

Ugodno počutje in sposobnost koncentracije za delo v prostoru, pa naj bo to bivalni ali delovni prostor, sta odvisna od vrste dejavnikov, kot so temperatura, osvetljenost, gibanje zraka, hrup in podobno, med njimi pa je eden najpomembnejših dejavnikov kakovost zraka. V zraku mora biti zadosten delež kisika, primerna zračna vlaga, nemoteča količina vonjav in tako majhna količina zdravju škodljivih snovi, da naše zdravje ni ogroženo.

Primerno kakovost zraka dosežemo z zračenjem, ki je potrebno predvsem zaradi odstranjevanja škodljivih snovi in različnih vonjav. Škodljive primesi v zraku nastajajo v stanovanjih na dveh nivojih:

- iz snovi, ki so v prostoru, torej zaradi izhlapevanja različnih zaščitnih premazov lesa, lakov in barv, naravnega plina radona, mikroorganizmov, prahu,
- zaradi bivanja človeka v prostoru, ki oddaja različne vonjave in vlago, kuha in pripravlja hrano, se kopa, kadi, goji rože, ki oddajajo dodatno vlago itd.

Pomen dobre kakovosti zraka največkrat zanemarjamo.

Večina ljudi zrači svoje bivalne prostore z odpiranjem oken, misleč, da s tem zagotavljajo zadostno količino svežega zraka za dihanje. Za normalno dihanje zadostuje že zrak, ki v prostor pride zaradi netesnosti stanovanjskega prostora. Te netesnosti predstavljajo v glavnem pripipe pri oknih in zunanjih vratih, pa tudi nekatere gradbene konstrukcije prepuščajo zrak. Pogoja za tako izmenjavo zraka (imenujemo jo tudi naravno prezračevanje) sta temperaturna razlika med notranjostjo prostora in okolico ter veter. Če je notranja temperatura višja od zunanje, kar je posebej izrazito pozimi, nastane zaradi različne gostote toplega in hladnega zraka določena tlačna razlika, ki povzroči gibanje zraka. Veter povzroča intenzivnejši prodor zraka v prostore, saj na strani, ki je izpostavljena vetru povzroči nadtlak, na ostalih straneh pa podtlak.

Človek potrebuje na uro za normalno dihanje približno  $0,4 \text{ m}^3$  zraka. Takšna mora biti menjava zraka za doseganje prave koncentracije kisika v zraku. Če za primer vzamemo prostor velikosti  $12 \text{ m}^2$  in višine 3 m, pomeni da moramo za potrebe dihanja zamenjati samo stoti del prostornine prostora na uro ali  $0,01 \text{ h}^{-1}$ . Pri normalno zatesnjeni stavbi meritve pokažejo, da je število izmenjav med  $0,1$  in  $0,3 \text{ h}^{-1}$ , kar povsem zadošča za dihanje. Potrebno število izmenjav zraka v določenem prostoru označujemo z oznako  $n$ . Dejansko vrednost je težko določiti, saj je odvisna od velikosti oken in vrat in njihove tesnosti ter zunanjih pogojev (temperatura, hitrost vetra).

Naj naštejemo nekaj vrednosti za potrebno število izmenjav zraka za nekatere onesnaževanju najbolj izpostavljene prostore v stanovanjih in hišah:

- WC: 4 do  $5 \text{ h}^{-1}$ ,
- kopalnica: 5 do  $8 \text{ h}^{-1}$ ,
- kuhinja (odvisno od št. aparatov): 15 do  $25 \text{ h}^{-1}$ ,
- garderoba: 3 do  $6 \text{ h}^{-1}$ .

## **VIRI ONESNAŽEVANJA ZRAKA V PROSTORIH**

### ***Vonjave***

Najbolj obremenjujejo zrak različne vonjave, ki jih oddaja človek, ki biva v prostorih. Za ocenjevanje kakovosti zraka sta v novejšem času poznani dve enoti za ugotavljanje občutene onesnaženosti zraka v prostoru: olf in decipol. Prva podaja nivo izvora onesnaževalca, druga pa vrednoti občuteno onesnaženje zraka. Pri obeh metodah večja skupina ljudi z vohanjem zaznava stopnjo onesnaženosti v primerjavi z onesnaženostjo, ki jo povzroča ena "standardna oseba". Za vsakdanjo uporabo pa zadošča ugotovitve, da se s številom ljudi v prostoru povečuje tudi koncentracija vonjav, ki raste približno v enakem razmerju s koncentracijo ogljikovega dioksida. Vrednost za maksimalno dopustno koncentracijo  $\text{CO}_2$  je  $0,1\%$  in predstavlja dovolj natančno mero za spremljanje koncentracije vonjav v prostoru. Da bi to vrednost v prostoru dosegli, je potrebno zagotoviti  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  na osebo svežega zraka. To pomeni, da bi v prostoru površine  $20 \text{ m}^2$  in višine 2,5 m morali zamenjati polovico zraka, če je v prostoru 1 oseba ali število izmenjav je  $0,5$  na uro. Če bi bilo v tem prostoru 6 oseb bi morali zamenjati zrak 3 krat na uro ali  $n = 3 \text{ h}^{-1}$ .

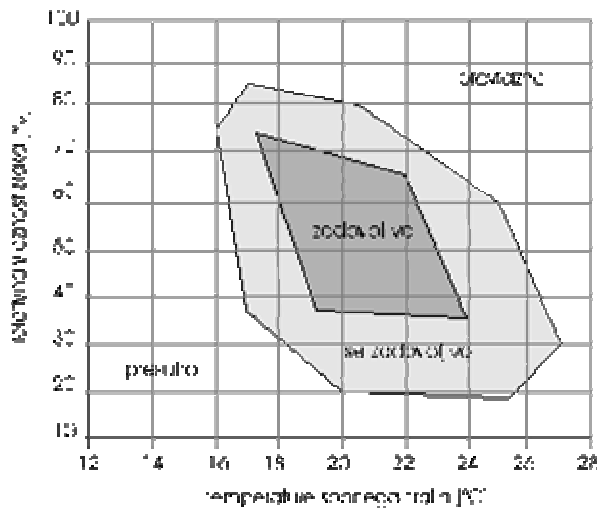
## Vlaga

Glavni viri vlage oziroma vodne pare v zraku so:

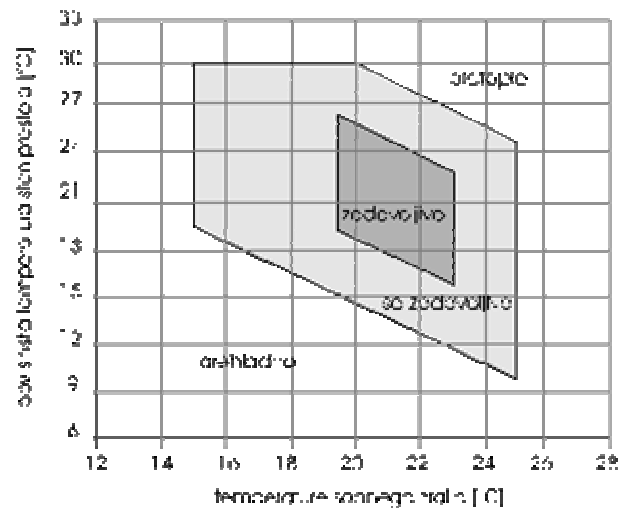
- osebe, ki oddajajo vlago v zrak z dihanjem in hlapenjem vlage s površine kože,
- vlaga, ki se sprošča pri kuhanju, kopanju, pranju, pomivanju posode itd.,
- vlaga, ki jo v prostor vnašajo rože in okrasno rastlinje.

Relativna vlaga prostorov naj bi se gibala v mejah med 35 in 80%. Nižja zračna vlaga pomeni "suh zrak", ki lahko vsebuje tudi večjo količino prahu, kar povzroča obolenja dihal in različne prehladne bolezni. Preveč vlage v zraku pa pomeni "soparno klimo" in kjer se vlaga lahko izloča na hladnih površinah notranjih zidov, kar ima za posledico nastanek kondenzata in različnih plesni.

Primer področij bivalnega ugodja, povezanega s parametri kot so npr. temperatura in relativna vlažnost sobnega zraka ter površinska temperatura sten prostora, je predstavljen na dveh naslednjih diagramih. **Diagrama ugodja** predstavljata splošne vrednosti, saj je potrebno za ovrednotenje konkretnega primera upoštevati tudi različne vplive kot npr. oblečenosti oseb v prostoru, njihove aktivnosti ter hitrosti gibanja zraka v prostoru.



Slika 1: Vpliv temperature in relativne vlažnosti zraka na bivalno ugodje v prostoru



Slika 2: Vpliv temperature sobnega zraka in površinske temperature sten prostora na bivalno ugodje v prostoru

## Organske spojine

V stanovanje vnašamo različne snovi, ki vsebujejo organske spojine, ki se še dolga leta izločajo iz različnih barv, lakov, zaščitnih premazov za les, lepil, smol in drugih. Najpogostejši onesnaževalec je formaldehid, ki se izloča iz različnih vezanih plošč in lakov, potem pa še nekateri kot pentaclorfenol (različne lesne zaščite), različni benzoli (barve, lepila, laki), akrilati (barve, laki), vinilkloridi iz plastičnih materialov in še mnogi drugi. Da očistimo zrak teh spojin je potrebno zadostno zračenje prostorov v daljšem časovnem obdobju, posebej pri novih stanovanjih, ko kupimo novo pohištvo, barvamo stanovanjske prostore, lakiramo parkete, polagamo nove talne obloge itd.

## Mikroorganizmi

Zrak v bivalnih prostorih vsebuje tudi različne bakterije, viruse in druge mikroorganizme, ki lahko ob ugodnih pogojih, posebej povišani relativni vlagi, povzročajo razne bolezni.

## Radon

V zadnjem času se precej govori tudi o radonu. Radon je naravni žlahtni plin, ki nastaja ob naravnem razpadanju radioaktivnih snovi, ki so v različnih koncentracijah prisotne v kamninah v zemlji. V stavbe prodira predvsem iz tal, v manjši količini pa tudi iz gradbenih materialov kot so naravni kamen, glina, opeka, mavec itd. V človeško telo prodira skozi dihalne poti, kjer se nalaga v pljučih. Pri nadaljnjem radioaktivnem razpadu radona nastajajo delci  $\alpha$ , ki imajo sicer kratek doseg, vendar veliko energijo in s tem veliko možnost poškodb v tkivu, ki lahko vodijo do rakavih sprememb v pljučih. Kako visoke so koncentracije radona v prostorih je mogoče ugotoviti samo z ustreznimi meritvami. Za zmanjševanje običajne naravne koncentracije radona v bivalnih prostorih zadostuje redno

zračenje prostorov. Če pa je koncentracija radona povečana, moramo zagotoviti tesnjenje predvsem kletnih prostorov in izvesti prisilno prezračevanje.

## Ostali viri

Med največje onesnaževalce spada gotovo cigaretni dim. Za prostore kjer bivajo kadilci je potrebno količino svežega zraka povečati na  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  na osebo oziroma zagotoviti ustrezno večjo izmenjavo zraka. Stanovanja, kjer prebivajo kadilci, porabijo zaradi intenzivnejšega zračenja tudi do 30% več toplotne energije za ogrevanje pozimi, kot stanovanja z nekadilci. Onesnaževanje predstavljajo tudi različni plini in primesi, ki se sproščajo pri kuhanju in pečenju hrane, prah in snovi, ki se sproščajo pri delovanju različnih aparatov kot so transformatorji (polikloridni bifenili) in drugo.

## NAČINI PREZRAČEVANJA

Razlikujemo :

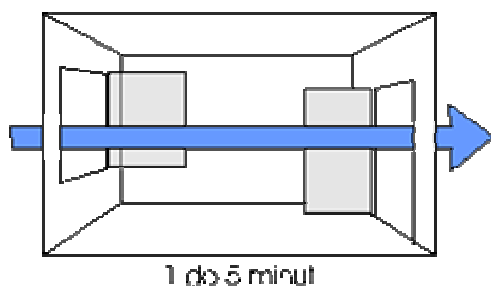
- naravno prezračevanje,
- kanalsko prezračevanje,
- prisilno prezračevanje.

### Naravno prezračevanje

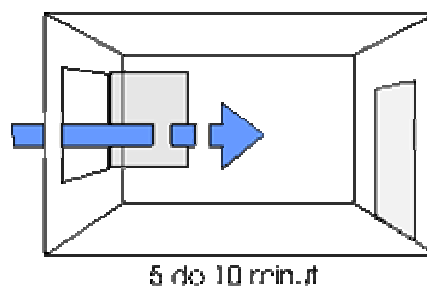
Različna netesna mesta v stavbi, kot so okenske in vratne pripre, špranje pri roletnih omaricah in netesno vgrajeno stavbno pohištvo, omogočajo nekontrolirano vdiranje zraka v bivalne prostore. Količine zraka in število izmenjav zraka pri takih razmerah zelo težko določimo. To prezračevanje je odvisno od temperaturne razlike, jakosti in smeri vetra in se neprestano spreminja. Glede na tesnost stavbe je število izmenjav zelo različno in znaša po izkušnjah in nekaterih meritvah pri normalno tesni stavbi od  $0,1$  do  $0,4 \text{ h}^{-1}$ . Seveda taka količina zraka ne zagotavlja čistega zraka, zato je potrebno netesna mesta čimbolj zmanjšati s tesno vgradnjo stavbnega pohištva in dodatnim tesnjenjem okenskih in vratnih špranj.

Zadostne količine zraka moramo torej zagotoviti na druge, čimbolj kontrolirane načine. Najbolj razširjena metoda je zračenje z odpiranjem oken. Pri tem ločimo dolgotrajno zračenje in kratkotrajno zračenje. Kot dolgotrajno zračenje ali tudi zračenje s priprtimi okni, lahko označimo odpiranje oken z zvrčanjem v polvertikalni položaj ("skipana okna"), ki ostanejo priprta večino dneva ali noči. S tem načinom omogočimo 1 do 4 kratno izmenjavo zraka v prostoru. **Tak način predstavlja v hladnih dneh tudi veliko izgubo toplotne energije potrebne za ogrevanje.** Zaradi hladnejšega in manj vlažnega zraka se v prostoru tudi hitreje znižuje relativna vlaga zraka in pospešuje gibanje prahu. Podhlajujejo pa se tudi površine v neposredni okolici okna.

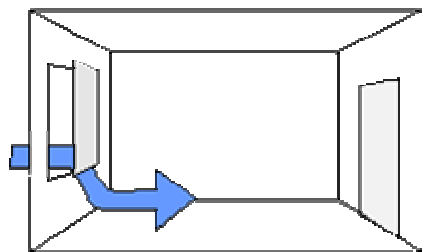
Veliko primernejše je kratkotrajno in intenzivno zračenje prostorov z odpiranjem oken. V enakomernih časovnih intervalih (n.pr. vsake tri ure) odpremo za kratek čas (5 –10 minut) okna na stežaj. V tem času znaša izmenjava zraka med  $9$  in  $15 \text{ h}^{-1}$  kar pomeni da se celotna količina zraka zamenja v 4-8 minutah. Na naslednji sliki so prikazani časi in načini zračenja za primer ko želimo celoten zrak v prostoru zamenjati enkrat.



A. Zračenje z odpiranjem oken in vrat na stežaj

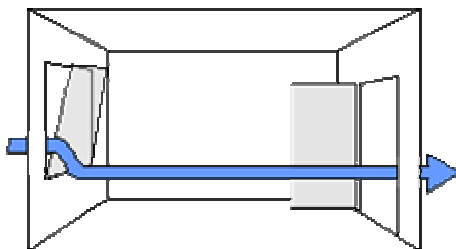


B. Zračenje z odpiranjem oken na stežaj



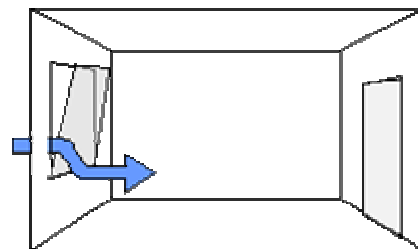
10 do 15 minut

C. Zračenje s priprtimi okni



15 do 30 minut

D. Zračenje s "skipanim" oknom in odprtimi vrati



30 do 60 minut

E. Zračenje s "skipanim" oknom

Slika 3: Učinkovitost različnih načinov naravnega prezračevanja

### Kanalsko prezračevanje

Za zagotovitev zračenja v večstanovanjskih stavbah so speljani prezračevalni kanali, posebej za zračenje kopalnic in sanitarij, ki nimajo vgrajenih oken. Zrak za zračenje doteka iz okoliških prostorov in odteka skozi kanale na strehi. Pri tem zračenju je zelo pomembna temperaturna razlika, ki zagotovi potrebno tlačno razliko med vstopom v kanal in izstopom na prosto.

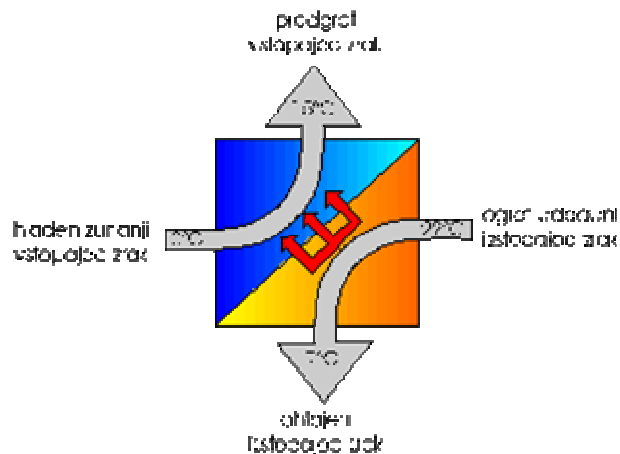
### Prisilno prezračevanje

Prisilno prezračevanje zagotavlja dobro delujoče in energijsko učinkovito zračenje bivalnih prostorov. Zato potrebujemo kanalski razvod od posameznih prostorov do centralne odvodne enote na podstrešju, kjer je vgrajen odvodni ventilator. To je tudi edini način, da lahko zagotovimo zadostno oziroma načrtovano število izmenjav zraka v bivalnih prostorih. Predpogoj za izvajanje prisilnega prezračevanja pa je seveda učinkovito tesnjenje oken v zgradbi. V nizkoenergijskih hišah je takšen način edini učinkovit način prezračevanja.

Sveži zrak lahko pozimi ogrevamo na temperaturo vpihovanja, ki je nekoliko višja od temperature v prostorih. Pri manjših obremenitvah prostorov lahko obratujemo tudi z obtočnim zrakom. Zrak lahko tudi filtriramo in ustrezno pripravimo in s tem preprečimo širjenje različnih bolezni in alergij. Za večjo energijsko učinkovitost uporabljamo tudi različne sisteme regulacije s katerimi lahko natančno prilagodimo količino potrebnega zraka različnim zahtevam (n.pr. v času kuhanja večja količina zraka).

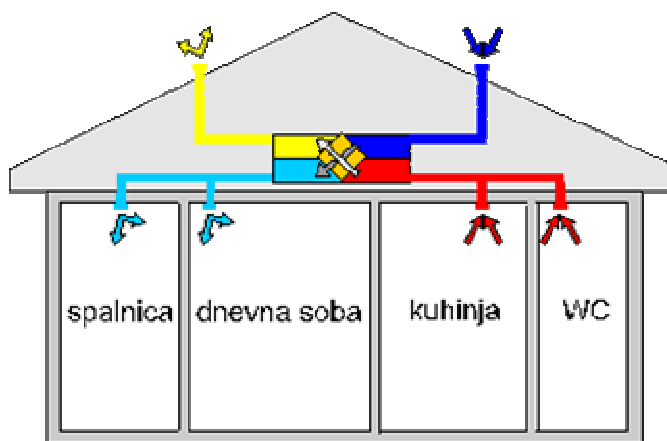
### Rekuperacija toplote

Pri centralnih napravah za prezračevanje objektov je predpisano tudi vračanje toplote izstopnega zraka nazaj v prezračevalni sistem. Takšne sisteme prezračevanja z vračanjem toplote imenujemo tudi prezračevalni sistemi z rekuperacijo toplote. Sodobne naprave poleg vračanja toplote omogočajo tudi dogrevanje ali hlajenje vstopajočega zraka, s čimer zagotovimo primerno temperaturo vpihovanega zraka tako v času kurilne sezone, kot tudi izven nje.



Slika 4: Delovanje prenosnika toplote

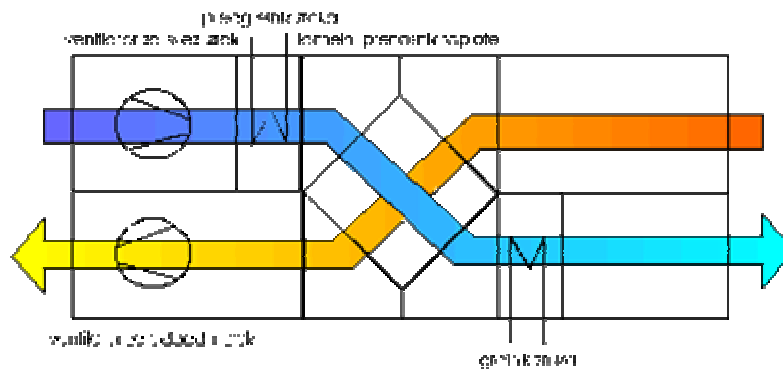
Postopek rekuperacije toplote lahko omogočimo z različnimi vrstami prenosnikov toplote, ki zagotavljajo prenos dela toplote z odpadnega (izstopnega) zraka na svež (vstopajoč) zrak. V povprečju lahko z rekuperacijo v primeru najpogostejše uporabljanega lamelnega prenosnika toplote ponovno uporabimo okoli 65% toplote, odvisno od potrebe po predgrevanju svežega zraka. Stopnja rekuperacije lahko v določenih primerih, odvisno od vlažnosti zraka in temperature tokov zraka, doseže tudi 80%.



Slika 5: Delovanje sistema prezračevanja z vračanjem toplote

Pri prenosu toplote ostajata zračna tokova med seboj ločena, zato se absolutna vlažnost tokov ne spreminja. Pri predgrevanju vstopajočega zraka se le temu dvigne temperatura in zato zmanjša relativna vlažnost, pri ohlajanju izstopajočega zraka pa le tega ohladimo (največ do temperature rosišča vodne pare) ter mu zato povečamo relativno vlažnost. Sistem predgrevanja zraka lahko izboljšamo tudi z predhodnim vodenjem in predgrevanjem vstopajočega zraka skozi npr. dvojno fasado, (toplozračni) sprejemnik sončne energije ali kanal v zemlji. Slednji način omogoča dovod zraka z le malo spremenljivo temperaturo skozi vse leto, kar ugodno vpliva tudi na možnost hlajenja zraka s katerim poleti prezračujemo prostore.

Sistem prezračevanja poleg kanalov in rešetk sestavlja naprava za prezračevanje, ki v naši praksi najpogosteje vsebuje lamelni prenosnik toplote. Zaradi enostavne in poceni menjave prenosnika toplote (ko se zamaže), je izdelan na enostaven način iz materialov kot npr. impregniran papir, plastika ali Al pločevina. Oba zračna tokova v napravi pred vstopom potujeta skozi zračna filtra, gibanje pa omogočata ventilatorja. Na strani vstopnega ventilatorja je vgrajen tudi sistem zaščite pred zmrzovanjem, na poti ohlajenega odpadnega zraka pa je nameščen lovilec izločene vodne pare. Delovanje prezračevalne naprave oziroma ventilatorjev ureja regulacijska enota s tipali, v dražjih izvedbah je krmilna količina koncentracija CO<sub>2</sub>.

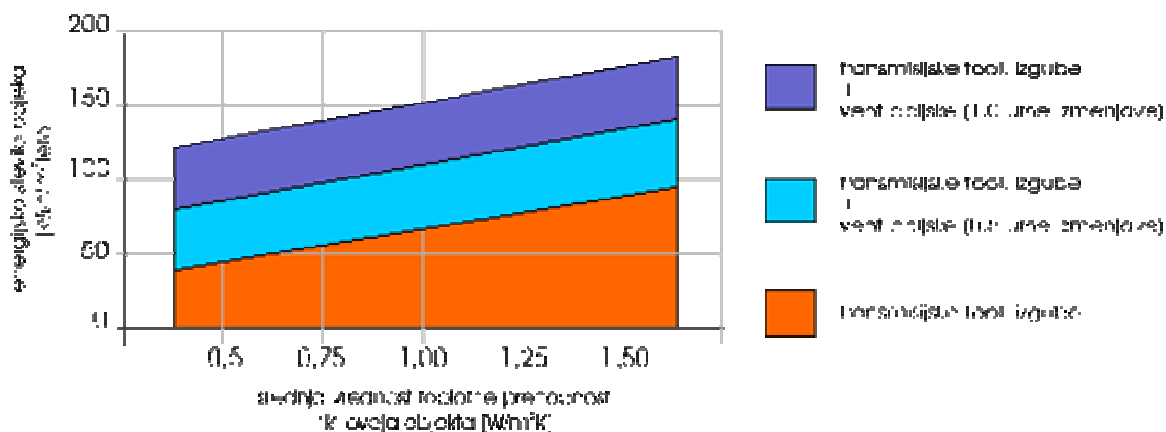


Slika 6: Shematski prikaz prezračevalne naprave z diagonalnim ploščatim prenosnikom toplote

## VPLIV PREZRAČEVANJA NA UČINKOVITOST RABE ENERGIJE V OBJEKTU

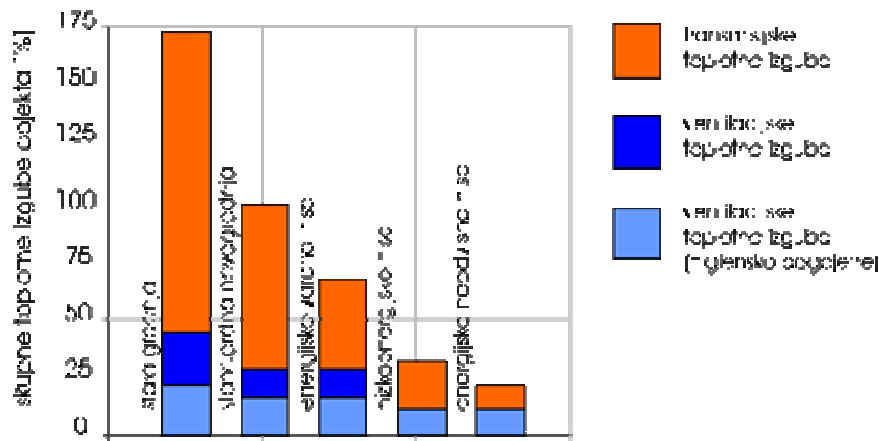
Prezračevanje ima poleg vpliva na kakovost bivanja občuten vpliv na rabo energije za ogrevanje objekta. Z ogrevanjem objekta dovajamo v prostore toploto, enakovredno velikosti toplotnih izgub. Le te pa sestavljajo transmissijske toplotne izgube (zaradi prehoda toplote skozi ovoj zgradbe) ter ventilacijske toplotne izgube (zaradi naravnega ter prisilnega prezračevanja).

Na naslednji sliki je prikazano spreminjanje potreb po toploti za ogrevanje objekta. Transmissijski del toplotnih izgub se večja z naraščanjem toplotne prehodnosti ovoja zgradbe (manj učinkovita toplotna zaščita), ventilacijski del pa je odvisen samo od pretoka izmenjanega zraka (število izmenjav). Tako lahko z zmanjšanjem urne izmenjave zraka z 1 na 0.5 dosežemo v primeru objekta s slabo toplotno zaščito teoretičen prihranek toplote v višini 1/4 prvotne rabe, v primeru nizkoenergijske hiše z visoko toplotno zaščito pa kar 1/3.



Slika 7: Primer energijskih potreb objekta v odvisnosti od toplotne zaščite objekta in načina prezračevanja

Na podoben način je prikazana raba toplote tudi za različne tipične zgradbe na naslednji sliki. Razvidno je, da je pri načrtovanju nizkoenergijskih ter energijsko neodvisnih zgradb izmenjava zraka na račun učinkovitega sistema prisilnega prezračevanja (z rekuperacijo toplote) lahko omejena le na vrednosti, katere predpisujejo higienski parametri. Pri ostalih objektih je zaradi manj učinkovitega sistema prezračevanja vedno prisoten tudi določen presežek v izmenjavi zraka, ki v primeru nekaterih obstoječih objektov prinaša tudi do 50% deleža ventilacijskih toplotnih izgub.



Slika 8: Primerjava toplotnih izgub različnih objektov

### **NEKAJ NASVETOV ZA BOLJŠI ZRAK IN VEČJO ENERGIJSKO UČINKOVITOST**

- Zadostno zračenje je potrebno za zagotavljanje zdravih bivalnih in delovnih pogojev.
- Samo naravno zračenje skozi netesnosti ni dovolj.
- Naravno zračimo prostore z odpiranjem oken na stežaj in v enakomernih intervalih.
- **Energijsko najbolj učinkovito je kratkotrajno zračenje na prepih.**
- **Izogibajmo se dolgotrajnemu zračenju pri priprtih oknih.**
- **Zapirajmo okna v prostorih, kjer se ne zadržujemo daljši čas.**
- Centralni sistem za prisilno prezračevanje zagotavlja optimalne bivalne pogoje in varčuje z energijo, zahteva pa redno in kakovostno vzdrževanje.
- Centralnemu sistemu za prisilno prezračevanje lahko prigradimo tudi napravo za hlajenje in s tem tudi v poletnem času zagotovimo dobre bivalne pogoje.

Avtorja:

Matjaž Malovrh univ.dipl.inž.str., Gradbeni inštitut ZRMK

Miha Praznik univ.dipl.inž.str., Gradbeni inštitut ZRMK

Literatura:

1. Richtig heizen, Verein für Konsumenteninformation, 1998
2. Friederich Reinmuth: Energieeinsparung in der Gebäudetechnik, Vogel Fachbuch, 1994
3. Pistohl: Handbuch der Gebäudetechnik, Werner-Verlag