
**Съвременни системи за
поддържане на параметрите
на микроклимата и
възможности за повишаване
на енергийната ефективност**

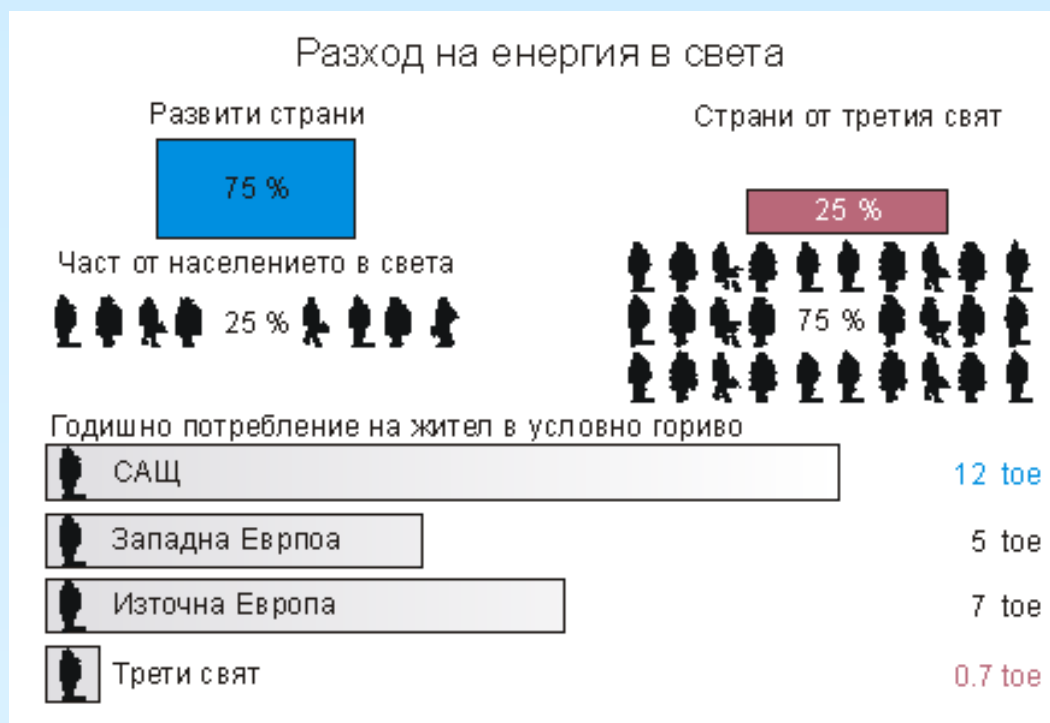
доц. д-р инж. Мерима Златева

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

Разход на енергия в съвременното общество

Развитите страни изразходват от 10 –15 пъти повече енергия на един жител в сравнение с развиващите се страни.

Повишаването на жизнения стандарт на населението на планетата ще повиши и консумацията на енергия.



75 % от енергията в света се консумира в индустриално развитите страни.

Само 25 % от енергията в света се консумира от останалите страни.

Структура на разходите

При експлоатацията на сградите се консумира енергия за: отопление, климатизация, горещо водоснабдяване, приготвяне на храна, осветление, охлаждане.

Изразходваната енергия за отопление и климатизация представлява съществен дял от общия енергиен баланс на всички индустриално развити страни:

25 % - САЩ;

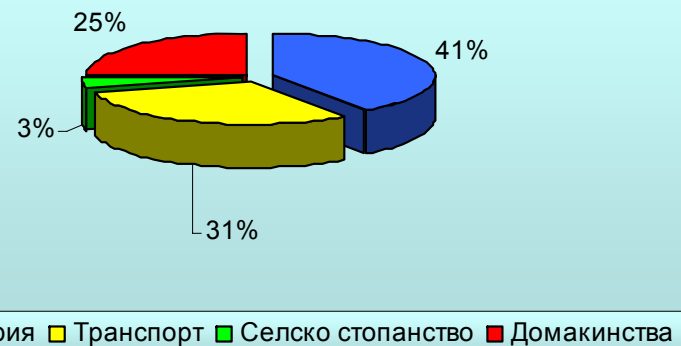
30 % - Франция,

35 % - Германия,

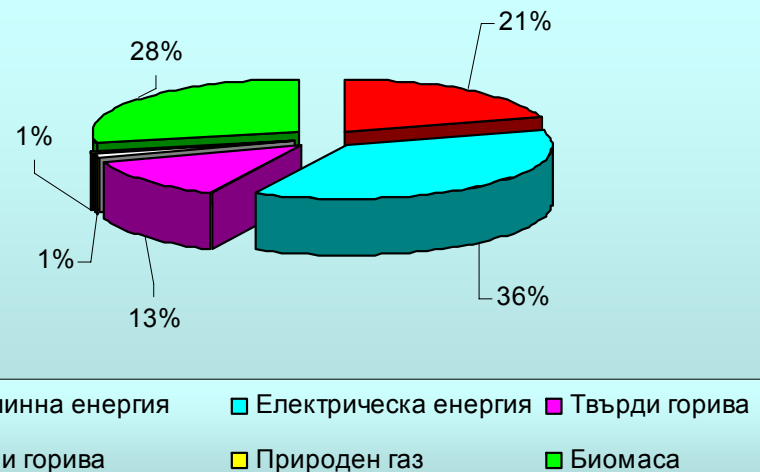
40 % - Дания, Швеция,

Великобритания.

Разход на енергия по отрасли за 2005 г.

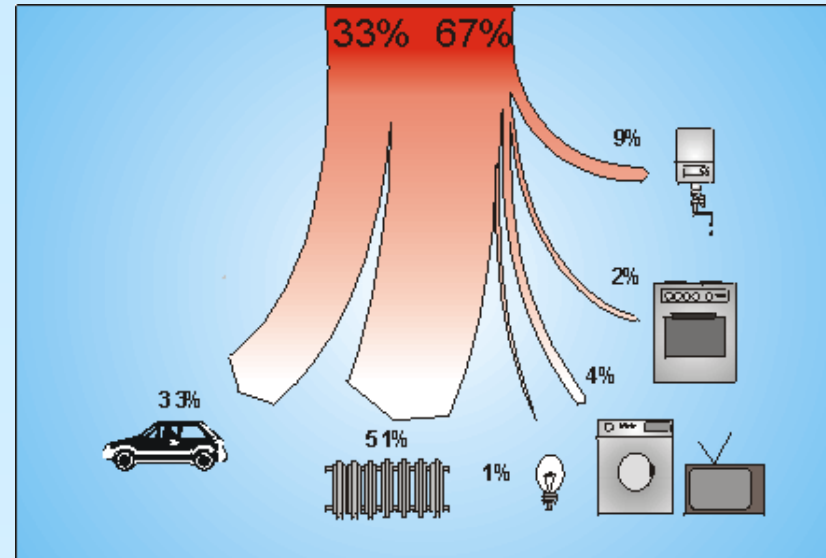


Разход на енергия в домакинствата за 2005 г.

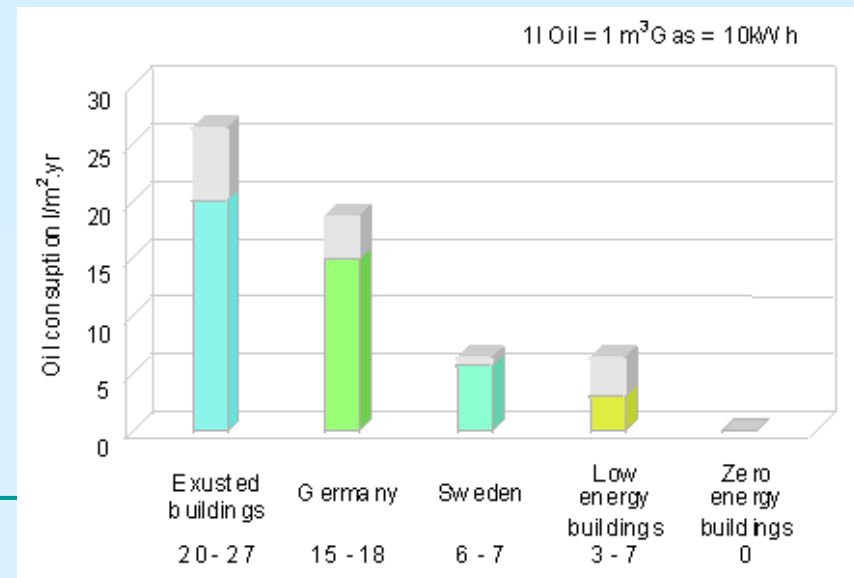


Структура на разходите

Разходи за енергия в жилищни сгради



Специфичен разход на гориво за отопление

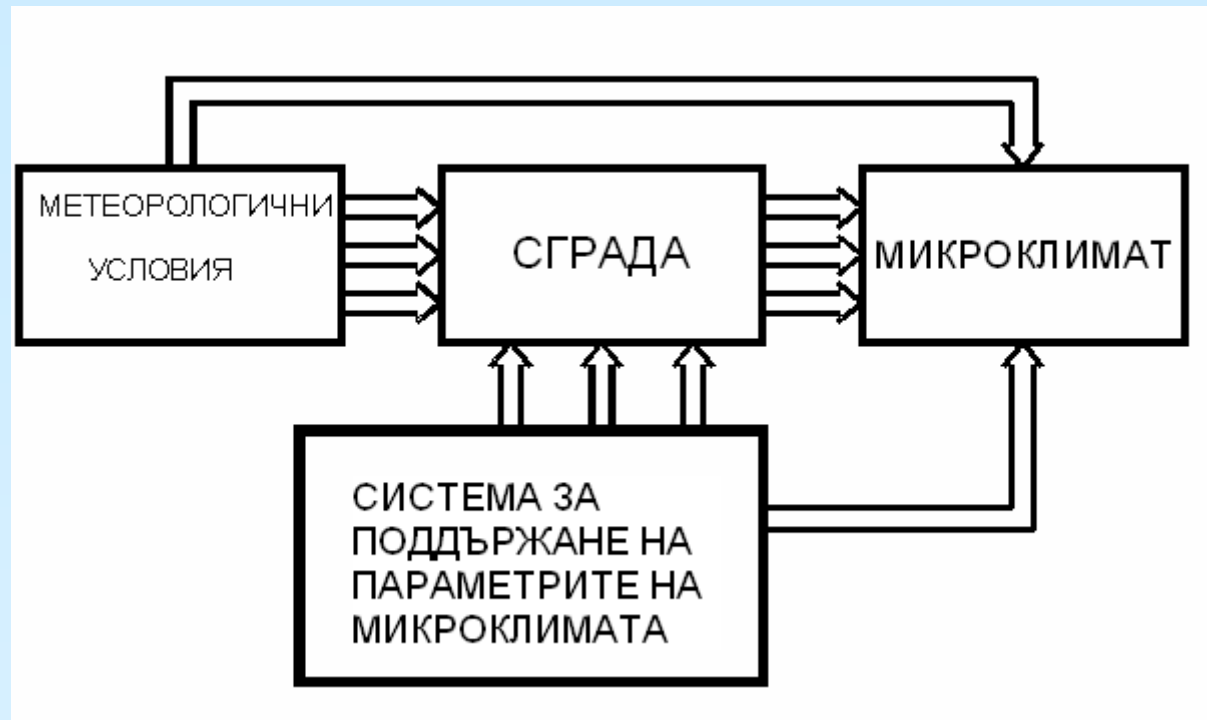


Европейската политика: 20 – 20 - 20

Цели на европейската енергийна политика до 2020 г.

- CO₂: -20%;
- Възобновяеми енергийни източници: +20%;
- Енергийна ефективност: +20%

Системи за поддържане на микроклимата и разход на енергия



Възможности за икономия на енергия:

- Сграда
- Системи за поддържане на параметрите на микроклимата

Годишна консумация на енергия за отопление и охлаждане

- Отоплителен сезон,
- Отоплителни денградуси

Отоплителните денградуси

се дефинират като сума на температурните разлики между средната температура в сградата и среднодневната външната температура през целия отоплителен сезон с определена гранична температура .

$$G_h = z_h \cdot (\vartheta_i - \vartheta_{am})$$

- Охладителен сезон,
- Охладителни денградуси

Охладителните час-градуси

се използват при определяне консумацията на студ. Тъй като климатичните системи работят в определени часове от деня, изчислението се прави на базата на средната работна външна температура през периода на експлоатация, а не средната дневна температура. Отчита се и реалния брой експлоатационни часове

$$G_c = z_c \cdot (\vartheta_{am} - \vartheta_i)$$

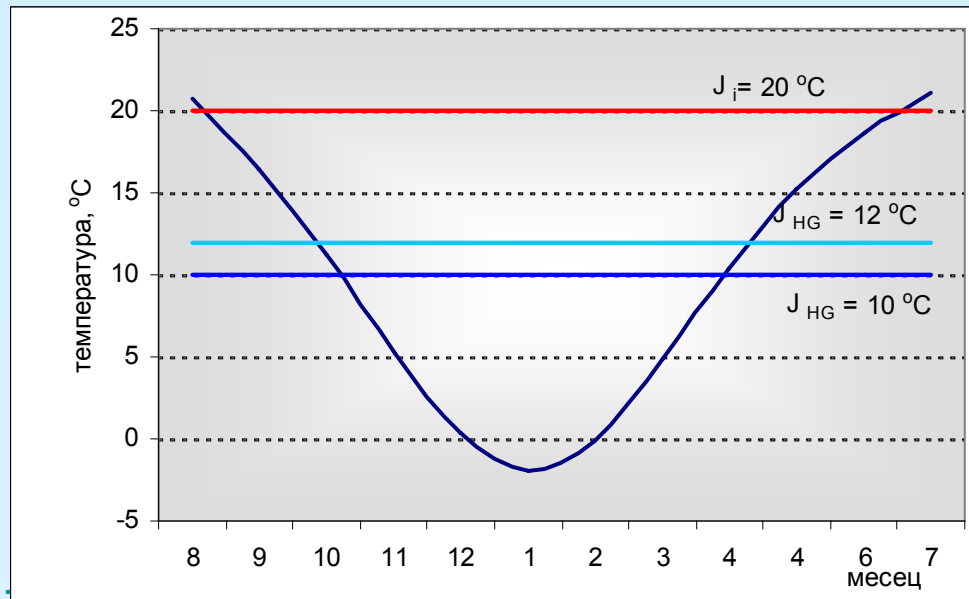
Отоплителен сезон, отоплителни денградуси

Продължителност на отоплителният сезон

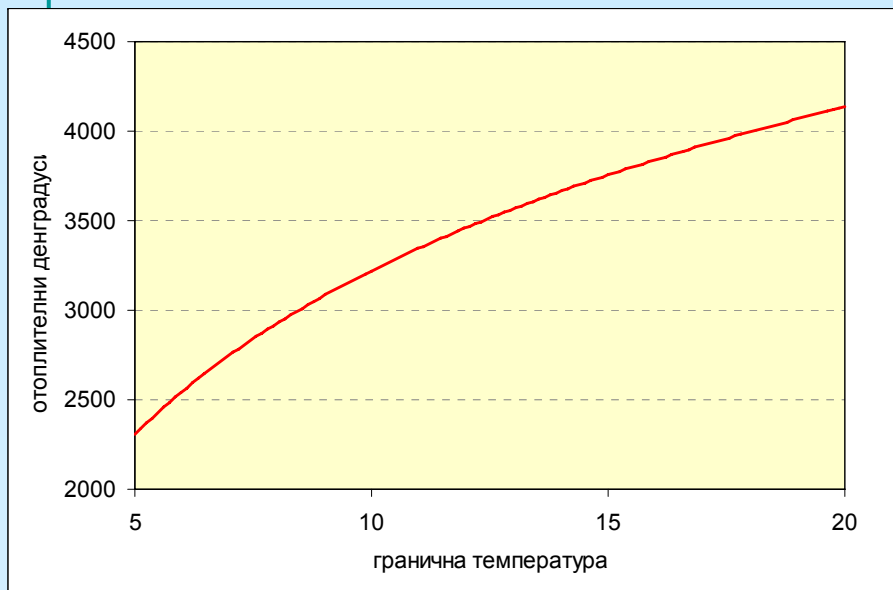
Гранична температура $\theta_{HG} = \theta_i$

Избор на гранична температура: специфични особености на сградата

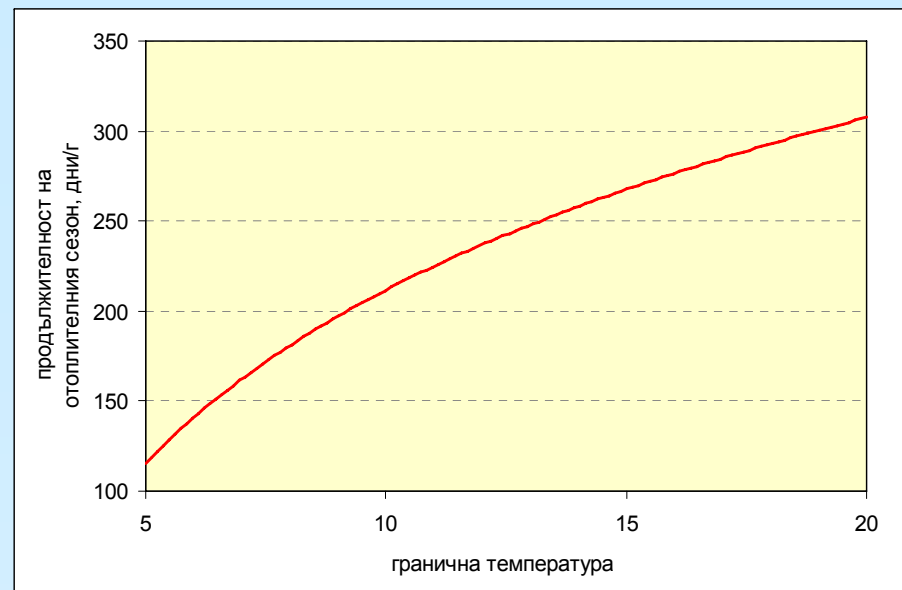
- акумулационна способност на ограждащите елементи;
- състояние и качество на топлинната изолация;
- дял на полезните топлопритоци спрямо топлинните загуби (отношение “печалби/загуби”).



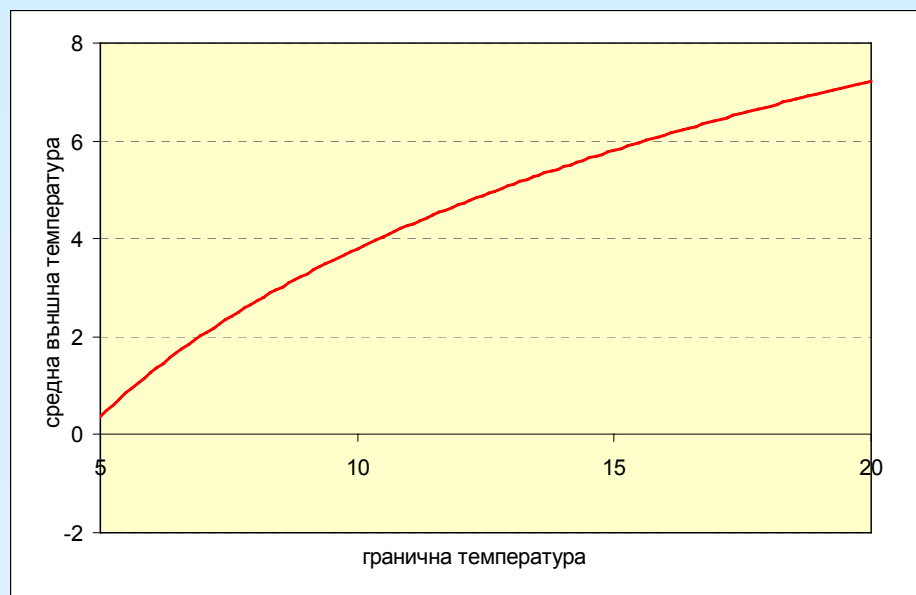
Намаляването на граничната температура с 1 °C обуславя изменение на отоплителните денградуси и на разхода на енергия с 6 – 7 %



Отоплителни денградуси в зависимост от граничната температура



Продължителност на отоплителния сезон в зависимост от граничната температура



Средна външна температура (v) в зависимост от граничната температура

Нискоенергийна къща в Детмонд-Хесен

Къщата е масивна и подпокривното пространство е пригодено за живеене. Завършена е през 1991 год.

Външните стени са трислойни - 20 cm пенобетон с пореста структура, 11 cm стъклена вата, 9.5cm клинкерни тухли.

Подът е изолиран с плочи от пенополиуретан с дебелина 6 cm.

Изоляцията на тавана е от стъклена вата с дебелина 20 cm и е поставена между гредите.

Прозорците са от двуслоен изолационен стъклопакет

Отоплението е нискотемпературно с газов котел.

Застроена площ: $A=130 \text{ m}^2$

Разгънатата площ: $A=220 \text{ m}^2$

Коефициент на топлопреминаване за:

- външни стени $k_{\text{wall}}=0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$
- прозорци $k_{\text{w}}=1.50 \text{ W/m}^2\text{K}$
- покрив $k_{\text{c}}=0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- под на първи етаж $k_{\text{f}}=0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Специфичен разход на енергия за отопление: $70 \text{ kWh/m}^2\text{y}$



Нискоенергийна къща в Преец

Подпокривното пространство и сутерена са пригодени за живеене. Външните стени са трислойни - 25 cm порьозен бетон, 11 cm стъклена вата, 9.5 cm клинкерни тухли.

Подът е изолиран с плочи от пенополиуретан с дебелина 11 cm. Прозорците са с пластмасови рамки и двуслоен изолационен стъклопакет.

Отоплението е нискотемпературно с котел на природен газ.

Предвидена е естествена вентилация с променлив дебит на въздуха.

Дебитът се регулира според относителната влажност на въздуха в кухнята. Пресният въздух постъпва в дневната, трапезарията и спалните, а се изсмуква от кухнята и WC.

Основни данни за сградата:

Застроена площ: $A=206 \text{ m}^2$

Разгъната площ: $A=220 \text{ m}^2$

Коефициент на топлопреминаване за:

външни стени $k_{\text{wall}}=0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$

прозорци $k_w=1.50 \text{ W/m}^2\text{K}$

покрив $k_c=0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$

под на първи етаж $k_f=0.29 \text{ W/m}^2\text{K}$

Специфичен разход на енергия за отопление: $75 \text{ kWh/m}^2\text{y}$



Нискоенергийна къща в ХанOVER

Външните стени са трислойни - 20 cm леки блокове с пореста структура, 15 cm стъклена вата, 9.5cm клинкерни тухли.

Подът е изолиран с плочи от пенополиуретан с дебелина 10 cm.

Изолацията на тавана е между гредите, а прозорците са от двуслоен изолационен стъклопакет.

Отоплението е нискотемпературно с газов котел.

Предвидена е принудителна вентилация с променлив дебит на въздуха и рекуперация на топлината на изхвърляния въздух. Дебитът се регулира според относителната влажност на въздуха в кухнята.

Пресният въздух се подава в дневната, трапезарията и спалните, а се изсмуква от кухнята и WC.

Основни данни за сградата:

Застроена площ: $A=110 \text{ m}^2$

Разгъната площ: $A=171 \text{ m}^2$

Коефициент на топлопреминаване за:

външни стени $k_{\text{wall}}=0.21 \text{ W/m}^2\text{K}$

прозорци $k_{\text{w}}=1.50 \text{ W/m}^2\text{K}$

покрив $k_{\text{c}}=0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$

под на първи етаж $k_{\text{f}}=0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Специфичен разход на енергия за отопление: $60 \text{ kWh/m}^2\text{y}$

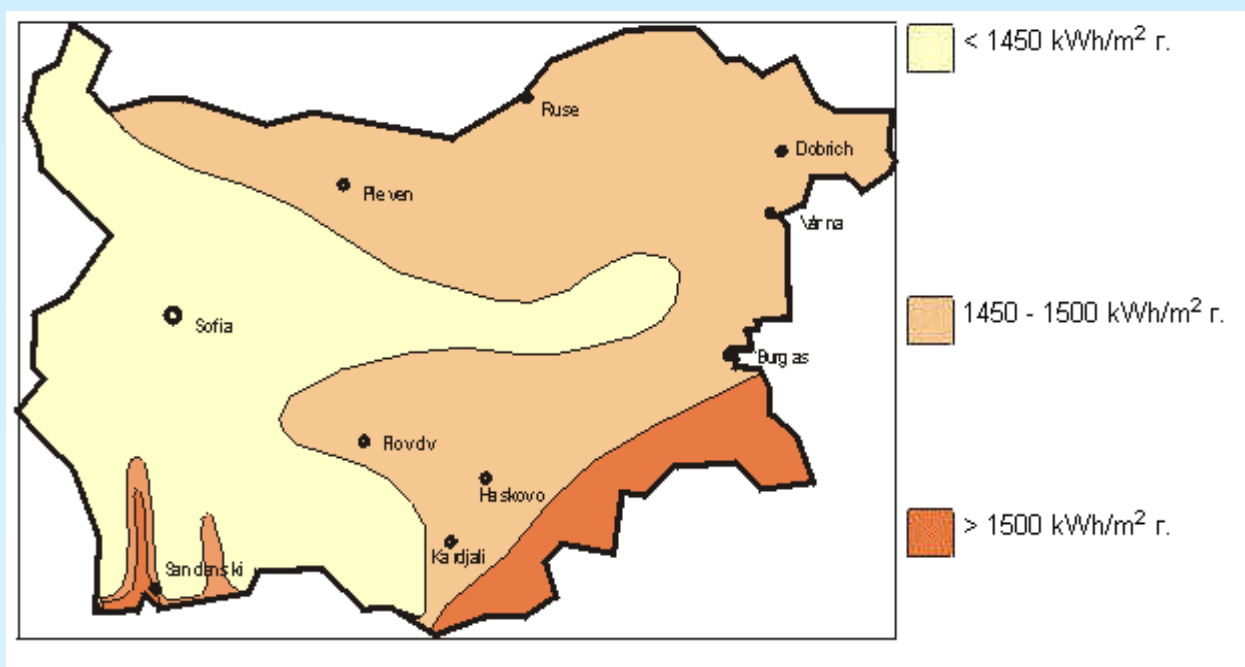


Топлотехнически слънчеви инсталации



Ежегодно Земята получава от Слънцето около 10^{18} kWh енергия, която е 3000 пъти повече в сравнение с необходимите в момента нужди на човечеството.

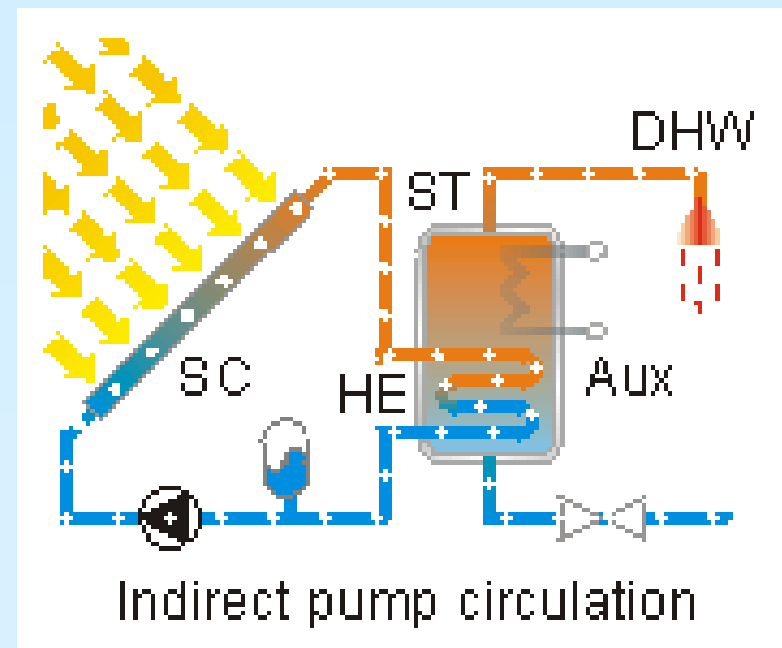
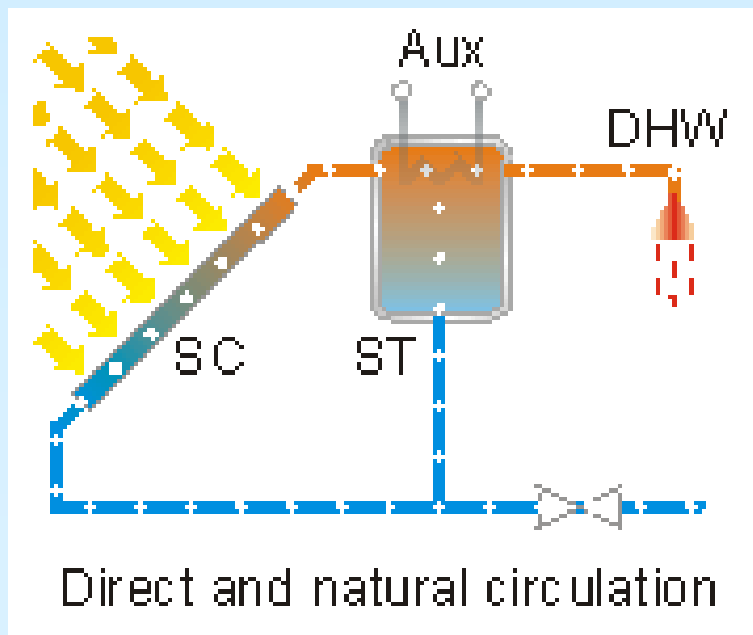
Максималната стойност на сумарното годишно излъчване за най-слънчевите райони на Земята е около $2550 \text{ kWh/m}^2\text{год}$, а за България - $1110\text{-}1420 \text{ kWh/m}^2\text{год}$.



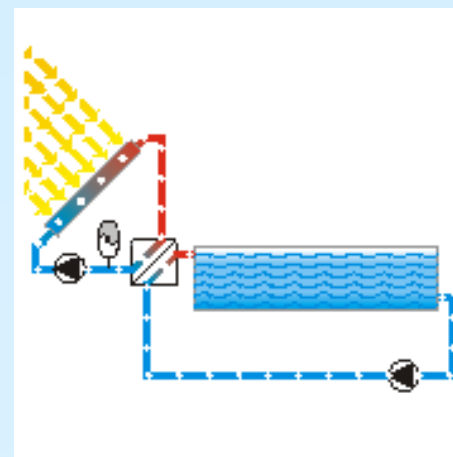
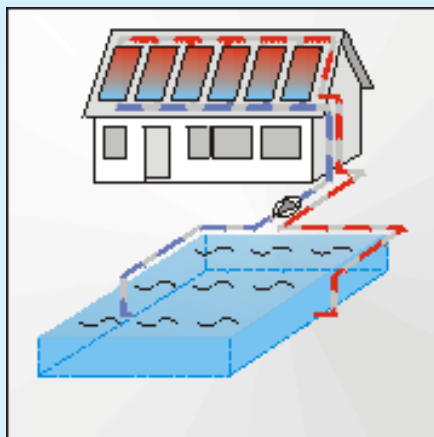
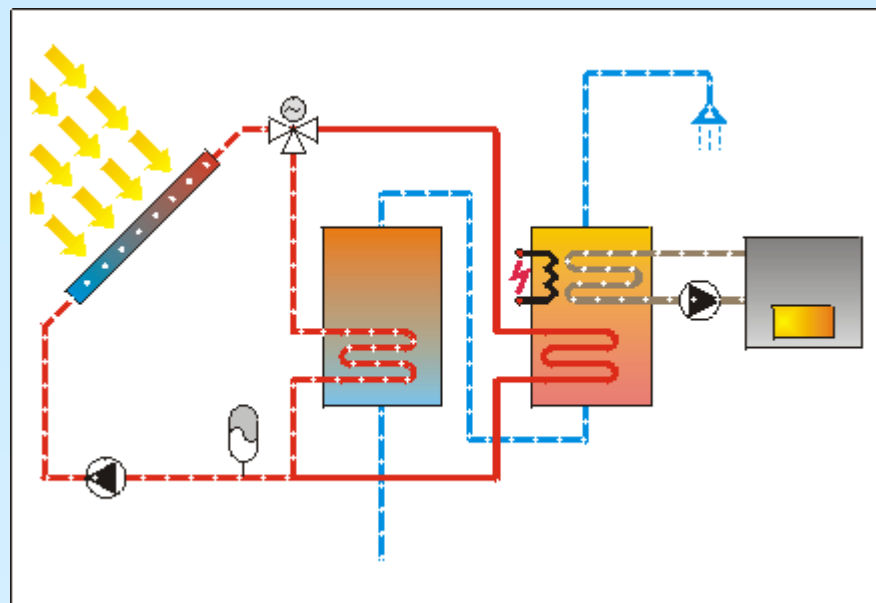
Активни слънчеви системи

Компановката на системите зависи от климата на района, в който е разположена сградата, и предназначението им. За умерено-континентален климат това са колектори, акумулатори, допълнителен енергиен източник, топлообменници и регулиращи устройства.

директни, индиректни
с естествена и принудителна циркулация.



Активни слънчеви системи



Активни слънчеви системи

Хотел Хипокамио на о-в Майорка

Хотелът е с 400 легла и се експлоатира целогодишно с относително постоянна степен на заетост.

Изпълнена е слънчева инсталация за горещо водоснабдяване.

Оразмерена е за покриване с предимство на нуждите през летните месеци. Обобщеният коефициент на слънчево покритие на годишните потребности е 0.7.

Колекторното поле е с плоски слънчеви колектори с обща повърхност 162 m². Междинните топлообменници са пластинчати. Двата акумулатора са с обем по 6 m³ и са свързани последователно. Допълнителният източник на енергия е котел за изгаряне на течно гориво

Инсталацията е монтирана и въведена в експлоатация през 1992 г. Специфичната цена на инвестициите е 450 USD/ m² на единица колекторна площ. Мониторинга и управлението е дистанционно и се извършва от специализирана консултантска компания.



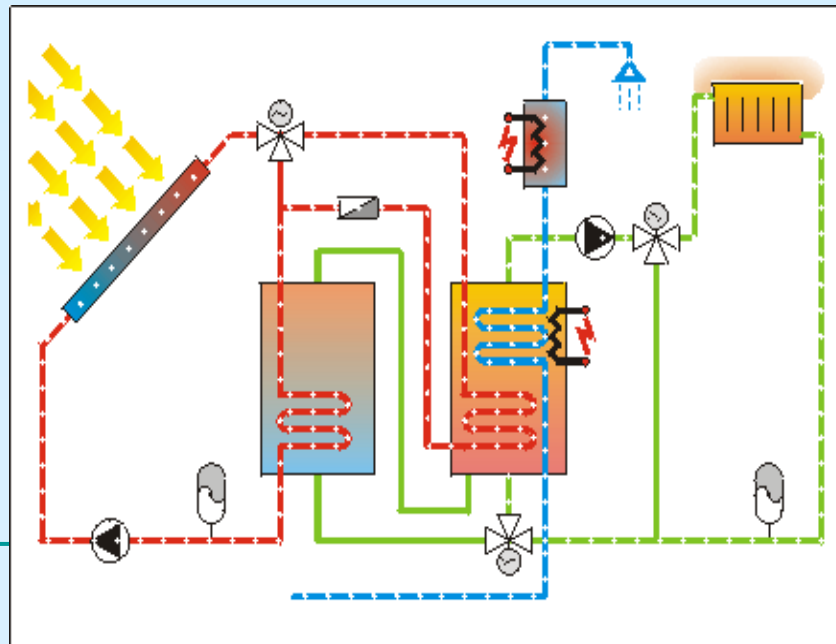
Активни системи за слънчево отопление

Загрява се вода или въздух, които постъпват в отоплителната инсталация на сградата. Основните елементи са - колекторно поле, акумулатори на топлина, помпи при водно и вентилатори при въздушно отопление, допълнителен източник на енергия, отоплителна инсталация, автоматично регулиране.

Особености:

За географските условия на Европа слънчевото отопление е възможно само в комбинация с конвенционални източници на енергия. Слънчевата радиация върху ограничената площ на колекторите е несъизмерима с мощността на отоплителната инсталация в многоетажните сгради. Увеличаването на колекторното поле оскъпява системата, а оттук и себестойността на енергията. Сградата трябва да бъде с много добра *топлинна изолация*.

Отоплителната система на сградата трябва да работи с нискотемпературен топлоносител. Най-подходящи са *подовите лъчисти отоплення* и конвективните отоплення с вентилаторни конвектори.

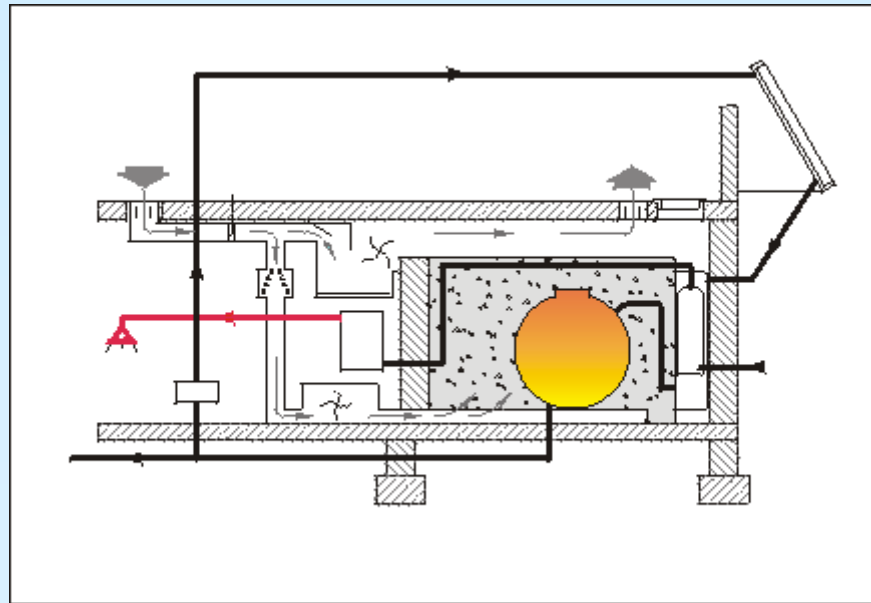


Топловъздушно отопление

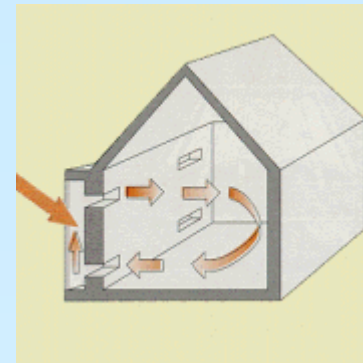
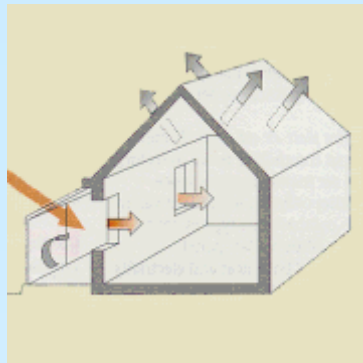
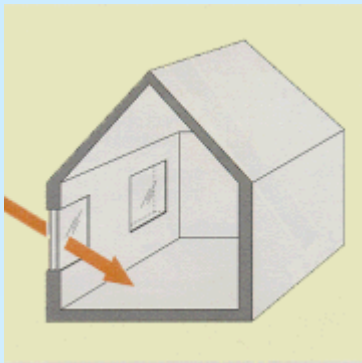
Основно *предимство* на топовъздушното отопление е малката инертност. Постига се бърз отоплителен ефект при поява на пряка слънчева радиация.

За топовъздушното отопление *аккумулятора* е с камъни.
Циркулацията на въздуха е принудителна с вентилатори.

Режими на работа на инсталацията: зареждане на аккумулятора, т.е. загряване на камъните, отопление на помещенията, комбинация на едновременно зареждане на аккумулятора и отопление.



Пасивно слънчево отопление

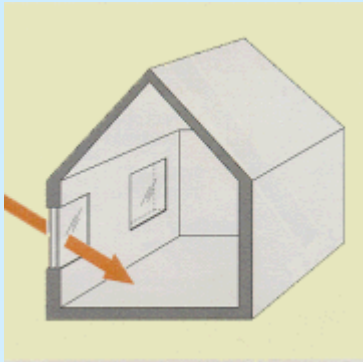


Всяка сграда е пасивна топлотехническа система спрямо слънцето. То огрява сградите през деня и те се загряват, а през нощта губят тази топлина. В пасивните системи се реализира абсорбция, акумулация и пренос на топлина между елементите на сградата без да са необходими специални съоръжения.

Намаляването на енергийните разходи за отопление чрез специфични решения на планировката на сградите е основната цел на формираното в строителната практика направление “слънчева архитектура”.

За климатичните условия на България, при пасивно слънчево отопление е възможно да се постигне 25-35% намаляване на топлинните потребности.

Директно пасивно отопление



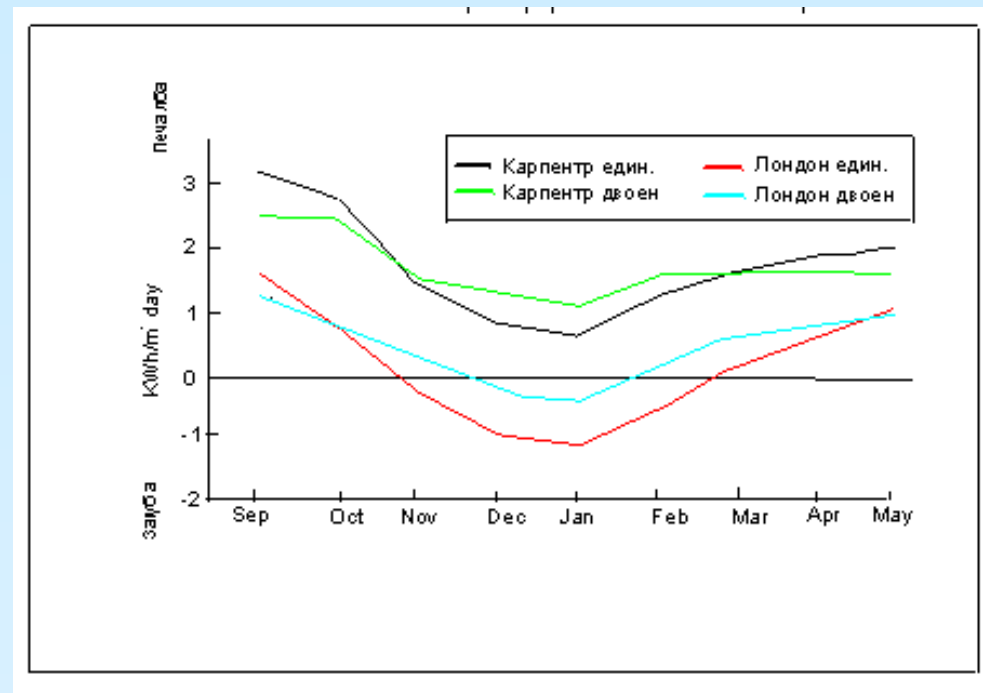
Слънчевите лъчи попадат в помещението преминавайки през остъклените повърхности. Тяхната енергия се трансформира в топлина на повърхността на пода. При помещения с по-малка дълбочина тя се трансформира и върху срещуположната на прозореца стена. Тези строителни елементи се загряват и след това започват да отопляват помещението. Това е най-простия и най-често срещан начин за пасивно отопление. Подходящ е за масивни сгради. Ако сградата е изградена от леки материали, температурата на въздуха ще се променя бързо в широки граници.

При директните системи е необходимо да се направи баланс на спечелената от слънчевата радиация енергия и на топлинните загуби през остъклените отвори за целия отоплителен сезон.

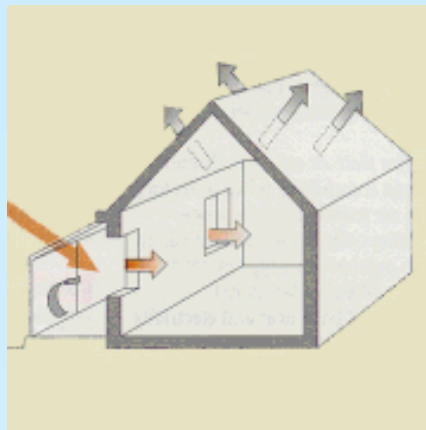
Основният въпрос е, при конкретни климатични условия, подобряването на топлинната изолация на стените или увеличаването на площта на прозорците има по-голям принос за икономия на енергия.

Директно пасивно отопление

На фигурата е показана диаграма на спечелената през отделните месеци енергия от единичен и двукатен дървен прозорец за условията на Лондон и Карпентр (Франция). Единичното остъкление е с отрицателен баланс през зимните месеци. При двукатните прозорци средно за целия отоплителен сезон се печели всеки ден 1-3 kWh/m² в зависимост от месеца.



Слънчево пространство



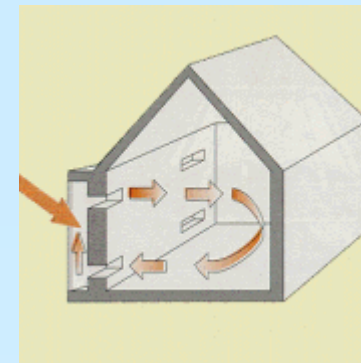
Слънчевите пространства (оранжерии) допринасят за значително намаляване на енергийните разходи за отопление.

Тези пространства не се обслужват от основната отоплителна инсталация. Те се правят пред ориентирани на юг помещения или над последния етаж на сградата изпълнявайки функциите на покрива.

За жилище с южно изложение е възможно да се икономиса 800-1000 kWh/год от една защитена стена на помещение със слънчево пространство

Индиректно пасивно отопление

Слънчевата енергия се трансформира в топлина на повърхността на приемник-акумулатор и след това чрез топлопrenaсяне постъпва в помещението. Разположението на акумулатора – вертикално (като стена) или хоризонтално като покрив, регламентира възможностите на топлопrenaсяне и приложимост в практиката.



Отворите с решетки в долната и горната част на АС свързват пространството на помещението с това зад прозрачното покритие. При слънцегреене температурата на външната страна на АС се повишава и част от трансформираната в топлина енергия чрез топлопроводност постъпва в отопляваното помещение. Ако решетките са отворени, възниква конвективен поток, който подава загрят въздух в горната част на помещението. Чрез изменение на съпротивлението на една от решетките се регулира конвективната компонента на топлинната мощност на АС.

Защитата на АС от външната страна с подвижна преграда – завеса, щори, изолационен слой, ролетка, намалява топлинните загуби на системата. Това се отнася особено за нощните часове, когато и външните температури се понижават.

За съществуващи сгради за да стане южната външна стена АС, пред нея се поставя стъклено покритие, така, че да се получи тясно затворено пространство.

Много ефективно е поставяне пред стената на топлоизолационен прозрачен слой, който пропуска късовълновата *слънчева радиация*.

Основни правила за отопление с акумулираща стена

Акумулиращите стени се ориентират на юг;

Дебелината на АС от бетон ($\rho \gg 2200 \text{ kg/m}^3$) трябва да бъде 300-350 mm;

Отношението на повърхнината на пода A_{pd} на отопляваното помещение към тази на АС е $A_{pd}/A_{ac}=2-5 \text{ m}^2/\text{m}^2$;

Екранирането на АС със завеса през нощните часове повишава ефективността на системата;

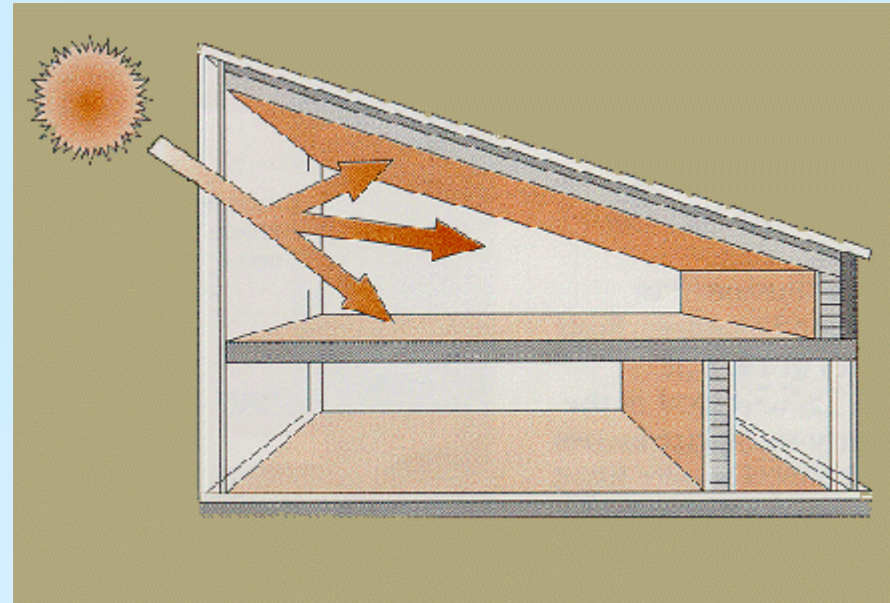
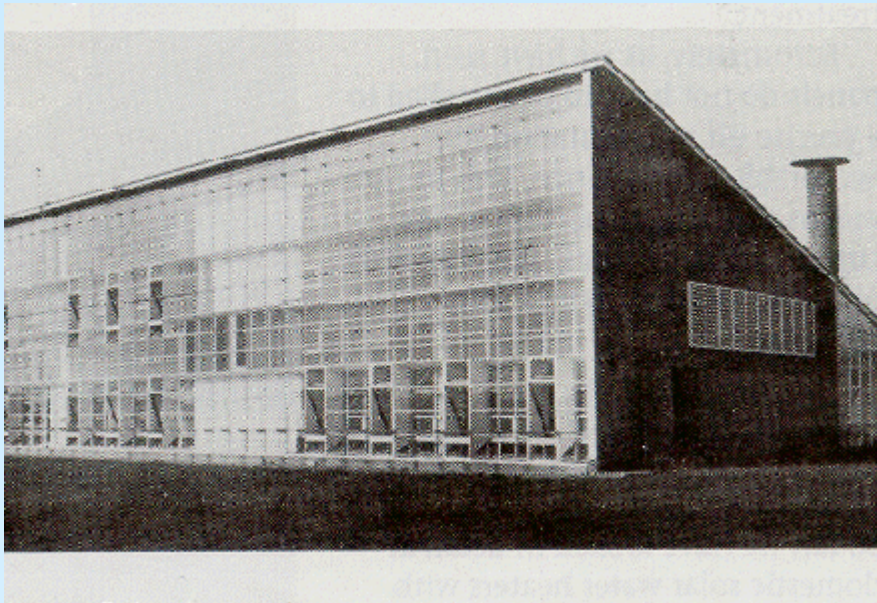
Засенчващите устройства се оразмеряват за летен режим;

Външната страна на АС се оцветява в тъмни цветове;

Добра топлинна изолация на помещението;

Сградата да е защитена от страната на преобладаващите ветрове с подходяща градоустройствена застройка или озеленяване.

Училище Валаси в Чешир, Англия



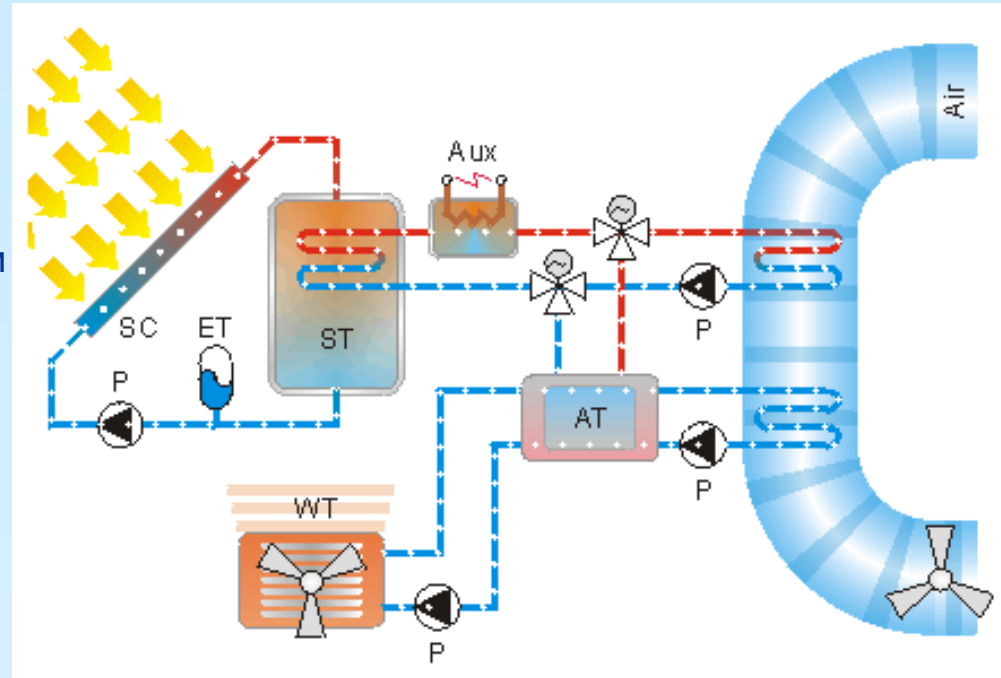
Сградата е двуетажна с изложение юг-север. Построена е през 1961 год. под влияние на френската архитектура. Южната фасада е висока и цялата е остъклена с два слоя раздалечени на 0.6 m. Плочите са от стоманобетон с $d = 200$ mm. Северната фасада е от плътни тухли, облицована от външната страна с топлинна изолация.

След реконструкция на сградата рязко намалява разхода на течно гориво. Доказва се, че топлинните потоци от слънцето и вътрешните топлинни източници – осветление и топлоотделяне от учениците, са достатъчни за постигане на приемливи температури на въздуха в помещенията. Котелната инсталация впоследствие е демонтирана.

Слънчеви системи за охлаждане

На фигурата е показана схема на комбинирана инсталация за отопление и охлаждане. В помещението се подава топъл (през зимата) или охладен (през лятото) въздух.

Въздухът се загрява и охлажда с различни последователно разположени топлообменници. Генераторът на абсорбционният термотрансформатор е свързан индиректно със слънчевите колектори, а кондензаторът му с водоохлаждаща кула (WT).

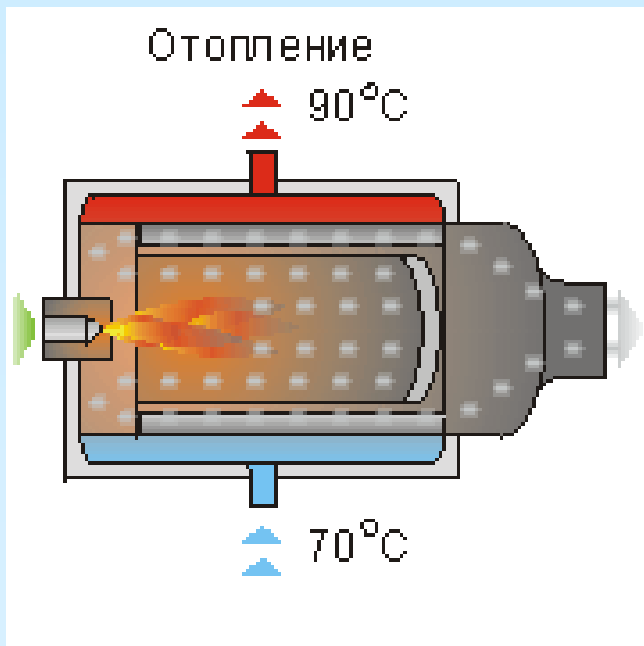


Абсорбционният термотрансформатор (AT) работи с бинарна система H₂O-LiBr. Реализират се термодинамични цикли. Постига се коефициент на трансформация $\eta > 0.75$. За да се подържат устойчиво абсорбционните цикли се използва водноохлаждаем кондензатор. Осигурява се възможност да се реализира в тесни граници баланс между трите циркуляционни кръга – охладена вода, охлаждаща вода, гореща вода. Това условие е съществено за сравнително ниската температура на топлоносителя.

Слънчевата инсталация се подsigурява с конвенционален източник на топлина, необходим за повишаване на надеждността на работа при отопление и охлаждане (AS).

Енергийно ефективно топло- и студопроизводство

Нискотемпературни котли

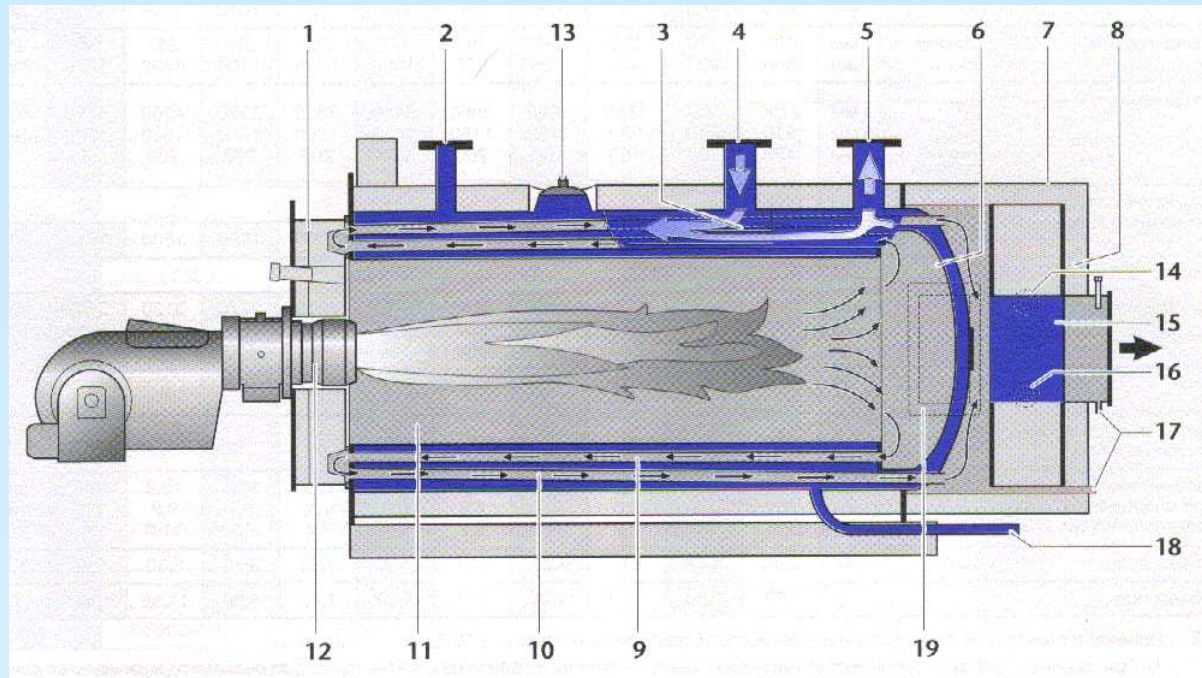


Конструкцията им е по-съвършена от тази на обикновените котли. Димните газове излизат от котела с по-ниска температура, но няма кондензация на водни пари.

Температурата на загрятата вода е по-ниска от загряваната в обикновените котли. Тя се изменя безстъпално в диапазона от 40 до 75° С , според графика за регулиране на работата на отоплителната инсталация.

Енергийно ефективно топло- и студопроизводство

Кондензационни котли



Кондензационен котел за изгаряне на газ в вграден топлообменник

Оползотворяват скритата топлина на изпарение на водните пари в димните газове. Годишната ефективност на КК достига 100-109% (отнесена разбира се към долната топлотворна способност Q_d на горивото).

Индиректно охлаждане на въздуха

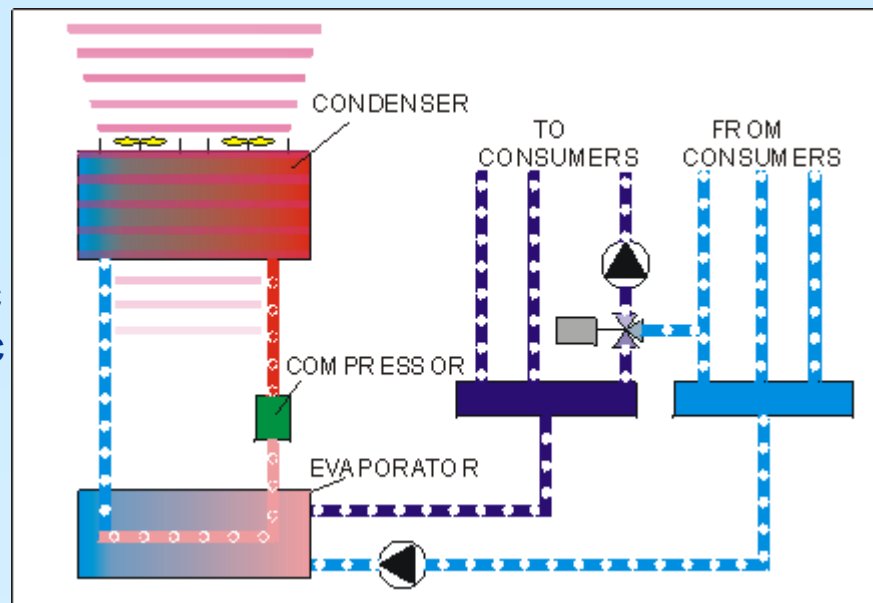
Индиректното охлаждане на въздуха се извършва чрез вторична охлаждаща течност (вода, воден разтвор на етиленгликол).

Вторичната течност се охлажда от водоохлаждащ агрегат.

На фигурата е показана схема на охлаждане с вторична течност във водоохлаждащ агрегат с въздушно охлаждаем кондензатор

регулирането на охлаждащата способност на климатичната инсталация е независимо и отделено от регулирането на водоохлаждащата инсталация;

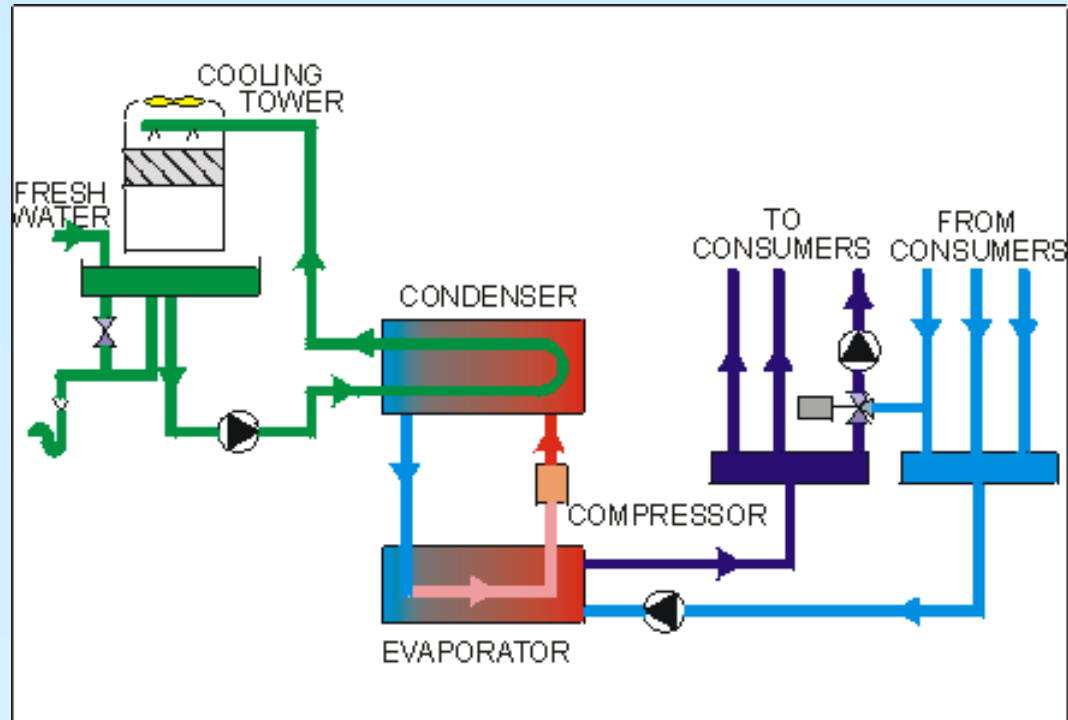
тръбната мрежа за вторичната течност могат да се използват за разпределението на топлата вода по време на отоплителния период;



по-висок разход на енергия в сравнение със системите за директно охлаждане;

необходима е помпа за циркулация на вторичната охлаждаща течност.

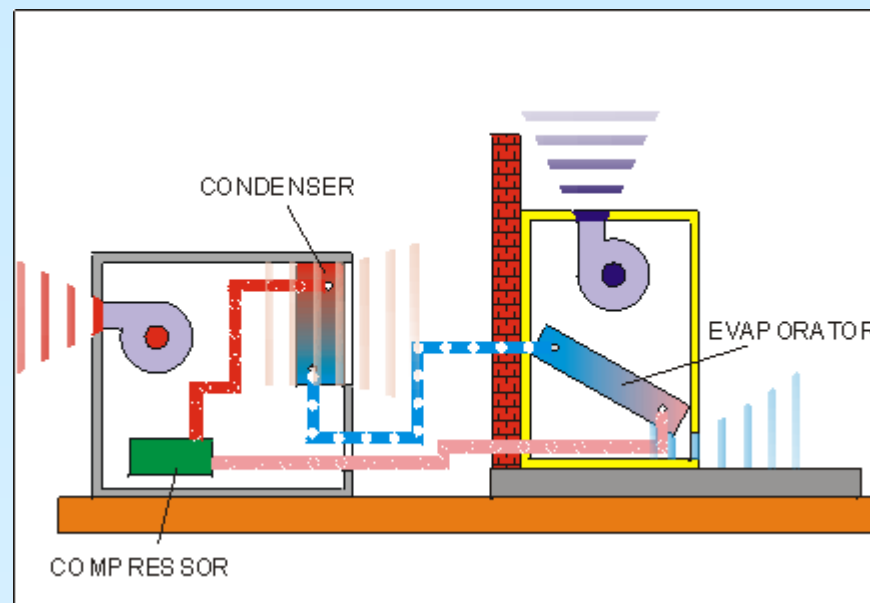
Индиректно охлаждане на въздуха



Директно охлаждане на въздуха

Топлообменникът за охлаждане във въздухообработващия апарат е изпарител на охлаждащ агрегат. Изпарителят директно охлажда въздуха. Системите за индиректно охлаждане работят с по-ниска ефективност, което се дължи на една трансформация повече (охладител - охлаждаща течност - въздух). Не е необходима циркуляционна помпа за студоносителя.

- консумират по-малко енергия в сравнение с индиректните системи;
- подходящи са за по-малки охладителни мощности или за ограничен брой на климатизираните помещения.



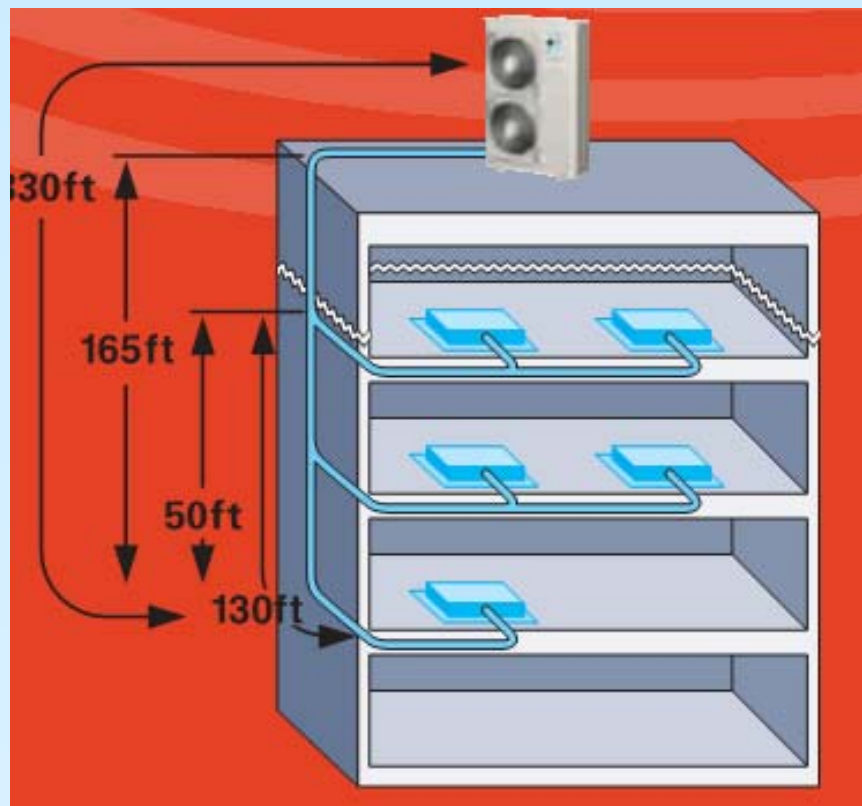
регулирането на процеса на охлаждане на въздуха има директна връзка с цикъла на охлаждане;

трудно се открива пропуск на хладилен агент (фреон) през елементите на инсталацията;

изтичането на хладилен агент може да доведе до бързо прекъсване на работата на цялата система;

ограничено е приложението им за големи сгради.

Директно охлаждане на въздуха



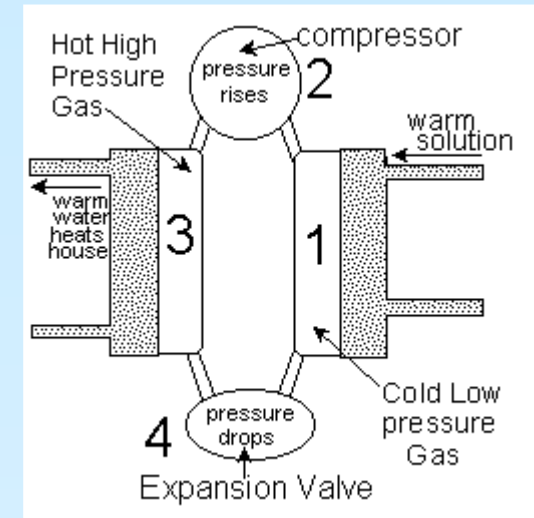
Енергопреобразуващи системи с термопомпи

Енергопреобразуващата система с термопомпа се състои от термопомпена инсталация и топлинен консуматор.

Термопомпената инсталация обхваща подсистемите – нископотенциален източник на енергия и термопомпен агрегат

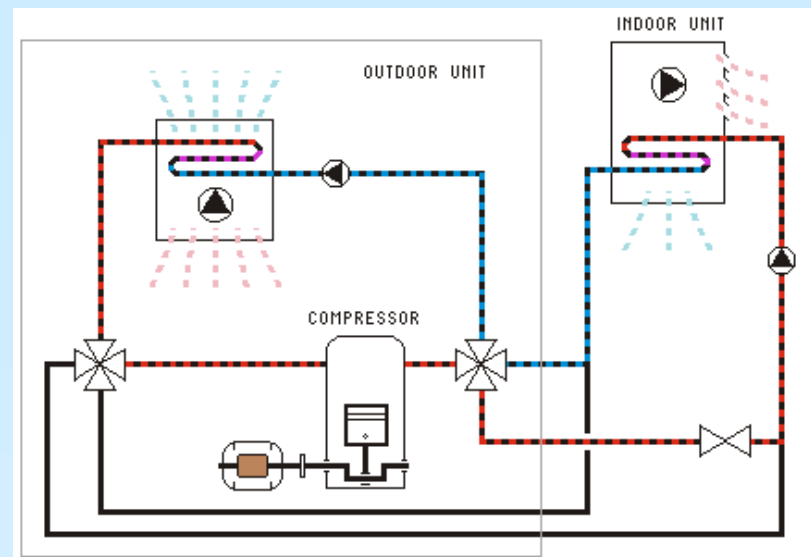
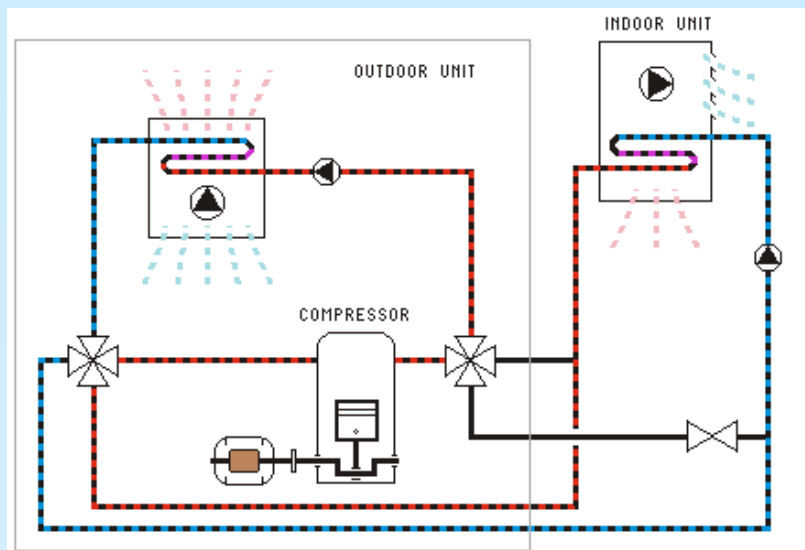
Термопомпа – топлинна машина, в която топлината от едно ниско температурно ниво при подвеждане на енергия за осъществяване на работния цикъл се преобразува в топлина с по-високо температурно ниво.

Топлинен консуматор – отоплителна инсталация, топлофикационна мрежа, технологична система, инсталация за топла вода

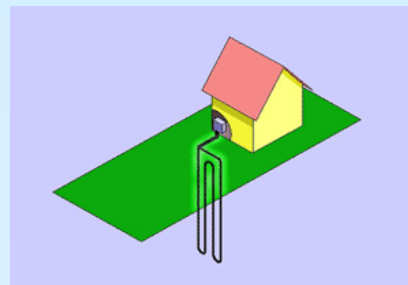
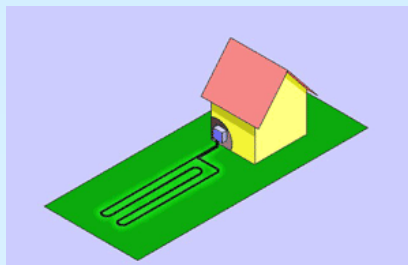


Първични енергоносители

Атмосферен въздух



Повърхностен
земен слой



Необходимост от свободен терен.
Средно топлоотдаване – 20 – 30 W/m²



Подпочвени води

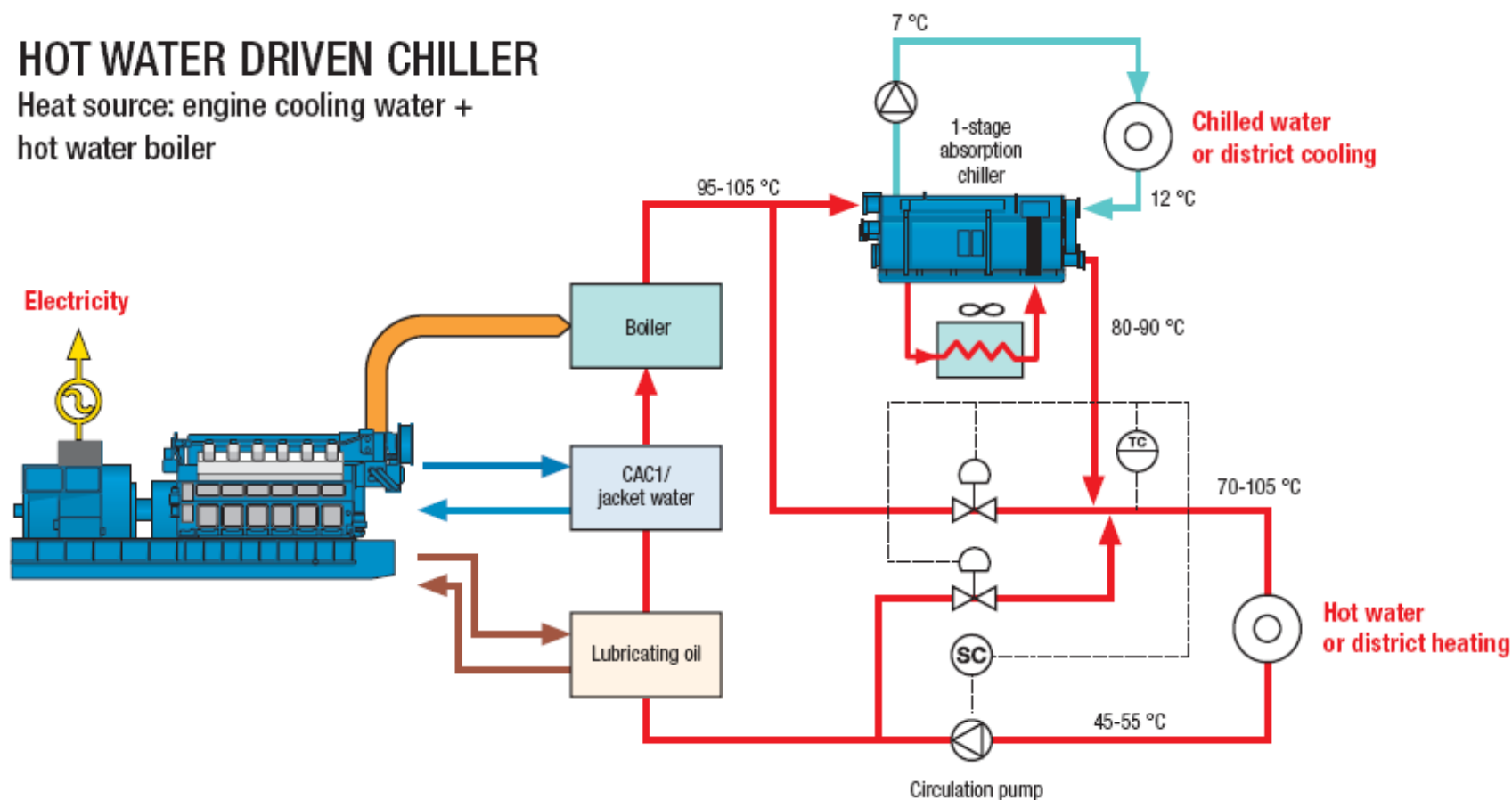
Подпочвени води, добивани от кладенци с дълбочина до 20 м.

Предимство – почти постоянна температура през различните сезони

Комбинирано производство на електрическа енергия, топлина и студ

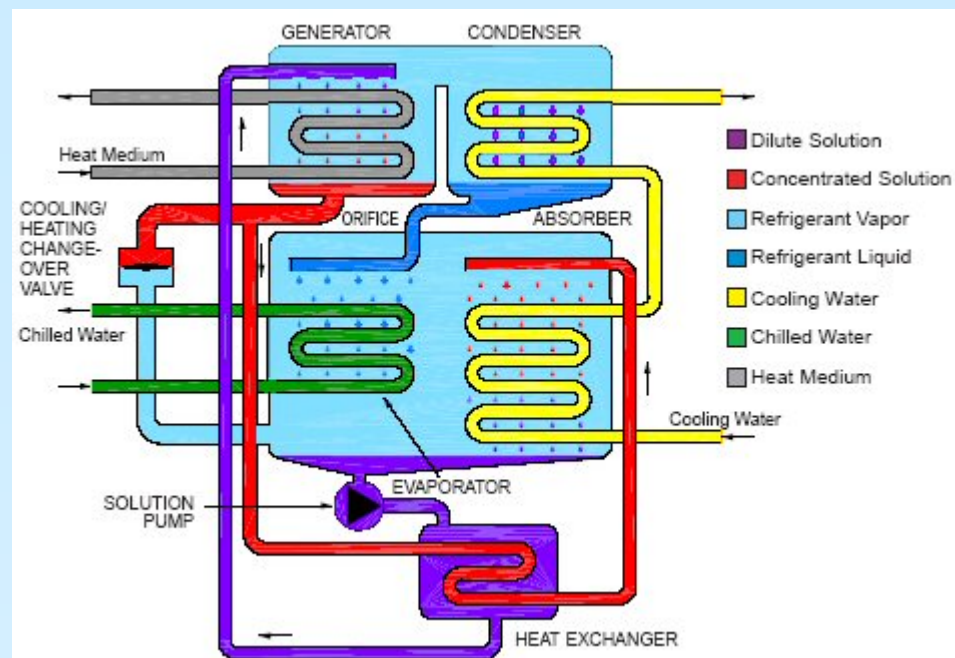
HOT WATER DRIVEN CHILLER

Heat source: engine cooling water + hot water boiler

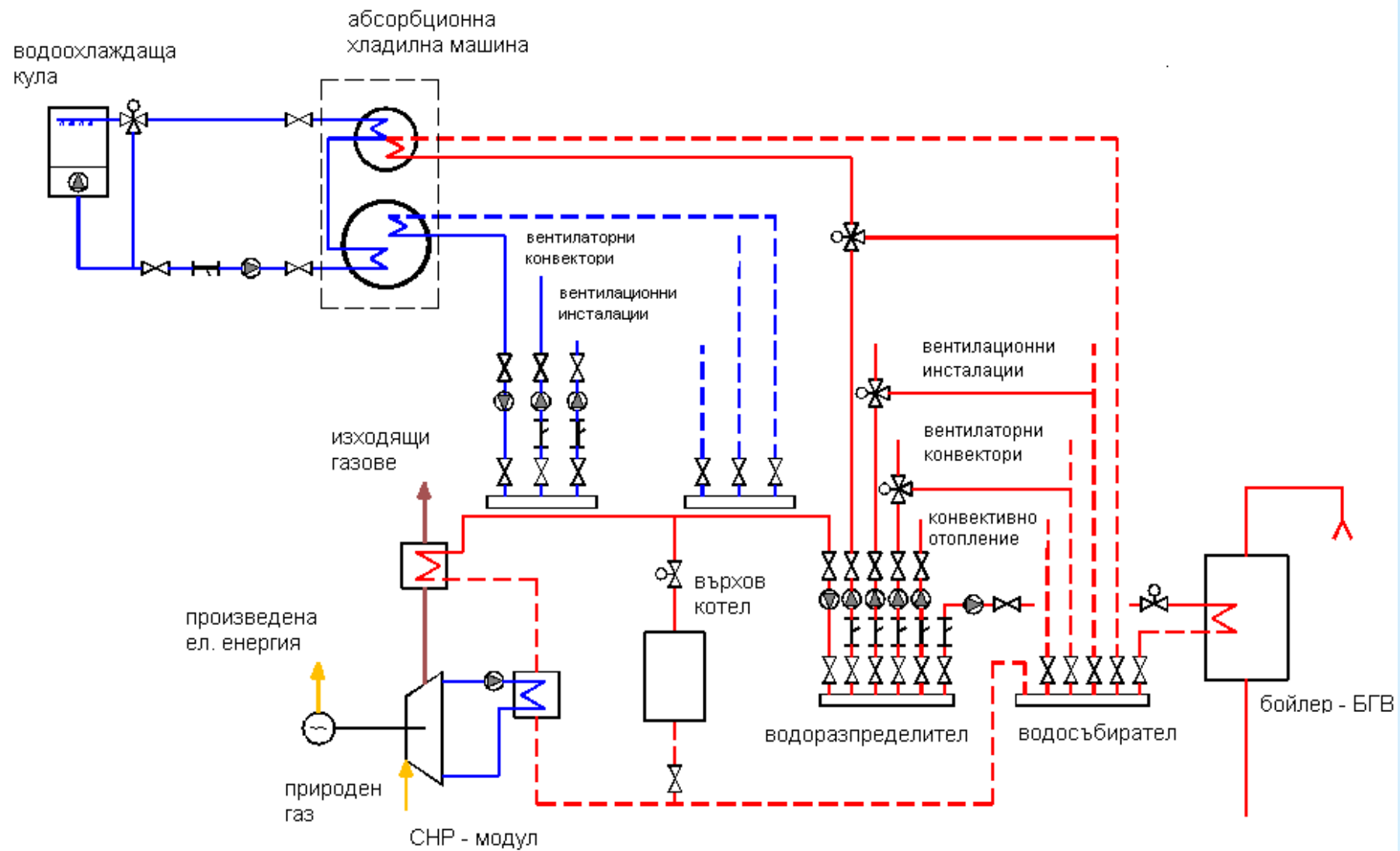


Абсорбционни хладилни машини

Основните елементи на АХМ са: изпарител (И), абсорбер (Аб), кондензатор (Кн), генератор (Г), топлообменен апарат (ТОА), помпи за хладилен агент и разтвор, система за автоматизирано управление и регулиране. Хладилният агент е вода, която при поддържания вакуум в изпарителя се изпарява при ниска температура ($\approx 4\text{ }^{\circ}\text{C}$). При този процес от циркулацията в тръбното пространство студоносител се отнема топлина.



Изпарените водни пари постъпват в абсорбера, където се поглъщат от концентриран разтвор на LiBr. При процеса на абсорбция се отделя топлина. От абсорбера разтворът с ниска концентрация на $\text{H}_2\text{O-LiBr}$, с помощта на помпа се отвежда в генератора. В него се подава топлина, в резултат на което част от парите на хладилния агент (H_2O) се изпаряват и концентрацията на бинарната смес $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ се повишава. Концентрираният разтвор $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ след генератора постъпва обратно в Аб. За повишаване на ефективността на цикъла е предвиден топлообменен апарат, в който става загряване на бедния разтвор $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ преди постъпването му в Г и охлаждане на богатия разтвор пред входа на Аб. Изпарените в Г водни пари постъпват в кондензатора, където се охлаждат и отдават топлината на кондензация. Процесите в генератора и кондензатора протичат при високо, а тези в абсорбера и изпарителя — при ниско налягане.



Предпоставки за ефективно използване на комбинирани схеми:

- Номиналната мощност се избира в съответствие с необходимия топлинен товар на обекта;
 - Поради ниските емисии се предпочита използване на гориво природен газ;
 - За гарантиране на по-висока ефективност при производството на електрическа енергия е необходимо добиваната топлина да бъде реално с по-високи параметри (налягане и температура) от необходимите за процеса;
 - Съвпадение по време на топлинния и електрически товар;
 - Минимална продължителност на натоварването на системата при съвпадение на топлинния и електрически товар 4500 h/г.;
 - Отношението на производството на електрическа и топлинна енергия да не се отклонява с повече от 10 %;
-

***Благодаря за
вниманието***
