

Prozori i klimatizirane prostorije

Frano Bilić*

PROZOR I UGODNOST ČOVJEKA

Klima jedne prostorije, koja graniči sa vanjskim zidovima, uglavnom ovisi o vanjskim stanjima uzduha — temperaturi, vlazi i brzini strujanja — kao i o jačini sunčevog zračenja. Klima jedne prostorije se mijenja sa promjenama vanjske klime. Kod ranijih masivnih gradnji utjecaj vanjske klime je bio znatno smanjen zbog velike sposobnosti akumulacije toplote građevinske konstrukcije.

Današnja moderna i montažna gradnja, s lakim zidovima i stropovima, sa velikim udjelom aluminijske i relativno velikim prozorima, posjeduje malu moć akumulacije, pa promjene vanjske klime sa malim zakašnjenjem izazivaju i promjene klime u prostoriji. U ovome prozor igra najvažniju ulogu, kako zimi tako i ljeti.

Odvođenje topline iz grijane prostorije veće je 3—6 puta po m^2 kroz prozor uobičajene izvedbe i konstrukcije, od gubitaka kroz zidove i stropove. Ljeti, pri osunčanju, skoro cijela toplina sunčevog zračenja pada u prostoriju kroz prozor. Ova je toplina zimi dobro došla, ali zato ljeti opterećuje prostoriju i mora se odvoditi hlađenjem.

S energetskeg gledišta, treba prozor tako izvesti da se zimi gubici topline svedu na mogući minimum, a ljeti prolaz sunčevog zračenja smanji na najmanju mjeru, a da prolaz svjetlosti pri tome bude dovoljan za nesmetan rad bez umjetnog osvjetljenja. Uz sve ovo mora se voditi računa o cijeni koštanja izvedbe prozora. Ušteda na energiji mora biti u optimalnom odnosu sa investicijama potrebnim za poboljšane prozore i zaštitu od sunčevog zračenja.

U pogledu ugodnosti temperatura ploha koje obuhvaćaju prebivališta čovjeka igraju odlučujuću ulogu, jer čovjek zračenjem odaje najviše topline, pa je ovom načinu odavanja toplote potrebno posvetiti i najviše pažnje.

Kod izjednačenih temperatura okolnih ploha, odavanje topline zračenjem jednako je veliko u svim smjerovima. Kod niskih temperatura okolnih ploha odavanje je topline zračenjem veliko i brzo, što se odražava osjećajem hladnoće. Ako jedna ploha, ili dio jedne plohe, ima znatno nižu temperaturu od ostalih okolnih ploha, onda je odavanje topline prema hladnijoj plohi veće pa se na dijelu tijela okrenutog prema tom dijelu plohe

osjeća hladnoća. Prozor uobičajene izvedbe je u tom pogledu tipičan primjer.

Na dijagramu na si. 1. dati su tokovi temperatura stijenki stakla za razne vrste prozora i okvira u ovisnosti o vanjskoj temperaturi. Dvostruko toplinsko staklo (thermopane) ima kod -15°C vanjske temperature još uvijek temperaturnu stijenke oko $+8^{\circ}\text{C}$, a jednostruko staklo oko -6°C . Uredski rad pored prozora s jednostrukim ostakljenjem zimi, kao ni u prelaznom periodu kod nižih temperatura, nije moguć bez osjećaja hladnoće. Toplinsko dvostruko staklo je u tom pogledu znatno bolje i zadovoljava današnje potrebe. Tek kod specijalnih prozora, grijanih uzduhom, postižu se temperature stijenke koje se približavaju temperaturi sobnog uzduha.

U prostorijama koje nisu umjetno provjetrene ili klimatizirane, potrebno je radijatorsko grijanje ispod prozora, kako bi se podigla temperatura stijenke prozorskog stakla, pri čemu zavjese ispred radijatora ometaju slobodno strujanje uzduha, pa se temperatura između stakla i zavjese povećava, a time i gubici topline prema vani.

U cilju povećanja ugodnosti čovjeka, korisne radne površine prostorije i smanjivanja potroška toplinske, rashladne i električne energije, razvilo se u posljednjih nekoliko godina za klimatizirane prostorije nekoliko novih konstrukcija prozora pod raznim nazivima, koje je s toplinskog i energetskeg gledišta vrijedno analizirati.

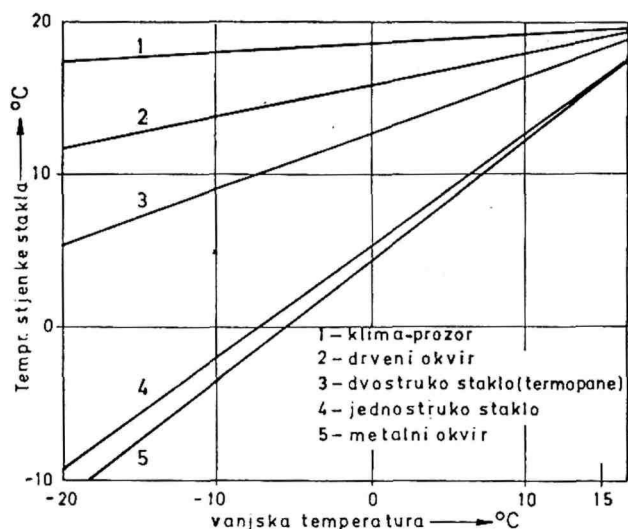
Prozor »protectasol«

Prije nekoliko godina pojavio se na tržištu patentiran klima-sistem sa specijalnom konstrukcijom prozora, pod nazivom »protectasol«. SI. 2. prikazuje šematski presjek prozora sa svim njegovim bitnim elementima i sistem kao takav.

Sistem provjetravanja ili klimatizacije sastoji se u tome, da se uzduh dovodi prostorijama na uobičajene načine — rešetkama, anemostatima, preko rupičastog stropa, ispod prozora itd.

Sistem dovodnog uzduha može biti bilo koji od poznatih. Dovodni uzduh prostorije ne odsava se mehanički. Na taj se način stvara predtlak u prostoriji usljed čega se dovedeni uzduh istiskuje preko otvora u gornjem dijelu prozora, ili najčešće, ukoliko postoji zatvoren spuštenu strop, preko svjetiljki i između stijenki stakla prozora i specijalnog otvora u fasadi u atmosferu. Otvor za istiskivanje uzduha na fasadi predviđen je pri-

* Frano Bilić, dipl. ing., KAPLAN, Zurich, Švajcarska.



Sl. 1. Temperature stjenke prozora na sobnoj strani u ovisnosti o vanjskoj temperaturi pri sobnoj temperaturi od +20°C

gušivačem buke i specijalnom zaklopkom, koja omogućava nesmetan rad uređaja i kod većih udara vjetra na fasadu. Zaklopka neutralizira utjecaj vjetra na slobodno istrujavanje uzduha iz prostorije.

Prigušivač sprečava prodiranje buke izvana u radnu prostoriju. Prema podacima proizvođača prigušivanje iznosi 35—45 dB. Prozor se sastoji iz vanjskog toplinskog stakla (tj. termopane), međuprostora sa ugrađenim lamelastim zastorom i unutarnjeg krila s jednostrukim staklom.

Količina uzduha se određuje prema toplinskim gubicima zimi i dodacima ljeti i iznosi u većini slučajeva 50'—60 im³/ih i dužnom metru prozora. Koeficijenti prolaza topline K iznose za ovu konstrukciju i uobičajene prozore:

	Bez uzduha —*	S uzduhom 60 m ³ /h m
	W/m ² K	W/m ¹ K
Prozor	2,0	0,4
Parapet	0,30	0,30
Toplinsko staklo dvostruko (termopane)	3,30	—
Toplinsko staklo trostruko	1,80	—

Kod odgovarajuće izolacije zidova i stropova postiže se veoma velika izolacija zgrade i transmisijski gubici su znatno niži od ovih kod uobičajenih izvedbi prozora.

Prema proračunima, za prostoriju sa 60% udjela stakla na fasadi, transmisijski su gubici za protectacol za oko 70% manji od uobičajene izvedbe sa dvostrukim toplinskim staklom. U prosjeku ušteda na toplinskoj energiji iznosi oko 50%. Istiskivanjem uzduha preko svjetiljki odvodi se do 70—75% topline rasvjete uzduhom. Na ovaj se način smanjuje toplinsko opterećenje prostorije ljeti, a zimi se toplina rasvjete koristi za grijanje prozora odnosno prostorije.

S fiziološkog gledišta ovaj je sistem upravo idealan, jer temperatura stijenke unutarnjeg sta-

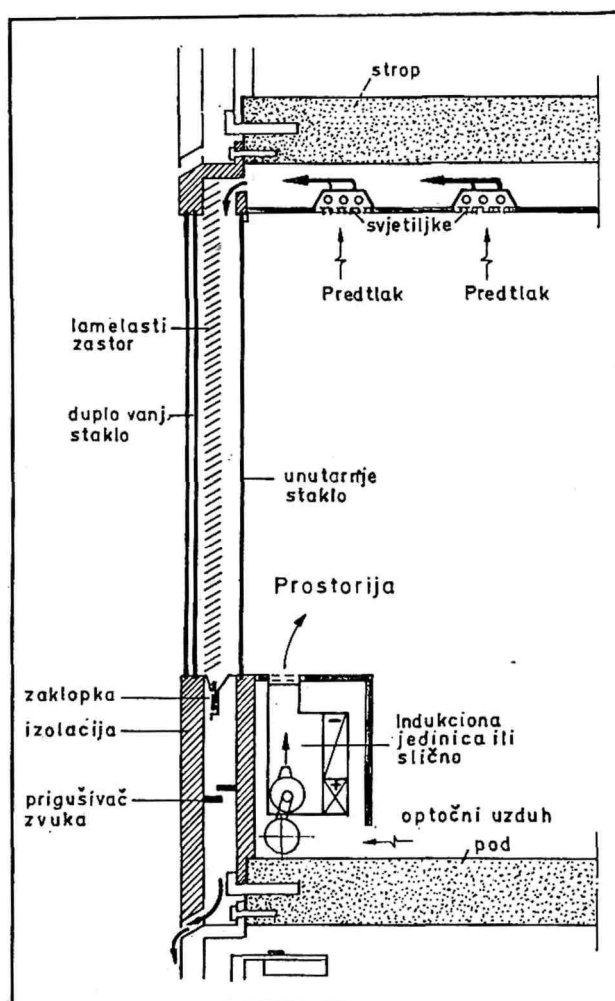
kla prema prostoriji iznosi oko +20°C pri sobnoj temperaturi +22°C i vanjske od —10°C, što otprilike odgovara temperaturi okolnih zidova, pa je odavanje topline čovjeka zračenjem u svim smjerovima podjednako.

Uprkos malog koeficijenta prolaza topline i veoma malih transmisijskih gubitaka zimi, ovaj je sistem za vrijeme pogona grijanja s energetskog gledišta veoma nepovoljan, budući se sav sobni odnosno svjež, ugrijani uzduh, a time i u njemu sadržana toplina baca u atmosferu.

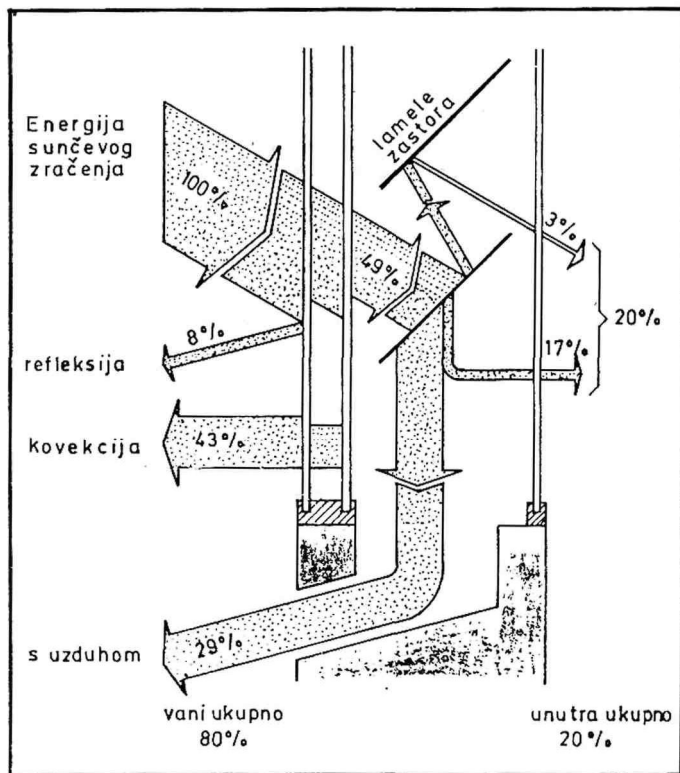
Na slici 3. slikovito je prikazana podjela top line sunčevog zračenja. U položaju lamela zastora između stakla pod kutom od 45%, svega 20—25% topline zračenja dopjeva u prostoriju. Ovo je veoma povoljno u odnosu na dvostruko ostakljenje i unutarnje lamelaste zasfore gdje oko 60% topline zračenja dolazi u prostoriju.

Istiskivanjem uzduha preko svjetiljki i preko grijanih lamela zastora smanjuje se toplinsko opterećenje prostorije ljeti dvojako, što opet govori u prilog ovog sistema za ljetni pogon. Energetski gledano u ljetnom pogonu se ovaj sistem približava izvedbi sa dvostrukim toplinskim staklom i vanjskim lamelastim zastorima (prolaz topline oko 12—15%).

Kao svaki sistem. i ovaj ima svoje dobre i lose strane.



Sl. 2. Presjek kroz prozor za klima-sistem »protecta-soll« (patent)



Sl. 3. Podjela toplinske energije sunčevog zračenja kod prozora »protecta-sol« za ljetni pogon kod $100 \text{ m}^3/\text{h}$ odsisnog uzduha po metru širine

Dobre strane

- Potrebno malo mjesta za smještaj aparata i kanala, budući da odsisni sistem sa kanalima i potrebnim aparatima ne postoji;
- Manje investicije za odsisni sistem;
- Velik stupanj ugodnosti zbog visoke temperature stijenke stakla;
- Mali transmisijski gubici zimi i dobici topline ljeti, pa je potreban mali rashladni učin.

Nedostaci

- Veliki gubici topline zimi, izbacivanjem toplog uzduha u atmosferu, pa primjena regeneratora topline nije moguća;
- Skuplja izvedba prozora;
- Utjecaj vjetrova na rad uređaja. Uprkos tvrdnji proizvođača da se utjecaj vjetrova primjenom automatskih zaklopki na otvoru u fasadi potpuno neutralizira, pretpostavlja se da će ipak vjetar tokom vremena utjecati na rad uređaja — ako ništa drugo, a ono zbog starenja zaklopki.
- Kada su vrata prostorija otvorena, što je veoma čest slučaj, prolaz uzduha kroz prozor prestaje, pa je time i funkcija cijelog sistema isključena. Transmisijski gubici zimi kao i toplinski dobici ljeti rastu. Ovim su najvažnije prednosti sistema stavljene u pitanje.

Unatoč svim navedenim prednostima, ovaj se sistem nije, osim nekoliko manjih izvedenih objekata, uspio utjecajnije probiti na tržištu. Glavni razlog leži u toplinskim gubicima sadržanim u uzduhu zimi i nestabilnosti rada zbog potrebnog predtlaka u prostoriji.

Ovaj se sistem razvio u doba kad su visine investicija igrale važniju ulogu od troškova pogona uređaja. Energetskom krizom i stalnim povišenjem cijena energije situacija se mnogo izmjenila.

Odsisni prozor

Ovaj prozor je građen slično kao i prozor »protecta-sol« s tom razlikom, da se uzduh odsisava, a ne tlači između prozorskih stijenki. Protecta-sol je razvijen od odsisnog prozora.

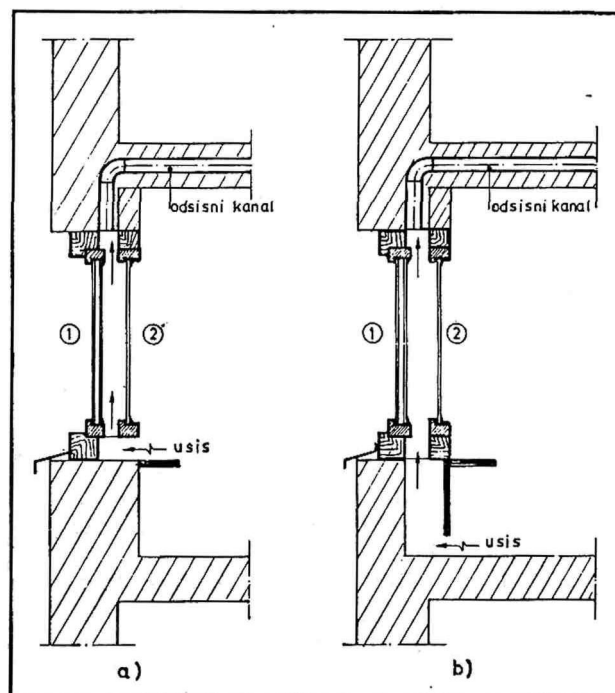
Sl. 4. prikazuje dvije mogućnosti odsisavanja kroz prozor — neposredno iznad klupice prozora i iznad poda. Odsis iznad klupčice je češći od onog iznad poda.

Dovod uzduha može biti preko rešetki, anemostatima, kroz rupičasti strop itd. Odsis je vezan na centralni odsisni sistem kao kod uobičajenih ventilacionih sistema (sl. 5).

Sve dobre strane navedene za »protecta-sol« sistem vrijede i za ovaj prozor, s tom razlikom da su lose osobine odstranjene ugradnjom odsisnog sistema.

Na sl. 6. prikazan je tok temperature u odsisnom prozoru s dvostrukim toplinskim staklom prema vani i jednostrukim na unutarnjoj strani. Puna linija vrijedi za vanjsku temperaturu od -0°C , a crtkana za -3°C . Kada je sobna temperatura $+22^\circ\text{C}$ temperatura stijenke stakla prema prostoriji svega je nekoliko stupnjeva niža od sobne temperature i mijenja se neznatno s temperaturom vanjskog uzduha.

Koeficijent prolaza topline cijelog prozora znatno je ovisan o količini odsisnog uzduha, odnosno o brzini strujanja istoga kroz prozor. Po-



Sl. 4. Presjek kroz odsisni prozor; a) odsis na klupčici prozora; b) odsis na podu prostorije; 1 — vanjski prozor sa jednostrukim ili dvostrukim staklom; 2 — unutarnje jednostruko staklo

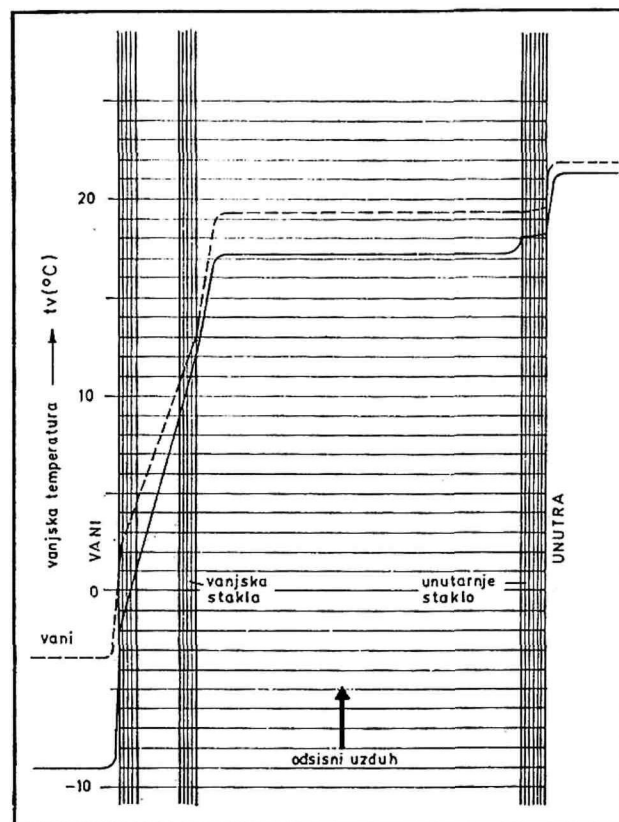
djela topline sunčevog zračenja kroz ovaj prozor identična je onoj kod »protecta-sol« (si. 3). Radijatori ni druga ogrijevna tijela ispod prozora nisu potrebni, pa ne samo da se na ovaj način povećava korisna površina prostorije, već kod namještanja radnog prostora isti ne smetaju. Osim toga otpadaju cijevi tople i hladne vode sa popratnim armaturama i izolacijom. U pogledu regulacije ventilacioni ili klima-sistem je stabilan i točan, pošto nema većih toplinskih opterećenja koja se moraju podešavati regulacionim organima. Najvažnija prednost odsisnog prozora osim visokog komfora, leži u mogućnosti povratnog iskorištavanja topline iz otpadnog uzduha.

Dijagram na si. 7. prikazuje odnos pada pri-tiska u odnosnom prozoru konstrukcije KICON i količine odsisnog uzduha kroz prozor. Količina odsisnog uzduha po dužnom metru širine prozora kreće se i ovdje od 40 do 80 m³/h, već prema namjeni prostorije (ured, bolnička soba, soba za sastanke i sl.).

Za određivanje količine uzduha u većim slučajevima su mjerodavni fiziološko-higijenski uvjeti, a ne toplinska opterećenja prostorije. Ovo je zbog toga što su toplinska opterećenja zimi i ljeti relativno mala, pa je broj osoba mjerodavniji za količinu svježeg uzduha od toplinskih opterećenja prostorije.

Klima prozor

Za razliku od odsisnog prozora, ovdje se dovodi topli zimi i hladni uzduh ljeti između prozorskih stakala. Konstrukcija prozora je inače slična onoj kod odsisnog prozora. Izvedba može biti sa dvostrukim i sa trostrukim stakljenjem, kao i

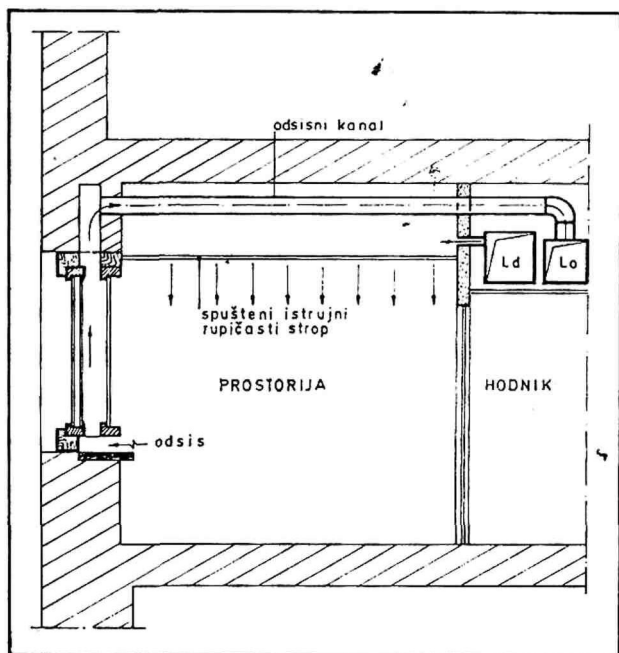


Sl. 6. Tok temperature u odsisnom prozoru (Kicon)

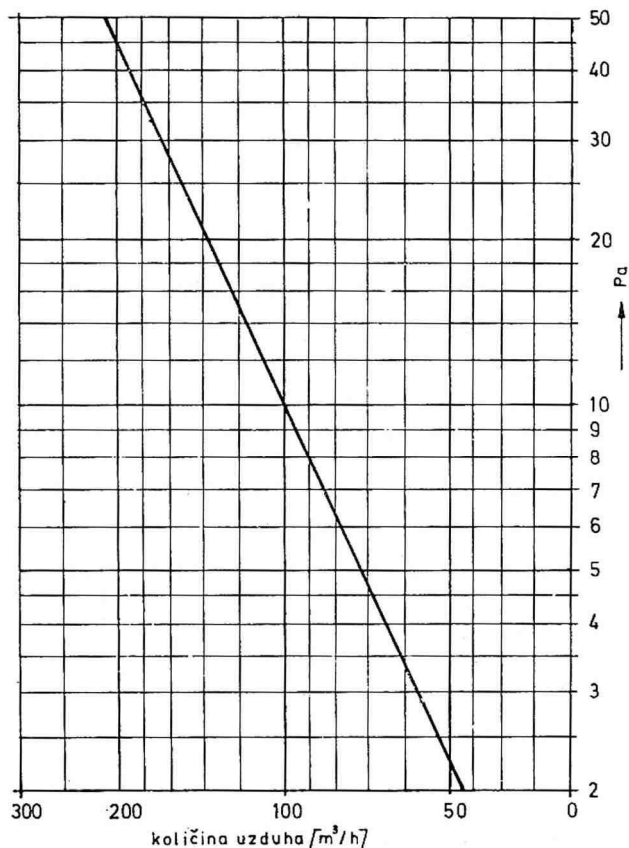
kod odsisnog prozora. U toplinskom pogledu nema kod odsisnog prozora ništa što ne bi vrijedilo i za klima prozor. Na slici 8. prikazana je šema ventilacijskih odnosno klima uređaja za ikliara prozor i za prostorije. Za klimatizaciju prozora predviđen je zaseban aparat s grijačem za zimski i hladnjakom za letnji pogon. Za klimatizaciju prostorije služi zaseban uređaj sa zasebnim sistemom: jednokanalni, dvokanalni, indukcioni i el., već prema namjeni prostorija. Ovaj uređaj radi neovisno od uređaja za klimatizaciju prozora. U ovom je slučaju odsisni sistem i ventilator zajednički za oba uređaja. Međutim, preporučljivo je za klimatizaciju prozora predvidjeti zaseban odsisni sistem i ventilator. Istina, ovo malo poskupljuje uređaj, ali pruža neovisan pogon i omogućuje zatvoren sistem optočnim uzduhom. U prelaznom periodu, kao i zimi na južnoj fasadi kod osunčenja prozora, kad je dobitak topline usljed sunčevog zračenja veći od transmisivskih gubitaka, potrebno je prozorima dovoditi hladan uzduh a toplinu odvoditi.

Iz ovog razloga je potrebno predvidjeti mogućnost rada sa promjenjivom količinom svježeg uzduha od 0 do 100%, kako bi se mogla koristiti slobodna toplina vanjskog zraka za hlađenje. Prednost odvojenih ventilacionih sistema za prozor i prostoriju leži uglavnom u tome, što se sistem za prozore u razdoblju vanjskih temperatura od oko +16 do +25°C : bez osunčenja, može staviti van pogona. Na ovaj se način štedi električna energija za dovod i odvod uzduha.

U oba slučaja, kod odvojenih zajedničkih sistema, ugradnja regeneratorske topline (entalpije)



Sl. 5. Primjer smještaja dijelova ventilacionog uređaja kod odsisa preko prozora; 1 — dvostruko ostakljenje; 2 — jednostruko ostakljenje; Ld — dovodni uzduh; Ls — odsisni uzduh



Sl. 7. Pad pritiska u odsisnom prozoru (Kicon)

je s energetsko-ekonomskog gledišta neizostavna. Zbog klimatizacije prozora, koji je, kako je već ranije rečeno, najslabija točka u pogledu gubitaka zimi i dobivanja topline ljeti, zasebnim sistemom najčešće je količina svježeg uzduha potrebna iz higijenskih i fizioloških zahtjeva dovoljna i za klimatizaciju same prostorije.

Optočni uzduh u tom slučaju nije potreban, pa su regeneracija topline i regulacija sistema znatno pojednostavljene i funkcionalne. Osim toga količina uzduha za prostoriju svela se na najnužniji propisani minimum što znatno utječe na smanjenje potroška skupe električne energije za dovod i odvod uzduha, kao i sniženje troškova investicija zbog malih uređaja općenito (aparati, ka-nali, i strujni i odsisni organi itd.)

Šema na si. 8. prikazuje, primjera radi, ovaj uređaj u slučaju rada s optočnim uzduhom.

U Švicarskoj se već serijski proizvode prozori i pripadajuće konstrukcije pod nazivom »s/s prozori«. Naziv potječe iz imena poduzeća koja su sudjelovala u konstrukciji ovog prozora (Sutar + Suter, Isel i Sulzer).

Regeneratori topline i odsisni prozor

Kod sobne temperature od +22°C, oko 50–60 m³/h odsisnog uzduha po metru širine prozora i vanjske temperature od –20°C iznosi temperatura odsisnog uzduha na vrhu prozora oko 14–15°C. Sa rastom vanjske temperature raste i temperatura odsisnog uzduha zbog manjih gubitaka topline od transmisije. Pošto najveći dio razdoblja grija-

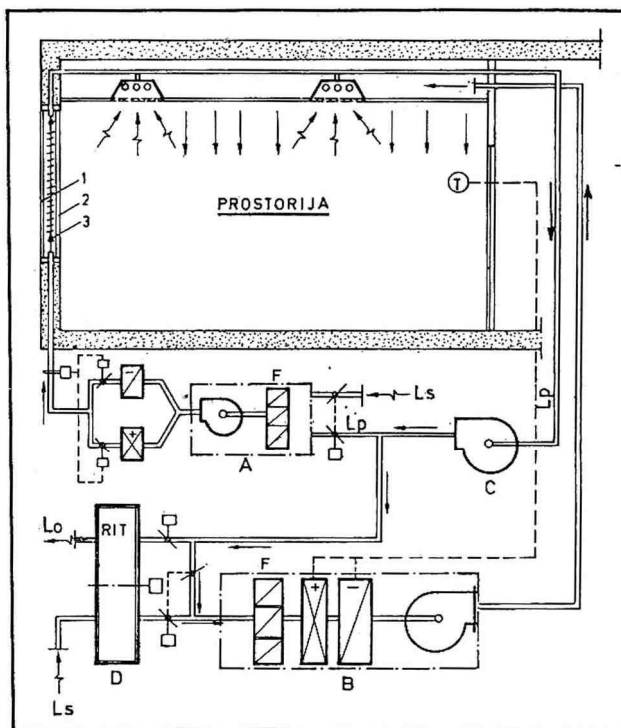
nja leži pri vanjskim temperaturama iznad nule, to će i temperatura odsisnog uzduha za vrijeme najdužeg vremena iznositi više od +15°C.

a) Regeneratori osjetne i latentne topline. Primjenom regeneratora topline može se toplina iz odsisnog uzduha dobiti natrag i upotrebiti za grijanje dovodnog uzduha. U i-h dijagramu na slici 4. prikazane su promjene stanja uzduha kod primjene regeneratora topline za slučajeve bez i sa odsisavanjem kroz prozor i za vodeno ovlaživanje.

U slučaju uobičajenog odsisavanja iz prostorija preko rešetki može se primjeniti regenerator topline s najvećim stupnjem iskorištenja $\eta = 62\%$. Ovo je zbog toga što temperatura uzduha na izlazu iz regenerativnog izmjenjivača topline ne smije ležati iznad $h = \text{konst.}$, zbog ovlaživanja i ako držimo određenu temperaturu uzduha nakon ovlaživača zbog hlađenja odnosno odvođenja topline prostorije.

Kod odsisavanja preko odsisnog prozora može se dobiti ista količina topline iz otpadnog uzduha kao i kod uobičajenog odsisavanja bez odsisnog prozora; jedino se mora odabrati regenerativni izmjenjivač topline sa višim stupnjem iskorištenja topline. Stanja uzduha prikazana su sa 1, 2 i 3.

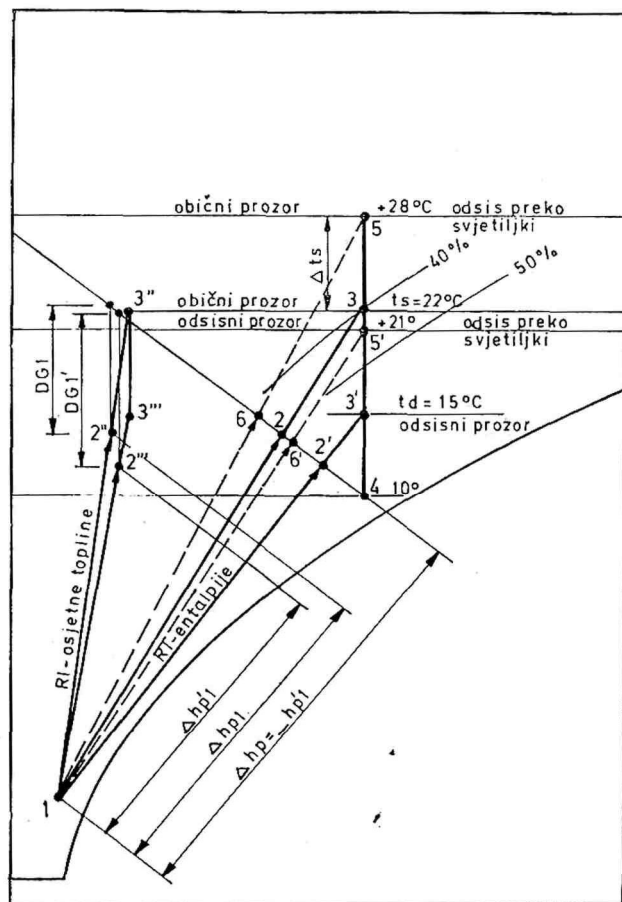
U ovom slučaju, kod vodenog ovlaživanja, odsisavanjem kroz prozor dobiju se sve prednosti ovog odsisavanja, a primjenom umješno odabranog regeneratora topline dobija se ista količina topline natrag iz otpadnog uzduha kao i u slučaju uobičajenog oduzimanja uzduha prostoriji. Ovo



Sl. 8. Šema uređaja sa klima-prozorima; A — uređaj za grijanje odnosno hlađenje prozora; B — uređaj za klimatizaciju prostorije; C — ventilator povratnog uzduha; D — regulator topline (entalpije); 1 — vanjsko (jedno ili dvo struko) staklo; 2 — unutarnje jedno-struko staklo; 3 — lamelasti zastor

znači, da je odsisni prozor sa energetskeg gledišta otpadne topline ravnopravan uobičajenom odsisavanju uz sve ostale svoje navedene prednosti.

Osim toga iskorištenje regenerativnog izmjenjivača topline je kod odsisnog prozora bolje, jer on radi duže vrijeme, s boljim stupnjem iskorištenja-

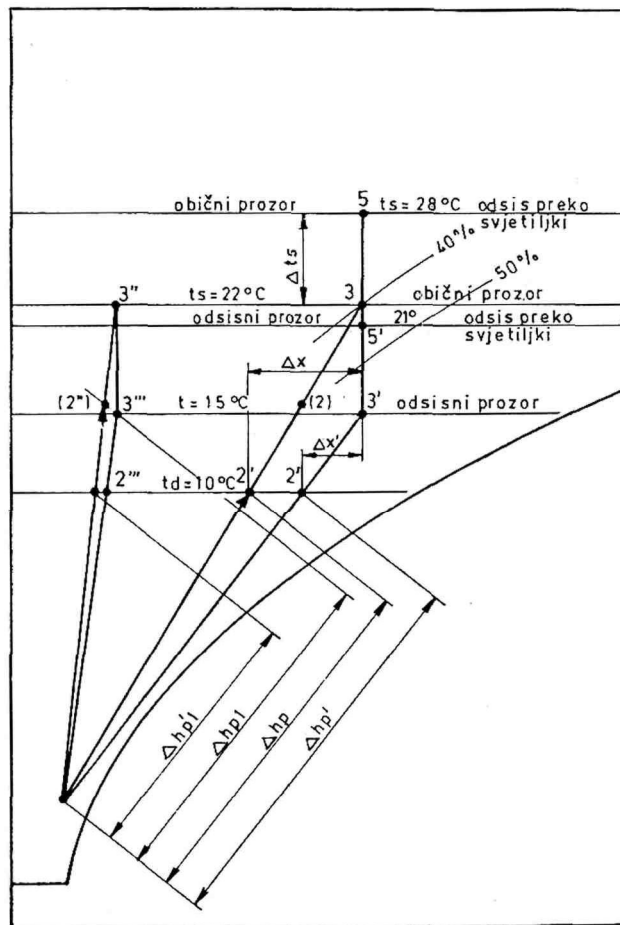


Sl. 9. Stanja uzduha sa i bez odsisavanja preko svjetiljki i preko odsisnog prozora (vodeno ovlaživanje)

nja. Ukoliko se jedan dio uzduha odsisava preko svjetiljki ili cijeli odsisni uzduh oplakuje unutarnji plašt istih (odsisavanje preko spuštenog stropa), jedan dio topline rasvjetle predaje se direktno na uzduh, pa se dobije stanje 3'', kod normalnog prozora, odnosno 3''' kod odsisnog prozora.

prednost ovoga je u tome, da (se može za najnižu vanjsku temperaturu odabrati regenerativni izmjenjivač topline is manjim stupnjem iskorištenja tj. s većom nastrujnom brzinom uzduha kroz regenerator. Ovo daje i manji regenerator topline, a time i niže investicije — s jedne strane. S druge strane isto je veća brzina uzduha kroz regenerator, to je veći pad pritiska u njemu, a time se povećavaju i pogonski troškovi električne energije. Iz ovog razloga, kod odabiranja temperatura uzduha i veličine regeneratora topline, treba misliti na sve faktore koji utječu na rad i ekonomičnost pogona tj. moraju se odabrati optimalna rješenja.

Ukoliko su dozvoljene više temperature dovodnog vazduha, uobičajeno odsisavanje je povolj-



Sl. 10. Stanja uzduha sa i bez odsisavanja preko svjetiljki i preko odsisnog prozora sa parnim ovlaživanjem

nije kod niskih vanjskih temperatura, u pogledu korištenja topline iz otpadnog uzduha, od odsisavanja preko odsisnog prozora. Međutim gledano ukupno, energetski ostaje odsisni prozor iz više razloga povoljniji.

U slučaju parnog ovlaživanja (sl. 10) prednost odsisnog prozora pored uobičajenog odsisavanjem su dvojake. Me samo da će kod odsisnog prozora dobija ista količina topline iz odsisnog uzduha natrag, već se dobija takođe i veća količina vlage, pa je za ovlaživanje potrebna manja količina vodene pare $\Delta X'$ nego kod normalnog odsisavanja ΔX .

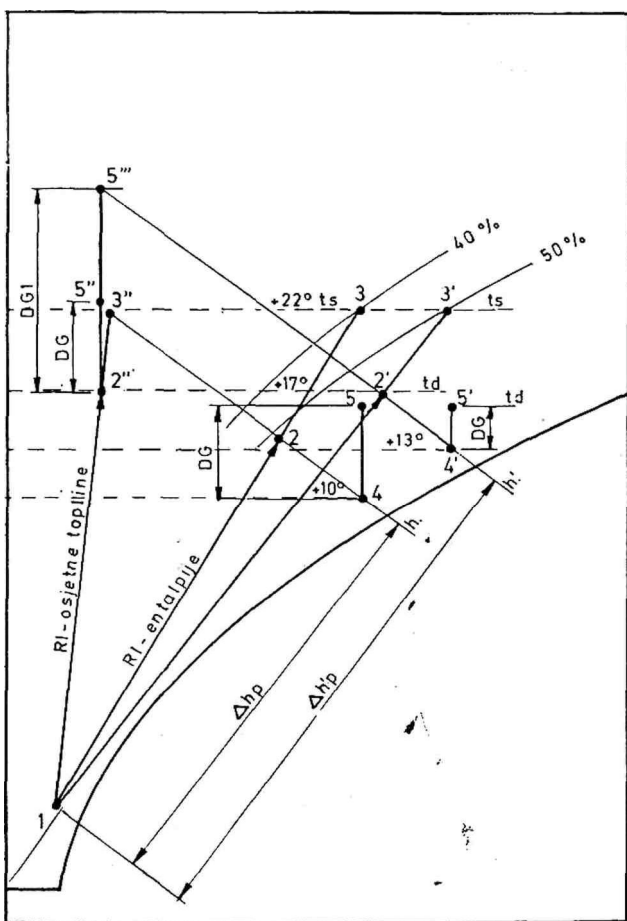
Sve ostalo što je rečeno za promjene stanja i kombinacije kod vodenog ovlaživanja (sl. 9) vrijedi uglavnom i za ovaj slučaj.

b) Regeneratori samo osjetne topline i rekuperatori. kod vodenog ovlaživanja (sl. 9) — u pogledu iskorištenja topline iz otpadnog uzduha i dogrevanja dovodnog uzduha, znatno je nepovoljnije odsisavanje preko odsisnog prozora od uobičajenog odsisavanja uzduha. Ovo je zbog toga što se dovodni uzduh mora dograđivati dio linija $h = \text{konst.}$, koja leži znatno više od potrebne temperature dovodnog uzduha itd.

U slučaju (parnog ovlaživanja (sl. 10), kod zadate temperature dovodnog uzduha tj, energetski su obe vrste odsisavanja jednako vrijedne. I

u jednom i u drugom slučaju ne smije se prekoračiti temperatura t_d , pa se iz otpadnog uzduha dobija natrag lista količina topline, a za ovlaživanje do ilinije X potrebna je u oba slučaja ista količina vlage X_2 . Kod dozvoljene više temperature dovodnog uzduha dobija se iz otpadnog uzduha, kod uobičajanog odsisavanja, viša toplota natrag inego kod odsisnog prozora, pa je u ovom slučaju, s gledišta povratnog korištenja topline iz otpadnog uzduha, odsisni prozor napovoljniji od uobičajenog odsisavanja.

Potrebna količina pare za ovlaživanje ostaje nepromjenjena.



Sl. 11. Utjecaj relativne vlage prostorije na regeneraciju topline pri vodenom ovlaživanju

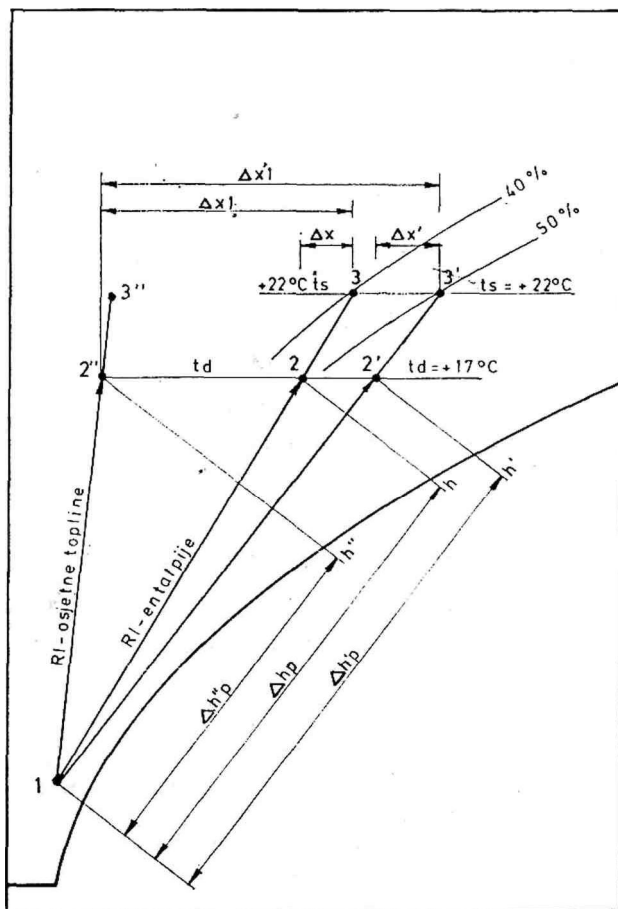
c) Utjecaj vlažnosti sobnog uzduha na regeneraciju topline iz otpadnog uzduha. U $i-h$ dijagramu na sl. 11. prikazane su promjene stanja uzduha kod temperatura osjetne topline i cijele entalpije za stanja sobnog uzduha $+22^\circ\text{C}/40\%$ r.v. i $+22^\circ\text{C}/50\%$ r.v. i vodenno ovlaživanje. Uz pretpostavku da je u oba slučaja temperatura dovodnog uzduha određena za $+17^\circ\text{C}$, potrebno je manje dogrijevaranje dovodnog uzduha za veću vlažnost sobnog uzduha (DG od tačke 4' do 5') nego kod manje sobne vlažnosti (DG — od točke 4 do 5). Ovo vrijedi u slučaju primjene regeneratora cijele entalpije.

U datom slučaju potrebno je dovoditi oko 43% više topline za dogrijevanje dovodnog uzdu-

ha za sobno stanje $+22^\circ\text{C}/40\%$ r.v. nego za stanje $+22^\circ\text{C}/50\%$ r.v. Iz ovog proizlazi, da je s energetskog gledišta, kod vodenog ovlaživanja li primjene regeneratora cijele entalpije, povoljnije držati višu relativnu vlažnost prostorije, jer je u tom slučaju dogrijevanje uzduha jaftinije. Viši komfor je jeftiniji od nižeg. Kod istog načina ovlaživanja i primjene regeneratora osjetne topline ili rekuperatora (isl. 11), stanje je opet »normalno«. Za višu vlažnost potrebno je i više energije za dogrijevanje uzduha i obratno (DG, i DG',).

Kod parnog ovlaživanja i za ista stanja uzduha ikao prije, temperature dovodnog uzduha na izlazu iz regeneratora entalpije dznose u oba slučaja $+17^\circ\text{C}$ pa dogrijevanje nije potrebno. Međutim potrebno je (uzduh ovlaživati. Iz $i-h$ dijagrama na slici 12. vidi se da je u oba slučaja, kod istog stupnja iskorištenja topline regeneratrnog izmjenjivača topline, potrebna prilično ista količina pare ($/IX-/IX'$) za sobno stanje $+22^\circ\text{C}/40\%$ r.v. i $+22^\circ\text{C}/50\%$ r.v. pa je, s energetsikog gledišta svejadno koje ise istanje uizduha u prostoriji odabere. U ovom slučaju su jedino ugađnost čovjeka, odnosno Heihnolloški zahtjevi u industriji, mjerodavini za određivanje stanja sobnog uzduha.

U slučaju priimjene Tageneratora osjetne topline d rekuperatora (sl. 12) veći se komfor plaća i (većom količinom pare za ovlaživanje



Sl. 12. Utjecaj relativne vlage prostorije na regeneraciju topline pri parnom ovlaživanju

($\Delta X_T > \Delta X_1$), ipa je kod ovakvih uređaja, s energetskog gledišta, potrebno odabrati najniža moguća stanja prastorija koja su komforom, odnosno tehnološkim procesom u industriji, dozvoljena.

ZAKLJUČAK

Kod provjetravanja i .kliknatiiziranih prostorija i cijelih objekata odsisni i klima prozori kako u pogledu ugodnosti iskorištenja radnog prostora tako i u pagledu (Utroška pogonske energije, hlađenje i dovod uzduha znatno isu povoljniji od uobičajenih izvedibi prozora i uobičajenog odsisavanja uzduha iz prostorije.

Kod pnimjene regeneratora entatpije za povratno dobivanje topline iz otpadnog uzduha za vrijeme pogona grijanja, kod parnog i vodenog ovlaživanja dovodnog uzduha, dobija se ista količina topline natrag kod odsisnih prozora kao i kod sobnog odsisivanja. Jedino kod primjene regeneratora osjetne topline i rekuperatora, može se dobiti više topline iz otpadnog uzduha natrag kod sobnog odsisavanja nego u .slučaju odsisnog prozora. Pošto se ovo odnosi na ekstremna vanjska stanja, koja nastupaju samo kratiko vrijeme u godini, te se ova prednost može zanemariti jer će neznatno utjecati na troškove pogona.

U ljetnom pogonu, zbog odvođenja znatne količine dozračene sunčeve energije kao i dobrog dijela topline rasvjete odsisnih ozdubom, njegova se temperatura diže obično iznad $+30^{\circ}\text{C}$. U ovom slučaju su rageneratori osjestme topline i rekuperatori nekorisni, pa je u ciiju štednje električne energije, preporučljivo predvidjeti ophodni pogon pored oviih izmjenjivača, topline i smanjiti broj okretanja ventilatora.

Kod regeneratora entalpije, dobija se latentna topliina iz otpadnog uzduha natrag, što smanjuje rashladnu moć i hladnjak uzduha.

U silučaju primjene regeneratora entalpije i vodenog ovlaživanja, s višom relativnom vlažnošću prostorije opada utrošak toplinlske energije za dogrijavanje uzduha. Kod parnog ovlaživanja količina pare ostaje za sva stanja prostorije otprilike jednaka. To znači, da primjenom regeneratora entalpija, viši komfor košta manje ili u najgorem slučaju ne košta više od nižeg komfora. Kod reganeratora osjetne topline i rekuperatora viši komfor košta u svakom slučaju više.

Primjena »protecta^sol« prozora nije, kako s energetskog tako ni iz funkcionalnog gledišta, opravdana jer on pokazuje znatno više nedostataka nego prednosti.

Klima prozori s energetskog gledišta su sigurno najpovoljniji, ali su investicije u njih i ventilacioni uređaj nešto više od onih za odsisne prozore.

U svakom slučaju treba kod svakog objekta zasebno ispitati ekonomičnost primjene pojedinih vrsta odsisavanja, konstrukcije prozora i regeneracije toplote, kako bi se moglo odabrati optimalno rješenje, ne pojadinih elemenata, nego celog sistema.

LITERATURA

- [1] WIEDMER, P.: »Protecta — sot« Klimafenster, Schweizerische Blatter fur H u. L Nr. 2/1975. [2] KOSTRZ, B.: Klimafenster und Klimajassade — SIS, Schweizerische Blatter fur H u. L Nr. 2/1975.
- [3] SCHUCHARD, H. E.: Das KICON — Klimafassa. den — System, Schweizeische Blatter fur H. u. L Nr. 2/1975. [4] SOHLEBERG, J. u. SODERGREN, D.: Krankenhausbau dargestellt am Beispiel eines neuen Krankhauses, HLH 27, Nr. 3/J1976.