دیوارهای احاطوی بیرونی و ساختار بام آن استفاده گردیده است) در سال 2006 میلادی از بلوک های کانکریتی با اتصال مصاله یا ملات ساختمانی ریگ و سمنت بدون بخش زیرزمینی در دو طبقه با بام مسطح ساخته شده است.

الف)

ب)

تصویر 4- 9 منزل رهایشی انتخاب شده RH1: الف) نمای جنوب غربی ساختمان - اطاق**M2**، ب) نمای جنوب شرقی ساختمان - اطاق**M1**

منزل رهایشی انتخاب شده مشخص گردیده "**RH2**" (از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه-های دیوارهای احاطوی بیرونی و ساختار بام آن استفاده نگردیده است) در سال 2008 میلادی از مواد ساختمانی قابل دسترس افغانستان (سیستم اسکلیت آهن کانکریتی با خشت های پخته با اتصال مصاله یا ملات ساختمانی ریگ و سمنت) بدون بخش زیرزمینی در دو طبقه با بام مسطح ساخته شده است.

الف)

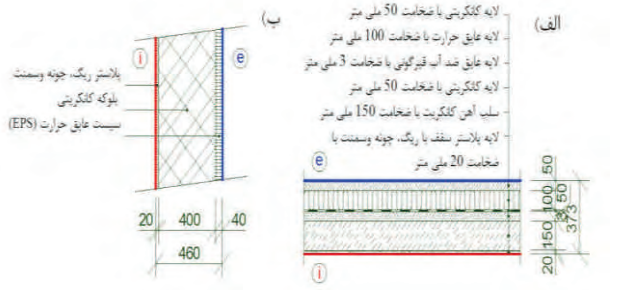
ب)

تصویر 5- 9 منزل رهایشی انتخاب شده RH2: الف) نمای جنوب غربی ساختمان - اطاق**M2**، ب) نمای جنوب شرقی ساختمان - اطاق**M1**

تصویر 6-9 موقعیت جابجایی منازل رهایشی (RH2, RH1)

ساختارهای باربر عمودی در منزل رهایشی RH1 از بلوک های کانکریتی (ضخامت 400 ملی متر) بوده که با مصاله ریگ و سمنت با هم اتصال داده شده است. از طرف داخل ساختمان، دیوارها پلاستر ریگ، چونه و سمنت گردیده و در طرف بیرون ساختمان بروی دیوارها از سیستم عایق حرارت (EPS) با ضخامت 40,0 ملی متر استفاده گردیده است (تصویر 7-9).

ساختارهای افقی این منزل رهایشی به شکل یک تخته آهن کانکریتی یکپارچه با ضخامت 150,0 ملی متر بوده که در ترکیب لایه بام آن از عایق حرارت (EPS) با ضخامت 100,0 ملی متر استفاده گردیده است (تصویر 7-9- الف). سقف ها پلاستر ریگ، چونه و سمنت شده اند. دیوارهای داخلی یا سکشنی از بلوک های کانکریتی با ضخامت 150,0 ملی متر بوده که با مصاله ریگ و سمنت با هم اتصال داده شده است. کلکین ها و دروازه ها در دیوارهای احاطوی بیرونی از چوب و دوجداره می باشند.

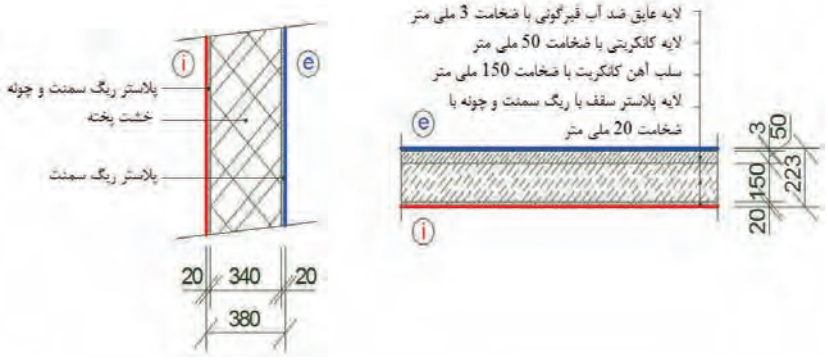


تصویر 7- 9 لایه های ساختـــارهای احاطوی بیرونی منزل رهایشی انتخـــاب شده RH1: الف) ساختار بام که در ترکیب لایه های آن از عایق حرارت (EPS) استفاده گردیده است، ب) دیوار احاطوی بیرونی که در ترکیب لایه های آن از سیستم عایق حرارت (EPS) استفاده گردیده است.

ساختارهای باربر عمودی در منزل رهایشی RH2 متشکل از سیستم اسکلیت آهن کانکریت بوده است که دیوارهای احاطوی بیرونی آن از خشت پخته با ضخامت 340,0 ملی متر می باشد و با مصاله ریگ و سمنت با هم اتصال داده شده است. از طرف داخل ساختمان، دیوارها پلاستر ریگ سمنت و گچ گردیده و از طرف بیرون ساختمان بروی دیوارها از پلاستر ریگ و سمنت استفاده گردیده است (تصویر 8-9- الف).

ساختارهای افقی این منزل رهایشی به شکل یک تخته آهن کانکریتی یکپارچه با ضخامت 150,0 ملی متر می باشد (تصویر7-9-الف). سقف ها پلاستر ریگ و سمنت و همچنان گچ گردیده است.

دیوارهای داخلی یا سکشنی از خشت پخته با ضخامت 115,0 ملی متر بوده که با مصاله ریگ و سمنت با هم اتصال داده شده اند. کلکین ها و دروازه ها در دیوارهای احاطوی بیرونی از چوب و دوجداره می باشند.



تصویر 8- 9 لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی منزل رهایشی انتخاب شده RH2:

الف) ساختار بام که در ترکیب لایه های آن از عایق حرارت (EPS) استفاده صورت نگرفته است،
ب) دیوار احاطوی بیرونی که در ترکیب لایه های آن از سیستم عایق حرارت (EPS) استفاده صورت نگرفته است.

9-2-2 روش اندازه گیری های آزمایشی و پارامتر های آن

هدف اندازه گیری های آزمایشی اجراء شده بر اساس بررسی نظری از منازل رهایشی انتخاب شده (RH1، RH2) بدون حالت کاربر مستقیم افراد، تجزیه و تحلیل وضعیت کنونی آن بوده است و همچنان در برگیرنده تحقیق روی خواص واقعی تخنیک حرارت ساختارهای احاطوی بیرونی اطاق های مورد ارزیابی (دیوارهای احاطوی، بام) می باشد.

تجزیه و تحلیل نتایج حاصل شده از اندازه گیری های آزمایشی در حقیقت نشان دهنده رابطه بین مصرف انرژی اطاق مورد بررسی در منزل رهایشی انتخاب شده و کیفیت محیط زیست داخلی آن در شرایط دشوار آب و هوا افغانستان (به ویژه در طول فصل تابستان) می باشد.

اندازه گیری ها در طول سال های 2011، 2012 و 2013 میلادی انجام گردید ولی ارزیابی و مطالعه دقیق آن براساس ماه های بخصوص فصول سال در تابسان و زمستان که از نظر اقلیمی بسیار اساس اند که شرح آن به طور ذیل می باشد:

افغانستان (هرات)			
انتخاب زمان سال	سال / ماه / روز		
	2011	2012	2013
فصل تابستان	از 06.07.2011 الی 13.07.2011	-	-
فصل زمستان	-	از 28.12.2012 الی 04.01.2013	

جدول 1-9 مدت زمان اجرای اندازه گیری های آزمایشی در محل در افغانستان

نوت- در این فصل فقط اندازه گیری های هفته ای نامطلوب حالت هوای بیرون ساختمان و هوای محیط زیست داخل در جریان سال های2011 ، 2012 و 2013 انتخاب شده اند.

برای نظارت از حالت محیط زیست داخل اطاق مورد آزمایش، پارامترهای ذیل انتخاب شدند:

- درجه حرارت هوا داخل اطاق θ_{ai} با واحد اندازه گیری (°C)،
- رطوبت نسبی هوای داخل اطاق φ_{ai} با واحد اندازه گیری (%)،
- درجه حرارت هوا سطح داخلی ساختار های احاطوی θ_{si} با واحد اندازه گیری (°C).

برای نظارت و ارزیابی هوا محیط بیرونی اطاق های مورد آزمایش ساختمان، پارامترهای ذیل انتخاب شدند:

- درجه حرارت هوای خارج اطاق θ_{ae} با واحد اندازه گیری (°C)،
- رطوبت نسبی هوای خارج اطاق φ_{ae} با واحد اندازه گیری (%).

9-2-3 استفاده از تجهیزات اندازه گیری

اندازه گیری های آزمایشی در افغانستان [35] توسط تجهیزات که ملکیت *دیپارتمنت فیزیک ساختمان فاکولته ساختمانی پوهنتون تخنیکی کوشتسی سلواکیا* بود انجام شده است:

- PMICRO – ضبط درجه حرارت و رطوبت هوا داخل و بیرون ساختمان و همچنان درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای ساختمان با داشتن حافظه و یا میموری(تصویر9-9) SMART LOGGER-MICROLOGGER .
- محدوده ضبط درجه حرارت هوا از 30,0 °C - الی 60,0 °C + با تفاوت درجه حرارت: 0,065 °C و حد اکثر عدم اطمینان: 0,5 °C .
- محدوده ضبط رطوبت هوا از 1,00 % الی 95,0 % با تفاوت رطوبت هوا: 0,1 % و حداکثر عدم اطمینان: 2,5 % ± با فاصله اندازه گیری ها از 1 دقیقه الی 255 دقیقه.

تصویر 9- 9 سوند های چند منظوره PMICRO طراحی شده برای اندازه گیری درجه حرارت هوا، رطوبت هوا و درجه حرارت سطوح

3-9 اندازه گیری های آزمایشی پارامترهای فیزیکی انتخاب شده

اندازه گیری های آزمایشی در ماه جولای سال 2011 میلادی در اطاقهای (RH2/M1,RH1/M1) و از ماه سیپتامبر سال 2012 میلادی الی فبروری سال2013 میلادی در اطاق های (RH2/M2,RH1/M2) انجام گردید.

نوت: انتخاب زمان اندازه گیری های آزمایشی در ماه جولای، بر اساس نظارت در دراز مدت از مقادیر حداکثر از درجه حرارت هوا بیرونی در فصل تابستان برای این منطقه اقلیمی بود.

در چوکات از این بخش اندازه گیری های آزمایشی، درجه حرارت هوا محیط داخل و بیرون ساختمان رطوبت نسبی هوا محیط داخل و بیرون ساختمان و درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای احاطوی بیرونی انتخاب شده ساختمان ثبت و ضبط گردید. حالت حرارتی محیط زیست داخلی اطاق های انتخاب شده ساختمان (RH2: M1/M2, RH1: M1/M2) در هر نیم ساعت مانیتورینگ و نظارت شده است.

شناسایی هر یک از سنسورهای اندازه گیری که در منازل رهایشی انتخاب شده جابجا گردیده بوده اند به شرح ذیل می باشد:

الف) سنسورهای اندازه گیری بیرون ساختمان:

- **ETH - A** سنسور اندازه گیری درجه حرارت هوای بیرونی θ_{ae} با واحد اندازه گیری (°C) و رطوبت نسبی هوای بیرونی φ_{ae} با واحد اندازه گیری (%).

ب) سنسورهای اندازه گیری داخل ساختمان - RH1/ اطاق M1:

- **ITH3** سنسور اندازه گیری درجه حرارت هوای داخل ساختمان θ_{ai} با واحد اندازه گیری (°C) و رطوبت نسبی هوای داخل ساختمان φ_{ai} با واحد اندازه گیری (%) جابجا شده در ارتفاع 1,7 m از کف اطاق،
- **ST9** سنسور اندازه گیری درجه حرارت سطح داخلی دیوار احاطوی ساختمان θ_{si} با واحد اندازه گیری(°C)، جابجا شده در ارتفاع 1,1 m از کف اطاق،
- **ST10** سنسور اندازه گیری درجه حرارت سطح داخلی دیوار احاطوی ساختمان θ_{si} با واحد اندازه گیری(°C)، جابجا شده در ارتفاع 1,1 m از کف اطاق،
- **ST11** سنسور اندازه گیری درجه حرارت سطح داخلی ساختار بام ساختمان θ_{si} با واحد اندازه گیری(°C) ، جابجا شده در ارتفاع 2,6 m از کف اطاق،

ج) سنسورهای اندازه گیری داخل ساختمان - RH1/ اطاق M2 :

- **ITH5** سنسور اندازه گیری درجه حرارت هوای داخل ساختمان θ_{ai} با واحد اندازه گیری (°C) و رطوبت نسبی هوای داخل ساختمان φ_{ai} با واحد اندازه گیری (%) جابجا شده در ارتفاع 1,7 m از کف اطاق،
- **ST15** سنسور اندازه گیری درجه حرارت سطح داخلی دیوار احاطوی ساختمان θ_{si} با واحد اندازه گیری (°C)، جابجا شده در ارتفاع 1,1 m از کف اطاق،
- **ST16** سنسور اندازه گیری درجه حرارت سطح داخلی دیوار احاطوی ساختمان θ_{si} با واحد اندازه گیری (°C)، ایجا شده در ارتفاع 1,1 m از کف اطاق،
- **ST17** سنسور اندازه گیری درجه حرارت سطح داخلی ساختار بام ساختمان θ_{si} با واحد اندازه گیری (°C) ، جابجا شده در ارتفاع 2,6 m از کف اطاق.

د) سنسورهای اندازه گیری داخل ساختمان - RH2/ اطاق M1 :

- **ITH4** سنسور اندازه گیری درجه حرارت هوای داخل ساختمان θ_{ai} با واحد اندازه گیری (°C) و رطوبت نسبی هوای داخل ساختمان φ_{ai} با واحد اندازه گیری (%) جابجا شده در ارتفاع 1,7 m از کف اطاق،
- **ST12** سنسور اندازه گیری درجه حرارت سطح داخلی دیوار احاطوی ساختمان θ_{si} با واحد اندازه گیری(°C) ، جابجا شده در ارتفاع 1,1 m از کف اطاق،

- **ST13** سنسور اندازه گیری درجه حرارت سطح داخلی دیوار احاطوی ساختمان θ_{si} با واحد اندازه گیری (°C)، جابجا شده در ارتفاع 1,1m از کف اطاق،
- **ST14** سنسور اندازه گیری درجه حرارت سطح داخلی ساختار بام ساختمان θ_{si} با واحد اندازه گیری (°C) ، جابجا شده در ارتفاع 3,0 m از کف اطاق،

ر) سنسورهای اندازه گیری داخل ساختمان - RH2/ اطاقM2 :

- **ITH6** سنسور اندازه گیری درجه حرارت هوای داخل ساختمان θ_{ai} با واحد اندازه گیری (°C) و رطوبت نسبی هوای داخلی ساختمان φ_{ai} با واحد اندازه گیری (%) جابجا شده در ارتفاع 1,7 m از کف اطاق،
- **ST18** سنسور اندازه گیری درجه حرارت سطح داخلی دیوار احاطوی ساختمان θ_{si} با واحد اندازه گیری (°C)، جابجا شده در ارتفاع 1,1 m از کف اطاق،
- **ST19** سنسور اندازه گیری درجه حرارت سطح داخلی دیوار احاطوی ساختمان θ_{si} با واحد اندازه گیری (°C)، جابجا شده در ارتفاع 1,1 m از کف اطاق،
- **ST20** سنسور اندازه گیری درجه حرارت سطح داخلی ساختار بام ساختمان θ_{si} با واحد اندازه گیری (°C)، جابجا شده در ارتفاع 3,0 m از کف اطاق.

برای ثبت دیتاهای اندازه گیری، از روش های که مطابق به الزامات و قوانین ذکر شده در ادبیات مسلکی تخنیک حرارت ساختمان بوده استفاده صورت گرفته است. محدوده اندازه گیری های نظارت شده برای ارزیابی هر یک از پارامترهای فیزیکی با توجه به حالت انتشار حرارت "غیرثابت" در شرایط واقعی در حال تغییر در زمان و محیط کافی بود.

برای ضبط اطلاعات از دستگاه ضبط کننده PMICRO استفاده شده است. مقادیر ثبت شده در سنسورهای موقعیتیITH3 الی ITH6 در هر نیم ساعت ثبت می گردید. بر اساس همین معلومات که در طول زمان ارزیابی بدست آمد، حداقل، حداکثر و حد متوسط مقدار درجه حرارت روزانه و رطوبت نسبی هوای داخل اطاق در مدت فاصله هر سه ساعت تعیین گردید. توسط سنسور موقعیتی ETH-A درجه حرارت و رطوبت نسبی هوای بیرون هم زمان و موازی اندازه گیری می-شد و این معلومات از طریق دستگاه ضبط کننده PMICRO در هر نیم ساعت ثبت می گردید. بعداً بر اساس همین معلومات که در طول زمان ارزیابی بدست آمد، حداقل، حداکثر و حد متوسط مقدار درجه حرارت روزانه و رطوبت نسبی هوای بیرون اطاق ها در مدت فاصله هر سه ساعت تعیین گردید.

توسط دستگاه ضبط کنندهPMICRO، مقادیر سنسور های موقعیتی ST9 الی ST20 در هر نیم ساعت خوانده می شد (این سنسورها در ارتفاعات و مواضع مختلف بالای ساختار کف اطاق

قرار داشتند).

بر اساس همین معلومات که در طول زمان ارزیابی و در مدت فاصله هر سه ساعت بدست آمد، مقدار درجه حرارت سطوح داخل دیوارهای احاطوی بیرونی و سطوح داخل ساختار بام ساختمان تعیین گردید.

عامل اصلی بررسی این موضوع ناشی از الزامات عملی و با توجه به این واقعیت که فرار حرارت از ساختمان و بار حرارت برای ساختمان از طریق ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان (در این مورد دیوارهای احطوی ساختمان و ساختار بام ساختمان) مهیا می گردد، بوده است. این واقعیت بلاخره تأثیر مستقیم بر چگونگی مصرف انرژی و کیفیت محیط داخلی ساختمان های در نظر گرفته شده برای رهایش افراد می داشته باشد.

هدف هر یک از اندازه گیری ها، تجزیه و تحلیل درجه حرارت هوا و رطوبت نسبی هوا در اطاق های در نظر گرفته شده منازل رهایشی انتخاب شده (RH1: M1,M2 و RH2: M1,M2) بوده است. بر اساس همین بررسی ها و تأیید نظری اندازه گیری ها در داخل همین اطاق های بدون حالت یا رژیم کاربر افراد بود که زمینه آن مساعد شد تا "ثبت، تجزیه و تحلیل" رفتار محیط داخلی ساختمان انجام گردد.

9-3-1 جابجایی و علامت گذاری سنسورهای اندازه گیری

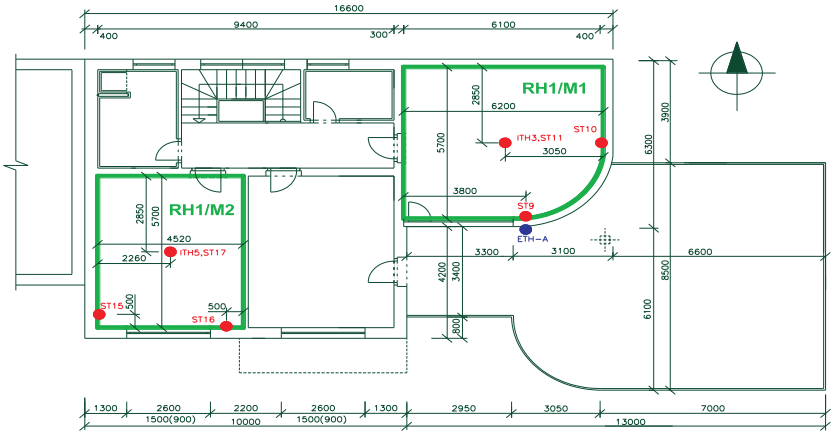
سنسور اندازه گیری درجه حرارت هوای بیرون و رطوبت نسبی هوای بیرون **(ETH-A)**، در ارتفاع 0,5m متر بالاتر از کف تراس بیرونی ساختمان نصب گردید.

سنسور اندازه گیری درجه حرارت هوای داخل و رطوبت نسبی هوای داخل **(ITH3)**، در ارتفاع 1,7m متر بالاتر از کف و در مرکز اطاق RH1/M1 قرار داشت و همچنان سنسور اندازه گیری درجه حرارت هوای داخل و رطوبت نسبی هوای داخل **(ITH5)**، در ارتفاع 1,7 m متر بالاتر از کف و در مرکزاطاق RH2/M2 قرار داشت.

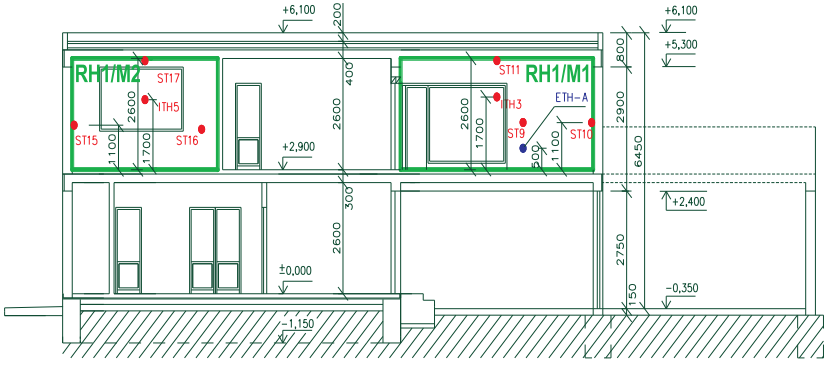
سنسورهای اندازه گیری درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای بیرونی اطاق RH1/M1 به شکل ذیل جابجا گردیده بوده اند: **(ST9)** در دیوار جنوبی و به ارتفاع 1,1 m بالای کف اطاق، **(ST10)** در دیوار شرقی و به ارتفاع 1,1 m بالای کف اطاق و **(ST11)** در سقف اطاق و به ارتفاع 2,6 m بالای کف اطاق.

سنسورهای اندازه گیری درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای بیرونی اطاق RH1/M2 به شکل ذیل جابجا گردیده بودند: **(ST15)** در دیوار غربی و به ارتفاع 1,1 m بالای کف اطاق، **(ST16)** در دیوار جنوبی و به ارتفاع 1,1 m بالای کف اطاق و **(ST17)** در سقف اطاق و به ارتفاع 2,6 m بالای کف اطاق.

(تصویر 10- 9 و 11-9)



تصویر 10- 9 نمای تاپ و یا افقی طبقه اول منزل رهایشی انتخاب شده RH1 با نشان دادن جابجایی سنسور ها در اطاق های (M1 و M2)



تصویر 11- 9 نمای قطع عمودی طبقه اول منزل رهایشی انتخاب شده RH1 با نشان دادن جابجایی سنسور ها در اطاق های (M1 و M2)

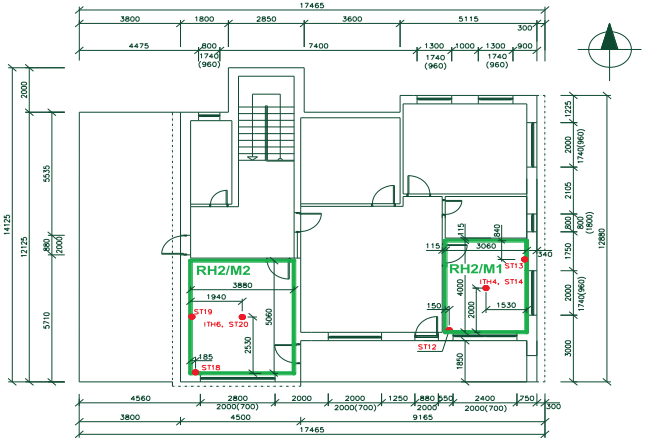
سنسور برای اندازه گیری درجه حرارت و رطوبت نسبی هوای داخل اطاق **(ITH4)** در وسط اطاق RH2/M1 و در ارتفاع 1,7 m بالای کف قرار داشت و سنسور اندازه گیری **(ITH6)** در وسط اطاق RH2/M2 و در ارتفاع 1,7 m بالای کف قرار داشت.

سنسورها برای اندازه گیری درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای احاطوی بیرونی اطاق RH2/M1 به شکل ذیل جابجا شده بودند:

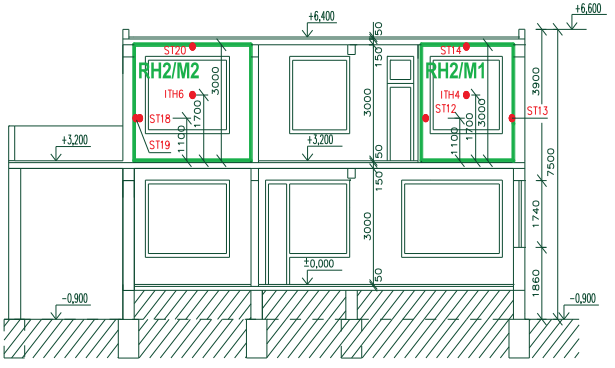
(ST12) در دیوار جنوبی و به ارتفاع 1,1 m بالای کف اطاق، **(ST13)** در دیوار شرقی به ارتفاع 1,1 m بالای کف اطاق و **(ST14)** در سقف اطاق به ارتفاع 3,0 m بالای کف اطاق.

سنسورهای اندازه گیری درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای بیرونی اطاق RH2/M2 به شکل ذیل جابجا گردیده بودند:

(ST18) در دیوار جنوبی و به ارتفاع 1,1 m بالای کف اطاق، **(ST19)** در دیوار غربی به ارتفاع 1,1 m بالای کف اطاق و **(ST20)** در سقف اطاق به ارتفاع 3,0 m بالای کف اطاق (تصویر 12- 9 و 13-9).



تصویر 12- 9 نمای تاپ و یا افقی طبقه اول منزل رهایشی انتخاب شده RH2 با نشان دادن جابجایی سنسورها در اطاق های (M1 و M2)



تصویر 13- 9 نمای قطع عمودی طبقه اول منزل رهایشی انتخاب شده RH2 با نشان دادن جابجایی سنسورها در اطاق های (M1 و M2)

مشخصات اطاق های مورد نظر در منازل رهایشی انتخاب شده				
شرح	RH1		RH2	
	اطاق M1	اطاق M2	اطاق M1	اطاق M2
جهت	شرق، جنوب	غرب، جنوب	شرق، جنوب	غرب، جنوب
نوع اطاق	نشیمن	نشیمن	نشیمن	نشیمن
مساحت مورد استفاده	29,80 m^2	25,74 m^2	12,24 m^2	19,63 m^2
فضای اطاق	77,48 m^3	66,98 m^3	36,72 m^3	58,89 m^3
ارتفاع از سطح کف	2,6 m	2,6 m	3,0 m	3,0 m
دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمان با توجه به استفاده از عایق حرارت(EPS)	*استفاده از سیستم عایق حرارت (EPS) در دیوارهای احاطوی بیرونی ساختمان با ضخامت 40,0 mm و همچنان استفاده عایق حرارت (EPS) در ترکیب ساختار بام با ضخامت 100,0 mm*		*بدون استفاده از سیستم عایق حرارت (EPS) در دیوارهای احاطوی بیرونی و بدون استفاده عایق حرارت (EPS) در ترکیب ساختار بام*	

جدول 2-9 اساسات مشخصات اطاق های مورد نظر (M1 و M2) در منازل رهایشی انتخاب شده (RH1 و RH2)

2-3-9 مرور و بررسی اندازه گیری های آزمایشی- ارزیابی گرافیکی از نامطلوب ترین اندازه گیری های هفته ای

اندازه گیری های آزمایشی در یک محیط عاری از حالت کاربر به طور مستقیم افراد در ماه جولای سال 2011 میلادی در (RH1/M1 و RH2/M1) به اجراء در آمد.

از اطلاعات به دست آمده اندازه گیری های آزمایشی در محل، نامطلوب ترین اندازه گیری های هفته ای هر مدت دوره ارزیابی انتخاب شدند (جدول 3-9).

نامطلوب ترین اندازه گیری های هفته ای (2011 میلادی الی 2013 میلادی)	
فصل / سال	سال / ماه / روز
تابستان (2011)	از 06.07.2011 الی 12.07.2011
زمستان (2012/2013)	از 21.12.2012 الی 01.02.2013

جدول 3-9 نامطلوب ترین اندازه گیری های هفته ای برای هر مدت دوره ارزیابی فصول سال های (2011 میلادی الی 2013 میلادی)

اندازه گیری های حداکثر و حداقل مقادیر درجه های حرارت هوا بیرونی توسط (سنسور **ETH-A**) در مدت سال های (2011 میلادی الی 2013 میلادی)	
فصل / روز	θ_{ae} (°C)
تابستان (06.07.2011)	+ 49,0
زمستان (29.12.2012)	- 11,0

جدول 4-9 اندازه گیری های حداکثر و حداقل مقادیر درجه های حرارت هوای بیرونی در مدت سال های (2011 میلادی الی 2013 میلادی)

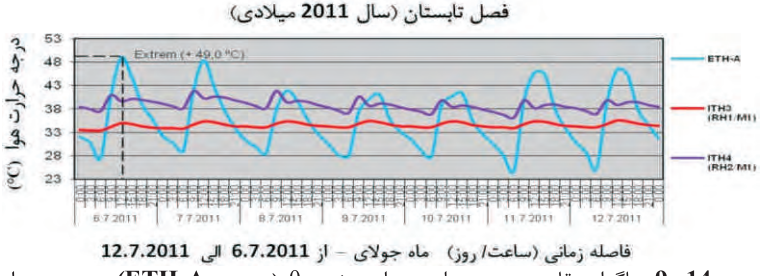
3-3-9 بررسی نتایج حاصل شده از اندازه گیری های آزمایشی

فصل تابستان (از 06.07.2011 الی 12.07.2011)

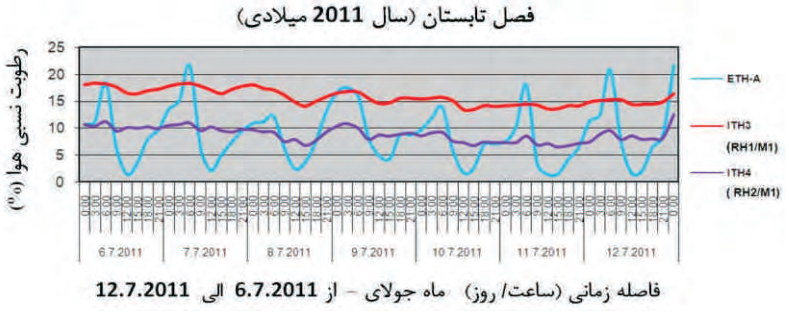
در طول زمان آزمایش، درجه حرارت هوای بیرونی θ_{ae} در محدوده (+24,7 °C الی+49,0°C) و رطوبت نسبی هوا $\varphi_{ae,\ avg}$ در محدوده (6,0 % الی10,2 %) قرار داشتند.

ارزیابی پارامتر ها - سال 2011 میلادی (فصل تابستان)													
سال ماه روز	بیرون سنسور **ETH-A**				RH1/M1 سنسور **ITH3**				RH2/M1 سنسور **ITH4**				
	θ_{ae} (°C)				θ_{ai} (°C)				θ_{ai} (°C)				φ_{ai} (%)
	حد اقل	حد اکثر	حد اوسط	حد اوسط	حد اقل	حد اکثر	حد اوسط	حد اوسط	حد اقل	حد اکثر	حد اوسط	حد اوسط	حد اوسط
06.07.2011	27,4	**49,0**	37,4	9,1	**33,3**	35,0	34,0	17,3	37,4	40,9	39,3	10,2
07.07.2011	29,2	48,4	37,0	9,8	33,8	35,4	34,5	17,5	38,1	**41,8**	39,8	9,9
08.07.2011	28,6	43,6	34,7	8,7	34,1	35,5	34,6	15,9	38,0	**41,8**	39,3	8,3
09.07.2011	28,0	41,8	34,7	9,9	34,0	35,6	34,6	15,7	37,1	40,6	38,6	9,2
10.07.2011	27,4	42,3	34,5	7,2	34,0	35,6	34,6	14,5	36,8	39,9	38,1	7,8
11.07.2011	**24,7**	46,9	36,0	6,0	33,9	35,6	34,5	14,1	**36,1**	39,8	38,1	7,1
12.07.2011	25,3	46,8	36,0	10,2	34,0	**35,7**	34,7	14,9	36,8	39,8	38,6	8,5

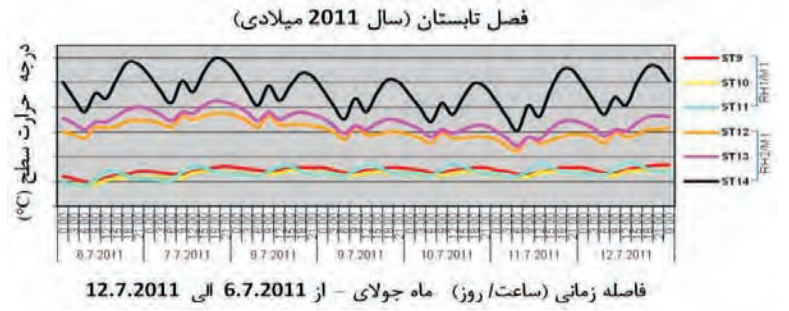
جدول 5-9 اندازه گیری های مقادیر درجه های حرارت و رطوبت نسبی هوا بیرون و داخل اطاق های مد نظر در منازل رهایشی انتخاب شده [35]



تصویر 14- 9 دیاگرام مقادیر درجه حرارت هوا بیرونی θ_{ae} (سنسور **ETH-A**) و درجه حرارت هوا داخل θ_{ai} اطاق های RH1/M1 (سنسور **ITH3**) و RH2/M1 (سنسور **ITH4**) - برای وضاحت بهتر تصویر، بهCD ضمیمه کتاب مراجعه نماید. [35]



تصویر 15- 9 دیاگرام مقادیر رطوبت نسبی هوای بیرونی φ_{ae} (سنسور ETH-A) و رطوبت نسبی هوای داخل φ_{ai} اطاق های RH1/M1 (سنسور ITH3) و RH2/M1 (سنسور ITH4)[35]



تصویر 16- 9 دیاگرام مقادیر درجه های حرارت سطوح داخلی ساختارهای احاطوی بیرونی θ_{si} اطاق های RH1/M1 (سنسور**ST9** الی **ST11**) و RH2/M1 (سنسور**ST12** الی **ST14**) [35]- برای وضاحت بهتر تصویر، بهCD ضمیمه کتاب مراجعه نماید.

بر اساس نتایج نسبی بدست آمده از اندازه گیری های آزمایشی (تابستان سال 2011 میلادی)، می توان رفتار هوای داخل اطاق های مورد نظر منازل رهایشی انتخاب شده RH1/M1 و RH2/M1 (استفاده و عدم استفاده از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی) را به شکل ذیل تعریف و تشخیص نمود:

- با روند افزایش درجه حرارت هوای بیرون، درجه حرارت هوای داخل هر دو اطاق مورد بررسی با کاراکتر افزایش متناسب درجه حرارت همراه می باشد.
- این اندازه گیری نشان می دهد که درجه حرارت هوای داخل اطاق (RH1/M1) که از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی

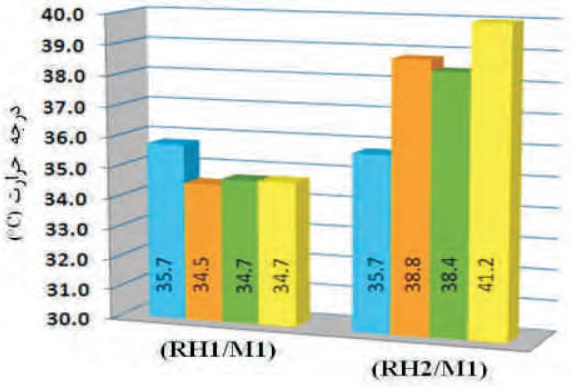
آن استفاده شده است (از 33,3 °C + الی 35,7 °C +) کمتر از درجه حرارت هوا داخل اطاق (RH2/M1) که از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی آن استفاده نشده است (از 36,1 °C + الی 41,8 °C +) می باشد.

عامل اصلی این نتیجه می تواند نسبت بالاتری از قطعات شفاف (کلکین ها) در دیوارهای احاطوی اطاق (RH2/M1) به تناسب مساحت آن نظر به اطاق (RH1/M1) باشد و همچنان بهتر بودن خواص عایق حرارت ساختارهای احاطوی بیرونی (دیوارهای احاطوی و ساختار بام) اطاق (RH1/M1) که از عایق حرارت EPS استفاده شده است و تا حد زیادی انتقال حرارت کلی را از بیرون ساختمان به داخل ساختمان تحت تأثیر قرار می دهد.

- با روند افزایش درجه حرارت هوای بیرون، درجه حرارت سطوح داخلی دیوارهای احاطوی بیرونی هر دو اطاق مورد بررسی با کاراکتر افزایش متناسب درجه حرارت همراه می باشد. درجه های حرارت سطوح داخلی دیوار احاطوی بیرونی که در جهت جنوب قرار دارد در اطاق (RH1/M1) که از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی آن استفاده شده است (از34,0°C+ الی 35,3°C+) کمتر نسبت به اطاق (RH2/M1) که از عایق حرارت استفاده به عمل نیامده است (از 36,5 °C + الی 39,5°C +) می باشد.

همچنان به همین طور درجه های حرارت سطوح داخلی دیوار احاطوی بیرونی که در جهت شرق قرار دارد در اطاق (RH1/M1) که از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی آن استفاده شده است (از 33,7 °C + الی 34,9°C +) کمتر نسبت به اطاق (RH2/M1) که از عایق حرارت استفاده به عمل نیامده است (از36,9 °C+ الی 40,5 °C +) می باشد.

- با روند افزایش درجه حرارت هوا بیرون، درجه حرارت سطح داخلی ساختار احاطوی بام هر دو اطاق مورد بررسی با کاراکتر افزایش متناسب درجه حرارت همراه می باشد. درجه حرارت سطح داخلی ساختار احاطوی بام در اطاق (RH1/M1) که از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی آن استفاده شده است (از 33,7°C + الی 35,5°C +) به مراتب کمتر نسبت به اطاق (RH2/M1) که از عایق حرارت استفاده به عمل نیامده است (از39,0°C+ الی 43,9°C +) می باشد.



تصویر 17- 9

- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده هوای بیرون ساختمان $\theta_{ae,avg}$
- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده هوای داخل اطاق $\theta_{ai,avg}$
- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده سطوح داخلی ساختارهای احاطوی اطاق $\theta_{si,avg}$
- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده سطح داخلی ساختار بام اطاق $\theta_{si,avg}$

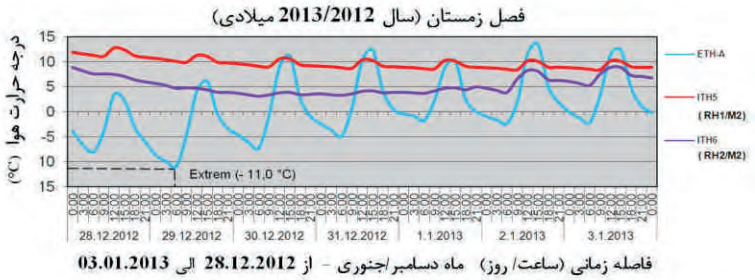
در اطاق های RH1/M1 و RH2/M1

فصل زمستان (از 28.12.2012 الی 03.01.2013)

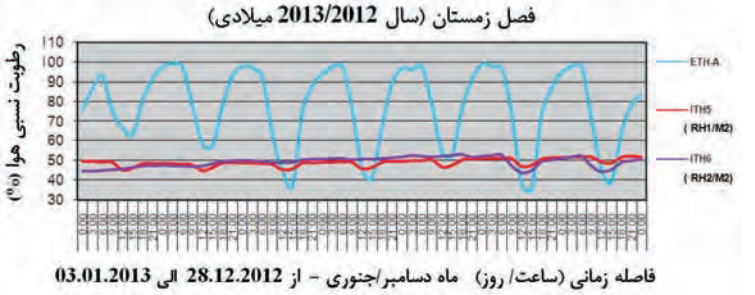
درجه حررات هوای بیرونی θ_{ae} در مدت زمان ارزیابی در محدوده (°C 11,0- الی + 14,3°C) و رطوبت نسبی هوای بیرونی $\varphi_{ae, avg}$ در محدوده (% 75,7 الی % 82,9) قرار داشتند.

ارزیابی پارامتر ها - سال 2013/2012 میلادی (فصلزمستان)													
RH2/M2 سنسور **ITH6**				RH1/M2 سنسور **ITH5**				بیرون سنسور **ETH-A**				سال ماه روز
φ_{ai} (%)	θ_{ai} (°C)			φ_{ai} (%)	θ_{ai} (°C)			φ_{ae} (%)	θ_{ae} (°C)			
حد اوسط	حد اوسط	حد اکثر	حد اقل	حد اوسط	حد اوسط	حد اکثر	حد اقل	حد اوسط	حد اوسط	حد اکثر	حد اقل	
45,9	7,20	8,9	5,8	48,1	11,6	**12,8**	**10,8**	81,2	-3,58	4,9	-8,8	28.12.2012
48,1	4,55	5,7	3,8	47,6	10,3	11,4	9,6	82,9	-3,28	7,9	**-11,0**	29.12.2012
49,7	3,50	3,9	**3,0**	47,6	9,6	10,8	9,0	75,7	0,43	13,7	-7,2	30.12.2012
51,1	3,70	4,3	3,2	48,5	9,3	10,4	8,6	77,8	2,02	13,0	-4,9	31.12.2012
52,3	4,30	5,1	3,6	49,5	9,2	10,4	8,6	81,4	2,44	11,8	-2,0	01.01.2013
49,1	6,10	8,6	3,8	50,0	9,1	10,3	8,4	76,4	3,50	**14,3**	-2,9	02.01.2013
48,9	7,00	**9,0**	5,1	50,0	9,1	10,3	8,4	74,9	3,30	13,8	-2,3	03.01.2013

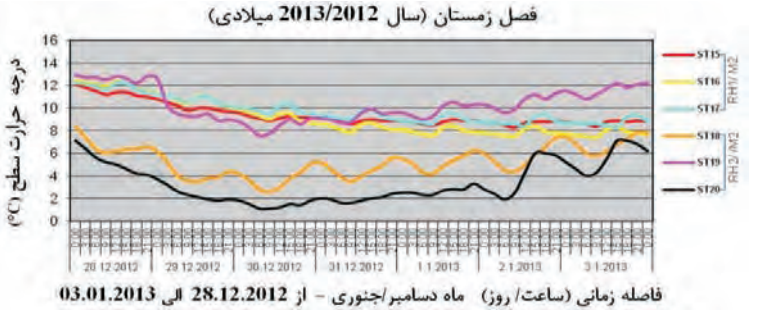
جدول 6-9 اندازه گیری های مقادیر درجه های حرارت و رطوبت نسبی هوا بیرون و داخل اطاق های مد نظر در منازل رهایشی انتخاب شده[35]



تصویر 18- 9 دیاگرام مقادیر درجه حرارت هوای بیرونی θ_{ae} (سنسور **ETH-A**) و درجه حرارت هوای داخل θ_{ai} اطاق های RH1/M2 (سنسور **ITH5**) و RH2/M2 (سنسور **ITH6**)[35]



تصویر 19- 9 دیاگرام مقادیر رطوبت نسبی هوای بیرونی φ_{ae} (سنسور ETH-A) و رطوبت نسبی هوای داخل φ_{ai} اطاق های RH1/M2 (سنسور **ITH5**) و RH2/M2 (سنسور **ITH6**)[35]



تصویر 20-9 دیاگرام مقادیر درجه های حرارت سطوح داخلی ساختارهای احاطوی بیرونی θ_{si} اطاق های RH1/M2 (سنسور **ST15** الی **ST17**) و RH2/M2 (سنسور **ST18** الی **ST20**) [35]

بر اساس نتایج نسبی بدست آمده از اندازه گیری های آزمایشی (زمستان سال 2013/2012 میلادی)، می توان رفتار هوای داخل اطاق های مورد نظر منازل رهایشی انتخاب شده RH1/M2 و RH2/M2 (استفاده و عدم استفاده از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی) را به شکل ذیل تعریف و تشخیص نمود:

- با روند کاهش درجه حرارت هوای بیرون، درجه حرارت هوای داخل هر دو اطاق مورد بررسی با کاراکتر کاهش متناسب درجه حرارت همراه می باشد.

این اندازه گیری نشان می دهد که درجه حرارت هوای داخل اطاق (RH1/M2) که از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی آن استفاده شده است (از 10,8 °C + الی 12,8 °C +) بالاتر از درجه حرارت هوای داخل اطاق (RH2/M2) که از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه های ساختـــارهای احاطوی بیرونی آن استفـــاده نشده است (از 3,0 °C + الی 9,0 °C +) می باشد.

دلیل این چنین تفاوت نسبتاً بزرگ امکان بهتر بودن خواص عایق حرارت ساختارهای احاطوی بیرونی (دیوارهای احاطوی و ساختار بام) اطاق (RH1/M2) که از عایق حرارت EPS استفاده شده است و تا حد زیادی انتقال حرارت کلی را از داخل ساختمان به بیرون ساختمان تحت تأثیر قرار می دهد، می باشد.

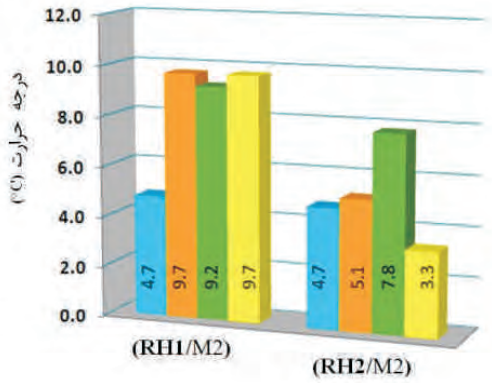
- با روند کاهش درجه حرارت هوای بیرون، درجه حرارت سطوح داخلی دیوارهای احاطوی بیرونی هر دو اطاق مورد بررسی با کاراکتر کاهش متناسب درجه حرارت همراه می باشد. درجه های حرارت سطوح داخلی دیوار احاطوی بیرونی که در جهت جنوب قرار دارد در اطاق (RH1/M2) که از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی آن استفاده شده است (از 8,5 °C + الی 12,1 °C +) بیشتر نسبت به اطاق (RH2/M2)که از عایق حرارت استفاده نشده است(از2,6 °C + الی8,4 °C +) می باشد.

همچنان درجه های حرارت سطوح داخلی دیوار احاطوی بیرونی که در جهت غرب قرار دارد در اطاق (RH1/M2) که از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی آن استفاده شده است (از 7,4 °C + الی 12,5 °C +) تقریباً مساوی به اطاق (RH2/M2) که از عایق حرارت استفاده به عمل نیامده است (از 7,6 °C + الی 12,9 °C +) می باشد.

دلیل اختلاف درجه های حرارت سطوح در جهت غرب (بین اطاق های RH1/M2 و RH2/M2) افزایش را نشان نمی دهد، اثرات سایه افگنی ساختمان های اطراف بر دیوار غربی منزل رهایشی انتخاب شده RH1/M2 می باشد.

- با روند کاهش درجه حرارت هوای بیرون، درجه حرارت سطح داخلی ساختار احاطوی بام هر دو اطاق مورد بررسی با کاراکتر کاهش متناسب درجه حرارت همراه می باشد.

درجه حرارت سطح داخلی ساختار احاطوی بام در اطاق (RH1/M2) که از عایق حرارت EPS در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی آن استفاده شده است (از 8,3°C + الی2,3°C) خیلی بیشتر نسبت به اطاق (RH2/M2) که از عـــایق حرارت استفاده نشده است (از 1,1 °C + الی 7,1 °C +) می باشد.



تصویر 21- 9

- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده هوای بیرون ساختمان $\theta_{ae,priem}$
- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده هوای داخل اطاق $\theta_{ai,priem}$
- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده سطوح داخلی ساختارهای احاطوی اطاق
- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده سطح داخلی ساختار بام اطاق $\theta_{ai,priem}$

در اطاق های RH1/M2 و RH2/M2

9-3-4 خلاصه نتایج حاصل شده اندازه گیری های آزمایشی

بر اساس نتایج نسبی بدست آمده از اندازه گیری های آزمایشی در محل در **ایام تابستان**، می توان به وضاحت گفت که بیش از حد گرم شدن ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان تأثیر مستقیم بر بار حرارتی در هر دو منزل رهایشی انتخاب شده مورد بررسی RH1/M2 و RH2/M2 می داشته باشد.

در این زمینه باید توجه داشت که استفاده از عایق حرارتی در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی ساختمان در این مورد دارای "تأثیر خاص و بسزا" بر وضعیت محیط داخلی اطاق های مورد بررسی که در سایت و ارتفاع معین قرار دارند (وقوع روزهای بسیار گرم که در آن درجه متوسط حرارت هوای بیرون $\theta_{ae,avg}$ در سایه الی 30,0 °C + می رسد) می داشته باشد:

- در اطاق عایق شده RH1/M1 در طول زمان بررسی، حد اوسط درجه حرارت هوای داخل اطاق $\theta_{ai,av}$ در حدود 4,27 °C کمتر بوده (در مقایسه با اطاق غیر عایق شده RH2/M1) و همچنان حد اوسط درجه حرارت سطوح داخلی دیوارهای احاطوی بیرونی در اطاق عایق شده RH1/M1 در حدود 4,70 °C کمتر بود (در مقایسه با اطاق غیر عایق شده RH2/M1). این تفاوت با وجود اثر تابش از سطح تراس کانکریتی که بر دیوار جنوبی اطاق RH1/M1 عمل می نمود، وجود داشت.

برای تفهیم کامل می توان اضافه نمود که، بر اساس نتایج بخشی از اندازه گیری های آزمایشی در محل می توان تجزیه و تحلیل "اثرات استفاده از عایق حرارت" (پالسترینEPS) را نظر به ضخامت آن به شکل ذیل بیان داشت:

- حد اوسط درجه حرارت سطوح داخلی $\theta_{si,avg}$ دیوارهای احـــاطوی بیرونی اطاق RH1/M1(با عایق حرارت EPS با ضخامت 40,0 mm) در حدود 3,80 °C کمتر از حد اوسـطدرجه حرارت سطوح داخلی دیوار های احاطوی بیرونی $\theta_{si,avg}$ اطاق RH2/M1 (بدون عایق حرارت) بوده است،
- حد اوسط درجه حرارت سطح داخلی $\theta_{si,avg}$ ساختار بام اطاق RH1/M1 (با عایق حرارت EPS با ضخامت 100,0 mm) در حدود 6,55 °C کمتر از حد اوسط درجه حرارت سطح داخل $\theta_{si,avg}$ ساختار بام اطاق RH2/M1 (بدون عایق حرارت) بوده است.

نتایج اندازه گیری ها همچنان نشان می دهد که افزایش ضخـامت عایق حرارت در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان منجر به کاهش متناسب گرم شدن بیش از حد ساختمان شده و در نتیجه کاهش درجه حرارت مجموعی اطاق θ_M را الی " یک قیمت سرحدی" همراه می باشد. این کاهش تأثیر مستقیم بر حالت هوای محیط زیست داخل و چگونگی الزامات اقتصادی ساختمان با سرد ساختن ساختمان (برای اطمینان از تعادل حرارتی انسان) می داشته باشد.

همانطور که معلوم شد، استفاده از عایق حرارت در ترکیب لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی تشکیل دهنده اطاق RH1/M1 ، تأثیر قابل توجهی نه تنها بر رفتار درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا در محیط داخل اطاق داشته، بلکه بر رفتار درجه حرارت سطوح داخلی ساختارها و قیمت نهایی تضعیف درجه حرارت و تغییر فاز نوسانات درجه حرارت ساختارهای ساختمان می-داشته باشد.

بر اساس نتایج نسبی بدست آمده از اندازه گیری های آزمایشی در محل در **ایام زمستان**، می توان به وضاحت گفت که فرار حرارت ناشی از انتقال حرارت از طریق ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان تأثیر مستقیم بر حالت حرارتی و رطوبتی محیط زیست داخل هر دو اطاق مورد

بررسی خواهد داشت. در این زمینه باید توجه داشت که استفاده از عایق حرارتی در ترکیب لایه-های ساختارهای احاطوی ساختمان در این مورد دارای "تأثیر خاص و بسزا" بر وضعیت محیـــط داخلی اطاق های مورد بررسی که در سایت و ارتفاع معین قرار دارند می داشته باشد:

- در اطاق غیر عایق شده RH2/M2 در طول زمان بررسی، حد اوسط درجه حرارت هوای داخل اطاق $\theta_{ai,avg}$ در حدود4,5 °C پایین تر بود (در مقایســه با اطاق عایق شدهRH1/M2)
- حد اوسط درجه حرارت سطوح داخلی دیوارهای احاطوی بیرونی در اطاق غیر عایق شده RH2/M2 در حدود 3,0 °C پایین تر بود (در مقایسه با اطاق عایق شدهRH1/M2).

برای تفهیم کامل می توان اضافه نمود که، بر اساس نتایج قسمی اندازه گیری های آزمایشی در محل می توان تجزیه و تحلیل "اثرات استفاده از عایق حرارت" (پالسترین EPS) را نظر به ضخامت آن به شکل ذیل بیان داشت:

- حد اوسط درجه حرارت سطوح داخل $\theta_{si,avg}$ دیوارهای احاطوی بیرونی اطاق RH1/M2 (با عایق حرارت EPS با ضخامت 40,0 mm) در حدود 1,47 °C بالاتر از حد اوسط درجه حرارت سطوح داخل دیوارهای احاطوی بیرونی $\theta_{si,avg}$ اطاقRH2/M2 (بدون عایق حرارت) بود.
- حد اوسط درجه حرارت سطح داخل $\theta_{si,avg}$ ساختار بام اطاق RH1/M2 (با عایق حرارت EPS با ضخامت 100,0 mm) در حدود 6,1 °C بالاتر از حد اوسط درجه حرارت سطح داخل $\theta_{si,avg}$ ساختار بام اطاق RH2/M2 (بدون عایق حرارت) بود.

نتایج اندازه گیری ها بیشتر نشان می دهد که افزایش ضخامت عایق حرارت در ترکیب لایه-های ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان منجر به کاهش متناسب فرار حرارت از ساختمان گردیده و تأثیر مستقیم بر حالت هوای محیط زیست داخل و چگونگی الزامات اقتصادی ساختمان با گرم ساختن ساختمان (برای اطمینان از تعادل حرارتی انسان)-می داشته باشد.

هر قدر که تفاوت در مقدار مجموع درجه حرارت اطاق θ_M نظر به مقدار توصیه شده زیاد باشد به همان اندازه مصرف انرژی برای گرم کردن فضای اطاق در فصل زمستان بیشتر می شود.

ضمیمه

فهرست منابع و مأخذ

فهرست منابع و مأخذ

- نشریات تخصصی

[1] Baumit Journal 2/2009, Slovakia.

[2] BIELEK, M.: Konštrukcie pozemných stavieb, Energetická efektívnosť budov, vydavateľstvo STU, Bratislava 1991, ISBN 80-227-0381-8.

[3] BIELEK, M., ROJÍK, V.: Konštrukcie pozemných stavieb IV - Teória konštrukčnej tvorby budov, vydavateľstvo ALFA, Bratislava 1987.

[4] DECKÝ, M., DRUSA, M., ZGÚTOVÁ, K., VANGEL, J., TROJANOVÁ, M., BENČ, G., STARŠÍ, B.: Navrhovanie a kontrola zemných konštrukcií inžinierskych stavieb, Stavebná fakulta ŽU v Žiline, 2009, BTO print, ISBN 978-80-970139-1-2.

[5] DLESEK, V.: Energetická náročnost pozemních staveb, Ediční středisko ČVUT Praha 1991, ISBN 80-01-00602-6.

[6] DRAHOŠ, R., DRAHOŠ, M.: Zdravotné aspekty tepelno-vlhkostnej mikroklímy pri práci, *In: Fyzikálne faktory prostredia, Časopis o problematike fyzikálnych faktorov prostredia*, Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2011, č. 1, s. 21-25, ISSN 1338-3922.

[7] HALAHYJA, M. a kolektív: Stavebná tepelná technika, akustika a osvetlenie, ALFA, Bratislava 1985.

[8] HALAHYJA, M., CHMÚRNY, I., STERNOVÁ, Z.: Stavebná tepelná technika, Tepelná ochrana budov, vydavateľstvo Jaga group, s.r.o., Bratislava 1998, ISBN 80-88905-04-4.

[9] HUMM, O.: Nízkoenergetické domy, vydavateľstvo Grada Publishing, spol. s.r.o., Praha 1999.

[10] HORNIAKOVÁ, L.: Energetická náročnosť budov, Edičné stredisko SVŠT, Bratislava 1986.

[11] HORNIAKOVÁ, L. a kolektív: Konštrukcie pozemných stavieb, vydavateľstvo Jaga group, Bratislava 1999, ISBN 80-967095-4-2.

[12] CHMÚRNY, I.: Tepelná ochrana budov, Jaga group, Bratislava 2003, ISBN 80-88905-27-3.

[13] JOKL, M.: Zdravé obytné a pracovní prostředí, Academia, Praha 2002, ISBN 80-214-2910-0.

[14] KATUNSKÝ, D.: Prednášky z predmetu Stavebná fyzika z roku 2011.

[15] KULHÁNEK, F., TYWONIAK, J.: Stavební fyzika 20, Stavební tepelná technika, Vydavateľstvo ČVUT, Praha 2000, ISBN 80-01-02219-6.

[16] LAJČÍKOVÁ, A. a kolektív: Vnitřní prostředí budov, EXPO DATA spol. s r.o., Brno 2001, ISBN 80-7293-023-0.

[17] MAREŠ, M., DOLEŽAL, M., HOŠEK, J.: Energeticky úsporné koncepce výstavby a rekonstrukce průmyslových objektů, Česká energetická agentura, Projekta.

[18] METELKA, L., TOLASZ, R.: Klimatické změny: fakta bez mýtů, Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí 2009, ISBN 978-80-87076-13-2.

[19] NAGY, E.: Nízkoenergetický a energeticky pasívny dom, vydavateľstvo Jaga group s.r.o., Bratislava 2009, ISBN 978-80-8076-073-1.

[20] NEMEC, M.: Vzduchotesnosť budov v podmienkach Slovenskej republiky, Dizertačná práca, Košice, Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, 2013, 132 s.

[21] NEUWIRTHOVÁ, P.: Výrobní objekty, Energetická optimalizace obalových konstrukcí, Česká energetická agentúra 1998, www.ceacr.cz.

[22] PETRÁŠ, D., KOTRBATÝ, M. a kolektív: Vykurovanie veľkopriestorových a halových objektov, Edícia vykurovanie, vydavateľstvo Jaga group, spol. s r.o., Bratislava 2007, ISBN 978-80-8076-047-2.

[23] Publikace: Pasivní domy - rady, tipy, informace, Pražská energetika a.s., Net Press Media, Praha 2012.

[24] PUŠKÁR, A., SZOMOLÁNYIOVÁ, K., FUČILA, J., ŽIŠKA, M.: Konštrukcie pozemných stavieb V - Obvodové steny a výplne otvorov, Vydavateľstvo STU, Bratislava 1998, ISBN 80-227-1047-4.

[25] PUŠKÁR, A., SZOMOLÁNYIOVÁ, K., FUČILA, J: Okná, dvere, zasklené steny, vydavateľstvo Jaga group, Bratislava 2000, ISBN 80-88905-62-1.

[26] RUDIŠIN, R.: Analýza tepelných tokov vo vzťahu k podložiu priemyselných budov, Písomná časť doktorandskej dizertačnej skúšky, Košice, Technická univerzita, Stavebná fakulta, 2008, 89 s.

[27] RUDIŠIN, R.: Prednášky z predmetu Stavebná fyzika z roku 2012.

[28] ŘEHÁNEK, J., JANOUŠ, A.: Tepelné ztráty budov a možnosti jejich zmenšování, SNTL, Praha 1986.

[29] ŘEHÁNEK, J., JANOUŠ, A., KUČERA, P., ŠAFRÁNEK, J.: Tepelně-technické a energetické vlastnosti budov, Grada Publishing, Praha 2002, ISBN 80-7169-582-3.

[30] STERNOVÁ, Z. a kolektív: Obnova bytových domov -Hromadná bytová výstavba do roku 1970, vydavateľstvo Jaga group, Bratislava 2001, ISBN 80-88905-53-2.

[31] STERNOVÁ, Z. a kolektív: Obnova bytových domov II -Hromadná bytová výstavba po roku 1970, vydavateľstvo Jaga group, Bratislava 2002, ISBN 80-88905-68-0.

[32] STERNOVÁ, Z. a kolektív: Zatepľovacie systémy obvodových plášťov budov, vydavateľstvo Eurostav, spol. s.r.o., Bratislava 2002, str. 6, ISBN 80-968183-5-X.

[33] ŠÁLA, J. a kol.: Tepelná ochrana budov: komentář k ČSN 73 0540, Informační centrum ČKAIT, Praha 2007, ISBN 80-03408-9.

[34] ŠENITKOVÁ, I.,VILČEKOVÁ, S.: Fyzikálne zložky architektonického prostredia, Stavebná fakulta Technickej univerzity v Košiciach 2006, ISBN 80-8073-615-4.

[35] TEMORI, M., O.: Vplyv aplikácie kontaktných zatepľovacích systémov (EPS) na vnútornú mikroklímu rodinných domov v extrémnych klimatických podmienkach, Dizertačná práca, Košice, Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, 2013, 165 s.

[36] TÓTH, S., RUDIŠIN, R.: Ľahké betóny v strešných konštrukciách - možnosti, efektívnosť a vplyv použitia polystyrénbetónu (PsB) a penobetónu (PBG) na znižovanie energetickej náročnosti budov, In: *Solution of Green Roof Structures in V4 Countries (1): zborník vedeckých prác,* Košice, TU v Košiciach, 2010, str. 47-58, ISBN 978-80-553-0593-6.

[37] TÓTH, S., RUDIŠIN, R.: Vegetačné šikmé strechy - konštrukčné možnosti a efektívnosť použitia, In: *Solution of Green Roof Structures in V4 Countries (3): zborník vedeckých prác,* Košice, TU v Košiciach, 2010, str. 39-47, ISBN 978-80-553-0595-0.

[38] TYWONIAK, J.: Nízkoenergetické domy - Principy a příklady, vydavateľstvo Grada Publishing a.s., Praha 2005, ISBN 80-247-1101-X.

[39] TYWONIAK, J. a kolektiv: Nízkoenergetické domy 2 - Principy a příklady, Grada Publishing a.s., Praha 2008, ISBN 978-80-247-2061-6.

[40] TYWONIAK, J. a kolektiv: Nízkoenergetické domy 3. Nulové, pasivní a ďalší, vydavateľstvo Grada Publishing, a.s., Praha 2012, ISBN 978-80-247-3832-1.

[41] VAVERKA, J. a kolektiv: Stavební tepelná technika a energetika budov, Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství Vutium, Brno 2006, ISBN 80-214-2910-0.

- قوانین، فرامین، مقررات و ابلاغیه ها، استانداردها

[42] Zákon č. 50/1976 Z. z. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších zmien.

[43] Zákon č. 555/2005 Z.z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

[44] Opatrenie Štatistického úradu SR č.128/2000 Z. z., ktorým sa vyhlasuje Klasifikácia stavieb.

[45] Smernica Európskeho parlamentu a rady 2010/31/EÚ z 19. mája 2010 o energetickej hospodárnosti budov.

[46] Kjótsky protokol k rámcovému dohovoru OSN o zmene klímy, Japonsko, december 1997.

[47] NPR-CR 1752: 1999: Ventilation for buildings - Design criteria for the indoor environment.

[48] STN EN ISO 7730: 2006: Ergonómia tepelného prostredia, Analytické určovanie a interpretácia tepelnej pohody pomocou výpočtu ukazovateľov PMV a PPD a kritérií miestneho tepelného pohodlia (ISO 7730: 2005).

[49] STN EN ISO 10211: 2008: Tepelné mosty v budovách pozemných stavieb, Tepelné toky a povrchové teploty, Podrobné výpočty (ISO 10211: 2007).

[50] UNE-CEN/TR 14788: Ventilation for buildings - Design and dimensioning of residential ventilation systems.

[51] STN EN ISO 13789: 2008: Tepelnotechnické vlastnosti budov, Merný tepelný tok prechodom tepla a vetraním, Výpočtová metóda (ISO 13789: 2007).

[52] STN EN ISO 13790: 2009: Energetická hospodárnosť budov, Výpočet potreby energie na vykurovanie a chladenie (ISO 13790: 2008).

[53] STN EN 15251: 2008: Vstupné údaje o vnútornom prostredí budov na navrhovanie a hodnotenie energetickej hospodárnosti budov - kvalita vzduchu, tepelný stav prostredia, osvetlenie a akustika.

[54] STN 73 0540-1: 2002: Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov, Tepelná ochrana budov, Časť 1: Terminológia.

[55] STN 73 0540-2: 2012: Tepelná ochrana budov, Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov, Časť 2: Funkčné požiadavky.

[56] STN 73 0540-3: 2012: Tepelná ochrana budov, Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov, Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov.

[57] STN 73 1901: Navrhovanie striech, Základné ustanovenia.

[58] STN 73 4301: 2005: Budovy na bývanie.

[59] United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992, Agenda 21.

[60] United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992, United nations framework convention on climate change.

- **وب سایت ها**

[61] DRAHOŠ, R. - DRAHOŠ, M.: Zdravotné aspekty tepelno- vlhkostnej mikroklímy pri práci [online, cit. 2012-10-22] dostupné na internete: <http://www.d2r.sk/texty/zdravotne%20aspekty%20mikroklimy.pdf> .

[62] GeoModel Solar s.r.o., Bratislava, Informácie o priemernej ročnej teplote vonkajšieho vzduchu a intenzite globálneho slnečného žiarenia, Dostupné na URL adrese: http://solargis.info/.

[63] JOKL, M.: Teorie vnitřního prostředí budov [online]. České vysoké učení technické v Praze 2011. Dostupné na internete:

<http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/TVPB/Teorie_vnitrniho_prostredi.pdf>.

[64] http://www.biomasa -info.sk/?section=open&load=polozky&o1 = g6339293711727805997 (13.11.2013).

[65] http://www.kurzy.cz/komodity/ (13.11.2013).

[66] http://www.osel.cz/index.php?clanek=4761&akce=show2 &dev=1 (07.11.2013).

[67] http://www.pass-net.net/img/ph-trends.jpg (07.11.2013).

[68] http://www.abcinterier.sk/news.php?sel=9&id=2298 (20.11.2013).

[69] http://www.deloitte.com/assets/Dcom-Austria/Local%20Assets/Documents/Studien/Property_Index_2013_ENG_s.pdf (23.11.2013).

[70] http://www.slovenskydom.sk/energetika-nasho-domu/ (02.01.2014).

[71] http://www.halfen.cz/t/19_8089.html (01.12.2013).

[72] http://www.termokamery.sk/termokamery-pre-stavebnictvo/fluke-pre-stavebnictvo/ (03.12.2013).

[73] http://www.knaufinsulation.sk/sites/sk.knaufinsulation.net /files/domek-ztraty.png (05.01.2014).

[74] http://www.modernydom.eu/index.php?id=4 (08.01.2014).

[75] http://jaspi.justice.gov.sk/jaspidd/vzory/009311Pr3.pdf (08.01.2014).

[76] http://www.wienerberger.sk/porotherm-425-t-profi.html?lpi=1273508103171 (09.02.2014).

[77] http://www.wienerberger.sk/porotherm-44-ti-profi.html?lpi=1273508103171 (09.02.2014).

[78] http://urobsisam.topky.sk/buxus/images/fotogaleria/fotogalerie/stavba_fotogaleria/murovacie_materialy_trvala_hodnota_2._cast_fotoalbum/15-durisol-big-image.jpg (10.02.2014).

[79] http://www.livetherm.cz/tvarnice-obvodova-zakladni-tol-z400lep198-p6-liapor-polystyren (10.02.2014).

[80] http://www.nepivoda.cz/image/medmax2.gif (10.02.2014).

[81] http://www.stavebninyaz.sk/domain/stavebninyza/files/tehly-tvarnice/tvarnice-ytong.jpg (10.02.2014).

[82] http://urobsisam.topky.sk/stavba-domu/stavebny-material/z-coho-stavat-obvodove-a-nosne-steny-domu (10.02.2014).

[83] http://www.pinuslog.sk/images/kanadske-zruby-zakoncenia.jpg (10.02.2014).

[84] http://www.drevstavslovakia.sk/nizkoenergeticky-dom/konstrukcny-system (10.02.2014).

[85] http://www.drevstavslovakia.sk/pasivny-dom/konstrukcny-system (10.02.2014).

[86] http://timberblock.com/blog/loghome/files/2013/06/Sips-blog-1.jpg (10.02.2014).

[87] http://mojdom.zoznam.sk/cl/10052/1355822/Vsetko-o-zateplovani-domu--vyber-spravnych-materialov-a-najvacsie-chyby (10.02.2014).

[88] http://www.zelenabuducnost.sk/wps/portal/zb/domov/setrenie-energie/podnikatelia/zateplenie-objektov/!ut/p/b1/04_SjzQ0N7I0NTI0MdaP0I_KSyzLTE8syczPS8wB8aPM4t39DZ0tnQwdDfy93QwNPJ0C3Ez9XRyNTZzN9YOLs_VzoxwVATS2pfM!/ (10.02.2014).

[89] http://www.bauma-mb.cz/wp content/gallery/polystyreny/polystyren.jpg (10.02.2014).

[90] http://www.lacnastavba.sk/images/nobasilmp1.jpg (10.02.2014).

[91] http://www.uz.all.biz/img/uz/catalog/19242.jpeg (10.02.2014).

[92] http://www.lacne-okna.sk/index.php?id=2041101 (10.02.2014).

[93] http://www.fenestrask.eu/sk/plastove-okna-a-dvere/plastove-okna1/fenestra-geneo-3-okno (10.02.2014).

[94] http://www.fenestrask.eu/sk/plastove-okna-a-dvere/plastove-okna1/fenestra-geneo-3-passiv (10.02.2014).

[95] http://www.inup.sk/pics/img/avantgarde/3.jpg (11.02.2014).

[96] http://www.lacne-okna.sk/index.php?id=2041101 (09.02.2014).

[97] http://galeriaprestige.com.pl/wp-content/uploads/przekr%C3%B3j-profiulu-alphaline-90.jpg (09.02.2014).

[98] http://www.drtech.ch/3.5%20-%20A-Fenster.html (11.02.2014).

[99] http://www.oknadrevohlinikove.sk/ (11.02.2014).

[100] http://www.internorm.com/cz/produkty/home-soft/home-soft-fenster/plast-hlinik.html (11.02.2014).

[101] http://www.internorm.com/cz/produkty/home-soft/home-soft-fenster/drevo-hlinik.html (11.02.2014).

[102] http://www.elektricke-kurenie.sk/akumulacne-podlahove-vykurovanie-s-pouzitim-vykurovacich-rohozi (18.02.2014).

[103] http://www.mirador.eu/thumbnail/(w:472,h:255,i:/produkty/rez_skiel.jpg) (11.02.2014).

[104] www.halfen.cz/d/19_8094/cz/media/catalogues/.../HIT_09-1_cz.pdf (18.02.2014).

[105] http://www.ekologis.sk/m/elektricke-kurenie-23/fenix--32/ecofilm-37/ (18.02.2014).

[106] http://www.technikzv.sk/redata/image/tehly/debniace_tvarnice_premac.jpg (10.02.2014).

[107] http://www.thermogroupuk.com/underfloor-heating/thermotube/thermotube-underfloor-heating.html (18.02.2014).

[108] http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=4658 (12.02.2014).

[109] http://weatherspark.com/averages/32749/Herat-Afghanistan (22.02.2013).

[110] http://www.berkerry.ie/wp-content/uploads/2013/06/ber-cert-kerry.jpg (26.02.2014).

ضمیمه

نمادها و سمبول ها، واحد ها و پارامتر ها

- **نمادها و سمبول ها، واحد ها و پارامتر ها**

- **نمادها و سمبول ها**

حروف کوچک	حروف بزرگ	اسم الفبا	Name of letter
α	Α	الفا	Alfa
β	Β	بِتا	Beta
γ	Γ	گاما	Gama
δ	Δ	دِلتا	Delta
ε	Ε	اپسیلون	Epsilon
ζ	Ζ	زِتا	(D) zeta
η	Η	اِتا	Eta
θ	Θ	تِتا	Theta
ι	Ι	آیوتا	Iota
κ	Κ	کاپا	Kappa
λ	Λ	لامبدا	Lambda
μ	Μ	می	Mi
ν	Ν	نی	Ni
ξ	Ξ	کِس ای	Ksi
ο	Ο	همیکرُن	Omíkron
π	Π	پی	Pi
ρ	Ρ	رو	Ro
σ	Σ	سیگما	Sigma
τ	Τ	تاو	Tau
υ	Υ	اپسیلون	Ypsilon
φ	Φ	فی	Fi
χ	Χ	چی	Chi
ψ	Ψ	پسی	Psi
ω	Ω	اومِگاه	Omega

- **واحد های عمومی SI**

نام پارامتر	نام واحد	علامه یا سمبول
طول	meter	m
وزن	kilogram	kg
زمان	second	s
جریان برق	ampere	A
درجه حرارت ترمودینامیک	kelvin	K
مقدار ماده	mol	mol
شدت نورانی	candela	cd

- **واحد های مورد استفاده در عمل های تخنیکی و تبادل آنه**

1 J = 1 N.m = 1 kg.m.s^{-2}.m = 1 W.s
1 Wh = 3600 J = 3,6 kJ
1 kWh = 3,6 MJ = 860,4 kcal
1 MWh = 3,6 GJ
1 GWh = 3,6 TJ
1 GJ = 277,7 kWh
1 kcal = 4186,8 J
1 kcal/(m.h.°C) = 1,163 W/(m.K)
1 m^2.h.°C/kcal = 0,860 (m^2.K)/W
1 kcal/(m^2.h.°C) = 1,163 W/(m^2.K)
1 kcal/(kg.°C) = 4186,8 J/(kg.K)
1 BTU (British thermal unitis) = 1055 J = 2,93.10^{-4} kWh = 0,252 kcal
1 BTU/h = 0,2931 W
1 BTU/s = 1055 W
1 BTU/(ft^2.h.°F) = 0,1442 W/(m.K)
1 BTU/(ft.h.°F) = 1,731 W/(m.K)
1 °F.ft^2.h/BTU = 0,1761 m^2.K/W
1 BTU/(ft^2.h.°F) = 5,678 W/(m^2.K)
1 BTU/(1b.°F) = 4186,8 J/(kg.K)
1 BTU/1b = 2326,0 J/kg
1 kWh = 3412,1 BTU
1 1b/ft^3 = 1 1b/cuft (pounds per cubic foot) = 16,018 kg/m^3
1 inch = 25,4 mm
37,8 °C = 100 °F

Book Name	The Energy consumption in the residential houses
Author	Robert Rudišn, Mohammad Omar Temori, Juma Haydary, Maroš Nemec, Zuzana Tkáčová
Edith and Design	M Mostafa H Temori
Publisher	Nangarhar Engineering Faculty
Website	www.nu.edu.af
No of Copies	1000
Published	2015, Second Edition
Download	www.ecampus-afghanistan.org

This Publication was financed by German Aid for Afghan Children, a private initiative of the Eroes family in Germany.

Administrative and Technical support by Afghanic organization.

The contents and textual structure of this book have been developed by concerning author and relevant faculty and being responsible for it. Funding and supporting agencies are not holding any responsibilities.

If you want to publish your textbooks please contact us:

Dr. Yahya Wardak, Ministry of Higher Education, Kabul

Office 0756014640

Email textbooks@afghanic.org

All rights reserved with the author.

Printed in Afghanistan 2015

Sahar Printing Press

ISBN: 978 9936 620 117

Message from the Ministry of Higher Education

In history,books have played a very important role in gaining, keeping and spreading knowledge and science;and they are the fundamental units of educational curriculum which can also play an effective role in improving the quality of Higher Education. Therefore, keeping in mind the needs of the society and today's requirements and based on educational standards, new learning materials and textbooks should be provided and published for the students.

I appreciate the efforts of the lecturers andauthors and I am very thankful to those who have worked for many years and have written or translated textbooks in their fields. They have offered their national duty and they have motivated the motor of improvement.

I also warmly welcome more lecturers to prepare and publish textbooks in their respective fields so that, after publication, they should be distributed among the students to take full advantage of them. This will be a good step in the improvement of the quality of higher education and educational process.

The Ministry of Higher Education has the responsibility to make available new and standard learning materials in different fields in order to better educate our students.

Finally I am very grateful to the chief of German Committee for Afghan Children, Dr. Eroes, and our colleague Dr. Yahya Wardak who have provided opportunities for publishing textbooks of our lecturers and authors.

I am hopeful that this project should be continued and increased in order to have at least one standard textbook for each subject, in the near future.

Sincerely,

Prof. Dr. Farida Momand

Minister of Higher Education

Kabul, 2015

Publishing Textbooks

Honorable lecturers and dear students!
The lack of quality textbooks in the universities of Afghanistan is a serious issue, which is repeatedly challenging students and teachers alike. To tackle this issue we have initiated the process of providing textbooks to the students of medicine. For this reason, we have published 176 different medical textbooks (95 books funded by DAAD, 80 books funded by kinderhilfe-Afghanistan) from Nangarhar, Khost, Kandahar, Herat, Balkh and Kapisa medical colleges and Kabul Medical University. It should be mentioned that all these books have been distributed among the medical colleges of the country free of cost. Currently we are working to publish 20 more non-medical textbooks for Nangarhar University. All published medical & non-medical textbooks can be downloaded from www.ecampus-afghanistan.org

The Afghan National Higher Education Strategy (2010-1014) states:
"Funds will be made available to encourage the writing and publication of textbooks in Dari and Pashtu. Especially in priority areas, to improve the quality of teaching and learning and give students access to state – of – the – art information. In the meantime, translation of English language textbooks and journals into Dari and Pashto is a major challenge for curriculum reform. Without this facility it would not be possible for university students and faculty to access modern developments as knowledge in all disciplines accumulates at a rapid and exponential pace, in particular this is a huge obstacle for establishing a research culture. The Ministry of Higher Education together with the universities will examine strategies to overcome this deficit."

The book you are holding in your hands is a sample of a printed textbook. We would like to continue this project and to end the method of manual notes and papers. Based on the request of Higher Education Institutions, there is the need to publish about 100 different textbooks each year.

As requested by the Ministry of Higher Education, the Afghan universities, lecturers and students, we extended this project to the non-medical subjects e.g. Science, Engineering, Agriculture and Economics.

I would like to ask all the lecturers to write new textbooks, translate or revise their lecture notes or written books and share them with us to be published. We will ensure quality composition, printing and distribution to the Afghan Universities free of charge. I would like the students to

encourage and assist their lecturers in this regard. We welcome any recommendations and suggestions for improvement.

It is worth mentioning that the authors and publishers tried to prepare the books according to the international standards but if there is any problem in the book, we kindly request the readers to send their comments to us or the authors in order to be corrected for future revised editions.

We are very thankful to **Kinderhilfe-Afghanistan** (German Aid for Afghan Children) and its director Dr Eroes, who has provided fund for this book. We would also like to mention that he has provided funds for 80 other medical textbooks in the past three years which are being used by the students of Nangarhar and other medical colleges of the country. Dr Eroes has made funds available for 20 additional books which are being printed now.

I am especially grateful to **GIZ** (German Society for International Cooperation) and **CIM** (Centre for International Migration & Development) for providing working opportunities for me during the past five years in Afghanistan.

In our ministry, I would like to cordially thank Minister of Higher Education Prof Dr Farida Momand, Academic Deputy Minister, Prof M Osman Babury and Deputy Minister for Administrative & Financial Affairs Prof Dr Gul Hassan Walizai, Acting Chancellor of Nangarhar University Prof Dr M Taher Enayat and lectures for their continuous cooperation and support for this project.

I am also thankful to all those lecturers that encouraged us and gave us all these books to be published and distributed all over Afghanistan. Finally I would like to express my appreciation for the efforts of my colleagues Hekmatullah Aziz, Ahmad Fahim Habibi and Fazal Rahim in the office for publishing books.

Dr Yahya Wardak
CIM-Expert & Advisor at the Ministry of Higher Education
Kabul/Afghanistan, June, 2015
Office: 0756014640
Email: textbooks@afghanic.org

Abstract

Society development brings increasing requirements on quality of living. Nowadays, in times of economic crises, we more and more realize that prices of fuel and energy have been continually increasing. We are asking ourselves where to find and how to realize saving solutions. One of the areas with some hidden reserves is heating insulations of buildings which protect buildings against adverse weather in winter and summer. It is closely related to offering optimal solutions for thermal condition of inside environment with a focus on reducing energy demands of buildings. One of the reasons for these presumptions is a fact that buildings consume the biggest part of energy – in worldwide energy consumption they represent 40%. It is obvious to heat buildings during winter and to cool them down during summer. Dimensioning of technical equipment designed for this purpose is directly dependent on thermal protection level of constructions and buildings. The importance and meaning of the terms such as thermal protections of buildings, construction physics, construction thermal technology, and energy demand or cost-saving is much higher today.

This publication looks into construction thermal technology and all the important parts closely related to design, realization and operation of buildings. It introduces the minimum knowledge required for deeper study of the construction thermal technology issues. It is intended mainly for students, designers, investors, and building keepers and users as well as wider non-professional public who are interested in thermal protection of buildings and related energy demand of the buildings. The publication presents theoretical principles of designing and evaluation, methodical rules, mathematical and graphic dependencies, several selected construction solutions and recommendations, brief overview of currently designed structures and used construction materials of buildings packaging materials as well as unique testing measurements of selected physical quantities realized in Afghanistan.

داکتر انجنیر
محمدعمر تیموری

دارنده دیپلوم ماستری در رشته بازسازی ساختمان های روبنایی از فاکولته ساختمانی پوهنتون تخنیکی کوشتسی سلواکیا و دیپلوم دکترا در رشته تخنیک حرارت ساختمان از همین فاکولته می باشد. از سال ۲۰۰۴ میلادی بدین سو در افغانستان فعالیت داشته و تجارب علمی و تخنیکی کسب شده از اروپا را در امور تولید مواد ساختمانی مدرن و حفاظت محیط زیست به افغانستان انتقال داده است و از طریق شرکت تیموریان – H که منحیث ریس آن ایفای وظیفه می نماید آن را در افغانستان تطبیق می نماید. موصوف همچنان در نشر و ترجمه کتاب های درسی مسلکی مقالات به لسان دری تلاش می ورزد (معیار های جدید اعمار ساختمان سال ۲۰۱۰).

داکتر انجنیر
رابرت رو دیشین

دارنده دیپلوم ماستری در رشته ساختمان های روبنایی از فاکولته ساختمانی پوهنتون تخنیکی کوشتسی سلواکیا و دیپلوم دکترا در رشته تخنیک حرارت ساختمان از همین فاکولته می باشد. سال های زیادی در همین فاکولته مضمون تخنیک حرارت ساختمان را تدریس می نمود. فعالیت های زیادی در تحقیقات مواد ساختمانی داشته و مقالات فراوان از وی به لسان های مختلف چاپ گردیده است. فعلاً در مرکز تحقیقاتی پوهنتون تخنیکی ژیلینا سلواکیا مصرف تحقیقات علمی در امور ساختمان می باشد.

داکتر انجنیر
محمد جمعه حیدری

دارنده دیپلوم ماستری در رشته انجنیری کیما از فاکولته تکنالوژی کیمیا و مواد غذایی پوهنتون تخنیکی سلواکیا و دیپلوم دکترا در رشته تخنیک حرارت از همین فاکولته می باشد. موصوف منحیث استاد بر حال با درجه علمی فوق دکترا در همین فاکولته مصروف تدریس می باشد. از سال ۲۰۰۵ میلادی بدین طرف در افغانستان فعالیت داشته و یکی از موسسین رشته های جدید تحصیلی در پوهنتون پولی تخنیک کابل می باشد. ایشان در فراهم آوری بورس های ماستری و کورس های کوتاه مدت آموزشی برای استادان افغان در کشور سلواکیا نقش داشته و لابراتوار های مجهز را به فاکولته های افغانستان انتقال داده اند. از ایشان کتاب ها و مقالات متعدد در مجلات معتبر بین المللی به چاپ رسیده است.

داکتر انجنیر
ماروش نیمیتس

دارنده دیپلوم ماستری در رشته ساختمان های روبنایی از فاکولته ساختمانی پوهنتون تخنیکی کوشتسی سلواکیا و دیپلوم دکترا در رشته تخنیک حرارت ساختمان از همین فاکولته می باشد. فعالیت های زیادی در تحقیقات مواد ساختمانی داشته و مقالات از وی به لسان های مختلف چاپ گردیده است. موصوف فعلاً در امورات ساختمانی مصروف کار می باشد.

انجنیر
زوزانه تیکاچووا

دارنده دیپلوم لیسانس در رشته ساختمان های روبنایی از فاکولته ساختمانی پوهنتون تخنیکی کوشتسی سلواکیا بوده و اکنون محصل ماستری در همین فاکولته هم می باشد.

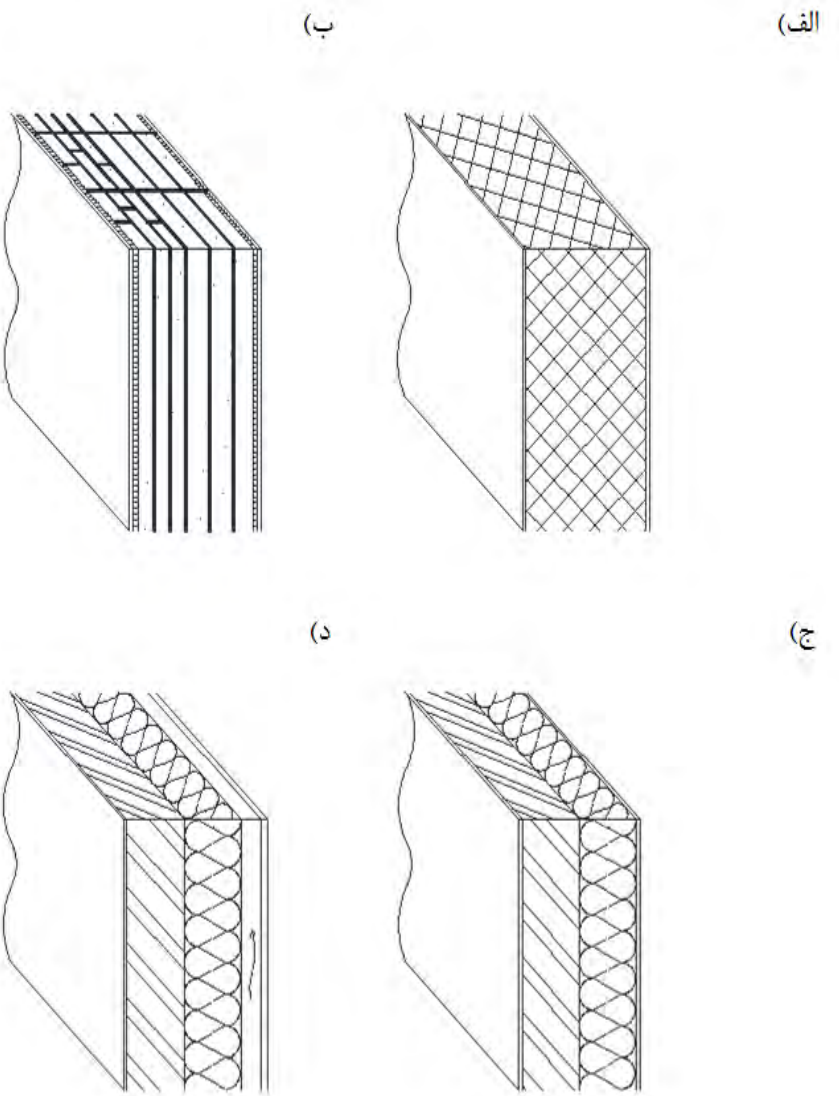
چگونگی مصرف انرژی در ساختمان های رهایشی

ضمیمه CD

حاوی تصاویر

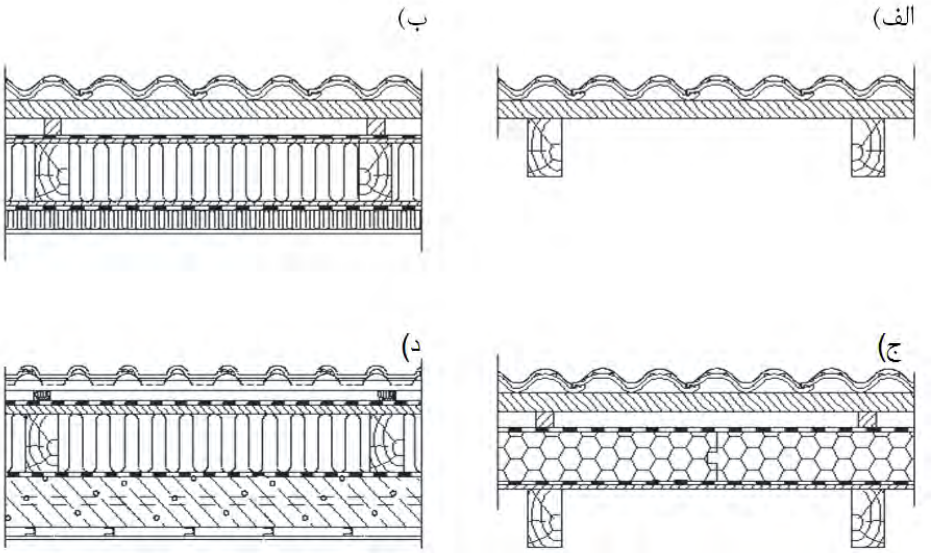
کتاب

مولفین: داکتر انجنیر محمد عمر تیموری، داکتر انجنیر رابرت رودیشین، داکتر انجنیر ماروش نیمتس، داکتر انجنیر محمد جمعه حیدری، انجنر زوزانه تکاچو وا



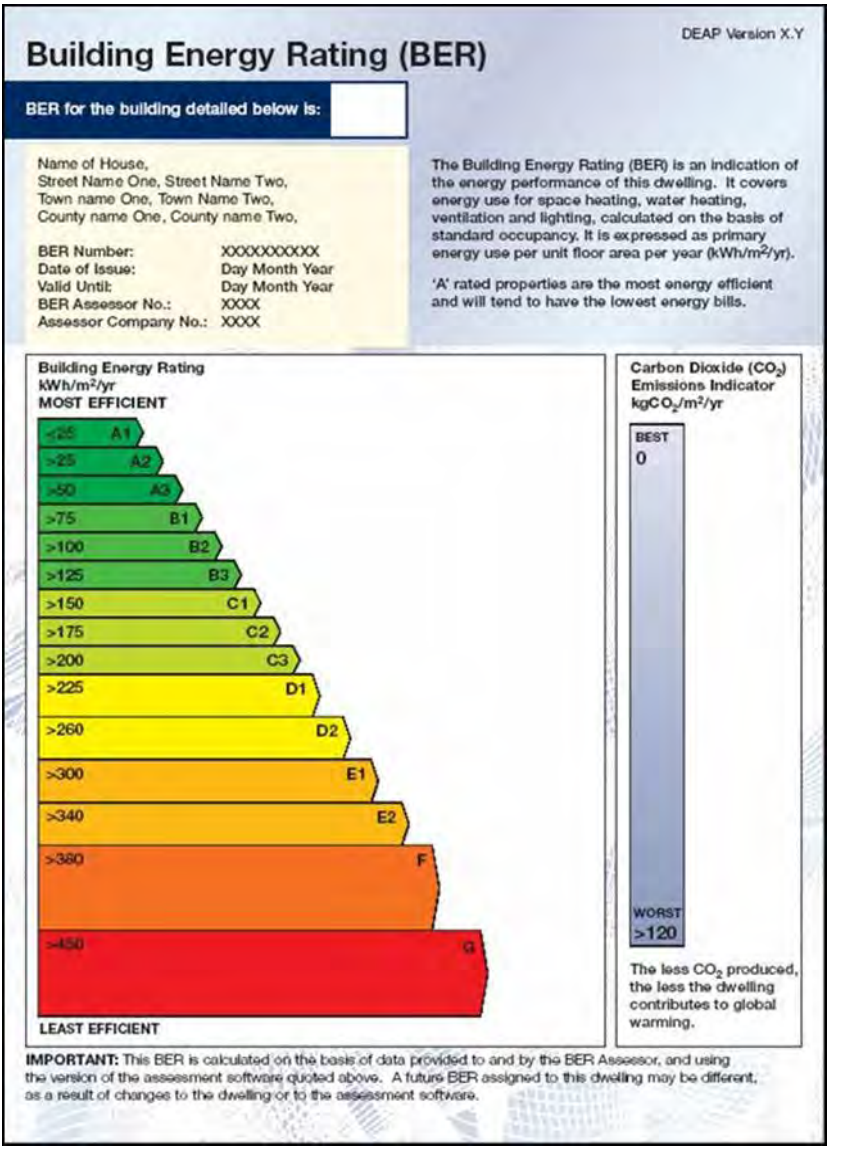
تصویر 1-1 انکشاف طراحی دیوارهای احاطوی ساختمان در طول زمان:

الف) دیوار احاطوی یک لایه، ب) دیوار احاطوی بلوکه ای منفذدار که از مواد عایق حرارت در منفذ های آن استفاده شده است، ج) دیوار احاطوی که در طرف بیرونی آن از سیستم عایق EPS استفاده شده است، د) دیوار احاطوی بیرونی دو پوششه که دارای لایه هوا به سمت بیرونی ساختمان می باشد[39]

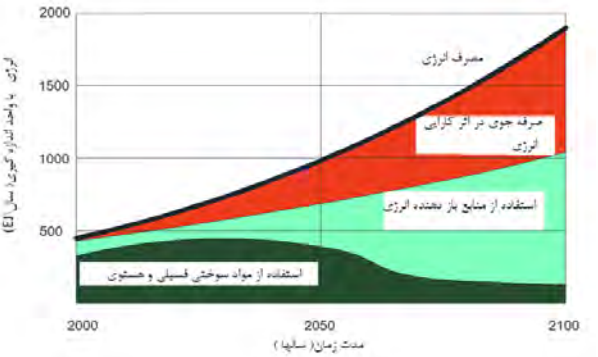


تصویر 2-1 انکشاف طراحی ساختارهای بام ساختمان در طول زمان:

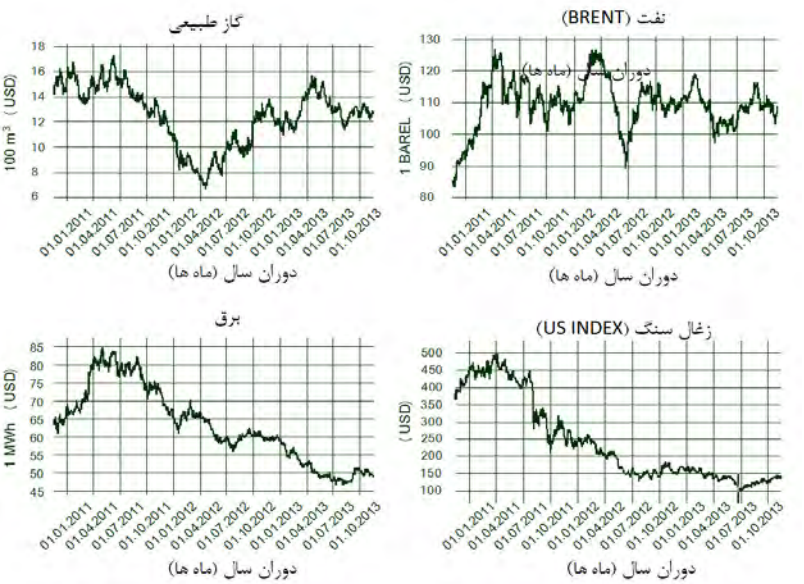
الف) بام یک پوششه بدون موجودیت لایه عایق حرارت ب) بام دو پوششه با موجودیت لایه عایق حرارت در بین شَده های بام و زیر لایه های بام ج) بام دو پوششه با موجودیت لایه عایق حرارتی تنها بالای شَده های بام، د) بام دو پوششه با موجودیت ترکیب لایه عایق حرارت (پشم سنگ، فوم کانکریت.



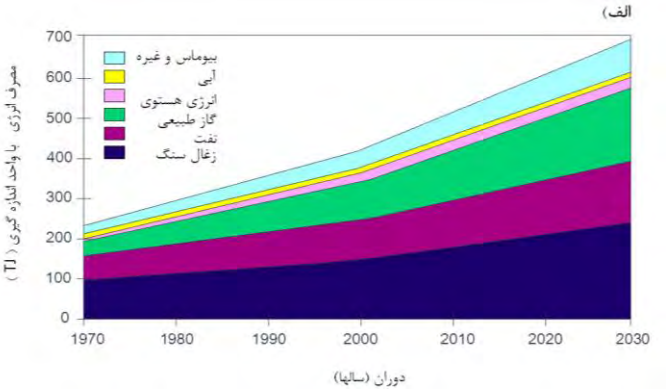
تصویر 3-1 کارت یا لیبل انرژی ساختمان [111]



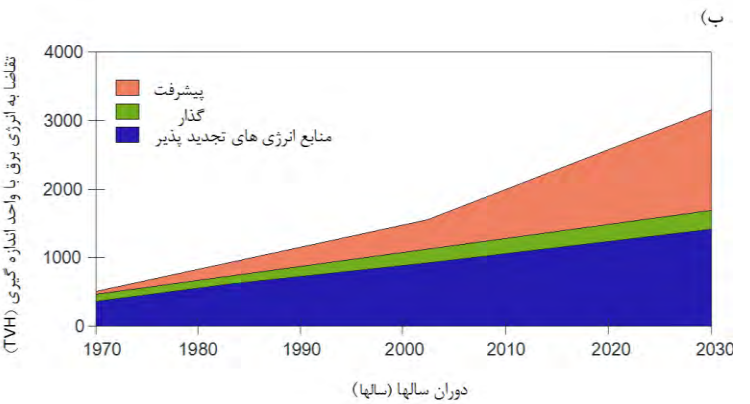
تصویر 4-1 مصرف جهانی انرژی از سال 0111 الی سال 0111 [64]



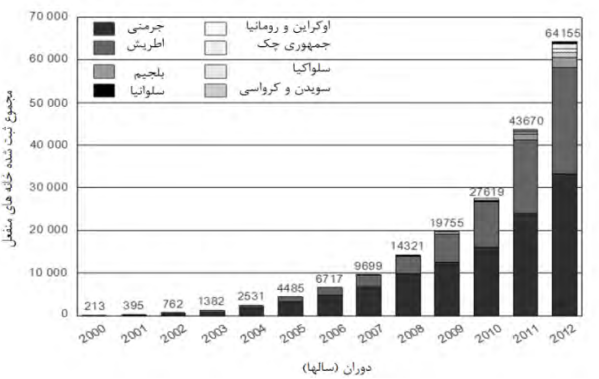
تصویر 5-1 تحولات جهانی قیمت های منابع انرژی اولیه از سال0111 - 0112 [65]



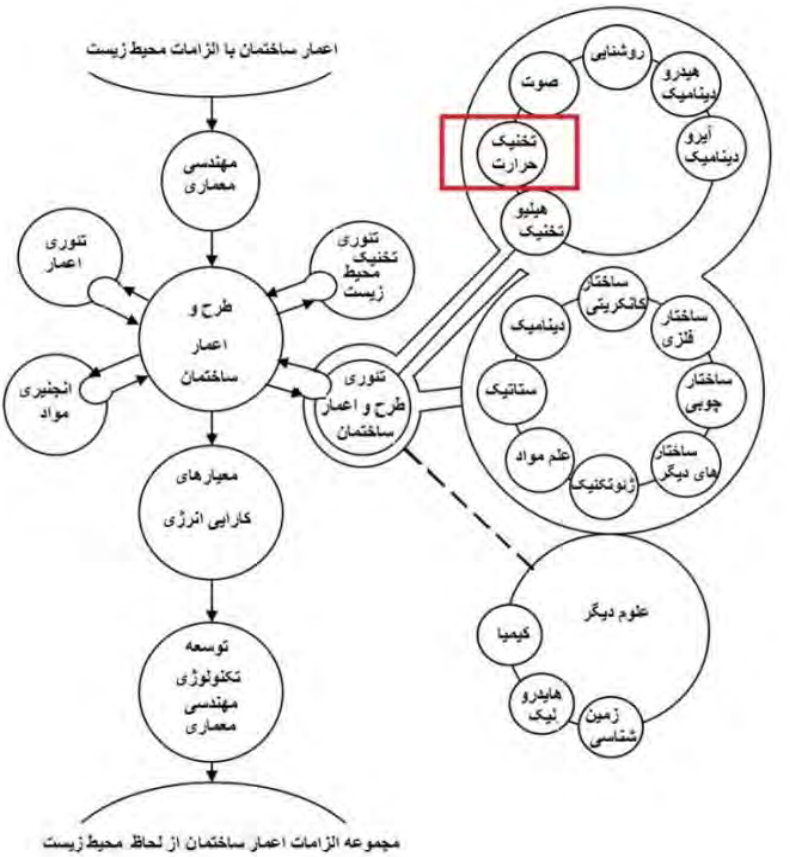
تصویر 6-1 پیش بینی در ساحه: الف) نیازهای انرژی جهان



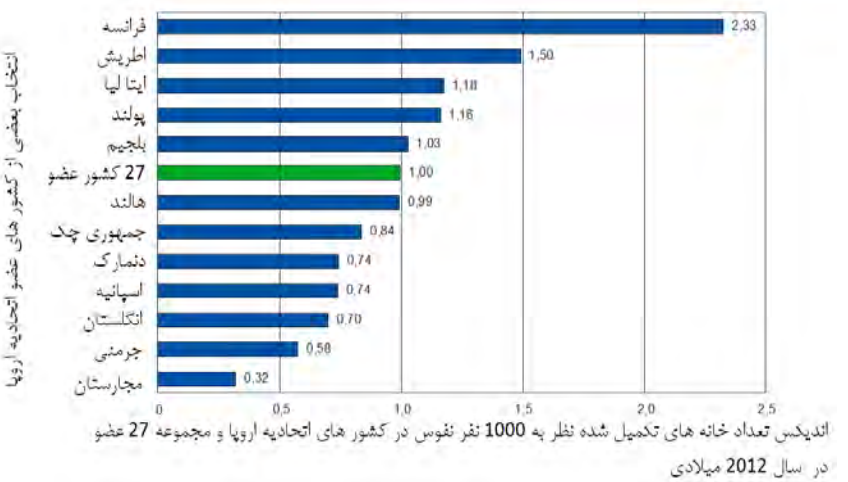
تصویر 6-1 پیش بینی در ساحه: ب) نیاز انرژی برق جهان [66]



تصویر 7-1 رشد و افزایش ساخت و ساز خانه های منفعل [67]



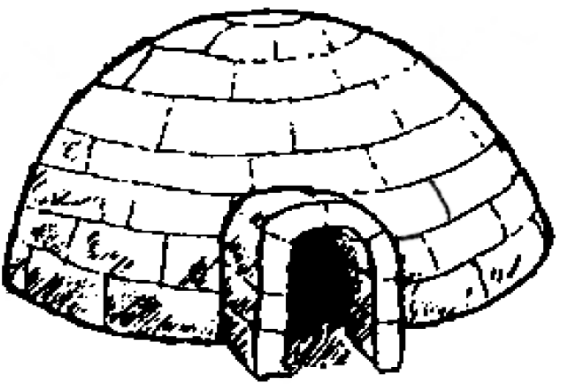
تصویر 8-1 نمای از اتصال اجزای تشکیل دهنده محیط زیست [3]



تصویر 9-1 پیشرفت و توسعه کارایی بود و باش افراد در خانه های رهایشی [69]

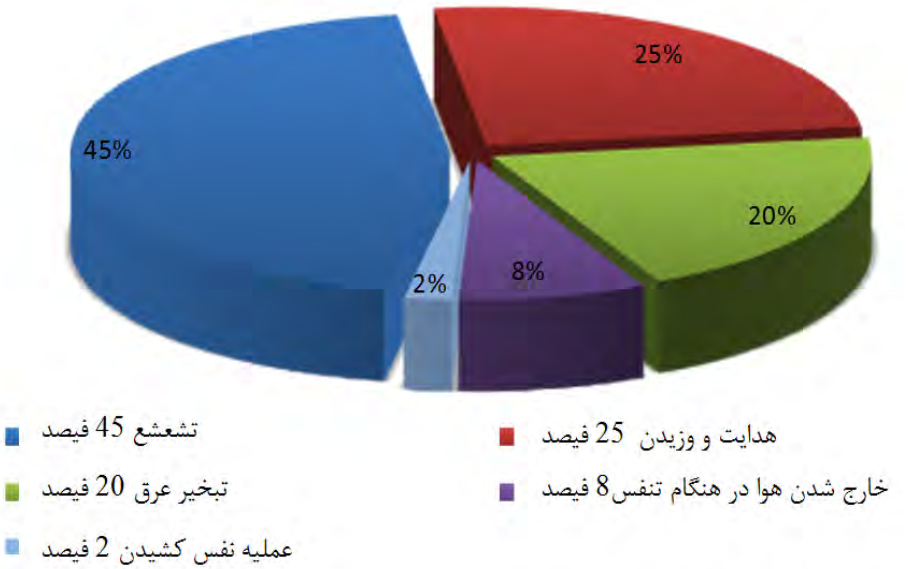
(الف)

(ب)



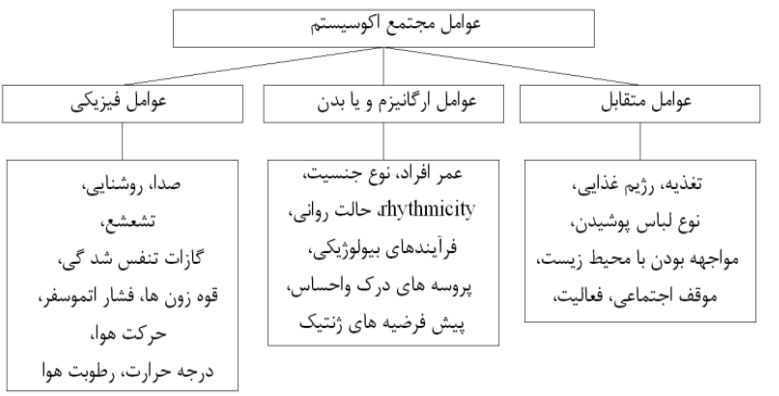
تصویر 1-2 الف) کلبه های باز ابتدایی در مناطق گرمسیر- خط استوا، ب) کلبه های بسته ابتدایی در مناطق سرد سیر- قطب شمال [9]

تصویر 2-2 طبقه بندی ابتدایی ساختمان های روبنایی

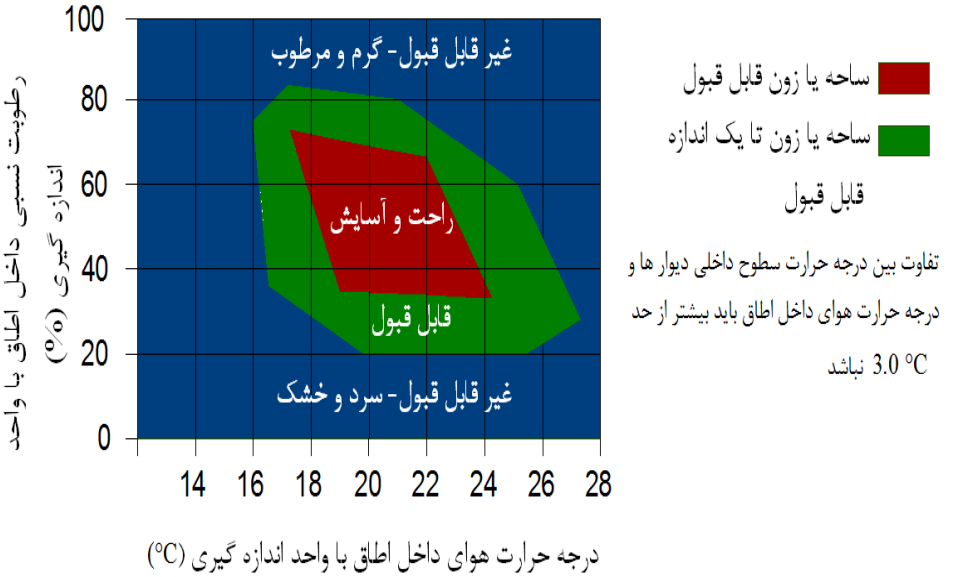


تصویر 3-1 سهم اجزای تعادل حرارتی انسان در مجموع کل فرار حرارت از بدن انسان [41]

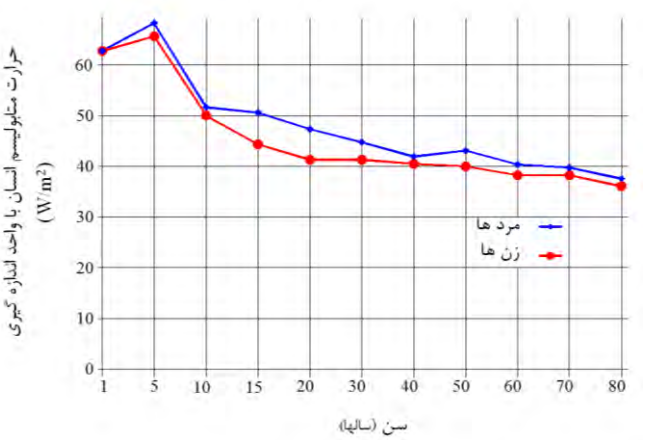
.



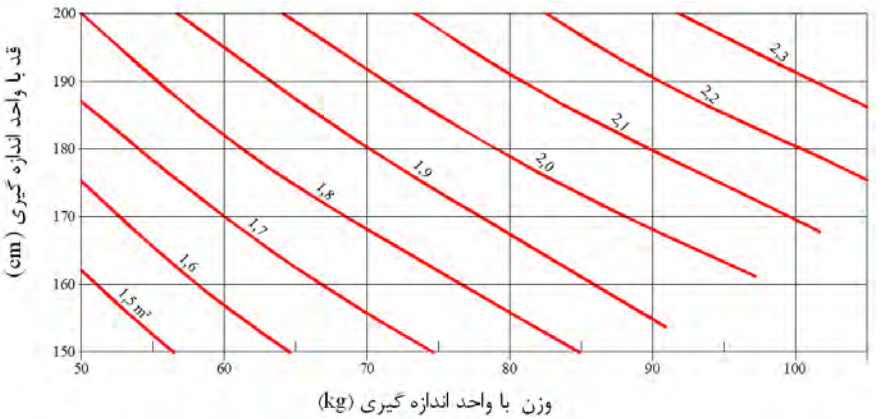
تصویر 3-2 عوامل مجموعه اکوسیستم که بالای انسان تأثیر می گذارد [41]



تصویر 3-3 زون آسایش حرارتی [34]

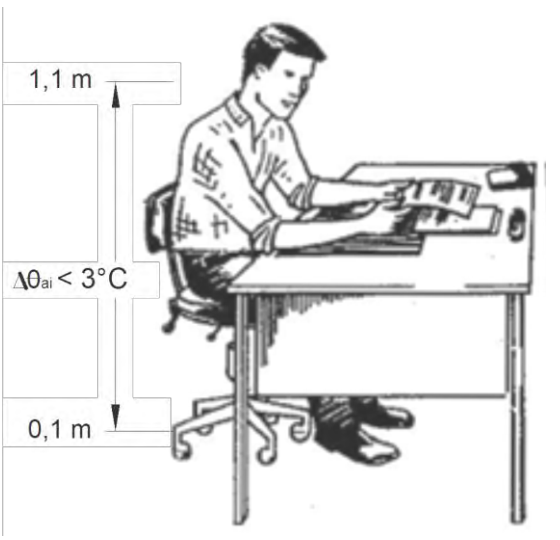


تصویر 3-4 حرارت اساسی متابولیسم انسان $q_{m,b}$ [63]

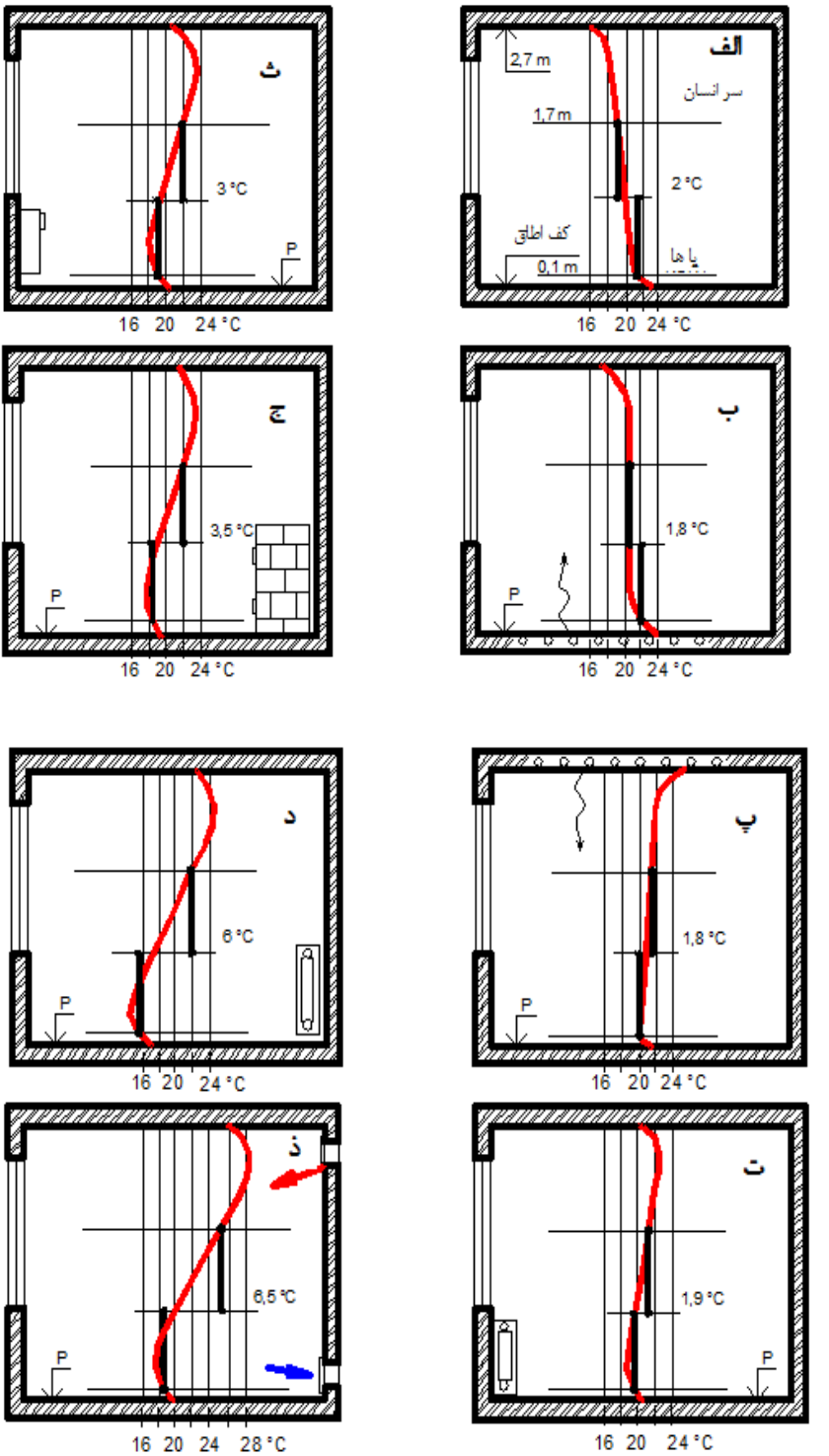


تصویر 3-5 وابستگی سطح روی بدن بر قد و وزن یک انسان (توسط Du Boise) [41]

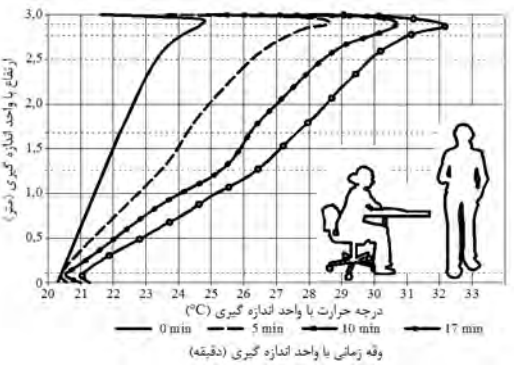
.



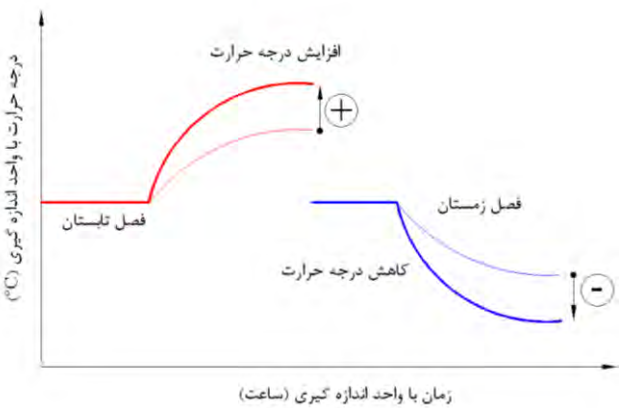
تصویر 3-6 عدم تقارن درجه حرارت تشعشع از سطوح سرد شیشه ای) [16]


الف
2,7 m
سر انسان
1,7 m
2 °C
کف اطاق
0,1 m
پا ها
16 20 24 °C
ب
1,8 °C
P
16 20 24 °C
پ
1,8 °C
P
16 20 24 °C
ت
1,9 °C
P
16 20 24 °C
ث
3 °C
P
16 20 24 °C
ج
3,5 °C
P
16 20 24 °C
د
6 °C
P
16 20 24 °C
ذ
6,5 °C
P
16 20 24 28 °C

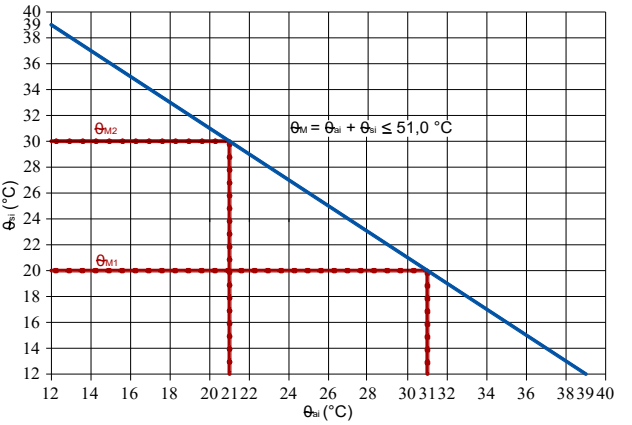
تصویر7-3 گرادیانت عمودی درجه حرارت هوا در مرکز اطاق با شیوه های مختلف تسخین: الف) تسخین ایده آل، ب) تسخین در کف، پ) تسخین تابشی در سقف، ت) تسخین با مرکزگرمی نصب شده در زیر کلکین، ث) تسخین با کانویکتور در طرف داخل ساختمان، ج) تسخین با بخاری که در یک محل اطاق گذاشته شود، د) تسخین با مرکزگرمی در داخل ساختمان، ذ) تسخین با کولر تولید کننده هوا گرم [41]



تصویر8-3 پخش درجه حرارت در داخل اطاق در امتداد ارتفاع و در وابستگی با زمان پس از 1، 5، 11، 11 دقیقه [41]

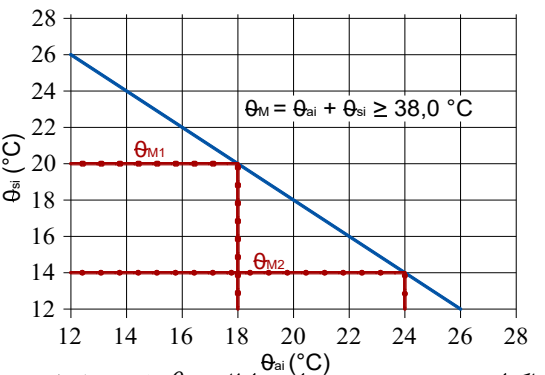


تصویر 9-3 نمایی از پخش و افزایش درجه حرارت و کاهش درجه حرارت در هنگام ارزیابی ثبات حرارتی اطاق [12]

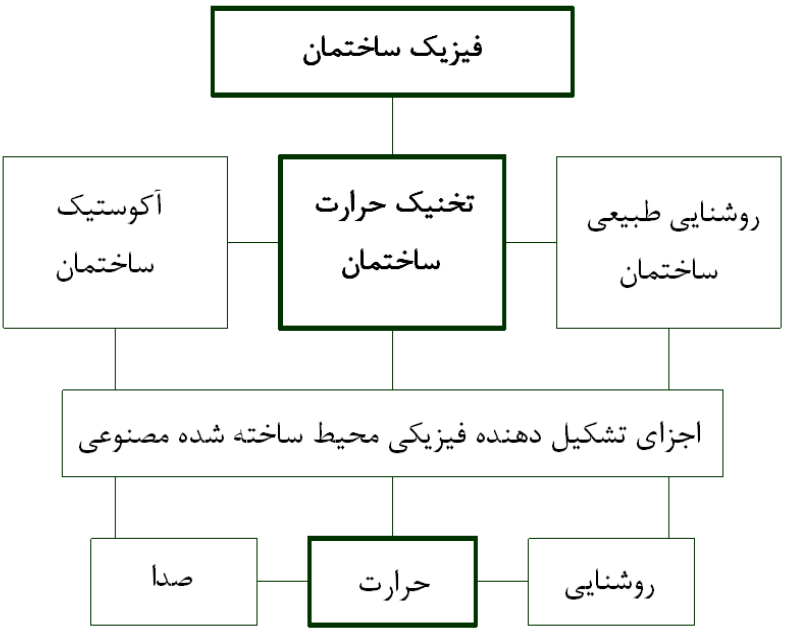


تصویر 11-3 دیاگرام مجموع درجه حرارت اطاق θ_M با در نظرداشت درجه های مختلف حرارت هوا محیط داخل اطاق θ_{ai} و حد متوسط درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای ساختمان θ_{si} در فصل تابستان.

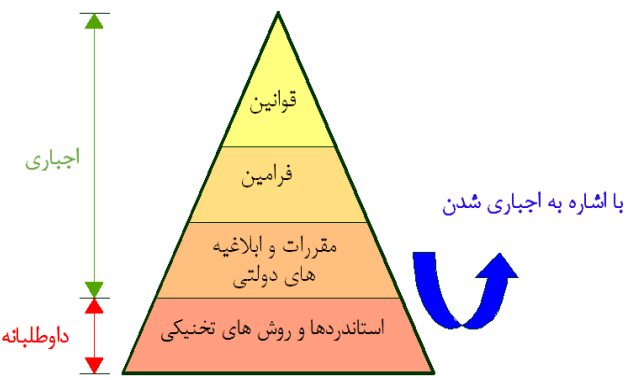
** نوت - درجه حرارت 38,0 °C بر اساس شرایط مرزی کشور جمهوری سلواکیا تعین گردیده است.*



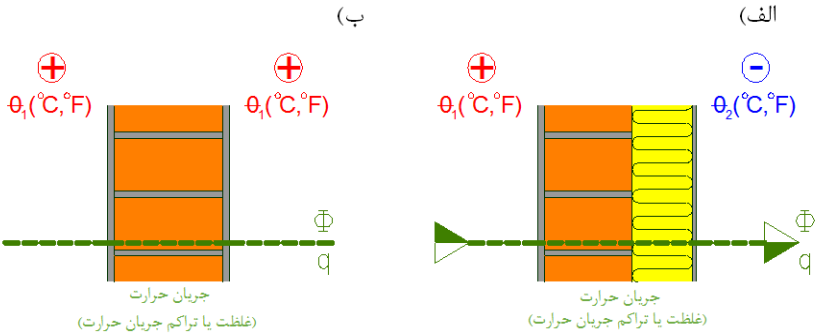
تصویر11-3 دیاگرام مجموع درجه حرارت اطاق θ_M با در نظرداشت درجه های مختلف حرارت هوای محیط داخل اطاق θ_{ai} و حد متوسط درجه حرارت سطوح داخلی ساختارهای ساختمان θ_{si} در فصل زمستان.



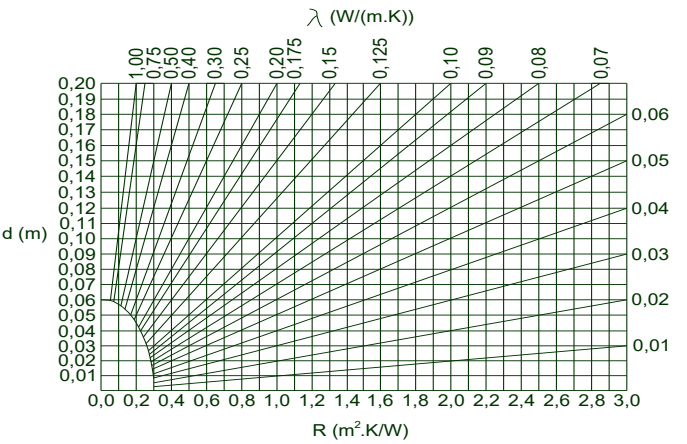
تصویر 1-4 چارت تقسیم بندی رشته فیزیک ساختمان



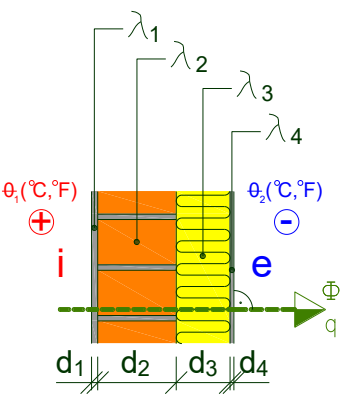
تصویر 2-4 جایگاه استاندارد ها را در سیستم قانونگذاری [12]



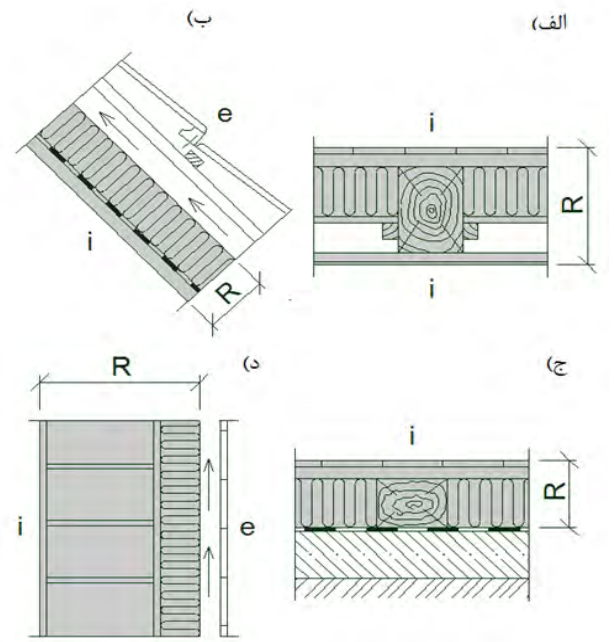
تصویر 3-4 نمایش انتشار حرارت در ساختار ساختمان ذریعه هدایت: الف) انتشار حرارت ذریعه هدایت صورت می گیرد ($\theta_1 - \theta_2 \neq 0$)، ب) انتشار حرارت ذریعه هدایت صورت نمی گیرد.



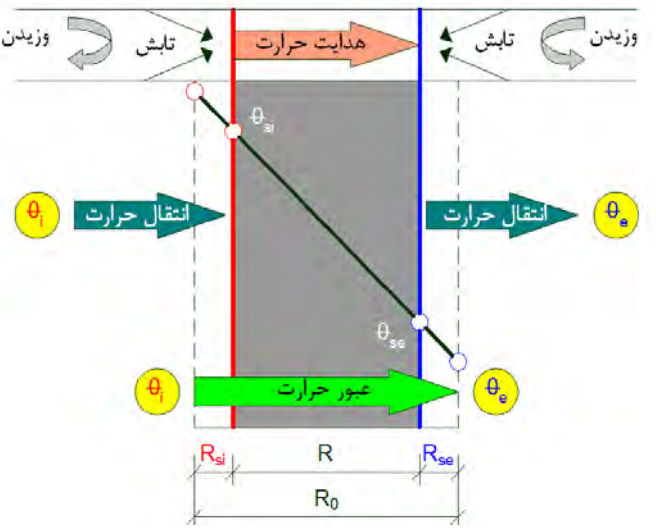
تصویر 4-4 بیانگر رابطه بین ضخامت ساختار یک لایه d، مقاومت حرارتی R و ضریب هدایت حرارت λ می باشد. [41]



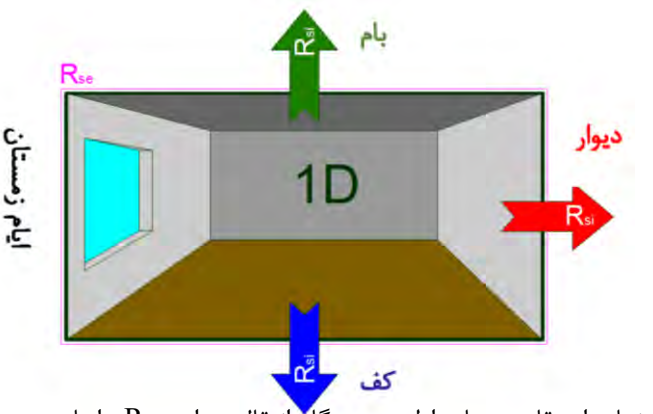
تصویر 5-4 طرح برای محاسبه مقاومت حرارتی R ساختارهای چند لایه ساختمان



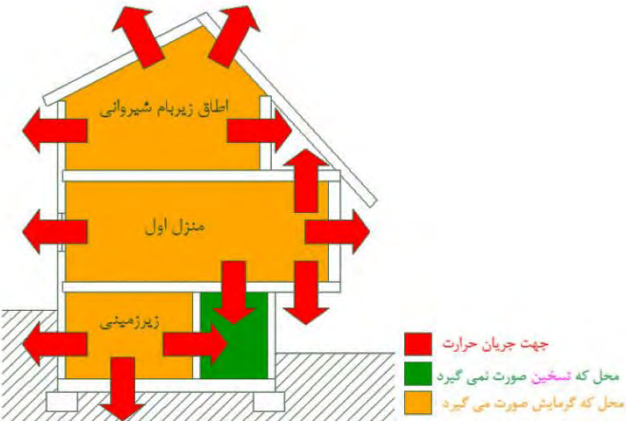
تصویر 6-4 لایه های در نظر گرفته شده برای محاسبه مقاومت حرارتی ساختارهای ساختمان [41] الف) ساختار افقی داخلی، لایه فعال خود را در محدوده کل ترکیب ساختار سقف (باربر) و کف من جمله لایه های متشکل از جدار بسته هوا دارا می باشد، ب) در مورد ساختار بام شیب دار، لایه فعال و مورد نظر از سمت داخل به طرف لایه باز که در آن هوا جریان دارد، می باشد، ج) ساختار کف بروی زمین، لایه فعال خود را از سطح اصلاح شده تماس پا الی لایه عایق ضد آب دارا می باشد، د) پوشش های عمودی دارای لایه فعال از روی پلاستر داخلی الی لایه متشکل از جدار باز هوا می باشد.



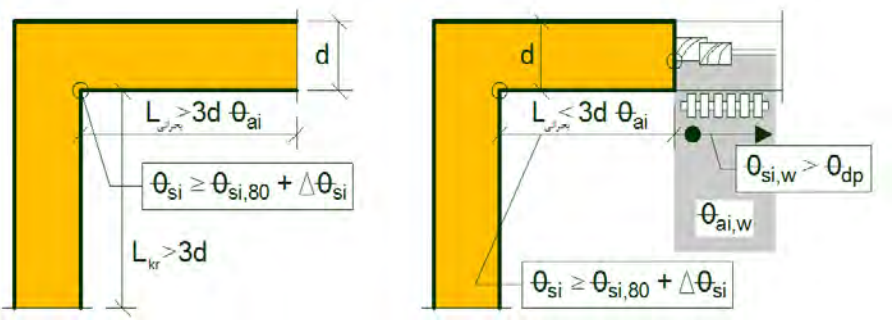
تصویر7-4 انتقال حرارت و عبور حرارت در هنگام انتشار حرارت از طریق ساختار ساختمان [12]



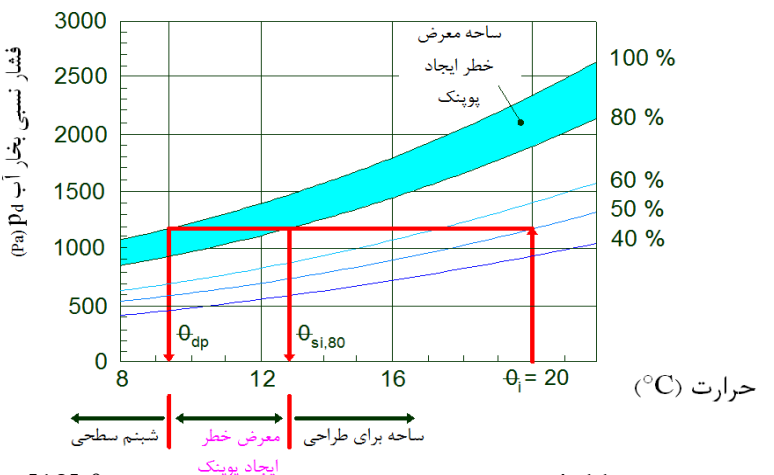
تصویر8-4 نمای از مقاومت های اولیه در هنگام انتقال حرارت R_S براساس؛ جهت حرکت جریان حرارت، موقعیت و نوع ساختار ساختمان



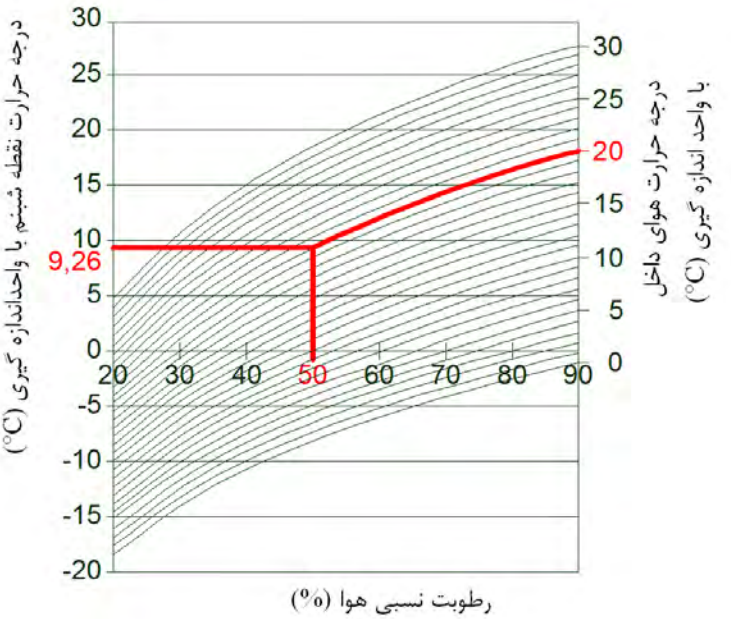
تصویر 4-9 نمای که نشانگر جهت های جریان حرارت در ساختمان در حالت 1D می باشد.



تصویر 4-11 در نظر گرفتن تأثیر ساختار کلکین [12]

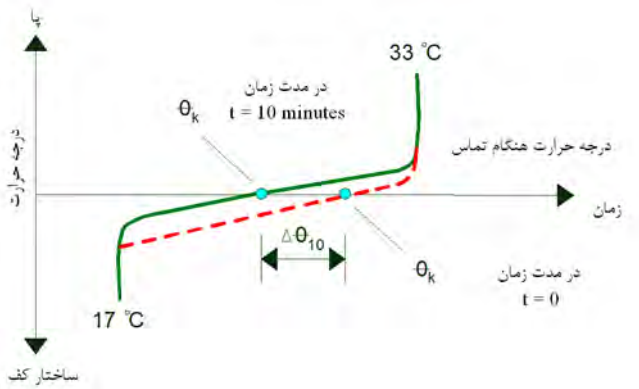


تصویر 4-11 ساحه معرض خطر ایجاد پوپنک و تعیین $\theta_{si,80}$ [12]

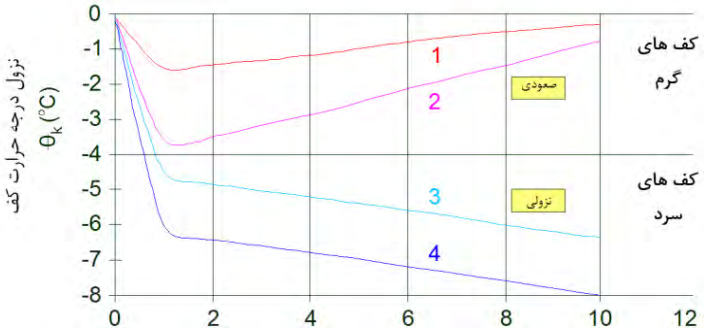


تصویر4-12 وابستگی رطوبت نسبی، درجه حرارت هوا و درجه حرارت نقطه شبنم [41]

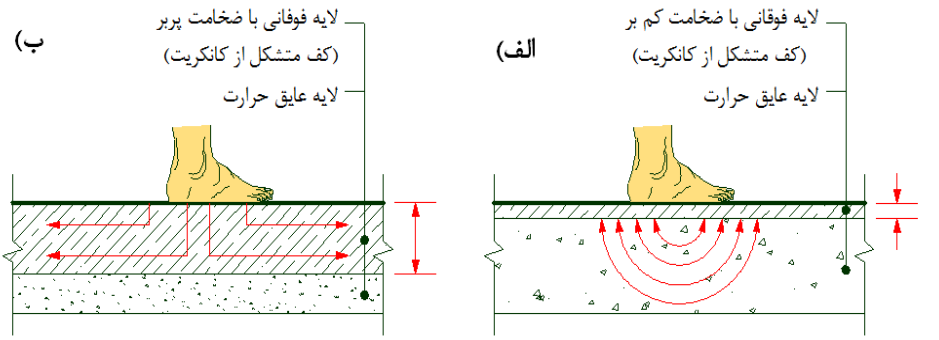
- t = 10



تصویر4-13 نمای که نشان دهنده تماس پا و ساختار کف می باشد [12]

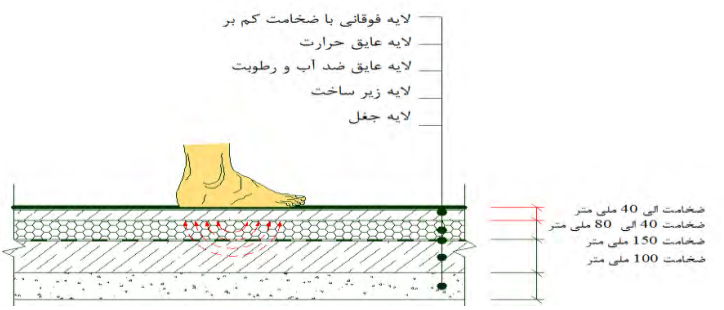


تصویر4-14 منحنی نشان دهنده نزول درجه حرارت تماس $\Delta\theta_{10}$: 1 - کفپوش چوب پنبه، 0 - کف های چوبی، 2 - PVC Izolit ، 4 - کف های کانکریتی [12]

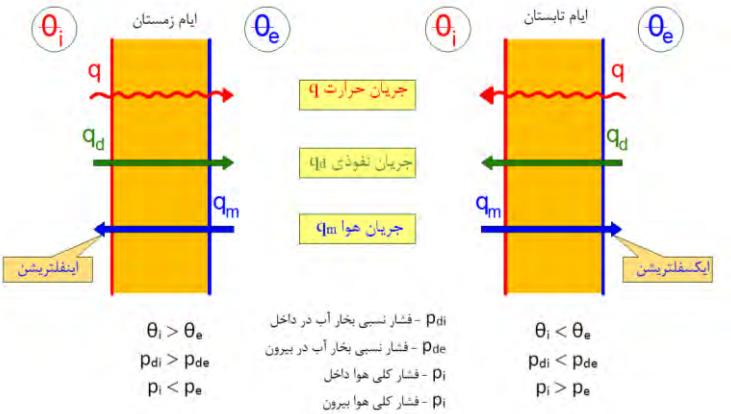


تصویر4-15 نمای ارائه دهنده حذف حرارت انسان از ناحیه پا توسط ساختار کف:

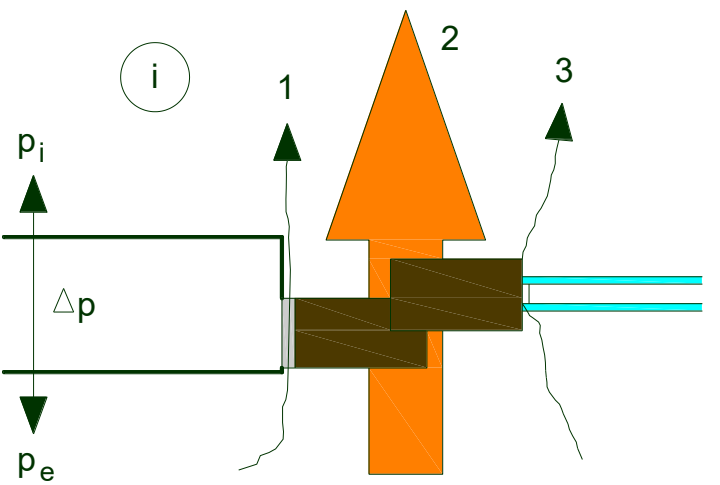
الف) راه حل مناسب، ب) راه حل نامناسب



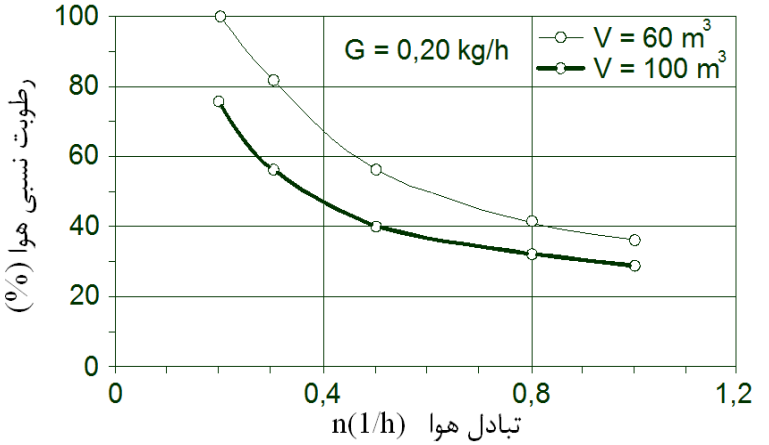
تصویر4-16 نمای از ترکیب توصیه شده ساختار کف بروی زمین طبیعی



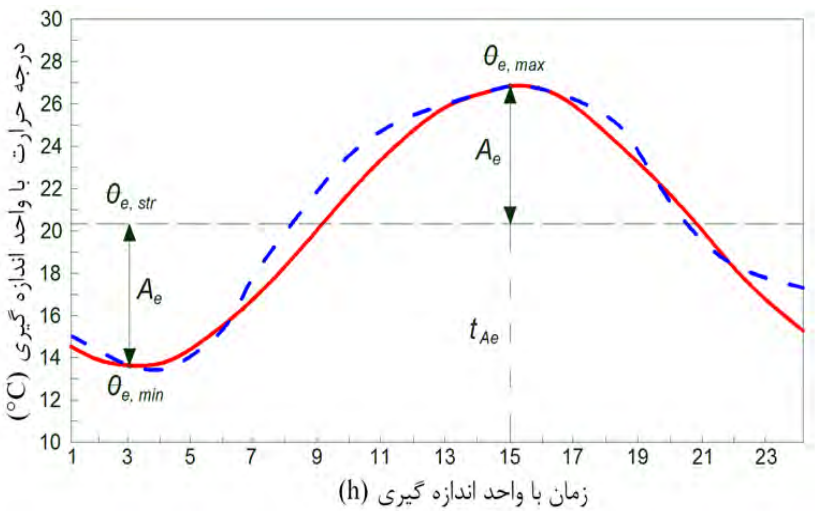
تصویر4-17 عبور حرارت، دیفیوژن بخارهای آب و انتشار هوا از طریق ساختارهای خلادار [12]



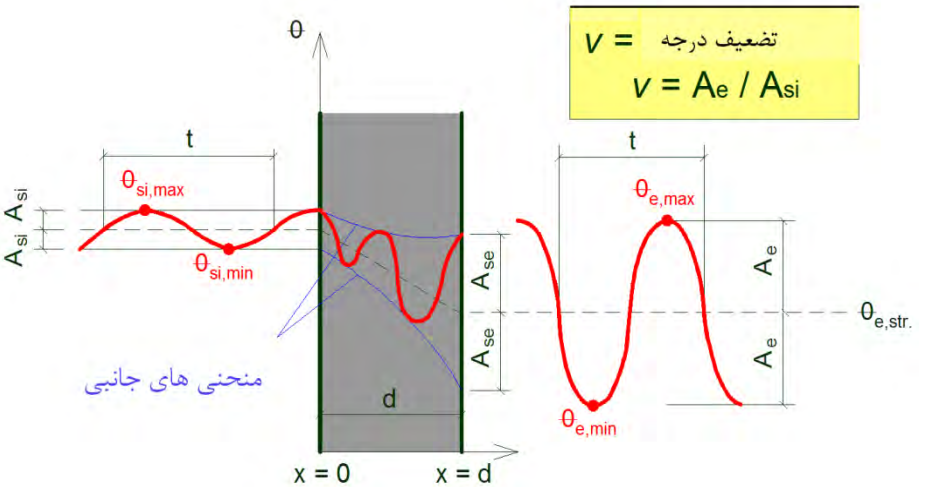
تصویر4-18 اینفیلترشن و یا نفوذ هوا از طریق ساختار کلکین [12]



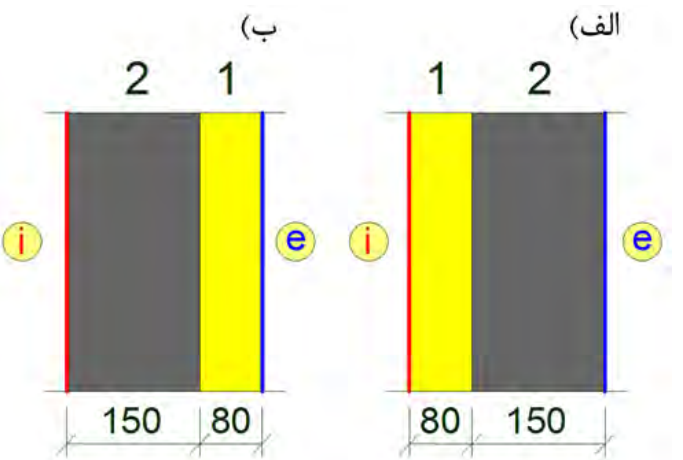
تصویر19-4 وابستگی رطوبت نسبی هوا در حالت تولید ثابت بخار آب، شدت تبادل هوا و در حجم های مختلف اطاق ها [12]



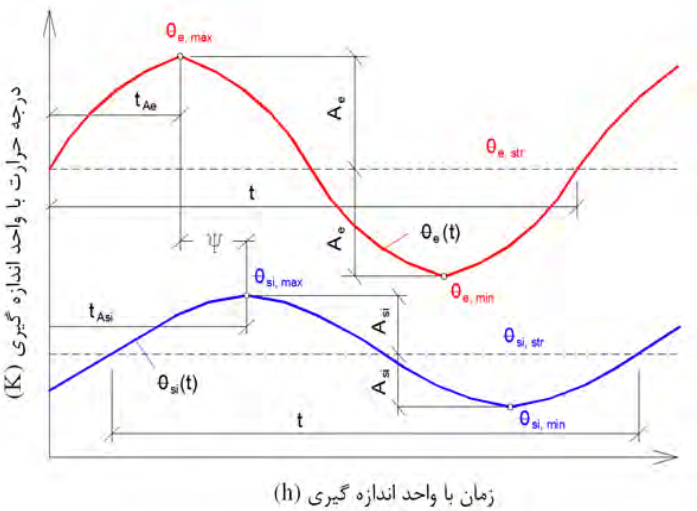
تصویر 1-5 عملکرد تقریبی روزانه درجه حرارت در اثر نوسانات هارمونیک درجه حرارت [12]



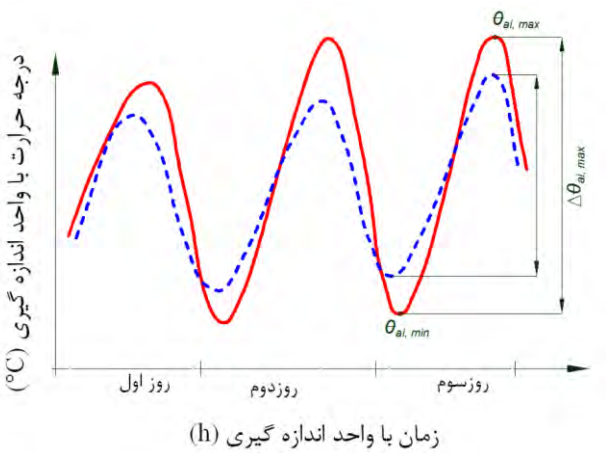
تصویر 5-2 تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت [12]



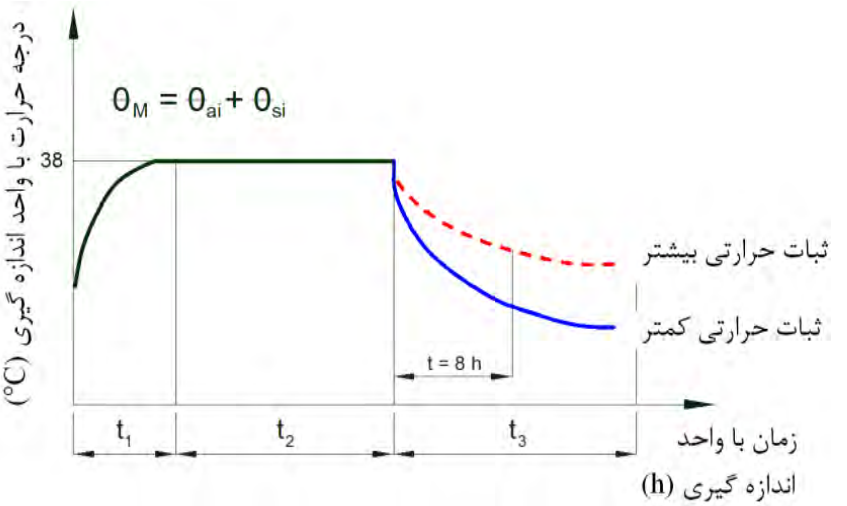
تصویر 5-3 ساختار دو لایه دیوار احاطوی بیرونی برای محاسبه تضعیف درجه حرارت



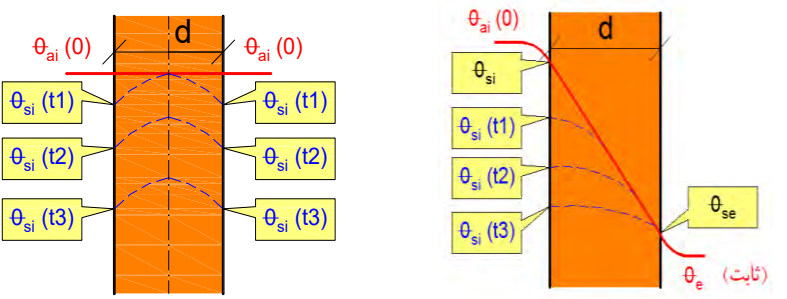
تصویر 4-5 تغییر مکان فاز نوسان درجه حرارت[12]



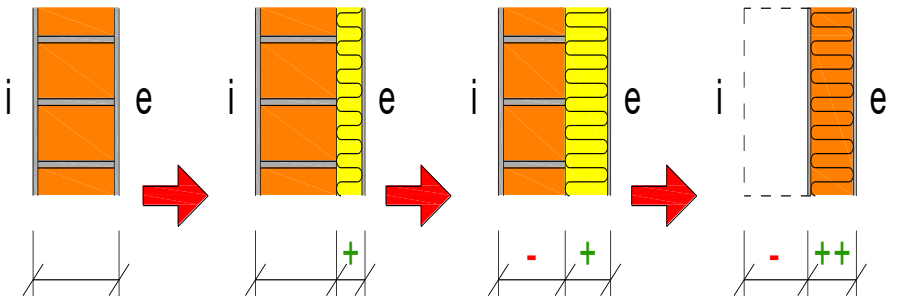
تصویر 5-5 حداکثر افزایش روزانه درجه حرارت هوای داخل اطاق در فصل تابستان [12]



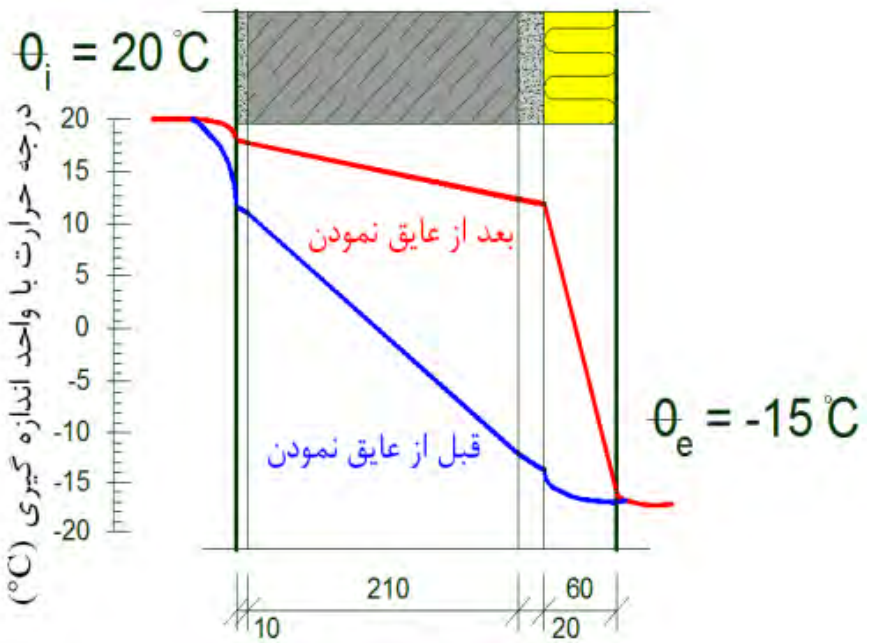
تصویر6-5 کارکتر رفتار درجه حرارت مجموعی هوای داخل اطاق در هنگام روش تسخین وفقه-ای[12]



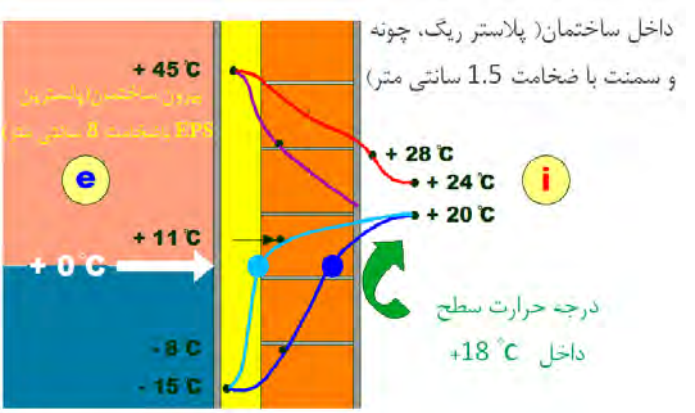
تصویر 7-5 ساختار سرد کننده متقارن[14] **تصویر 8-5** ساختار سرد کننده غیر متقارن]14[



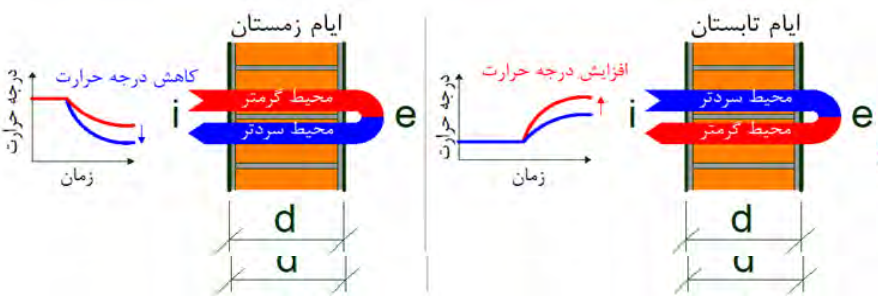
تصویر 5-9 توسعه تاریخی و مسیریابی طراحی ساختارهای احاطوی ساختمان



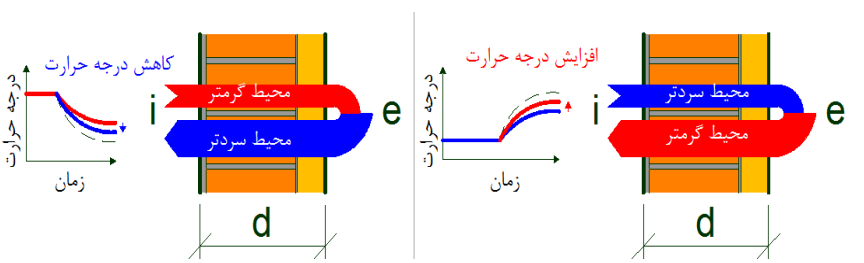
تصویر 5-11 طرز رفتار درجه حرارت در دیوار احاطوی ساختمان قبل از عایق نمودن و بعد از عایق نمودن [10]



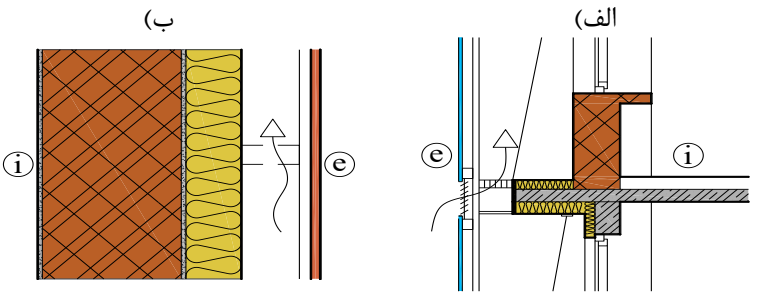
تصویر 5-11 جریان درجه حرارت در دیوار احاطوی ساختمان در ایام زمستان و تابستان [1]



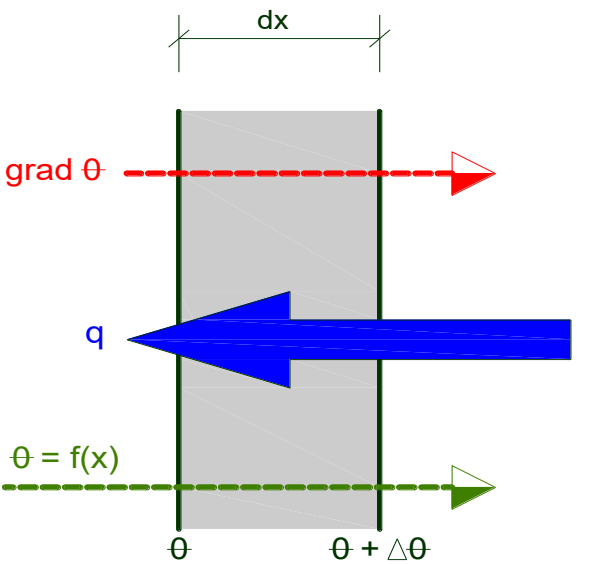
تصویر 5-12 انتشار حرارت در دیوار احاطوی ساختمان (**بدون استفاده از سیستم عایق حرارت**) در ایام زمستان و تابستان - برای وضاحت بهتر تصویر، به CD ضمیمه کتاب مراجعه نماید.



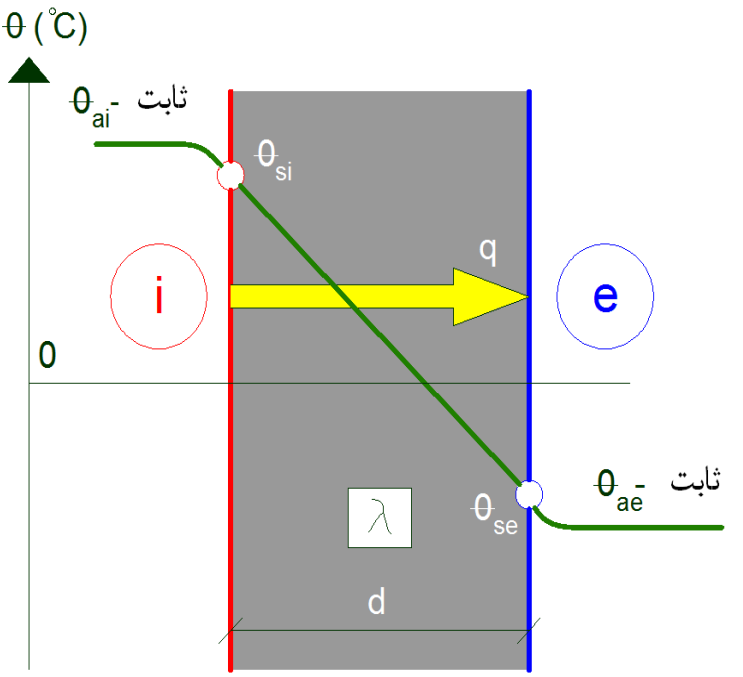
تصویر 5-13 انتشار حرارت در دیوار احاطوی ساختمان(**با استفاده از سیستم عایق حرارت**) در ایام زمستان و تابستان - برای وضاحت بهتر تصویر، به CD ضمیمه کتاب مراجعه نماید.



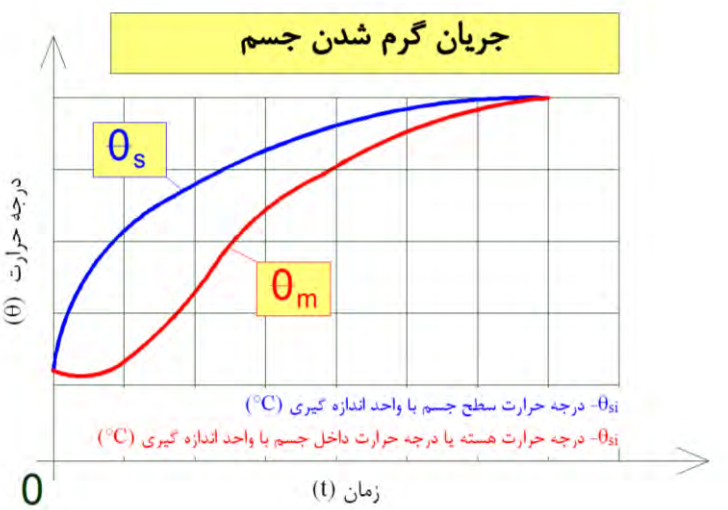
تصویر 5-14 پرنسیب کارکرد: الف) روکار دو تایی(Double) شفاف ساختمان، ب) روکار ساختمان با سیستم عایق حرارت با داشتن لایه جریان هوا



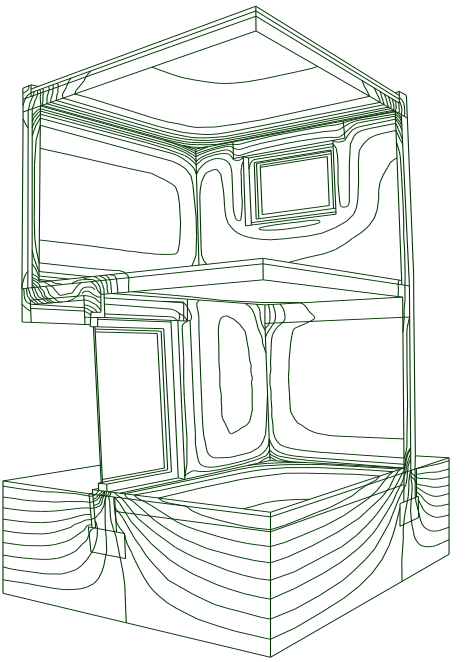
تصویر 1-6 حوزه حرارتی یک بعدی پایدار (ثابت)[12]



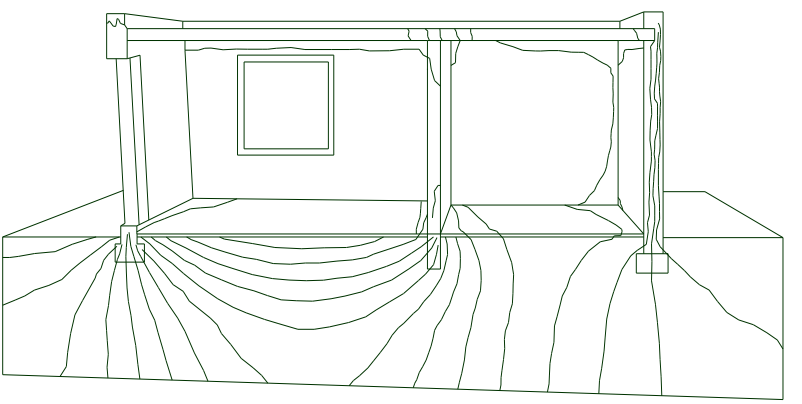
تصویر 2-6 نمایی از درجه حرارت در هر دو طرف ساختار [12]



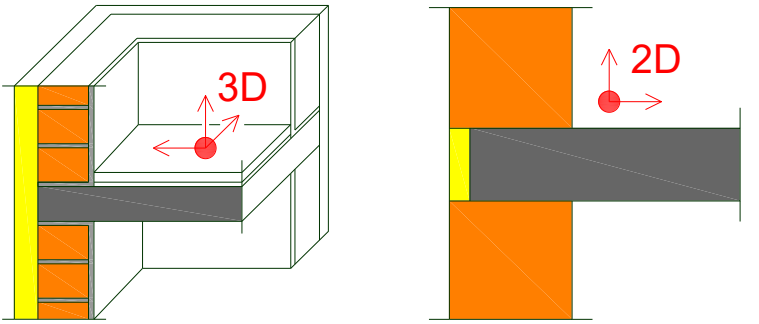
تصویر 3-6 گرم شدن تدریجی جسم - تغییر درجه حرارت جسم در طول زمان



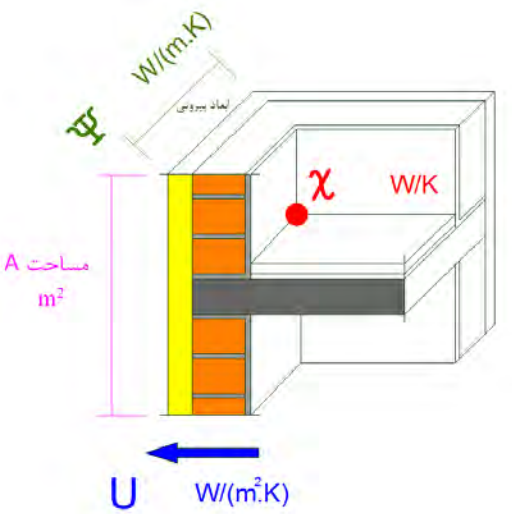
تصویر 4-6 ساحه یک بعدی (1D)، دو بعدی (2D) و سه بعدی (3D) انتشار حرارت [12]



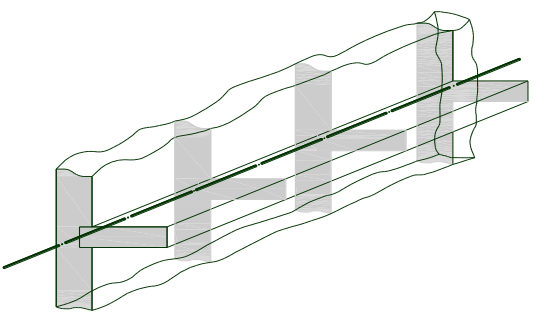
تصویر 5-6 ایزوترم های (Isotherms) جریان حرارت در ساختار کف که با زمین طبیعی در تماس است [12]



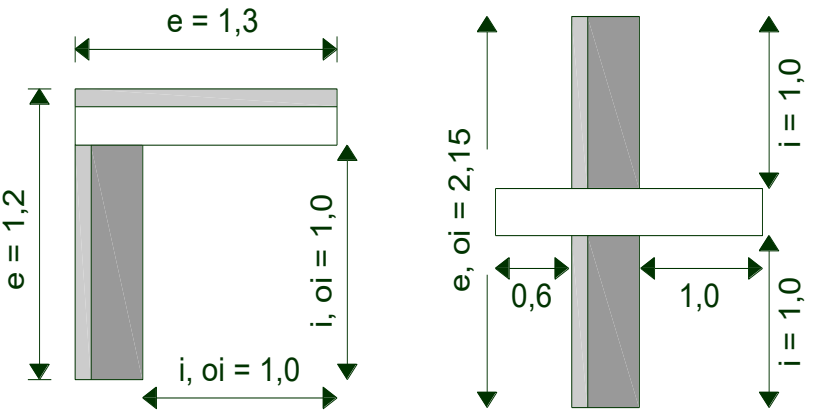
تصویر 6-6 نمایی از حوزه حرراتی فضای (3D، تغییر حرارت در جهت محور های x، y، z) و حوزه حرارتی مسطح (2D، تغییر حرارت در جهت محور های x، y) [12]



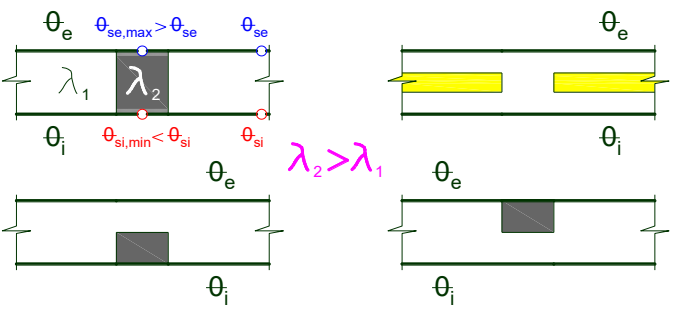
تصویر 6-7 ضریب فرار حرارت خطی و نقطه ای [12]



تصویر 6-8 پل حرارتی خطی (پیوند حرارتی) [39]

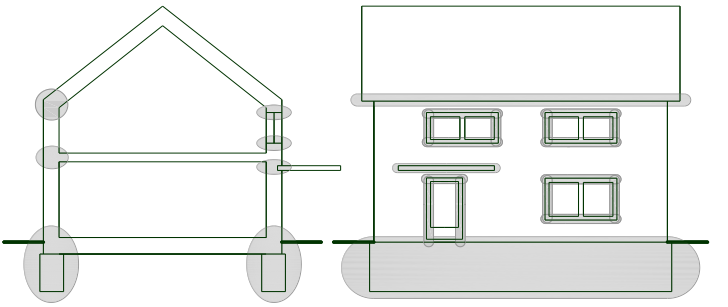


تصویر 6-8 اندازه گیری ابعاد پل حرارتی [12]

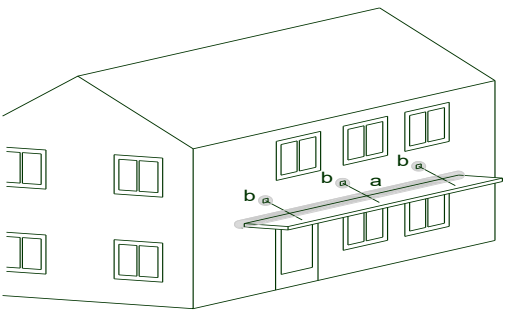


تصویر 6-11 پل حرارتی ناشی از ترکیب مواد [12]

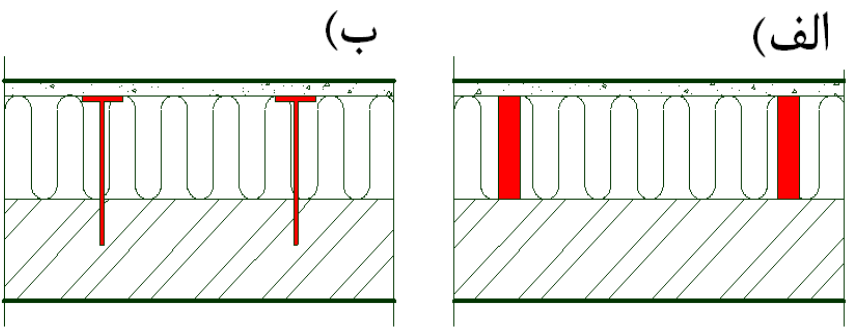
تصویر 6-11 یک مثال موثق پل حرارتی ناشی از ترکیب مواد



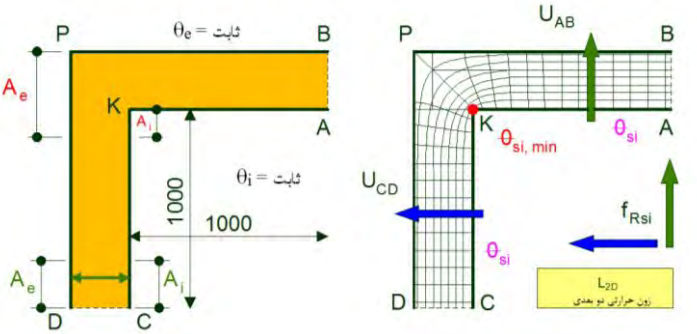
تصویر 6-12 ساحات معمول پیوند های حرارتی (خطی) [39]



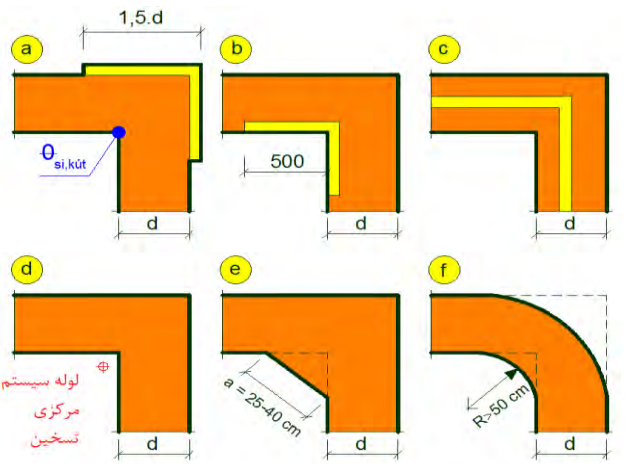
تصویر 6-13 نصب و مونتاژ پیک بالای ساحه ورود به ساختمان- نمونه ای از ترکیب پل حرارتی خطی (a) و پل حرارتی نقطه ای (b) [39]



تصویر 6-14 موجودیت پل های حرارتی به طور منظم در داخل هر یک از ساختارهای ساختمان: الف) ساختار احاطوی ساختمان روی هم چیده با عناصر باربر آن (موجودیت پل حرارتی خطی)، ب) عناصر نصب و محکم کننده (موجودیت پل حرارتی نقطه ای) که به طور منظم از طریق لایه عایق حرارت عبور می نماید [39] .

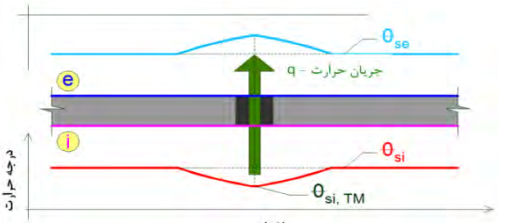


تصویر 6-15 مسیر ایزوترم ها و جریان های حرارت در گوشه و یا کنج بیرونی دیوار همگون احاطوی [12]

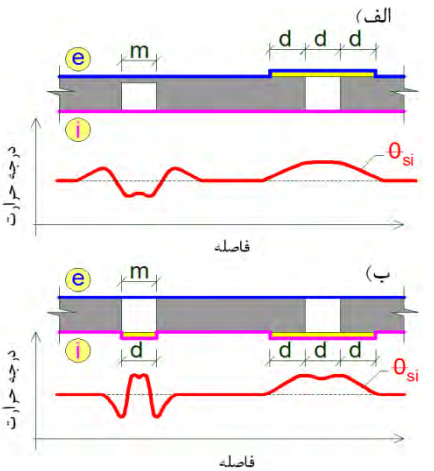


تصویر 6-16 اصلاحات و تغییرات مختلف گوشه های محوطه بیرونی ساختار ساختمان [12]

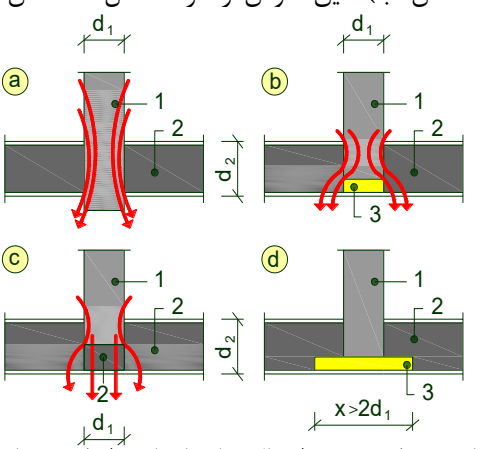
تصویر 6-17 نمونه مشخص از پل حرارتی مواد - اسکلت های آهن کانکریتی ساختار ساختمان و بلوک های خشت پخته میان خالی سبک شده



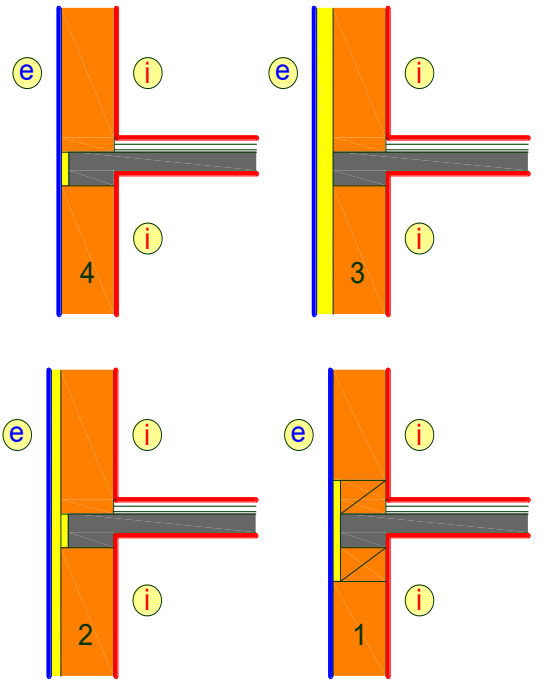
تصویر 6-18 تأثیر استفاده از مواد مختلف ساختمانی در ساختار احاطوی بیرونی ساختمان که باعث بالا رفتن درجه حرارت سطح دیوار داخل ساختار $\theta_{si,TM}$ در ساحه و یا محل موجودیت پل حرارتی می شود [14]



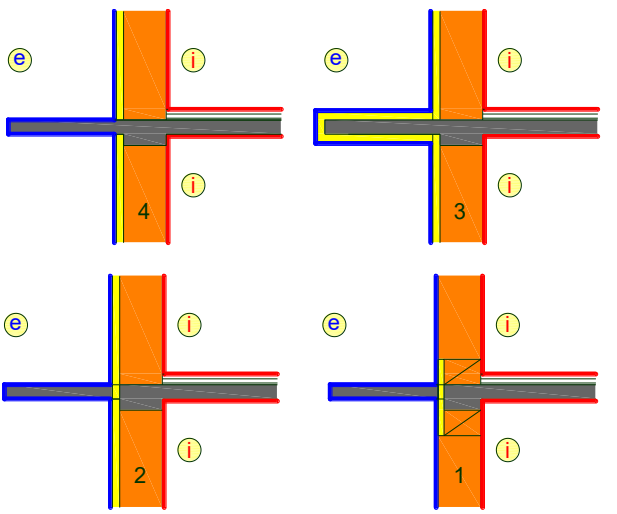
تصویر 6-19 امکان اصلاح و ترمیم پل حرارتی در ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان و اثر آن بر افزایش درجه حرارت سطوح داخلی در ساحه که در آن پل حرارتی موجود است: الف) عایق نمودن از طرف بیرون ساختمان، ب) عایق نمودن از طرف داخل ساختمان [14]



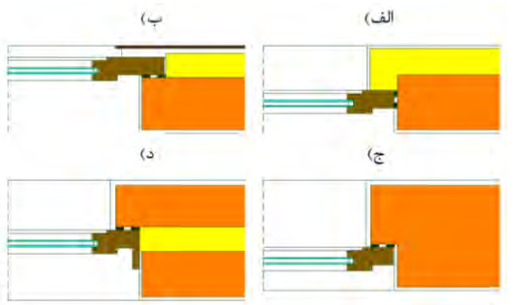
تصویر 6-21 گزینه های مختلف ترمیم اتصال ساختارهای داخلی و خارجی ساختمان [12]



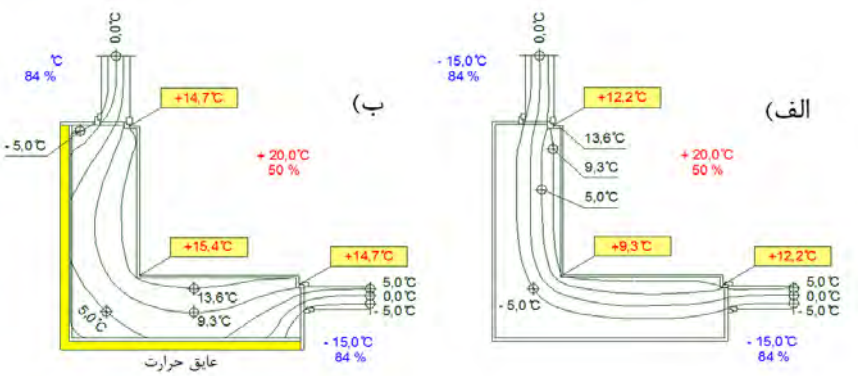
تصویر 6-21 امکان حذف پل های حـــرارتی در ساحه تمـــاس دیوار احاطـــوی بیرونی ساختمان با ساختار سلب آهن کانکریت ساختمان (1- بهترین راه حل، 4 - بدترین راه حل)



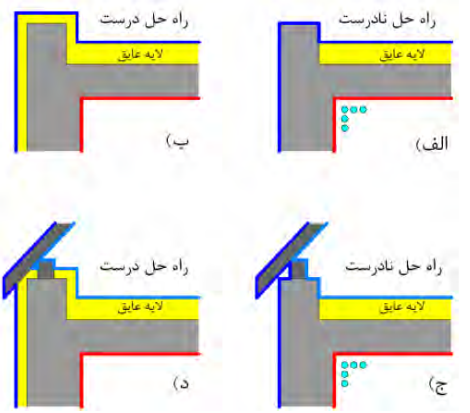
تصویر 6-22 امکان حذف پل های حرارتی در ساحه تماس دیوار احاطوی بیرونی ساختمان با قسمت از ساختار سلب آهن کانکریت کشیده شده به سوی بیـرون ساختمـان (بالکـن و یا تـراس) (1- بهترین راه حل، 4- بدترین راه حل)



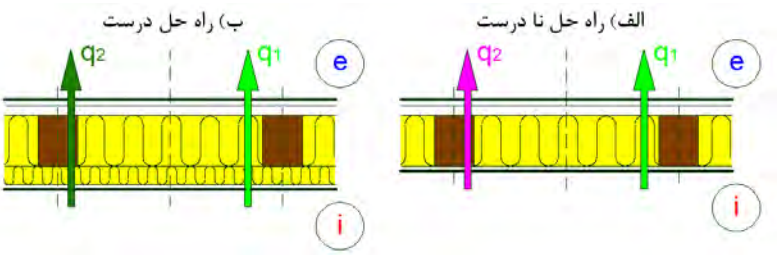
تصویر 23-6 موقعیت کلکین ها در بین دیوارهای احاطوی بیرونی، حداکثر درجه حرارت سطح داخلی ساختمان و حداقل ضریب فرار حرارت خطی را فراهم می نماید: الف) دیوار با عایق حرارت در بیرون ساختمان، ب) دیوار دو پوششه با داشتن لایه هوا، ج) دیوار همگون)Homogeneous(، د) دیوار ساندویچ [12]



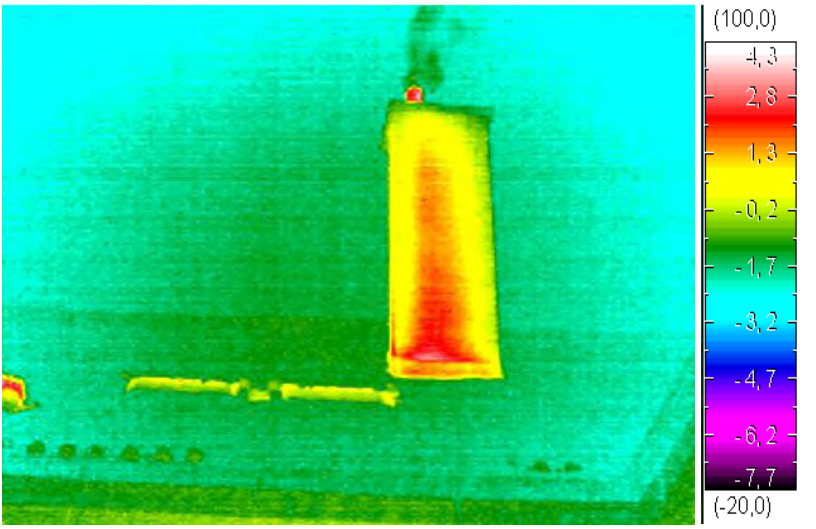
تصویر24-6 تأثیر عایق حرارت دیوار بیرونی احاطوی ساختمان بر جریان و مسیر ایزوترم ها و درجه حرارت سطح نواحی بحرانی ساختمان: الف) در دیوار احاطوی بیرونی از سیستم عایق استفاده نشده است، ب) در دیوار احاطوی بیرونی از سیستم عایق استفاده شده است [14]



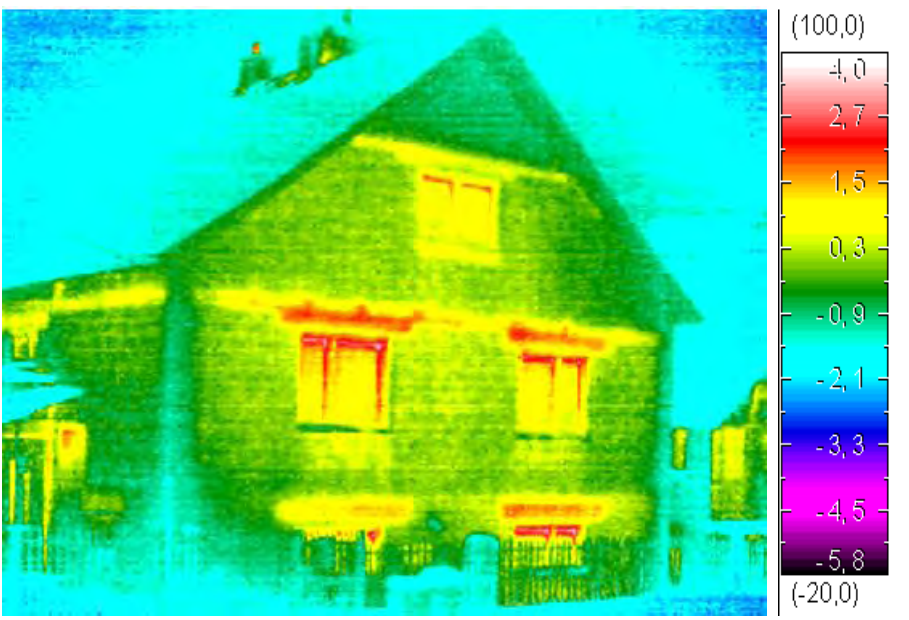
تصویر6-25 نمایی از حذف پل های حرارتی در امتداد لبه پشت بام: الف) و ج) - راه حل های نادرست، ب) و د) - راه حل های درست [12]

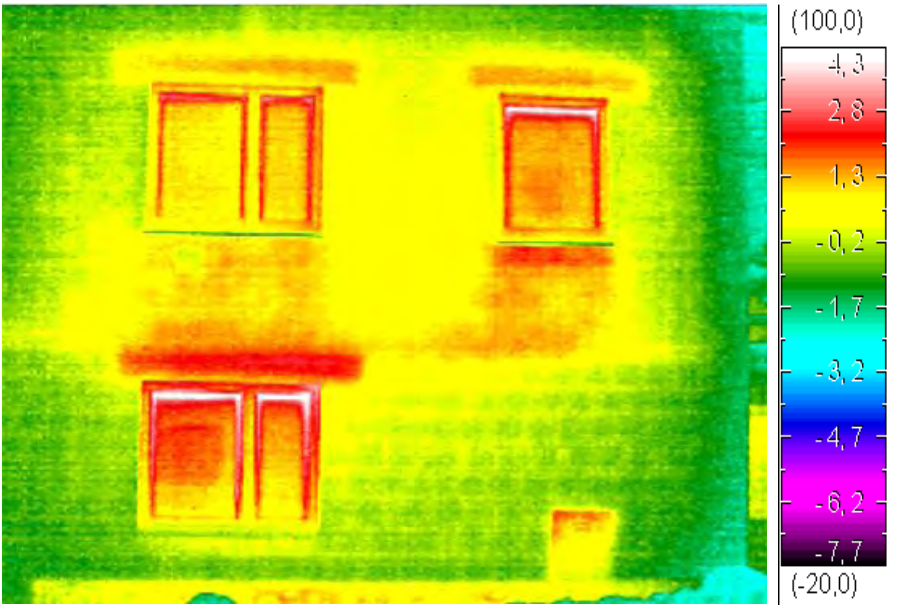


تصویر 6-05 نمای فوقانی (Top view) مشخصات ترکیب بام مایل ناهمگون: الف) راه حل نادرست، ب) راه حل درست (عایق نمودن زیر شده ها)

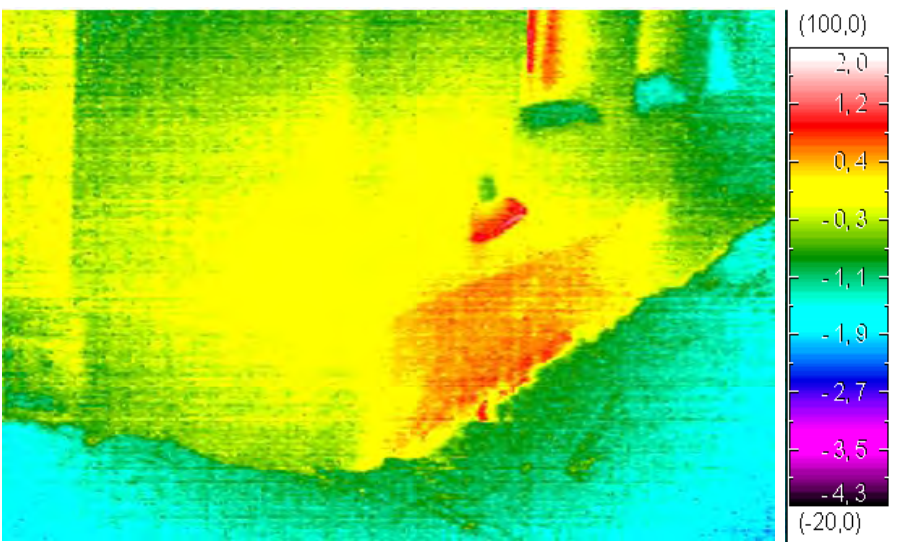


تصویر27-6 مثالی از ترموگرام پخش درجه حرارت در سطح بیرونی ساختمان- ساختار دودکش پشت بام

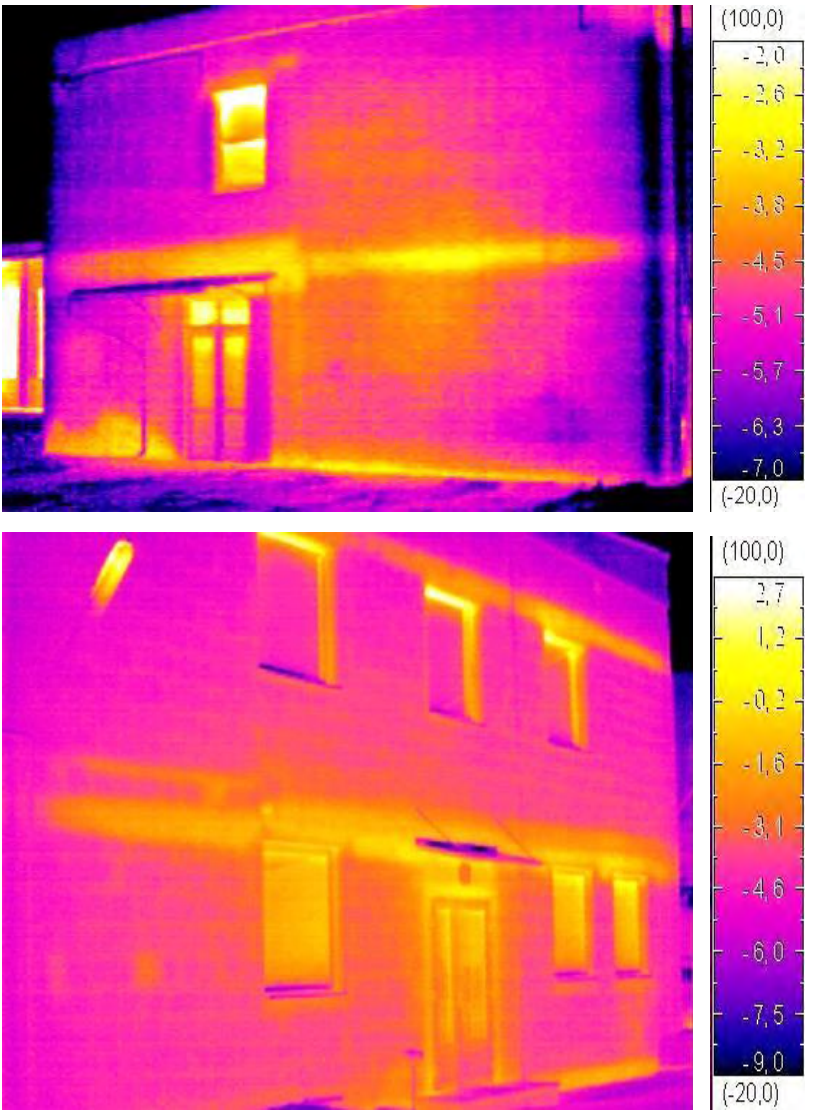




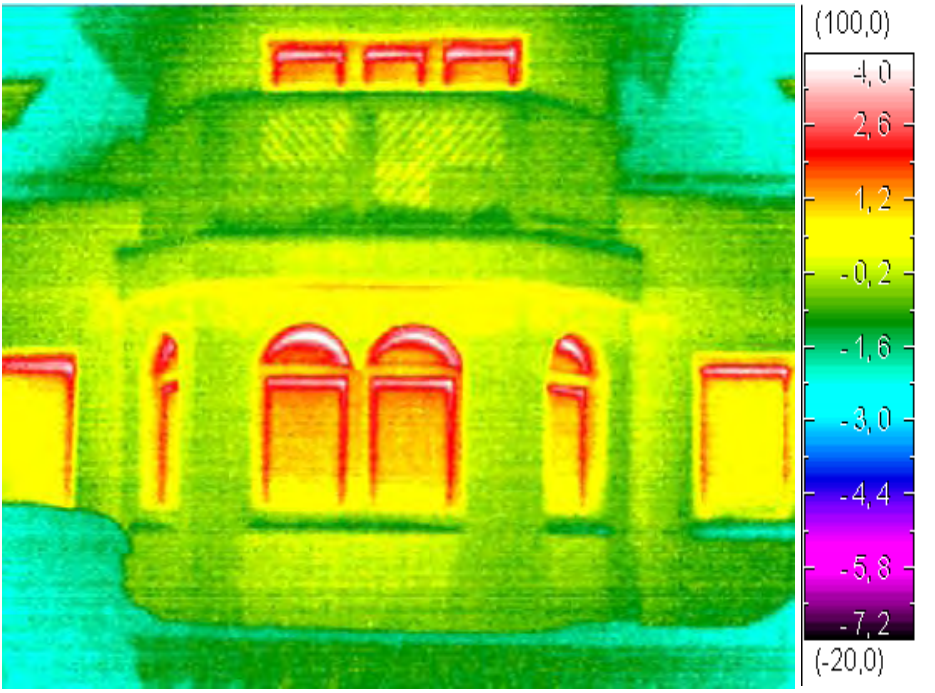
تصویر 6-28 مثال ترموگرام پخش درجه حرارت در دیوار بیرونی یک منزل رهایشی، دیوار احاطوی بیرونی بدون عایق حرارت می باشد - برای وضاحت بهتر تصویر، به**CD** ضمیمه کتاب مراجعه نماید.



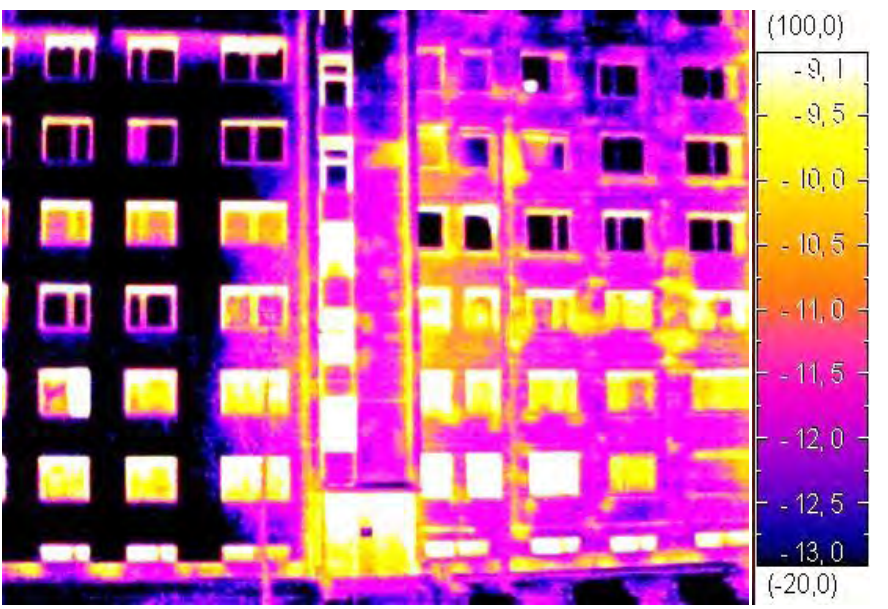
تصویر 6-29 مثال ترموگرام پخش درجه حرارت در دیوار بیرونی یک خانه مسکونی- قسمت پیزاره دیوار احاطوی بیرونی بدون عایق حرارت- برای وضاحت بهتر تصویر، به**CD** ضمیمه کتاب مراجعه نماید.



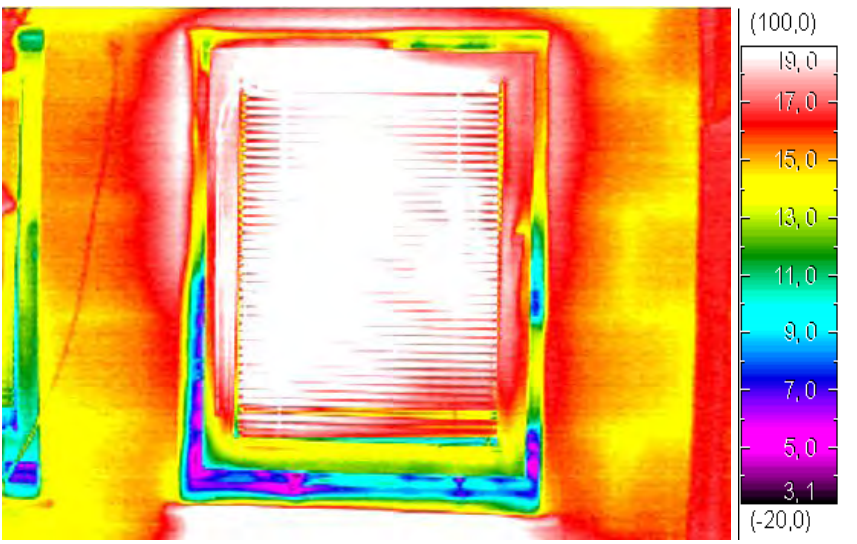
تصویر 6-31 مثال ترموگرام پخش درجه حرارت در سطوح دیوار بیرونی- دیوار احاطوی بیرونی بدون عایق حرارت



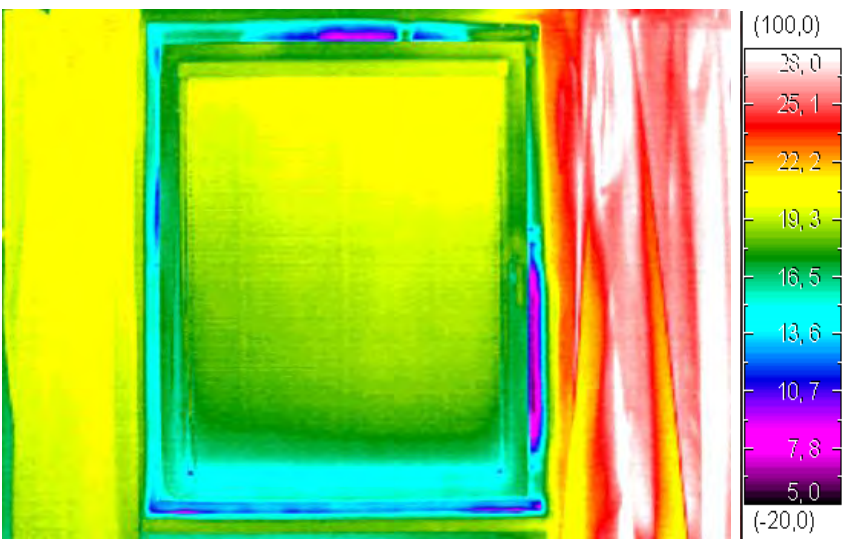
تصویر 31-6 مثالی از ترموگرام پخش درجه حرارت در سطوح دیوار احاطوی بیرونی منزل مسکونی- حذف مؤثر پل های حرارتی



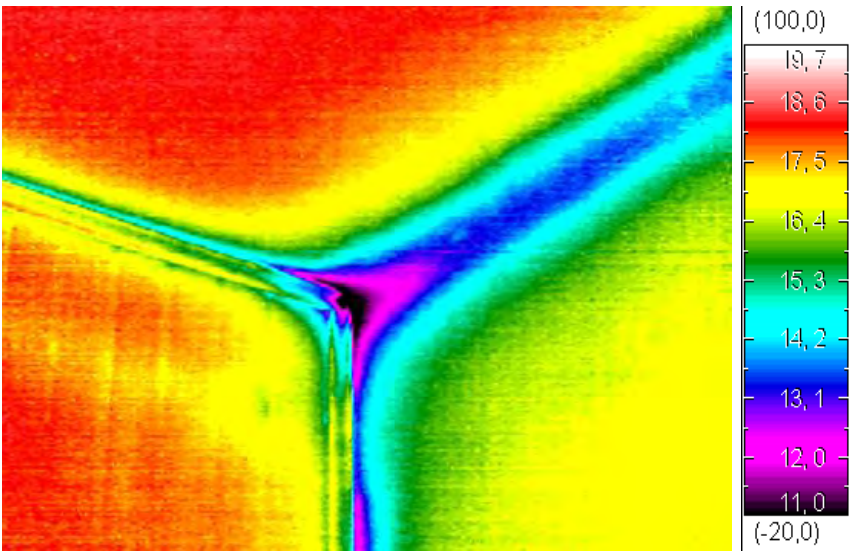
تصویر 6-32 مثال ترموگرام پخش درجه حرارت در سطوح دیوار احاطوی بیرونی بلاک رهایشی- حذف مؤثر پل های حرارتی (قسمت دست چپ-پانل های احاطوی بیرونی که با سیستم عایق حرارت **EPS** عایق گردیده است، قسمت دست راست- پانل های احاطوی بیرونی که عایق حرارت نگردیده اند- موجودیت پل های حرارتی در ساحات تماس فی مابین پانل ها در دیوارهای جانبی بیرونی کلکین ها، سرتاقی ها و زیر تاقی های کلکین ها)



تصویر 6-33 مثالی از ترموگرام پخش درجه حرارت در سطوح داخلی دیوار احاطوی بیرونی منزل رهایشی- کلکین چوبی اولیه (به کلکین مدرن تبدیل نشده)

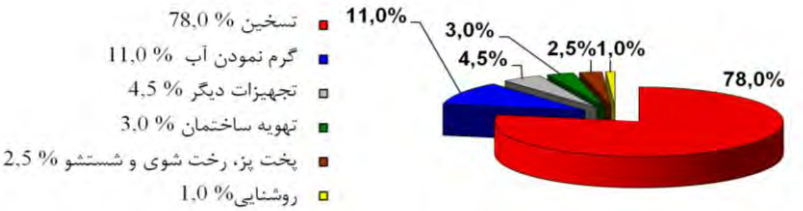


تصویر 6-34 مثالی از ترموگرام پخش درجه حرارت در سطوح داخلی دیوار احاطوی بیرونی منزل رهایشی- کلکین جدید **PVC** (کلکین اولیه به کلکین مدرن تبدیل شده است)

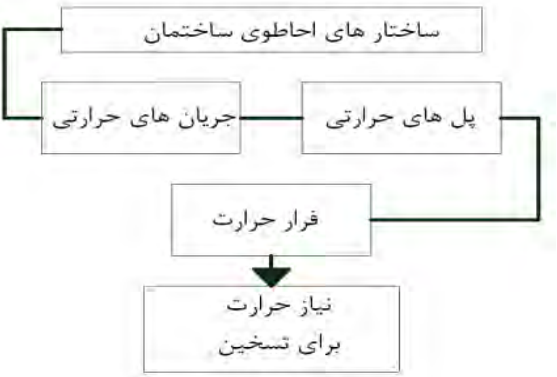


تصویر 6-35 مثالی از ترموگرام پخش درجه حرارت در سطوح داخلی دیوار احاطوی بیرونی منزل رهایشی- کنج و یا گوشه دیوارهای داخلی

تصویر 6-36 نمونه از کمره ترموویژون کنونی [72]

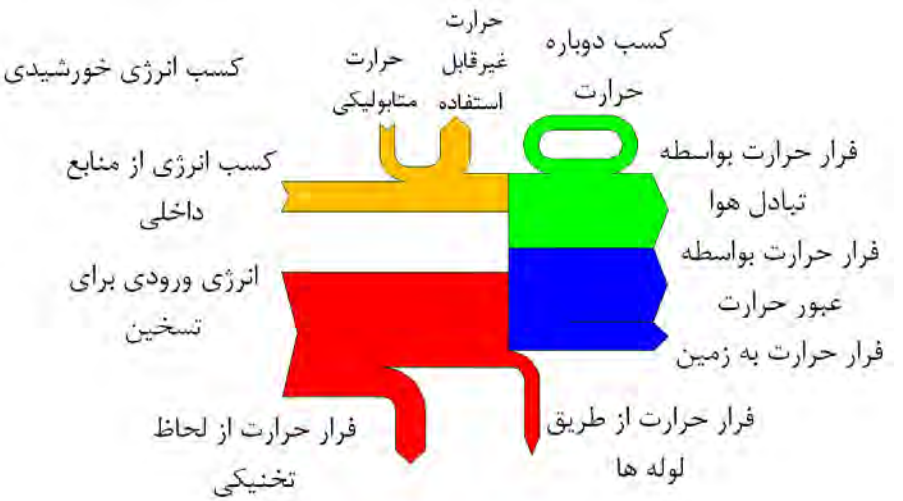


تصویر 7-1 مصرف انرژی در منازل رهایشی [35]

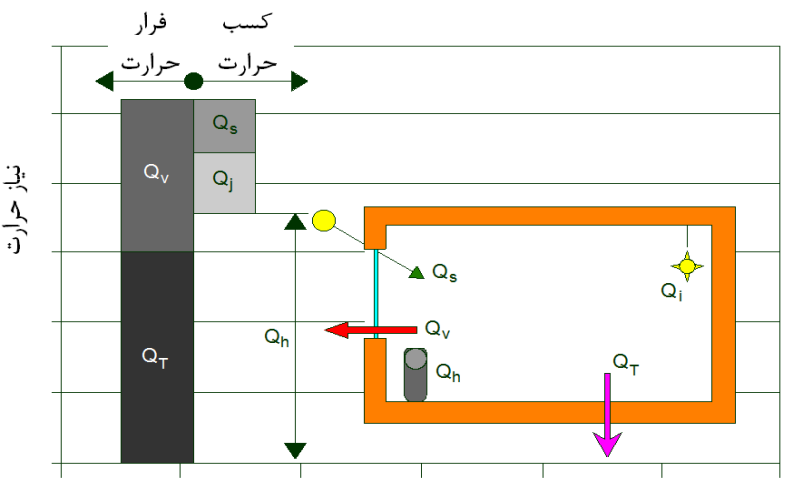


تصویر 7-2 تجزیه و تحلیل کیفیت ساختارهای احاطوی ساختمان در ارتباط با چگونگی مصرف کلی انرژی آن ها

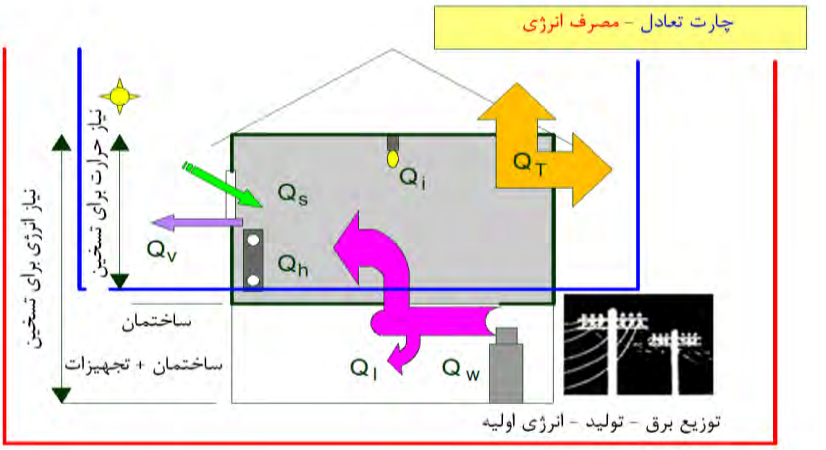
تصویر 7-3 معلومات تقریبی درباره فرار حرارت از طریق ساختارهای احاطوی بیرونی یک منزل رهایشی معمول [73]



تصویر 4-7 بالانس انرژی سالانه ساختمان ها با توجه به استاندارد EN ISO 13790 [52]

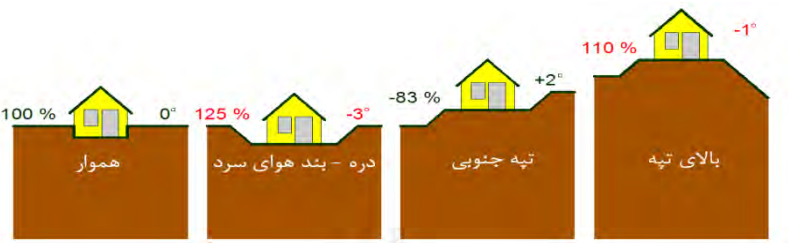


تصویر 4-7 اجزا بالانس حرارتی برای تعیین نیاز حرارت برای تسخین [12]

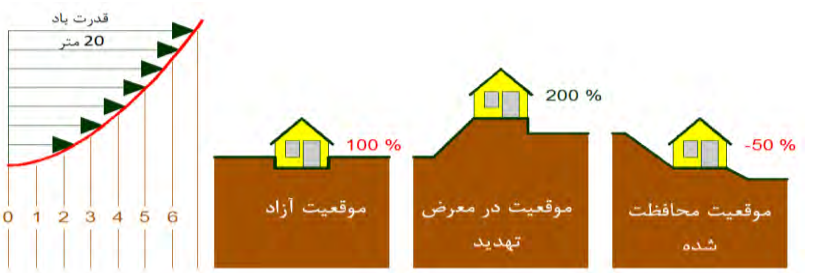


تصویر 6-7 اجزا بالانس فضای تسخین شده در نظر گرفته شده [12]

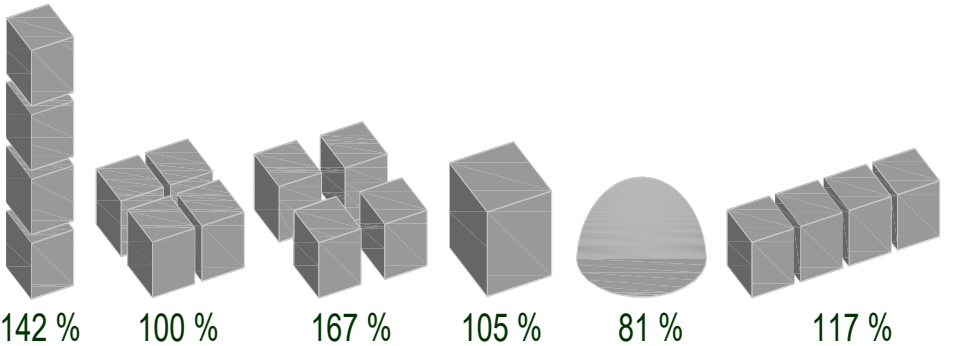
.



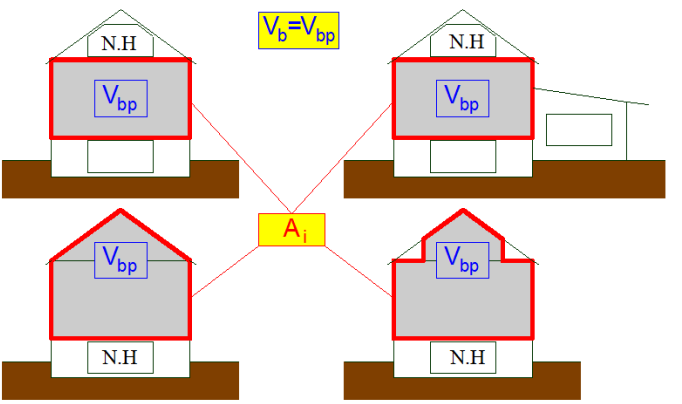
تصویر 7-7 فرار حرارت از ساختمان به فیصدی (%) و درجه حرارت محیط اطراف با در نظر داشت جابجایی ساختمان بر روی زمین [70]



تصویر 8-7 فرار حرارت از ساختمان به فیصد (%) با در نظرداشت اثرات باد و جابجایی ساختمان بر روی زمین [70]



تصویر 9-7 تأثیر گذاشتن شکل ساختمان بر فرار حرارت در ساختمان های که دارای حجم مساوی می باشند [70]

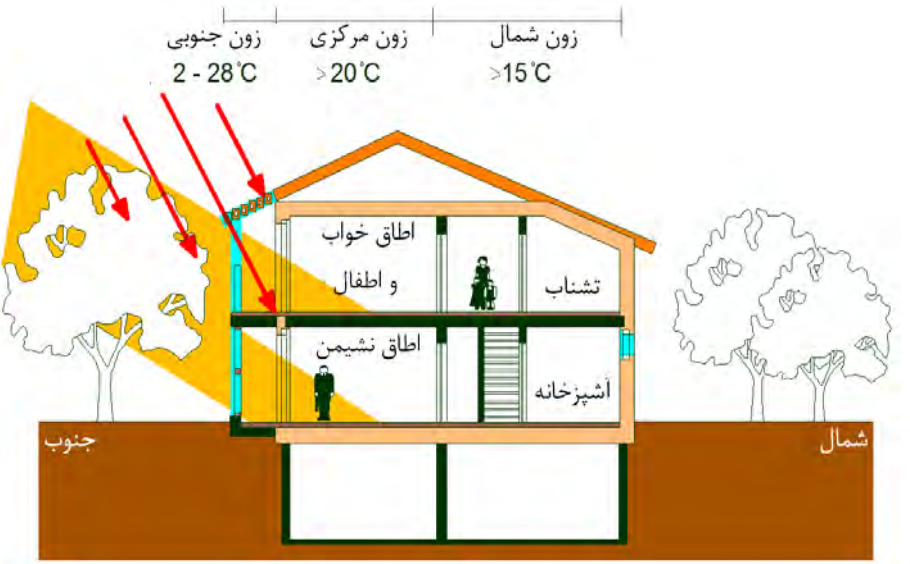


N.H- فضای غیر تسخین شده

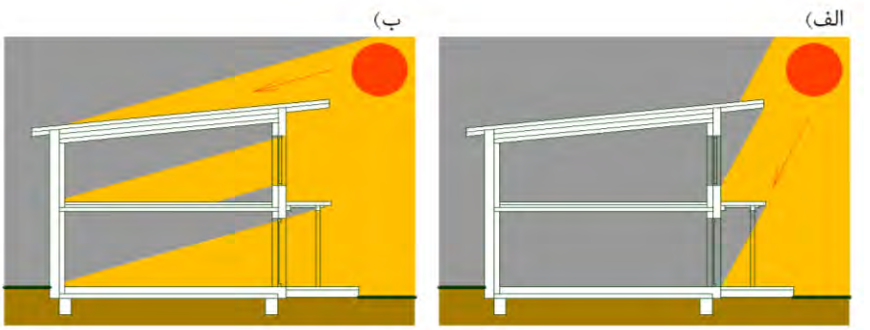
V_{bp} - حجم فضای تسخین شده

A_i - سطح بیرونی سرد کننده

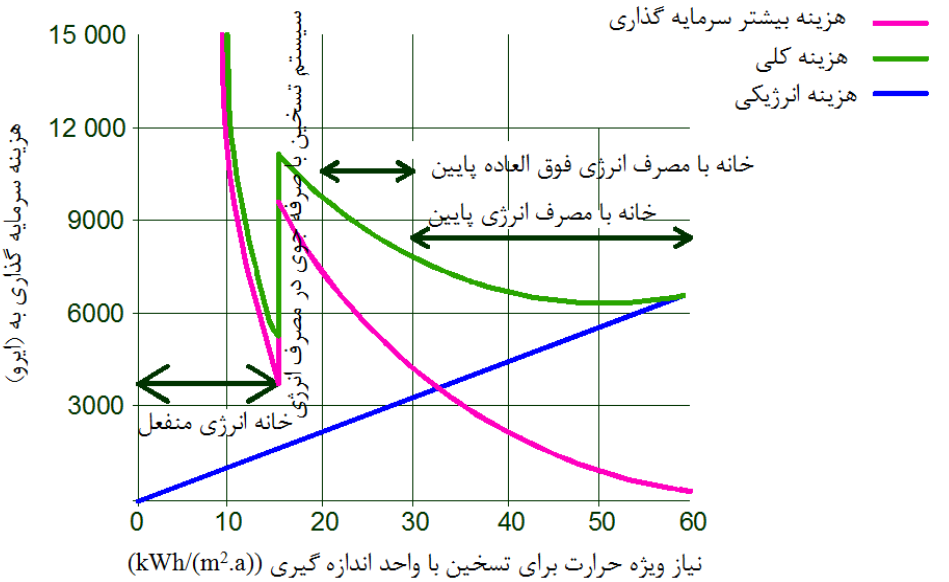
تصویر 7-11 پوشش حرارتی ساختمان ها [27] برای وضاحت بهتر تصویر، بهCD ضمیمه کتاب مراجعه نماید.



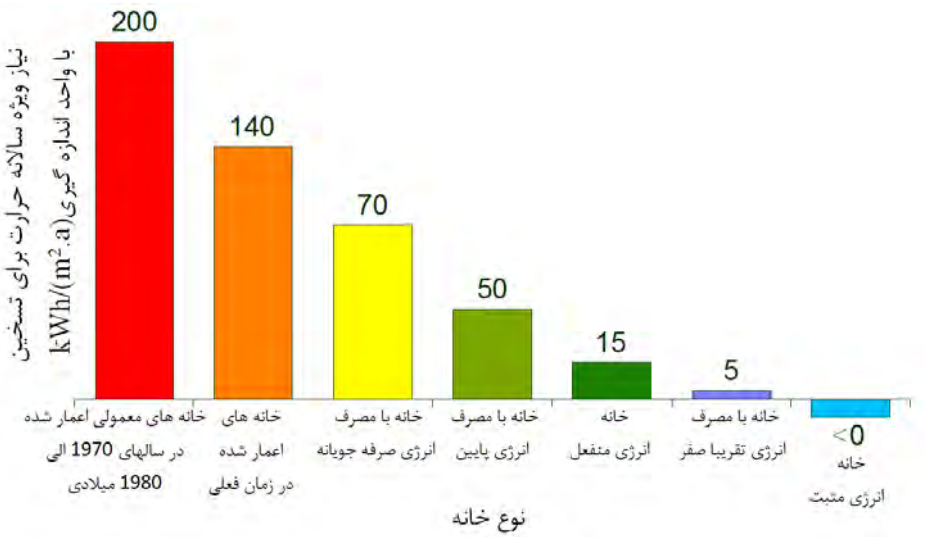
تصویر 7-11 زون بندی حرارتی در ساختمان و استفاده های منفعل انرژی خورشیدی



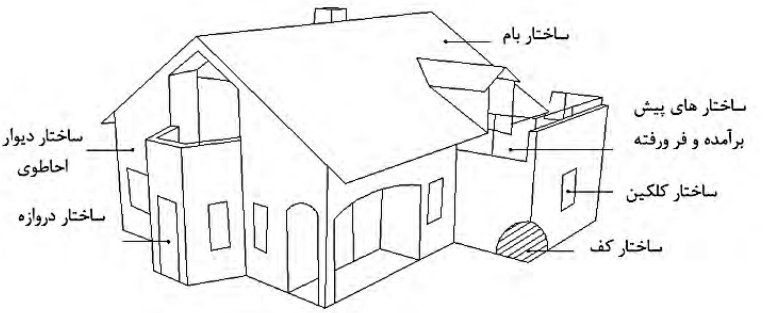
تصویر 7-12 استفاده از عناصر سایه دهنده برای بهینه سازی کسب حرارت: الف) زاویه تابش اشعه خورشید در تابستان ، ب) زاویه تابش اشعه خورشید در فصل زمستان [74]



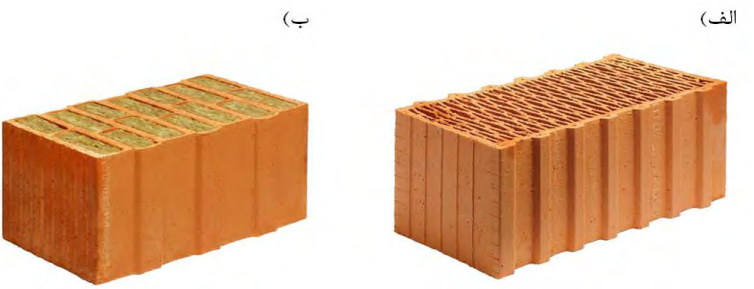
تصویر 13-7 سودآوری از خانه های انرژی منفعل
[19]



تصویر 14-7 نیاز ویژه سالانه حرارت (مصرف انرژی) برای تسخین خانه های رهایشی
تقسیم بندی خانه ها نظر به صرفه جویی در مصرف انرژی:

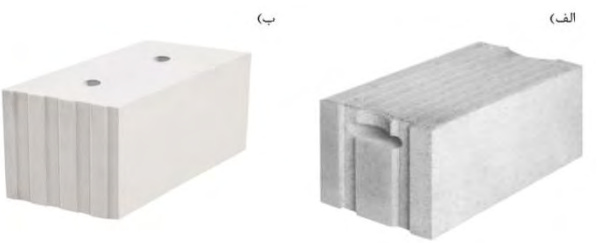


تصویر 1-8 ساختمان رهایشی (خانه مسکونی) و ساختارهای احاطوی بیرونی ساختمان که در فرار کلی حرارت از ساختمان نقش دارند

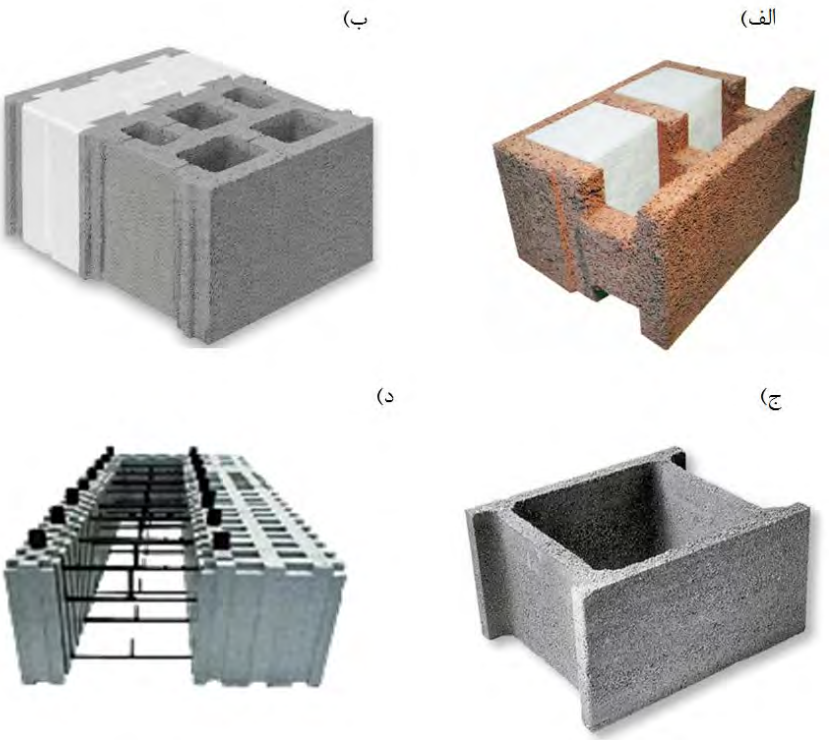


تصویر 2-8 دیوار احاطوی بیرونی: الف) خشت پخته بلوکه [77]، ب) خشت پخته بلوکه که با عایق حرارت پشم شیشه پر گردیده است [76]

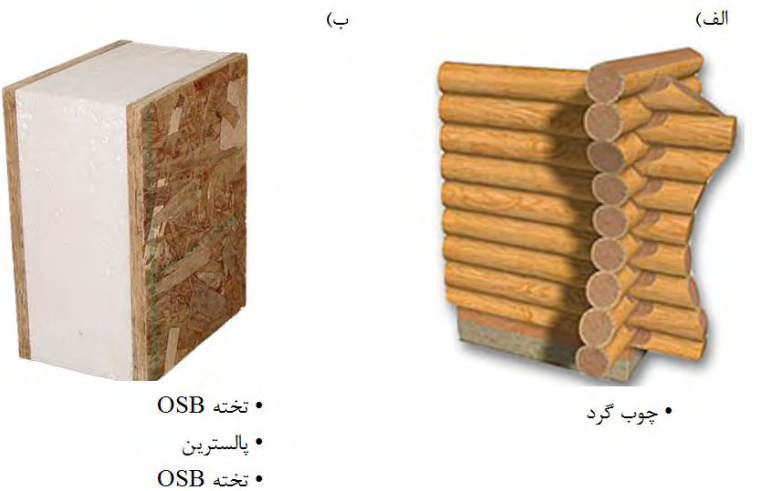
.



تصویر 3-8 دیوار احاطوی بیرونی از بلوکه های کانکریتی سبک شده: الف) بلوکه کانکریتی سبک شده [81]، ب) بلوکه سیلیکات کلسیم متخلخل[82]



تصویر 4-8 دیوار احاطوی بیرونی از بلوکه های قالب بندی شده: الف) بلوکه سمنت و بوره اره [106]، ب) بلوک های لیاپور کانکریت [80]، ج) بلوکه پالسترینی [79]، د) بلوکه سمنتی[78]



تصویر 5-8 دیوار احاطوی بیرونی از چوب: الف) دیوار احاطوی از چوب گرد [83]، ب) دیوار احاطوی ساختمان چوبی متشکل از ساختار چوبی [86]

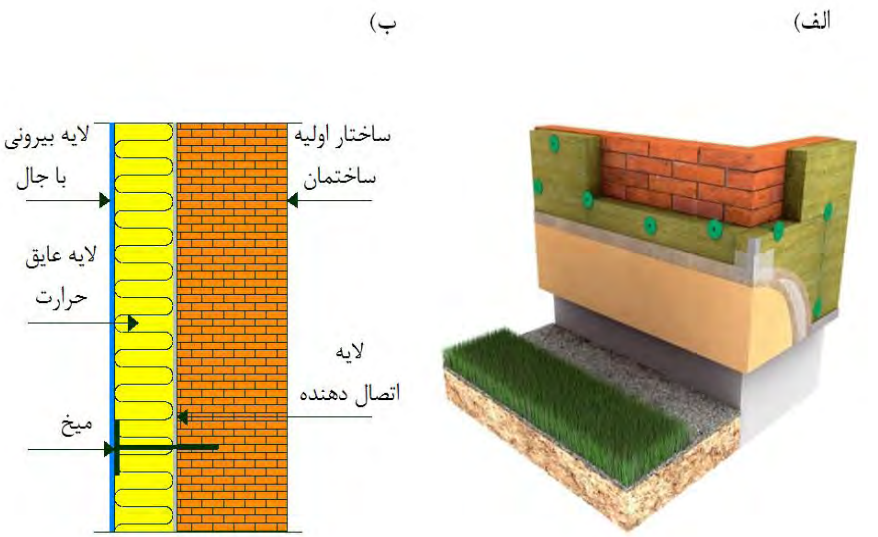
الف)

- رنگ داخل،
- تخته گچ کاغذ،
- فقره چوبی+ فاصله میان خالی هوا،
- تخته چوبی OSB که مفاصل آن پرکاری شده است،
- ساختار چوکات چوبی + عایق حرارت،
- فقره چوبی پیش برآمده + عایق حرارت،
- تخته چوبی یک بافت روی کار،
- لایه متشکل از چسپ + جال شیشه ای،
- پلاستر روی کار.

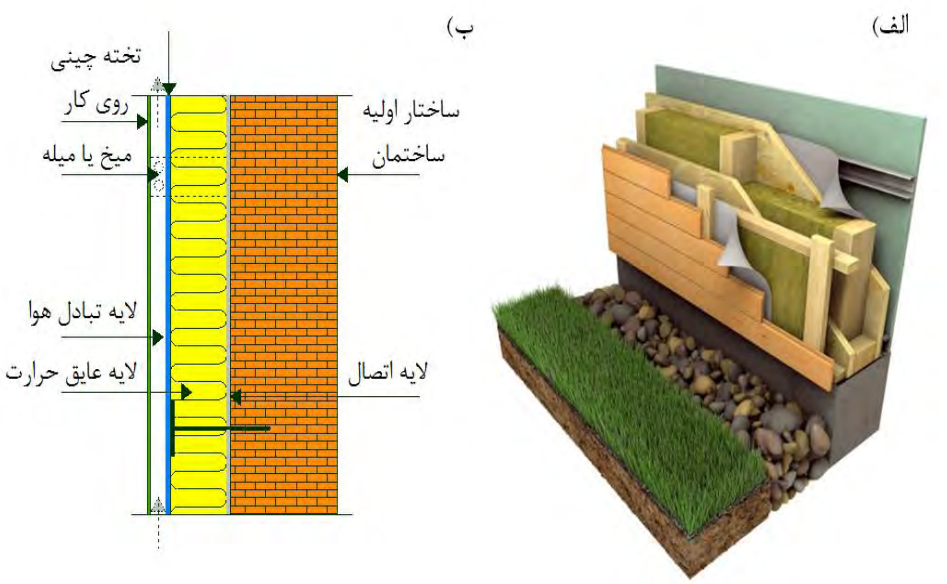
ب)

- رنگ داخل،
- تخته گچ کاغذ،
- فقره چوبی + فاصله میان خالی هوا،
- تخته چوبی OSB که مفاصل آن پرکاری شده است،
- ساختار چوکات چوبی + عایق حرارت،
- تخته DHF (تخته چوبی یک بافت که دارای منفذ های باز می باشد،)
- چسب برای تخته های DHF ،
- عایق های معدنی روی کار ساختمان،
- لایه متشکل از چسپ + جال شیشه ای،
- پلاستر روی کار.

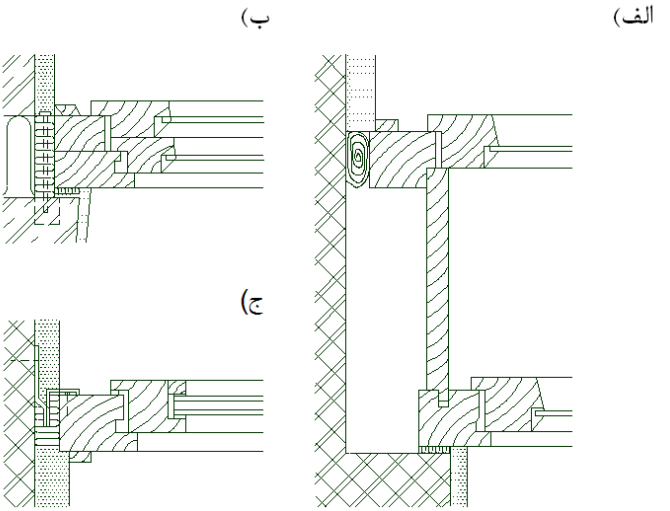
تصویر 6-8 دیوار احاطوی بیرونی از چوب: الف) دیوار احاطوی ساختمان چوبی متشکل از ساختارهای تخته ای (ترکیب، برای اعمار ساختمان های با مصرف انرژی پایین) [84]، ب) دیوار احاطوی ساختمان چوبی متشکل از ساختار های تخته ای (ترکیب برای اعمار ساختمان های با انرژی منفعل) [85]



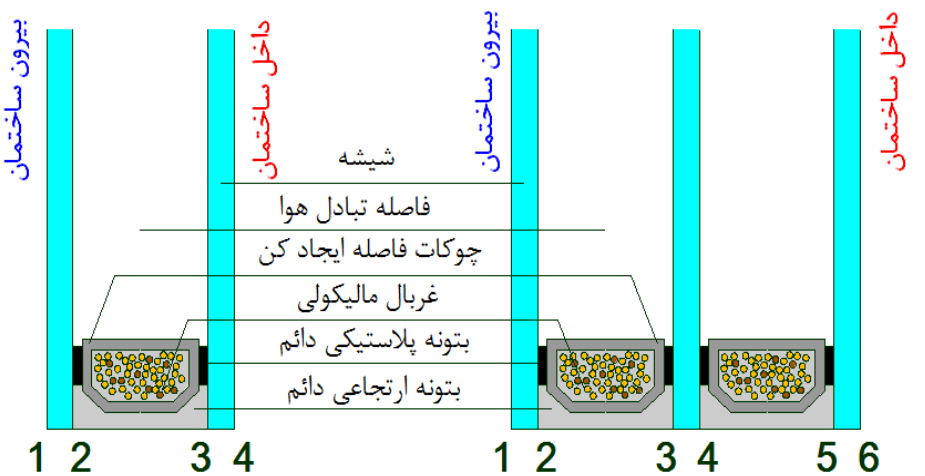
تصویر 7-8 الف) سیستم های تماس دار عایق حرارت[87]، ب) نمای قطع عمودی سیستم تماس دار عایق حرارت [88]



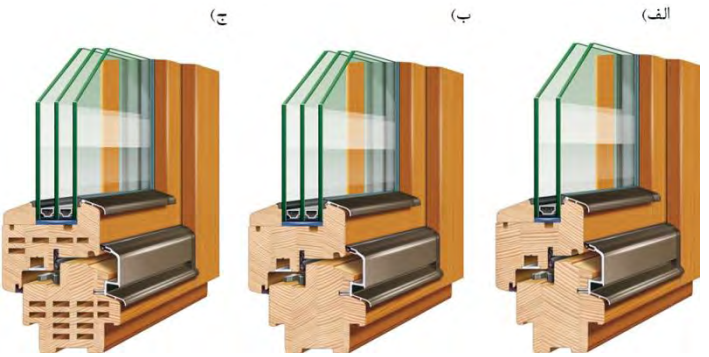
تصویر 8-8 الف) سیستم عایق حرارت با لایه تبادل هوا ساختمان چوبی [87] ، ب) نمای قطع عمودی سیستم عایق حرارت با لایه تبادل هوا ساختمان خشتی [88]



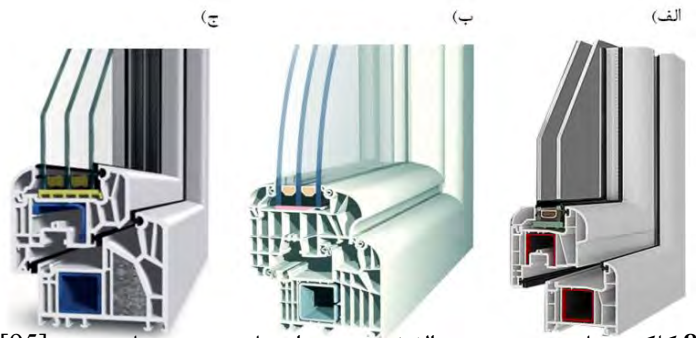
تصویر 9-8 ساختار های کلکین: الف) کلکین دو چوکاته، ب) کلکین دو جداره، ج) کلکین ساده با دو شیشه [25]



تصویر 11-8 سیستم شیشه بندی کلکین ها [103]



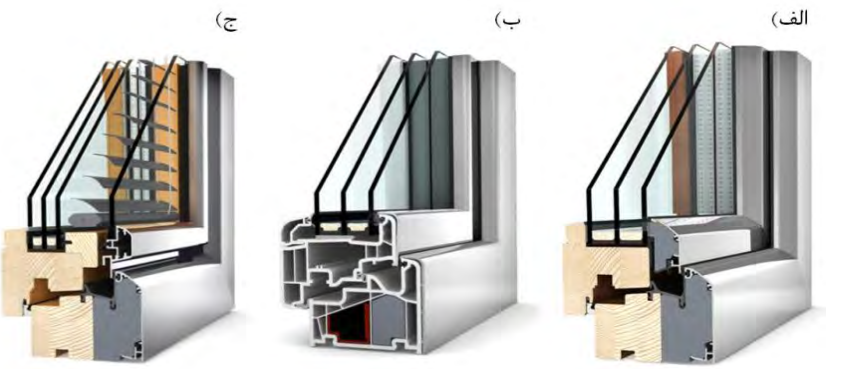
تصویر 11-8 کلکین های چوبی: الف) با دو شیشه عایق شده، ب) با سه شیشه عایق شده، ج) با سه شیشه عایق شده و حفره های تراش داده شده که در آن هوا وجود دارد (برای اعمار ساختمان های انرژی منفعل مطلوب می باشد) [92]



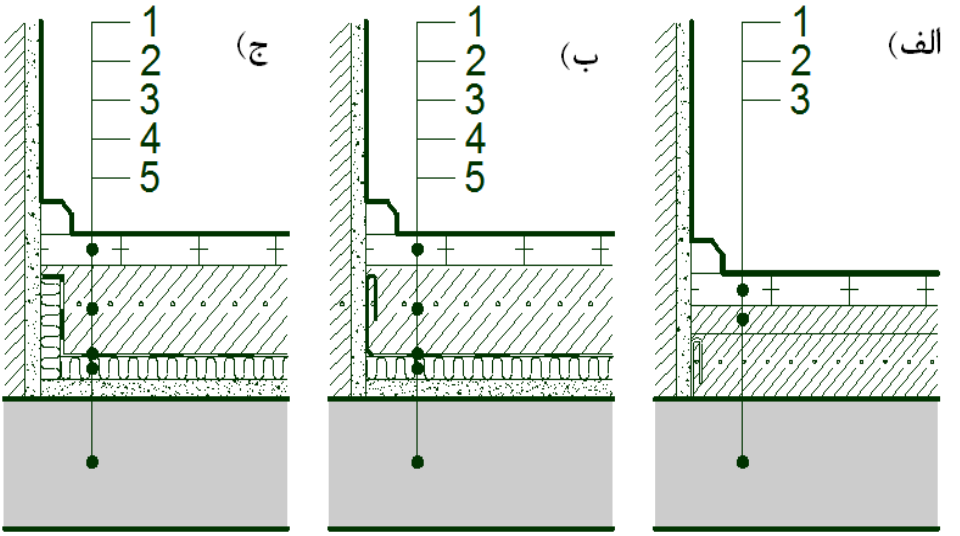
تصویر 12-8 کلکین های پی وی سی: الف) پینج جداره با دو شیشه عایق شده [95]، ب) هشت جداره با سه شیشه عایق شده [96]، ج) شش جداره با سه شیشه عایق شده و با یک جدار که در آن عایق حرارت جابجا شده است [97]

تصویر 13-8 کلکین های المونیمی: الف) با سه شیشه عایق شده، ب) با سه شیشه عایق شده و با عایق حرارت جابجا شده در چوکات کلکین [98]

تصویر 14-8 کلکین های کامپوزیتی: الف) با سه شیشه عایق شده [93]، ب) با سه شیشه عایق شده و با عایق حرارت جابجا شده در چوکات کلکین و در پله کلکین [94]



تصویر 15-8 کلکین های مرکب: الف) با سه شیشه عایق شده و با ترکیب از چوب/ المونیم با عایق حرارت [99]، ب) با سه شیشه عایق شده و با ترکیب از پی وی سی/ المونیم با عایق حرارت [100]، ج) با سه شیشه عایق شده و با اختلاط پله که دارای عنصر سایه افگن می باشد[101]

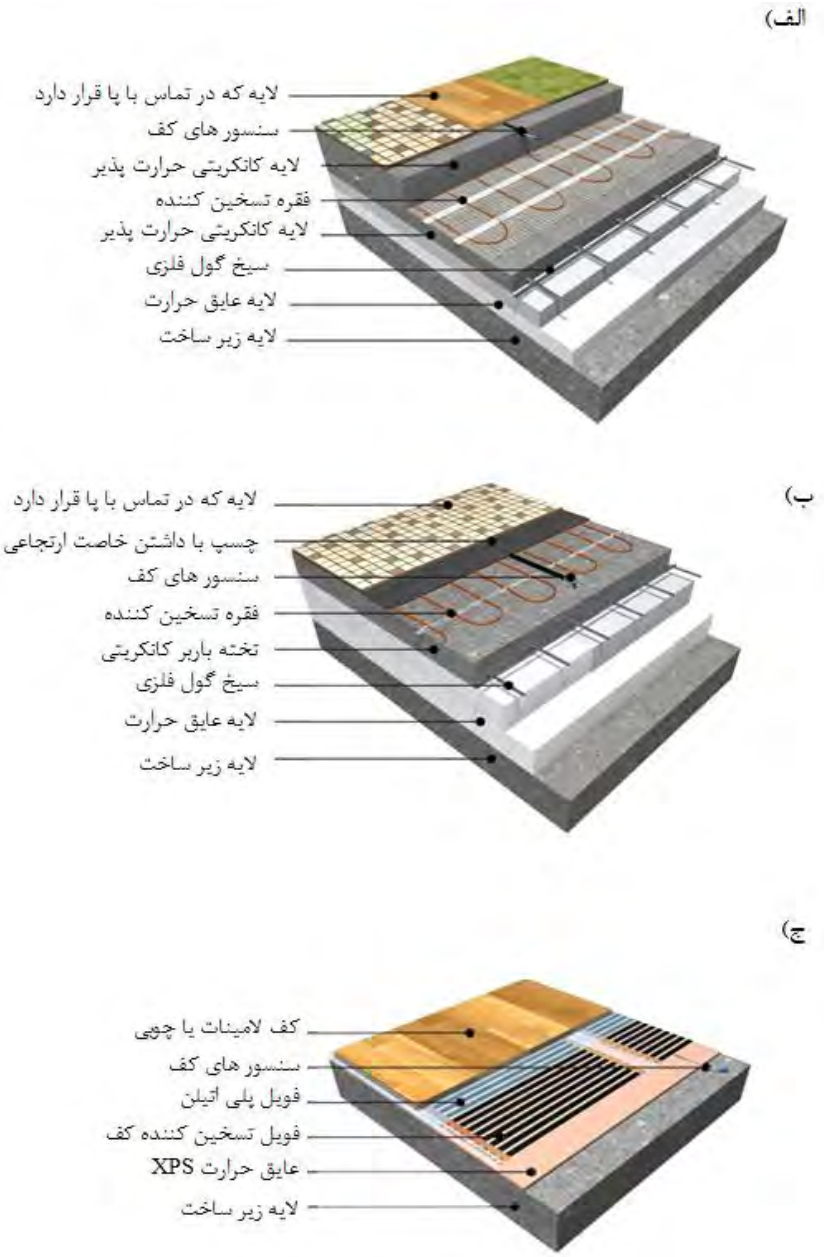


- لایه تماس
- زیر ساخت سخت
- ساختار سلب.

- لایه تماس
- زیر ساخت سخت
- حفاظت از زیر ساخت ارتجاعی
- زیر ساخت ارتجاعی
- ساختار سلب.

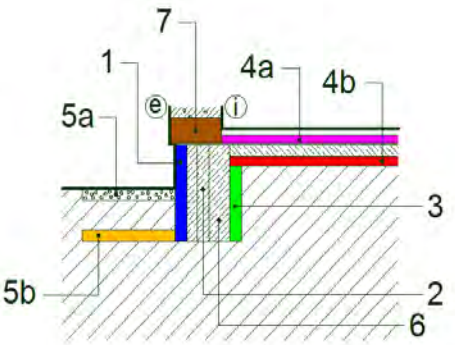
- لایه تماس
- زیر ساخت سخت
- حفاظت از زیر ساخت ارتجاعی
- زیر ساخت ارتجاعی
- ساختار سلب.

تصویر 16-8 پرنسیپ ترکیب ساختار کف: الف) جامد و سخت، ب) شناور سبک، ج) شناور سنگین [11]



تصویر 17-8 ترکیب ساختار کف با سیستم تسخین برقی کف: الف) تسخین کف حرارت پذیر با استفاده از فقره های تسخین [102]، ب) تسخین مستقیم کف با استفاده از کابل های تسخین کننده [102]، ج) تسخین کف با استفاده از فویل تسخین کننده [105]

تصویر 18-8 ترکیب ساختار کف با سیستم تسخین کف که آب گرم در لوله ها می باشد[107]



عایق حرارت عمودی :

1 - از طرف بیرونی ساختار تهداب

2 - در خود ساختار تهداب

3 - از طرف داخلی ساختار تهداب

عایق حرارت افقی :

4a - از طرف داخلی ساختار تهداب بالای لایه عایق ضد آب

4b - از طرف داخلی ساختار تهداب زیر لایه کانکریت زیرساخت

5 - از طرف بیرونی ساختار تهداب

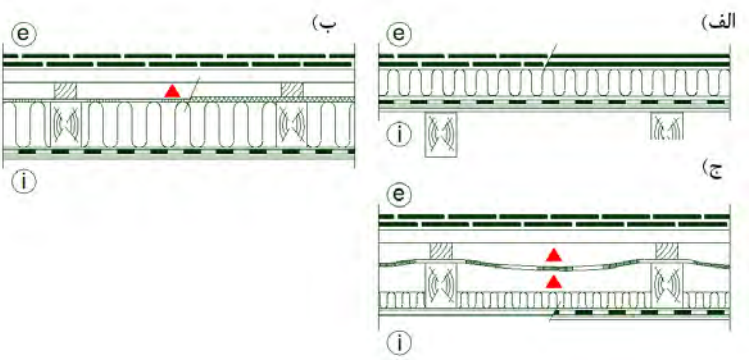
a- (بشکل عایق حرارت خاکریزی)

b - (بشکل عایق حرارت پانیلی)

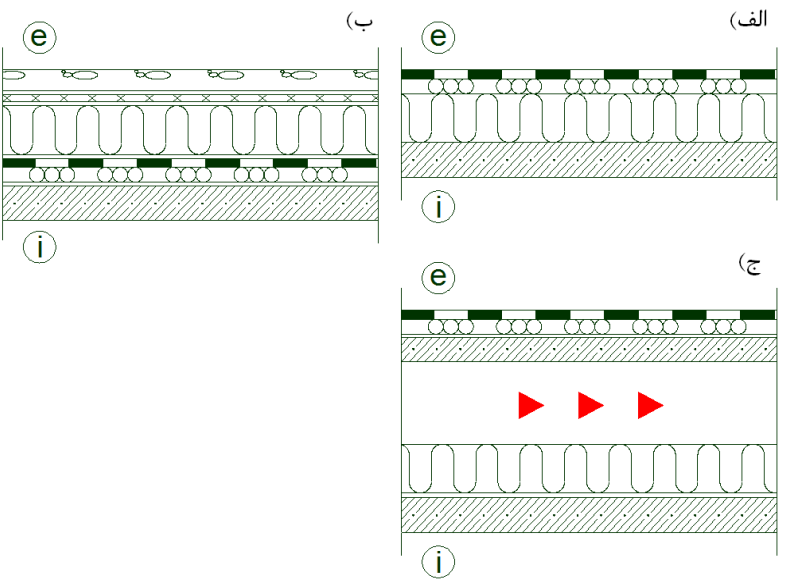
6 - مواد اولیه خود تهداب

7 - عایق فوم شیشه ای، به عنوان "جایگزین" اولین ردیف خشت.

تصویر 19-8 امکان قرار دادن عایق حرارت در جزئیات زیر ساختار ساختمان (ساختمان اعمار شده بروی زمین طبیعی)

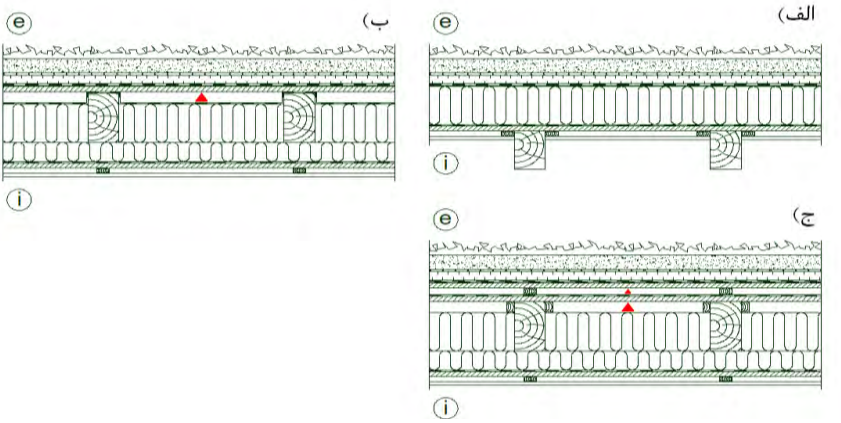


تصویر 21-8 نمونه های از ساختارهای بام مایل(نظر به تیپ و تعداد پوشش ها) [57]:
الف) بام یک پوششه مایل با لایه عایق حرارت بالای شَده های بام و لایه نفوذ پذیر بخار در سطح داخلی بام، ب) بام دو پوششه مایل با لایه عایق حرارت بالای تمام ارتفاع شَده های بام در پوشش تحتانی، با لایه نفوذ پذیر بخار در سطح داخلی بام، با لایه تضمینی ضد آب که به طور مؤثر نفوذ بخار آب را به سطح پوشش تحتانی و روی پوش چیدنی در پوشش فوقانی با لایه تبادل هوا امکان پذیر می سازد، ج) بام سه پوششه مایل با لایه عایق حرارت در بین شَده های بام و لایه نفوذ پذیر بخار در پوشش تحتانی (در گونه های مختلف)، با لایه تضمینی ضد آب که به طور مؤثر نفوذ بخار آب را به پوشش میانی و روی پوش چیدنی در پوش فوقانی با هر دولایه تبادل هوا امکان پذیر می سازد.



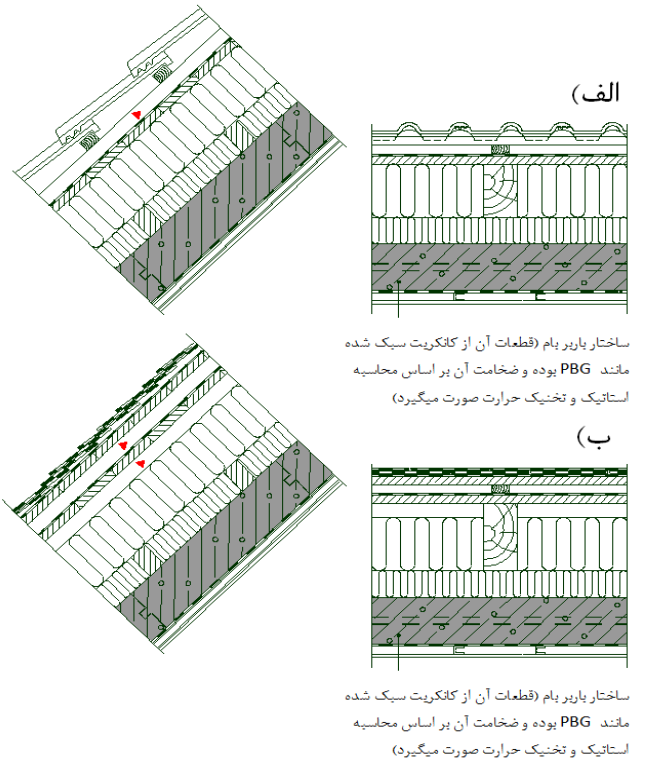
تصویر 21-8 نمونه های از ساختارهای بام هموار(نظر به تیپ و تعداد پوشش ها):
الف) بام یک پوششه با لایه عایق حرارت (به اصطلاح ساده)، ب) بام یک پوششه با جهت معکوس ترکیب دادن لایه ها، ج) بام دو پوششه با لایه عایق حرارت در پوشش تحتانی (به اصطلاح ساده) [57].

همچنین شاخص های کیفی خود ساختار بام را در مقایسه با ساختار بام بدون پوشش گیاهی افزایش می دهند [37].



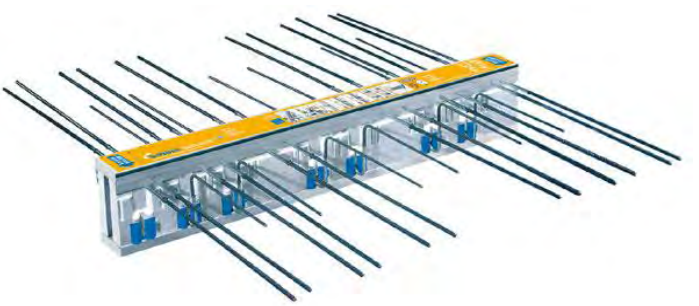
تصویر 22-8 نمونه های از ساختارهای بام مایل گیاهی (نظر به تیپ و تعداد):

الف) بام یک پوششه مایل گیاهی که ساختار باربر آن را تخته بندی چوبی تشکیل داده است، و لایه عایق حرارت و طبقات گیاهی آن بالای بام قرار دارند، ب) بام دو پوششه مایل گیاهی با داشتن لایه تبادل هوا که ساختار باربر آن را تخته بندی چوبی تشکیل می دهد، با قرار داشتن لایه عایق حرارت در بین شَده های بام و در زیر شَده های بام و قرار داشتن طبقات گیاهی بالای تخته بندی و روی پوش و همچنان بالای لایه محافظ که از رشد بیش از حد ریشه ها جلو گیری می کند، ج) بام سه پوششه مایل گیاهی با داشتن لایه تبادل هوا که ساختار باربر آن را تخته بندی چوبی تشکیل می دهد، با قرار داشتن لایه عایق حرارت آن در بین شَده های بام و در زیر شَده های بام و قرار داشتن طبقات گیاهی بالای تخته بندی و روی پوش و همچنان بالای لایه محافظ که از رشد بیش از حد ریشه ها جلوگیری می کند[37].

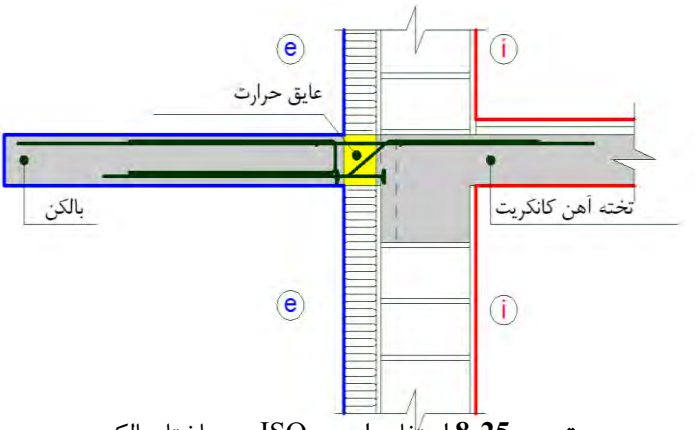


تصویر 23-8 نمونه های مدرن ساختارهای بام مایل با استفاده از مواد پیشرفته و با تأکید بر اقدامات صرفه جویانه مصرف انرژی (نظر به تیپ و تعداد پوشش ها):

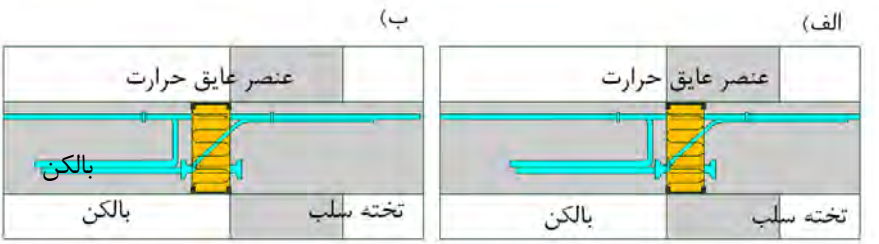
الف) ترکیب بام دو پوششه مایل و شیب دار تند با روی پوش شیروانی، با قطع در جهت شیب بام و عمود بر شیب بام، ب) ترکیب بام سه پوششه مایل و شیب دار تند با روی پوش از اسفالت شیندل، با قطع در جهت شیب بام و عمود بر شیب بام.



تصویر 24-8 استفاده از بیم ISO در ساختار بالکن [108]



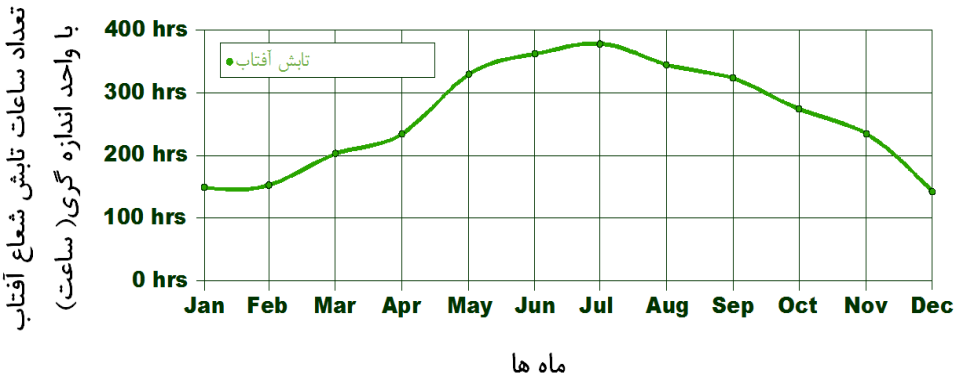
تصویر 25-8 استفاده از بیم ISO در ساختار بالکن



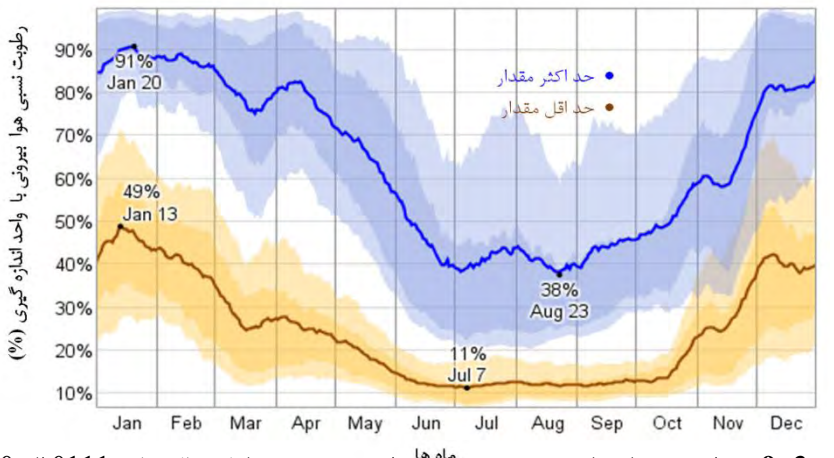
تصویر 26-8 امکان جابجایی بیم ISO در ساختار بالکن (بدون الزامات مقاومت در برابر آتش):

الف)تطبیق در حالت فرو رفتگی، ب) در حالت پیش برآمده گی [104]

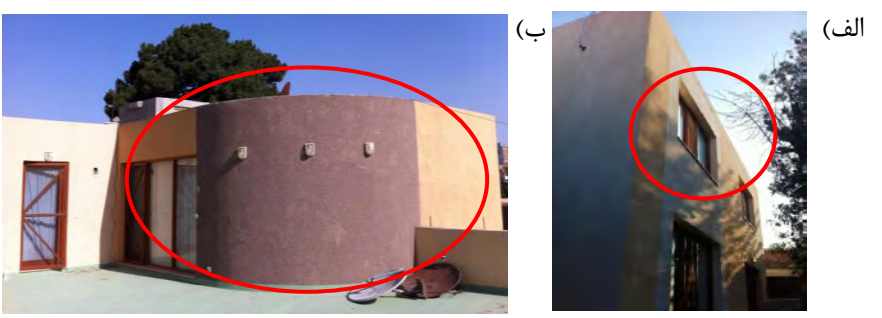
تصویر 1-9 دیاگرام جریان حداکثر و اوسط درجه حرارت هوای بیرون و حداقل اوسط درجه حرارت هوای بیرون در طول سال در شهر هرات[109]



تصویر 2-9 دیاگرام حد اوسط تعداد ساعات تابش نور آفتاب در طول سال در شهر هرات[109]

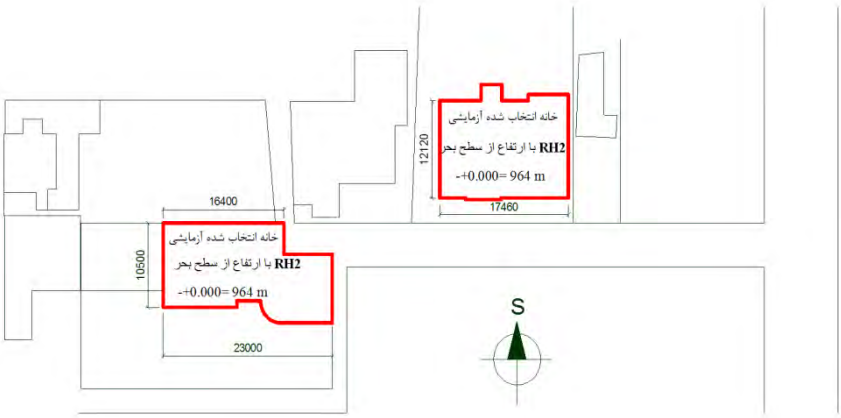


تصویر 3- 9 مقدار متوسط رطوبت نسبی روزانه هوای بیرونی در طول سال های 0111 الی 0110 در شهر هرات [109]

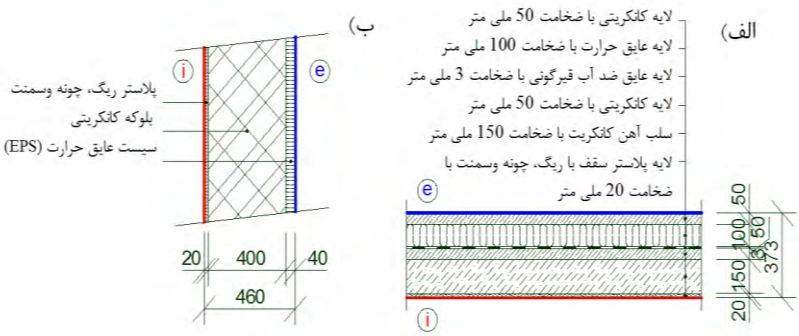


تصویر 4- 9 منزل رهایشی انتخاب شده RH1: الف) نمای جنوب غربی ساختمان - اطاق **M2**، ب) نمای جنوب شرقی ساختمان - اطاق **M1**

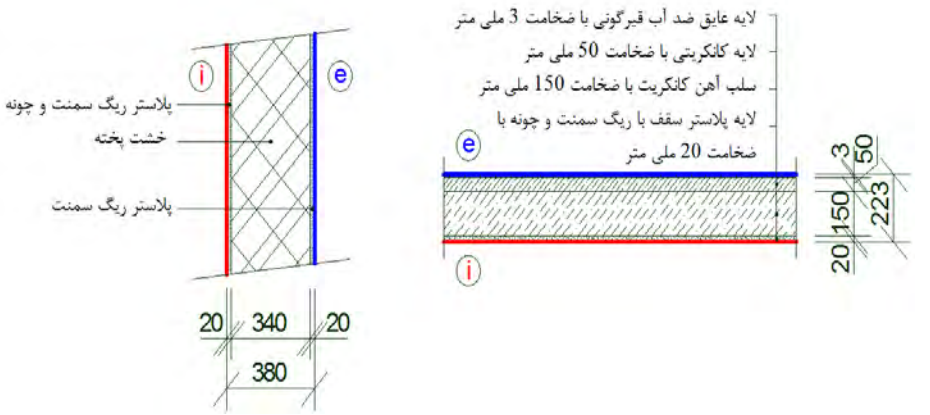
تصویر 5- 9 منزل رهایشی انتخاب شده RH2: الف) نمای جنوب غربی ساختمان - اطاق**M2**، ب) نمای جنوب شرقی ساختمان - اطاق**M1**



تصویر 6-9 موقعیت جابجایی منازل رهایشی (RH2, RH1)



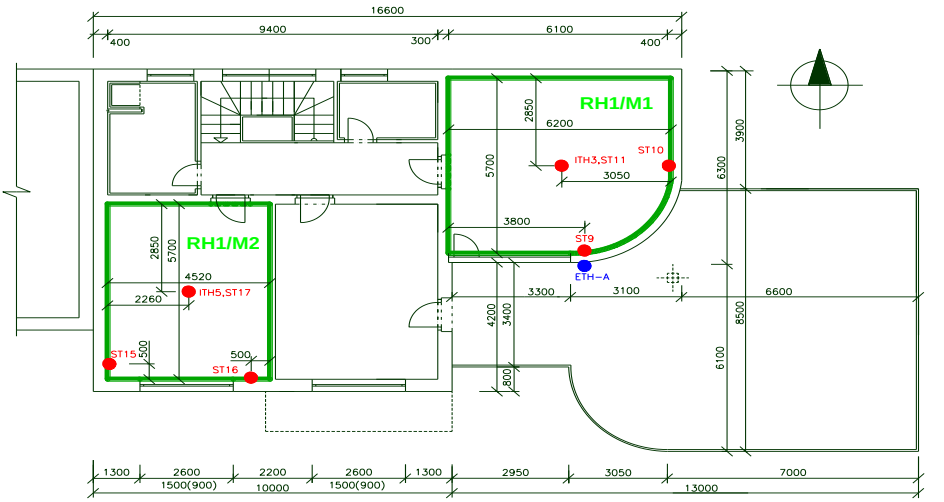
تصویر 7- 9 لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی منزل رهایشی انتخاب شده RH1: الف) ساختار بام که در ترکیب لایه های آن از عایق حرارت (EPS) استفاده گردیده است، ب) دیوار احاطوی بیرونی که در ترکیب لایه های آن از سیستم عایق حرارت (EPS) استفاده گردیده است.



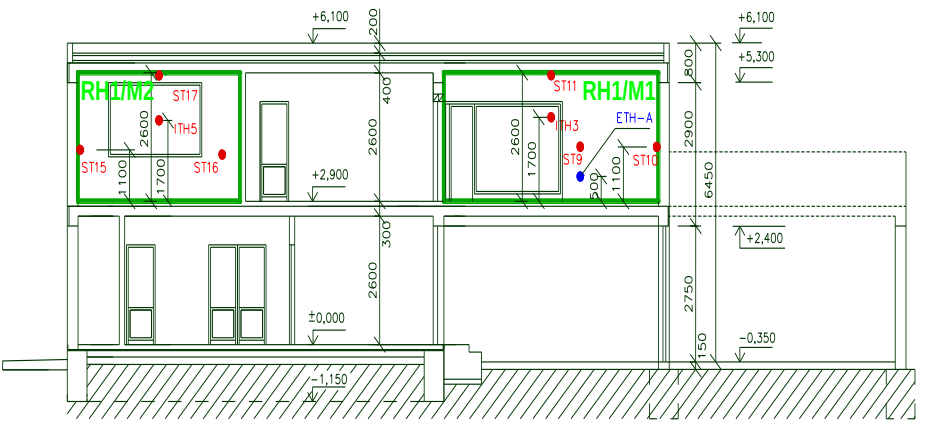
تصویر 8- 9 لایه های ساختارهای احاطوی بیرونی منزل رهایشی انتخاب شده RH2:

الف) ساختار بام که در ترکیب لایه های آن از عایق حرارت (EPS) استفاده صورت نگرفته است، ب) دیوار احاطوی بیرونی که در ترکیب لایه های آن از سیستم عایق حرارت (EPS) استفاده صورت نگرفته است.

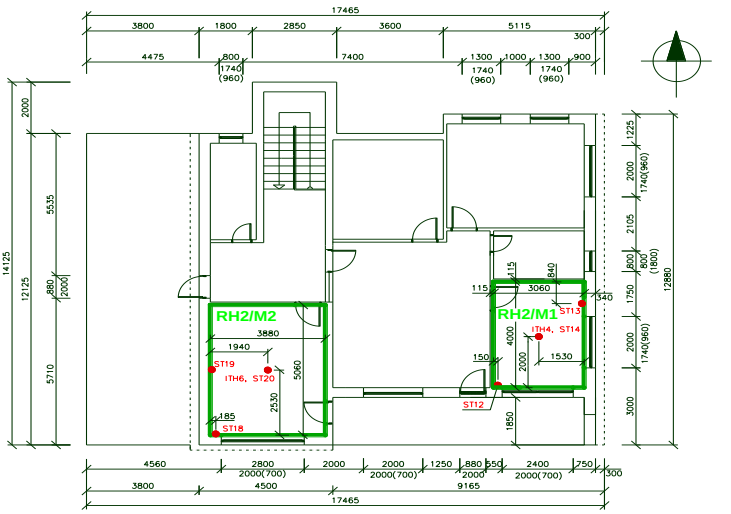
تصویر 9- 9 سوند های چند منظوره PMICRO طراحی شده برای اندازه گیری درجه حرارت هوا، رطوبت هوا و درجه حرارت سطوح



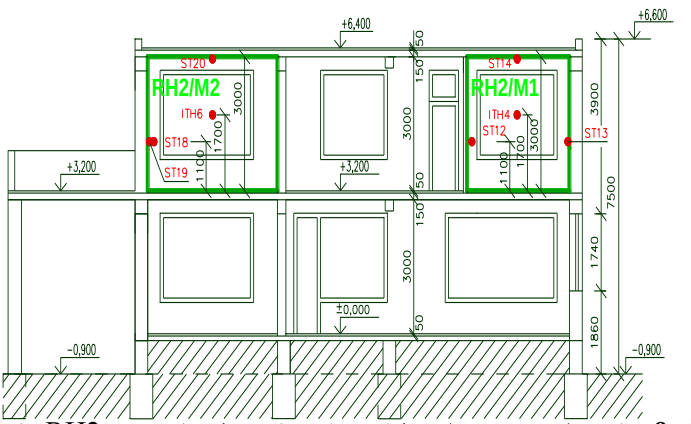
تصویر 11- 9 نمای تاپ و یا افقی طبقه اول منزل رهایشی انتخاب شده RH1 با نشان دادن جابجایی سنسور ها در اطاق های (M1 و M2)



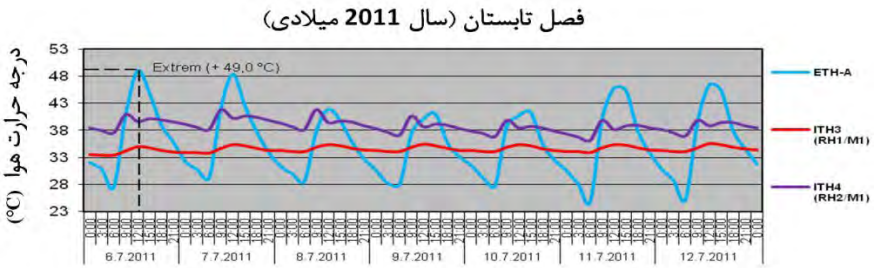
تصویر 11- 9 نمای قطع عمودی طبقه اول منزل رهایشی انتخاب شده RH1 با نشان دادن جابجایی سنسور ها در اطاق های (M1 و M2)



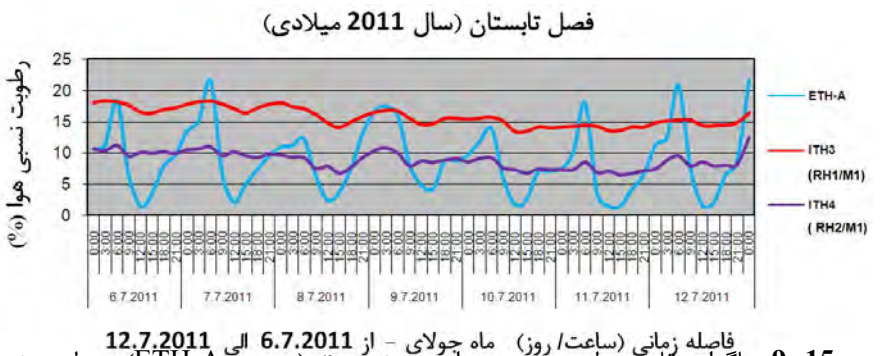
تصویر 12- 9 نمای تاپ و یا افقی طبقه اول منزل رهایشی انتخاب شده RH2 با نشان دادن جابجایی سنسورها در اطاق های (M1 و M2)



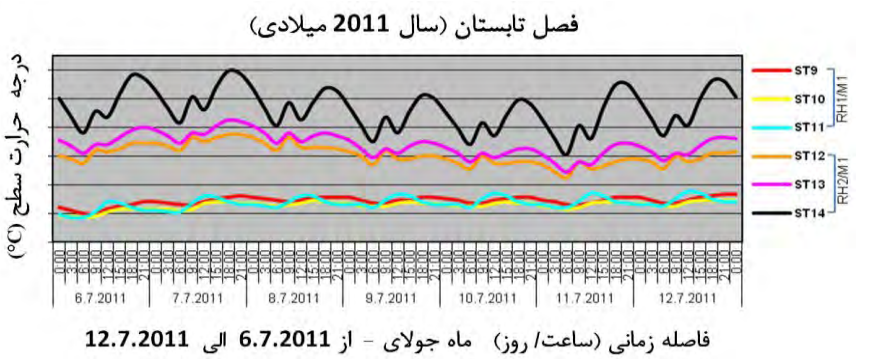
تصویر 13- 9 نمای قطع عمودی طبقه اول منزل رهایشی انتخاب شده RH2 با نشان دادن جابجایی سنسورها در اطاق های (M1 و M2)



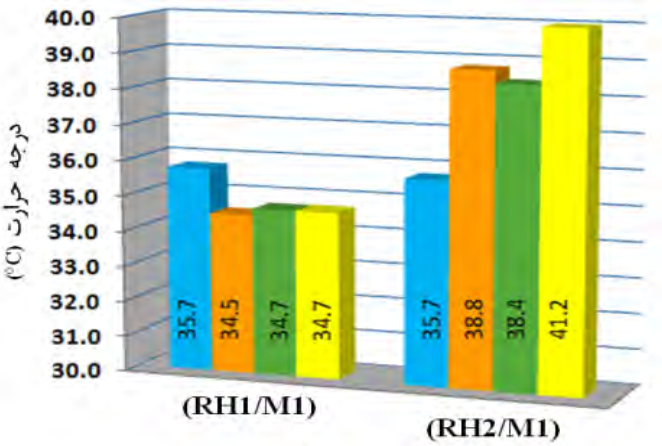
تصویر 14- 9 دیاگرام مقادیر درجه حرارت هوا بیرونی θ_{ae} (سنسور **ETH-A**) و درجه حرارت هوا داخل θ_{ai} اطاق های RH1/M1 (سنسور **ITH3**) و RH2/M1 (سنسور **ITH4**)



تصویر 15- 9 دیاگرام مقادیر رطوبت نسبی هوای بیرونی φ_{ae} (سنسور ETH-A) و رطوبت نسبی هوای داخل φ_{ai} اطاق های RH1/M1 (سنسور ITH3) و RH2/M1 (سنسور ITH4)[25]



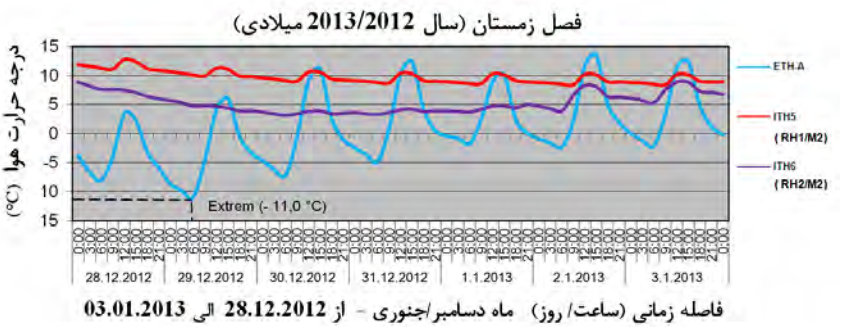
تصویر 16- 9 دیاگرام مقادیر درجه های حرارت سطوح داخلی ساختارهای احاطوی بیرونی θ_{si} اطاق های RH1/M1 (سنسور **ST9** الی **ST11**) و RH2/M1 (سنسور **ST12** الی **ST14**) [25]



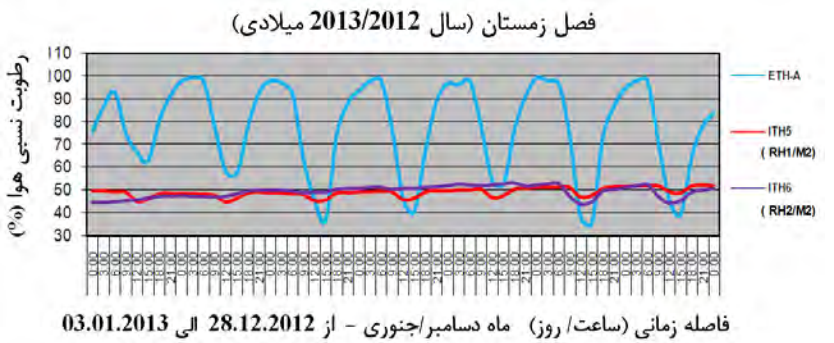
تصویر 17- 9

- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده هوای بیرون ساختمان $\theta_{ae,avg}$
- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده هوای داخل اطاق $\theta_{ai,avg}$
- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده سطوح داخلی ساختارهای احاطوی اطاق $\theta_{si,avg}$
- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده سطح داخلی ساختار بام اطاق $\theta_{si,avg}$

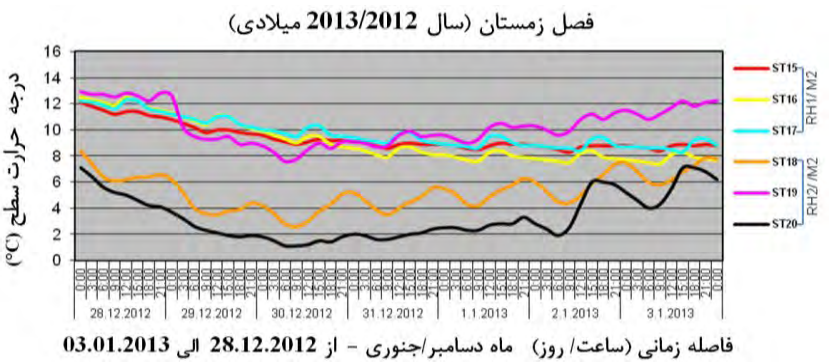
در اطاق های RH1/M1 و RH2/M1



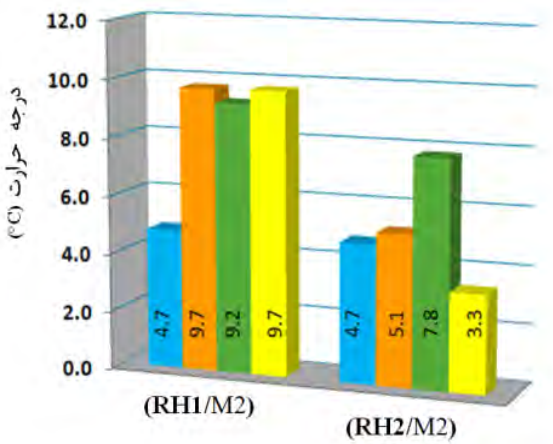
تصویر 18- 9 دیاگرام مقادیر درجه حرارت هوای بیرونی θ_{ae} (سنسور **ETH-A**) و درجه حرارت هوای داخل θ_{ai} اطاق های RH1/M2 (سنسور **ITH5**) و RH2/M2 (سنسور **ITH6**)[25]



تصویر 19- 9 دیاگرام مقادیر رطوبت نسبی هوای بیرونی φ_{ae} (سنسور ETH-A) و رطوبت نسبی هوای داخل φ_{ai} اطاق های RH1/M2 (سنسور **ITH5**) و RH2/M2 (سنسور **ITH6**)[25]



تصویر 21-9 دیاگرام مقادیر درجه های حرارت سطوح داخلی ساختارهای احاطوی بیرونی θ_{si} اطاق های RH1/M2 (سنسور **ST15** الی **ST17**) و RH2/M2 (سنسور **ST18** الی **ST20**) [25]



تصویر 21- 9

- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده هوای بیرون ساختمان $\theta_{ae,priem}$
- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده هوای داخل اطاق $\theta_{ai,priem}$
- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده سطوح داخلی ساختارهای احاطوی اطاق
- اوسط درجه حرارت اندازه گیری شده سطح داخلی ساختار بام اطاق $\theta_{ai,priem}$

در اطاق های RH1/M2 و RH2/M2