

# УВОД У ЕНЕРГЕТИКУ

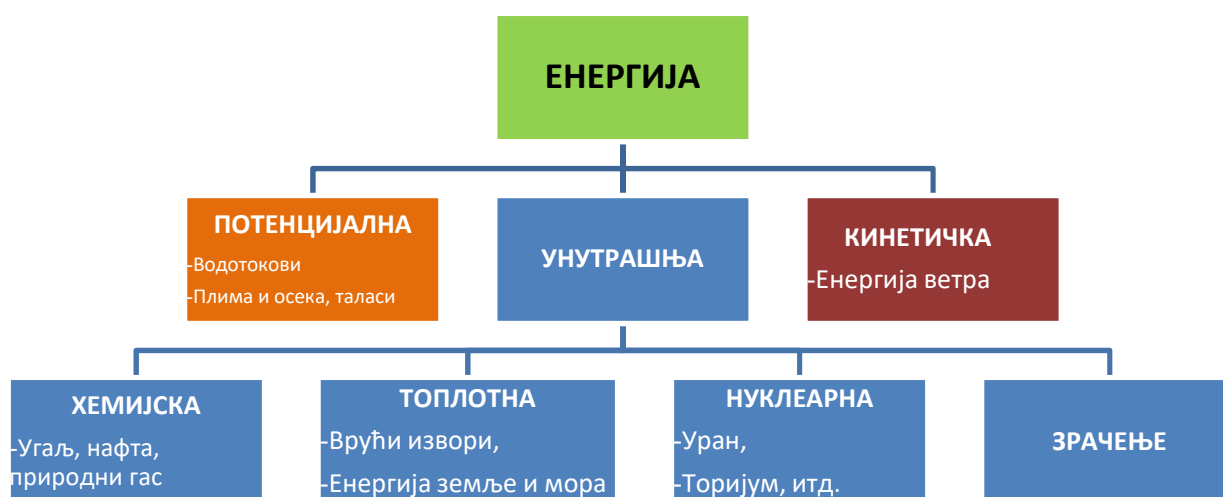
## Лекција 10

### 1 ОБЛИЦИ ЕНЕРГИЈЕ

Сва искористива енергија потиче из три основна извора енергије: енергије Сунца, енергије из Земље и енергије гравитације.

Енергија Сунца настаје процесима термонуклеарне фузије водика који се одвијају у средишту Сунца. Продукти фузије су хелијум и велика количине енергије која се преноси према површини Сунца, просечне температуре 5760 К. Са површине Сунца енергија се емитује у свемир електромагнетским таласима. Иако само врло мали део укупне Сунчеве енергије долази до површине Земље, на њу током једне године доспе већа количина енергије од оне садржане у укупним резервама угља и нафте. Енергија Сунчевог зрачења на Земљи претвара се у друге облике енергије процесима фотосинтезе, испаривања и струјања.

Енергија из Земље последица је топлоте Земљиног језгра која се из унутрашњости проводи према површини. Земља се од својих почетака, када је постојала као кугла ужарене масе, хлади и ствара чврсти део Земљине коре који је дебео до 50 km. Просечна дневна количина енергије која се из средишта Земље доводи површини износи  $5,4 \text{ MJ/m}^2$  (густина топлотног флукса  $0,063 \text{ W/m}^2$ ), што је ниска вредност и није погодна за техничко искоришћење. Енергија из Земље се најчешће користи као топлота извора вруће воде или паре и као топлотни извор за рад топлотних пумпи. Енергија гравитације последица је гравитационих сила између Сунца, Месеца и Земље. Гравитационе силе узрокују промене нивоа мора и тиме промену потенцијалне енергије морске воде. Амплитуда плиме и осеке местимично варира, а може износити од неколико центиметара до шеснаест метара. Извори енергије су приказани дијаграмом на слици 1.1.

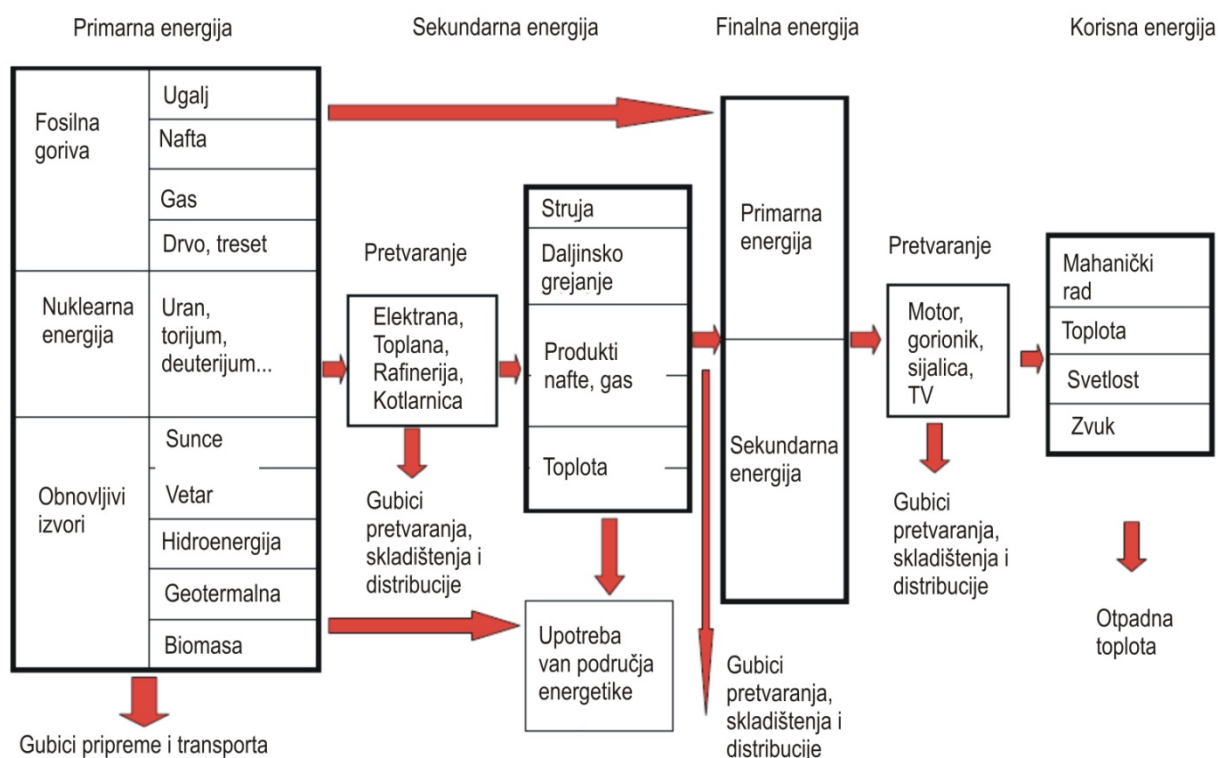


#### 1.1 Извори енергије

**Закон о одржању енергије:** Енергија се не ствара нити уништава. У свим реалним (неповратним) процесима енергија се претвара из једног облика у други, при чему губитак представља део који се претвара у неискористиву енергију. Збир свих енергија на улазу у неки систем једнак је збиру енергија на излазу из њега.

**Претварање** (трансформација) енергије: природни облици енергије могу се директно користити или се преко уређаја за трансформацију могу претварати у корисне облике, најчешће у механичку или топлотну енергију. Ту се може говорити о примарној, секундарној, финалној и корисној енергији.

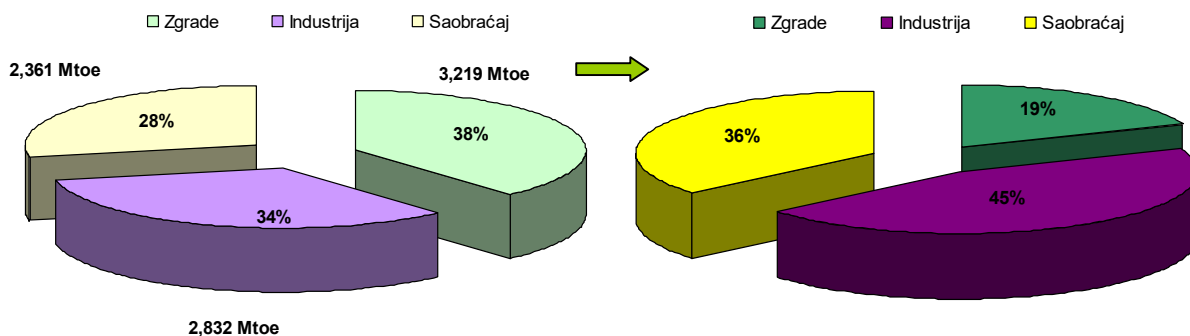
**Примарном енергијом** се сматра она енергија која је садржана у енергенту (носиоцу енергије, као што је хемијска енергија горива). **Секундарна** енергија је добијена енергетском трансформацијом из примарне енергије и представља примарну енергију умањену за губитке претварања (нпр. електрична енергија произведена сагоревањем горива у термоелектрани). **Финална** (или непосредна) енергија је она енергија која долази до крајњег корисника (секундарна енергија умањена за губитке припреме и транспорта). Коначно, **корисна** енергија је она која је утрошена за задовољавање потреба крајњих корисника (коначна енергија умањена за губитке претварања код корисника). Шематски приказ токова енергије и међусобни односи наведених облика приказани су на слици 2.2.



1.2 Облици енергије и начини претварања у секундарну и финалну енергију

## 2 ПОТРОШЊА ЕНЕРГИЈЕ У ЗГРАДАМА

Анализе и студије енергетике Београда и других градова у Србији су показале да се само на топлотне сврхе (грејање, климатизација, припрема топле санитарне воде) код нас односи чак 38% укупних потреба за енергијом, обухватајући све објекте, како стамбене, тако јавне и индустријске (слика 2.1). При томе се највећи део енергије користи за грејање.



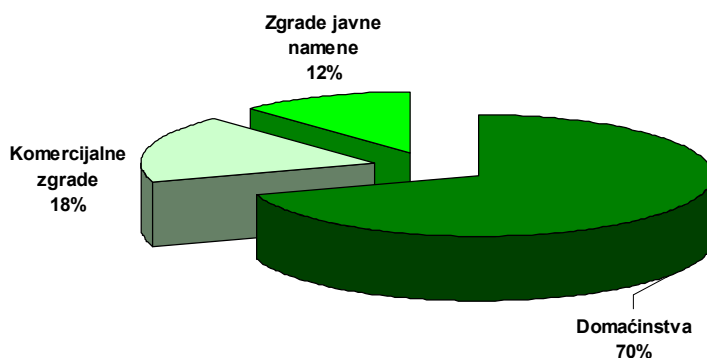
*Тренутно стање биланса енергије  
будућност*

*Индикативни циљеви за*

### 2.1 Потрошња енергије у Републици Србији и циљеви за будућност

Потрошњу енергије у зградама потребно је минимизирати на начин тако да не дође до нарушавања услова комфора, што значи да је неопходно, током целе године, одржавати термичке параметре унутрашње средине, квалитет ваздуха, потребан ниво осветљености, довољну количину топле санитарне воде. Технички системи у згради, који обезбеђују услове комфора јесу порошачи енергије. Применом различитих мера могуће је побољшати енергетску ефикасност, при чему треба водити рачуна о финансијским ефектима примењених мера.

Од укупне потрошње енергије у зградама 70% се троши у домаћинствима и стамбеним зградама, 18% у комерцијалним, док се у зградама јавне намене потроши око 12% енергије (слика 2.2).



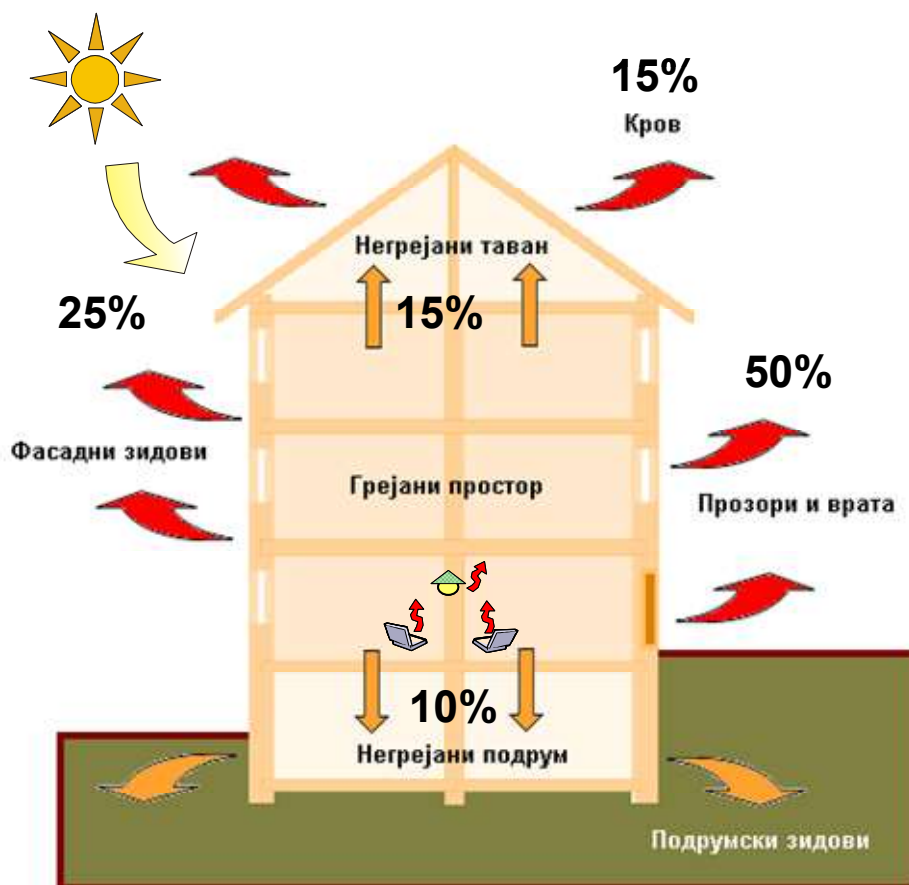
### 2.2 Потрошња енергије у сектору грађевинских објеката у Републици Србији

### 3 ТОПЛОТНИ БИЛАНС ЗГРАДЕ

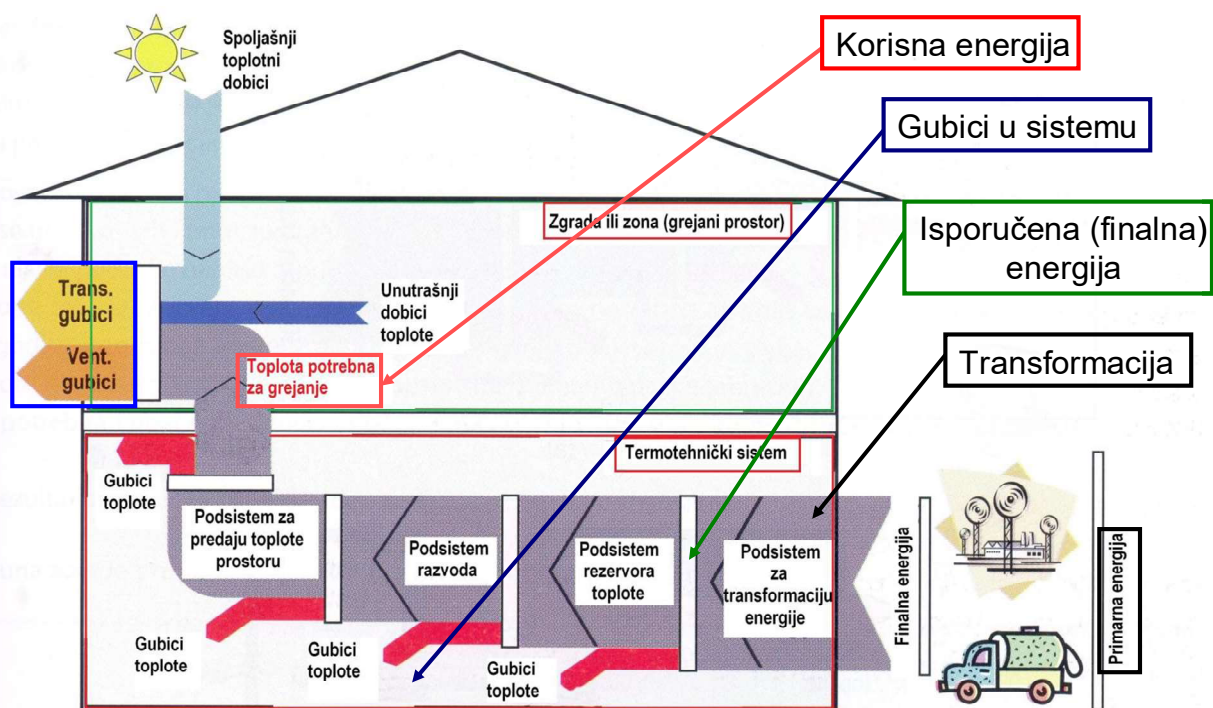
Приликом постављања топлотног биланса зграде границу система чини термички омотач, који грејани простор дели од спољашње околине (ваздуха и тла) и негрејаних просторија у згради (тавански и/или подрумски простор). За зимски режим коришћења зграде потребно је имати у виду следеће:

- Прозори и застакљене површине - термички најосетљивији део термичког омотача, утичу на вентилационе и трансмисионе губитке;
- Узимају се у обзир корисни добици топлоте од Сунца и унутрашњих извора;
- Систем за грејање треба да надокнади само тренутне губитке топлоте током целе грејне сезоне, кроз правилну регулацију топлотног учинка;
- Извор снабдевања топлотом треба да буде ефикасан.

На слици 3.1 приказани су укупни губици топлоте кроз термички омотач зграде (трансмисиони и вентилациони) са оквирним процентуалним уделом губитака кроз поједине грађевинске елементе..



Слика 3.1 Губици топлоте кроз термички омотач зграде



Слика 3.2 Топлотни биланс зграде у зимским условима

Топлота коју је потребно испоручити згради ради финалне потрошње увећава се због техничких губитака (у производњи, трансформацији и дистрибуцији), док се, са друге стране, умањује услед корисних добитака топлоте од унутрашњих извора, добитака топлоте од Сунчевог зрачења које продире у грејане просторије и евентуалног коришћења отпадне топлоте (повраћај топлоте назад у грејани простор), што је приказано на слици 3.2.

Мере које се примењују за побољшање енергетске ефикасности у зградама могу се поделити у три основне групе:

1. **Мере побољшања карактеристика саме зграде** кроз смањење потреба за грејањем у зимском и хлађења у летњем периоду (термичка изолованости и заптивеност, заштита од Сунчевог зрачења лети);
2. **Мере унапређења термотехничких инсталација** кроз примену опреме и уређаја са високим степеном корисности, коришћење отпадне топлоте и обновљивих извора енергије (боље искоришћење примарне енергије);
3. **Мере оптимизације експлоатације техничких система** кроз увођење аутоматског управљања рада инсталација грејања, хлађења, вентилације и вештачког осветљења (термички параметри средине се одржавају на жељеном нивоу само у периоду коришћења просторија у згради).

## 4 ТЕРМОТЕХНИЧКИ СИСТЕМИ У ЗГРАДАМА

**Грејање** је техничка дисциплина која се бави условима и уређајима за загревање објеката различите намене у зимским условима. То загревање, у циљу обезбеђивања термичких услова средине, врши се углавном у складу са потребама људи који бораве у затвореном простору. Понекад, углавном у индустријским објектима, технолошки процес који се одвија у затвореном простору диктира термичке услове. Само у тим случајевима, људски фактор није примаран.

**Вентилација** представља замену ваздуха у просторији спољним, свежим ваздухом, а у циљу одржавања квалитета ваздуха у просторији у захтеваним границама. Вентилација може бити:

- **природна** (без механичких уређаја) која се остварује природним струјањем ваздуха кроз отворе на згради или отварањем прозора. Овај вид вентилације се још назива и проветравање, и користи се у објектима у којима нема великог извора загађења;
- **принудна** (механичка) која се остварује радом посебног механичког система који служи за довођење и одвођење ваздуха из просторије. Систем за принудну вентилацију углавном се састоји од вентилатора за убацивање, вентилатора за извлачење ваздуха и припадајућих канала за дистрибуцију ваздуха.

**Климатизација** је најопштији систем за постизање и одржавање термичких услова угодности у затвореним просторима. Климатизација, поред грејања и вентилације има и додатне функције, као што су:

- регулација релативне влажности ваздуха у просторијама,
- одржавање одређеног нивоа чистоће ваздуха и
- хлађење просторија у летњем периоду.

### 4.1 СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛНОГ ГРЕЈАЊА

Потребна количина топлоте за грејање се у просторију доводи преко уређаја за грејање (или системом за грејање, уколико је у питању централно снабдевање топлотом). Тренутни топлотни губици просторије се надокнађују радаом уређаја за грејање.

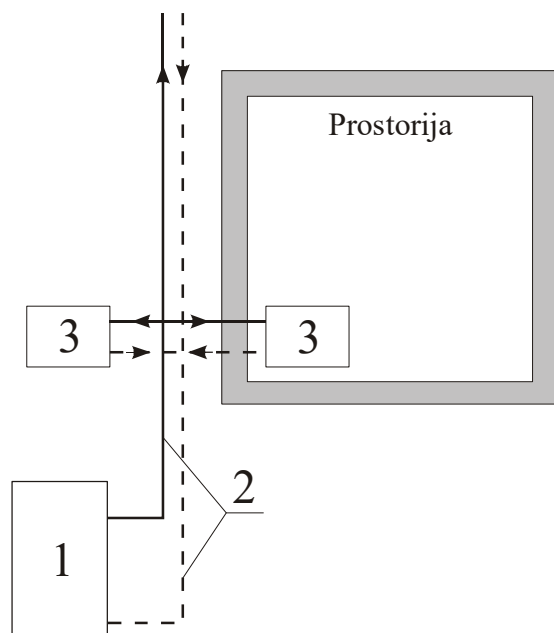
Основна подела грејних уређаја за грејање зграда је на:

- ПОЈЕДИНАЧНЕ (локалне) уређаје за загревање појединачних просторија и
- ПОСТРОЈЕЊА ЗА ЦЕНТРАЛНО ГРЕЈАЊЕ.

Основна карактеристика локалних грејних уређаја је да се налазе у самој просторији која се греје. У грејном уређају се одвија процес сагоревања горива (чврстог, течног или гасовитог) или претварање неког другог облика енергије у топлоту. Настала топлота у грејном уређају предаје се просторији у којој се уређај налази. Постоје и решења када се један локални уређај може користити и за грејање две просторије (нпр. када се уређај постави у зиду две суседне просторије), али је код уређаја за локално загревање ипак уобичајено: један уређај – једна просторија.

Код постројења за централно грејање је карактеристично то што се на један извор топлоте везује већи број грејних тела. Пошто се ложење одвија на једном месту – централизовано – онда се и такви системи називају системи за централно грајање.

Постројење за централно грејање има три основна елемента (и већи број помоћних уређаја без којих не би могло да ради), а то су: извор топлоте, дистрибуција топлоте и грејна тела (слика 4.1)



Основни елементи система за централно грејање:

1 – ИЗВОР ТОПЛОТЕ (котао на чврсто, течном или гасовитом гориву; обично топоводни, а може и парни котао)

2 – ДИСТРИБУЦИЈА ТОПЛОТЕ (или развод топлоте, цевни развод, цевна мрежа која служи да се грејни флуид разведе од извора топлоте до грејних тела и да се обезбеди повратак грејног флуида у котао – затворени систем)

3 – ГРЕЈНА ТЕЛА (чија је функција одавање топлоте и загревање просторије; постоје различите врсте и конструкције грејних тела)

Слика 4.1 Основни елементи система за централно грејање зграда

Данас је у употреби велики број различитих система за централно грејање. Сваки од система има одређене предности и недостатке и ствар је корисника, да уз помоћ пројектанта и извођача радова одабере онај систем који најбоље одговара његовим потребама и могућностима.

Постројења за централно грејање имају низ предности у поређењу са локалним уређајима. Централно грејање подразумева централни извор топлоте, у коме се врши сагоревање горива на једном месту, одакле се топлота даље дистрибуира до просторија које се греју. То омогућава бољу контролу процеса сагоревања и веће искоришћење горива. Истовремено је избегнуто разношење горива и скупљање пепела на више места и умањује се опасност од појаве пожара. Код централних система је омогућено постављање грејних тела уз спољне зидове, што обезбеђује повољну расподелу температура у просторији и боље услове угодности, а грејна тела заузимају мање корисног простора. Економичност централних система нарочито долази до изражаја код оних постројења код којих је остварена добра регулација. У историји човечанства је био дуг пут док се дошло до данашњих система за грејање и климатизацију. При томе су се наговештаји модерних система јављали у давним временима, али је било потребно да се створе технички услови да би грејање добило данашњи изглед, прецизност и квалитет.

## 4.2 СИСТЕМИ ВЕНТИЛАЦИЈЕ

Вентилациони систем подразумева замену ваздуха у просторији спољним ваздухом. Уобичајен је назив свеж ваздух за спољни ваздух који се у просторију уводи централним системом.

Вентилациони системи се могу поделити на:

- системе са природном вентилацијом и
- системе механичке (принудне) вентилације.

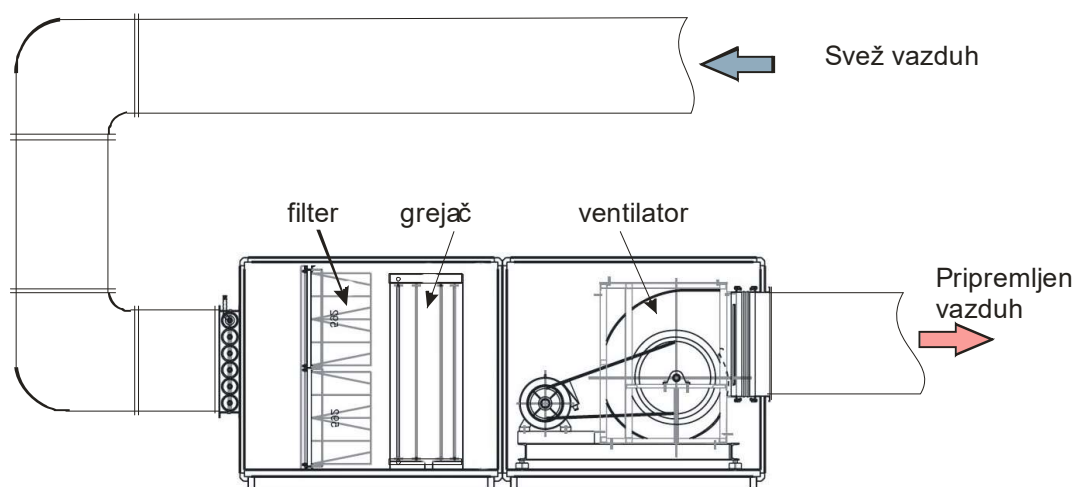
Природно проветравање могуће је остварити кроз процепе (фуге) спољних прозора и врата, отварањем прозора или кроз посебне вентилационе отворе. Проветравање природним путем је могуће услед дејства ветра или узгонске силе, што некада није довољно у односу на захтеве који се постављају за одређене просторе, било да је у питању боравак већег броја људи или неки процес који се обавља у посматраној просторији. Према намени, вентилациони системи могу бити:

- за комфорне услове или
- индустријски системи вентилације.

Механичком (принудном) вентилацијом се уз помоћ вентилатора (аксијалног или центрифугалног) принудно доводи потребна количина свежег ваздуха у просторију. Постројења за механичку вентилацију се најчешће изводе као централни систем ваздушног грејања, мада то није обавезно.

Код централних система припрема ваздуха се обавља централно – на једном месту, а затим се припремљен ваздух разводи до појединих просторија.

Централна припрема ваздуха се обавља у КОМОРИ за припрему ваздуха (најчешће се користе појмови вентилациона комора и клима комора). Шематски приказ једне вентилационе коморе која ради само са свежим ваздухом током зимског периода дат је на слици 4.2. Ваздух се у комори филтрира, загрева до собне температуре и затим дистрибуира до вентилисаних просторија.



Слика 4.2 Вентилациона комора за рад са свежим ваздухом

Грејачи у коморама могу бити:

- топловодни,
- парни или
- електрични.

Филтер који се налази у комори служи за издвајање честица нечистоћа из ваздуха (обично је то филтер средње класе издвајања). Конструкције филтерских секција у коморама могу бити различите: равански, касетни, врећасти, итд.

### 4.3 СИСТЕМИ КЛИМАТИЗАЦИЈЕ

Климатизација је грана технике и научна дисциплина која се бави остваривањем и одржавањем погодних услова за боравак човека у затвореном простору. Строго узевши, наведена дефиниција односи се на комфорну климатизацију где се услови угодности прилагођавају првенствено људима који ту бораве. За разлику од комфорне климатизације, основни задатак индустријске климатизације је стварање погодних услова за оптимално одвијање технолошког процеса. Наравно, ти услови средине морају бити прихватљиви и за човека. На пример, у појединим погонима текстилне индустрије и појединим фазама прераде дувана потребно је одржавати високу релативну влажност ваздуха (и до 90%) што човек може да поднесе, мада је за њега идеална вредност око 50%.

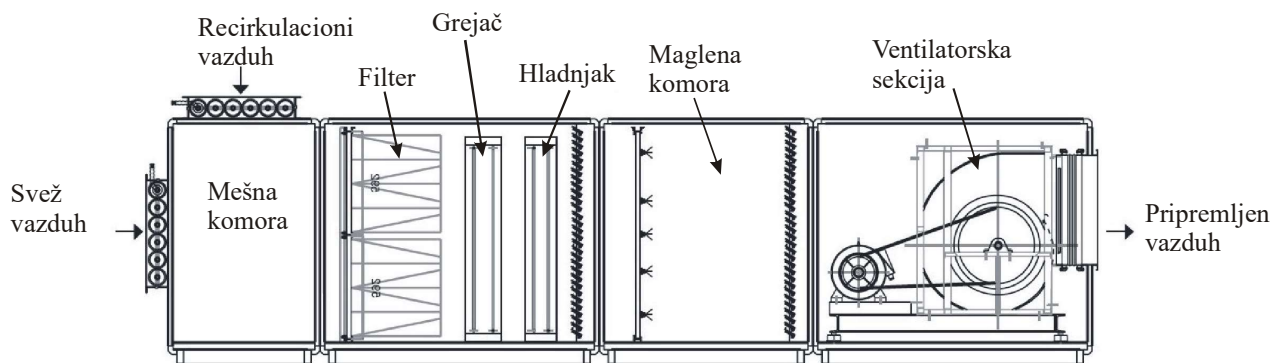
За разлику од система грејања који остварују функцију загревања простора и делимичног проветравања, системи климатизације остварују далеко већи број функција у циљу постизања услова угодности током целе године. Основне функције климатизационих постројења су:

- загревање простора у зимском периоду;
- хлађење простора у летњем периоду;
- вентилација;
- одржавање релативне влажности ваздуха: влажење ваздуха у зимском периоду и сушење (одвлаживање) у летњем;
- одржавање чистоће ваздуха;
- одржавање притиска у циљу контролисаног струјања ваздуха између просторија.

На слици 4.3 је дат шематски приказ једне хоризонталне клима коморе, која ради са мешавином свежег и рецикулационог ваздуха. Конструкција клима коморе и број и врста елеманата које комора садржи зависе од намене самог система за климатизацију (нпр. да ли се жели рад само са свежим ваздухом, да ли се жели само хлађење током летњег периода, да ли је потребно влажење ваздуха, да ли се жели коришћење отпадне топлоте, да ли је потребно пригушивање буке и вибрација, итд.).

Основни елементи клима коморе су:

- **мешна секција** (као опција, ако се врши рецикулација собног ваздуха),
- **филтерска секција** (за пречишћавање ваздуха који се уводи у систем),
- **грејач** (који може бити подељен на предгрејач и догрејач – што је чест случај када се врши влажење водом,
- **хладњак** (који најчешће у климатизацији користи хладну воду као радни флуид),
- **маглена комора** за влажење ваздуха водом,
- **вентилаторска секција** (најчешће центрифугални вентилатори).



*Slika 4.3 Шематски приказ клима коморе*

## 5 ПАРАМЕТРИ КОЈИ УТИЧУ НА ПОТРОШЊУ ЕНЕРГИЈЕ

Најважнији утицајни параметри на потрошњу енергије термотехничких система у згради (система грејања, вентилације и климатизације) могу се поделити у пет група:

1. Климатски фактори, који су одређени локацијом на којој се зграда налази;
2. Термички омотач и геометрија зграде,
3. Карактеристике КГХ система, извора енергије и нивоа аутоматске регулације,
4. Режим коришћења и одржавања зграде и техничких система и
5. Експлоатациони трошкови, односно цене енергената и енергије.

Климатски фактори, као што је годишње кретање температуре ваздуха и релативне влажности, инсолација и дозрачени интензитет сунчевог зрачења, ветровитост, и друго, одлика су локације на којој се зграда налази. Према томе, приликом пројектовања зграде и техничких система у њој, неопходно је познавати климатске карактеристике поднебља, које се, на одређен начин, узимају као улазни подаци за прорачуне. Када су у питању КГХ (Климатизација, Грејање, Хлађење) системи, неопходни улазни подаци су: подаци о термичком омотачу (коэффициенти пролаза топлоте грађевинских елемената, заптивеност прозора и врата), спољна пројектна температура за зиму и лето, дужина периода грејања и хлађења, ветровитост предела, положај и орјентација зграде, итд. Зграде исте намене, а које се налазе у битно различитим климатским поднебљима, веома се разликују, како по архитектури и примењеним материјалима, тако и по техничким решењима инсталација у њима.

Термички омотач, геомерија зграде, њен положај у односу на изложеност Сунцу и ветровима директно утичу на енергетске потребе зграде. Што је боља термичка изолација и заптивеност прозора и врата, а мањи фактор облика, потребна инсталисана снага система за грејање ће бити мања. Добра заптивеност прозора може значајно умањити вентилационе губитке топлоте. Податак о специфичном потребном инсталисаном капацитету грејних тела  $q$  ( $W/m^2$ ) говори о томе која врста система за грејање се може применити у згради. Начин постављања термичке изолације и коришћење топлотне инерције зграде такође је важан податак. Величина прозора и коришћење дневног светла утиче на вештачко осветљење, потрошњу електричне енергије и добитке топлоте од унутрашњих извора. Начини заштите од Сунчевог зрачења током лета у великој мери могу снижити топлотно оптерећење зграде, као и инсталисани капацитет рашладног постројења. Распоред просторија унутар зграде,

атријумски простори и галерије могу имати значајан утицај приликом коришћења природног проветравања зграде.

Пажљивим и стручним избором КГХ система, извора снабдевања енергијом и нивоа аутоматске регулације могуће је остварити значајне уштеде енергије коју ови системи троше током године. Две зграде „близнакиње“, које су идентичне по намени, геометрији и енергетским потребама, могу имати значајно различиту потрошњу енергије у зависности од врсте изведених техничких система у њима. Само приликом формирања концептуалног решења неопходно је узети велики број улазних података у разматрање. Намена, режим коришћења, геомерија, термичка заштита зграде, као и климатски подаци само су део улазних параметара. Потребно је размотрити простор за смешатај уређаја и опреме, начине вођења инсталација кроз зграду и уклапање у ентеријер, расположиве начине снабдевања енергијом, примену обновљивих извора енергије, интеграцију рада различитих система, као и потребан ниво надзора и управљања системима у згради. Код сложених и великих зграда, великих инвестиционих вредности, често се разматрају варијантна решења, на којима раде мултидисциплинарни тимови – архитекте, машински и инжењери електротехнике.

Како би зграда, током свог животног века, имала задовољавајуће енергетске перформансе, потребно је редовно и правилно одржавање зграде и система у њој. Уколико изостане редовно одржавање а не наруши се у потпуности функционалност система, готово редовно се јавља случај нерационалне потрошње енергије. Основни примери су: оштећење или потпуно уклањање термичке изолације уређаја, цевовода и канала за ваздух, што за последицу има повећане губитке топлоте система, кондензацију влаге из ваздуха и оштећења уређаја и ентеријера; запрљање дистрибутивне мреже и елемената опреме, што резултује повећаним напорима пумпи и вентилатора а доводи до веће потрошње електричне енергије за њихов погон; уклањање запрљаних филтера за ваздух уместо њихове замене доводи до лошег квалитета ваздуха; престанак функције регулационе арматуре или опреме, осим погоршања термичких параметара средине (прегревања зими или потхлађивања лети) неминовно утиче на повећану потрошњу енергије, док у екстремним случајевима може изазвати хаваријска оштећења система и велику штету, а понекад угрозити и људске животе. Колико је важно добро пројектовати и извести системе у згради, од једнаке је важности њихово одржавање и правилно газдовање, како би они могли да пруже свој максимум.

Приликом пројектовања нових система, а чешће приликом извођења пројеката реконструкције постојећих, саставни део процедура је спровођење техно-економске анализе, односно сагледавања инвестиционих и експлоатационих трошкова кроз животни век пројекта. Међутим, не може се увек са довољном прецизношћу предвидети на дужи рок кретање цена енергије и енергената. Уколико постоји диспаритет цена на тржишту, доћи ће до појаве нерационалне потрошње енергије. Основна мотивација корисника јесте цена коју плаћају за грејање, односно климатизацију. Екстремни пример је паушална наплата трошкова грејања зграда које се топлотом снабдевају из система даљинског грејања. Фиксни месечни трошак за грејање није условљен потрошеном енергијом, па самим тим не постоји мотив корисника да се рационално односи према потрошњи енергије. Исто важи за понашање корисника пословних зграда у којима сам корисник не плаћа рачуне, већ то чини власник. Ниска цена појединог енергента условиће нерационалну потрошњу јер је она јефтинија него спровођење мера које би допринеле уштедама.