

**Inž. Dane Šikić,**  
Poljoprivredni fakultet, Zagreb

## **OSNOVNI UVJETI ZA FUNKCIONALNU IZGRADNJU ZATVORENOG TIPA NASTAMBI ZA GOVEDA**

### **I. OPCENITO**

Čovjek je oduvijek koristio domaće životinje u razne svrhe, pa tako u većoj ili manjoj mjeri i vodio stanovitu brigu oko uzgoja i držanja stoke. Ova briga se u prvim počecima sastojala u dobroj ispaši uz dovoljno sunca i svježeg uzduha, ali lošeg zaklona od vremenskih nepogoda. Tokom vremena čovjek proizvođač spoznaje da za pravilan uzgoj stoke treba graditi bolji i čvršći zaklon vodeći tako računa o pravilnijem izboru gradiva. Znači, današnja krupna industrijska proizvodnja u stočarstvu diktira konstruktorima nastambi daleko veću brigu oko pravilnog izbora gradiva s jedne strane i osiguranja optimalnih ambijentalnih uvjeta sa druge strane.

Prema tome mi vršimo odgovarajuće provjetravanje nastambe, tj. kondicioniranje unutrašnjeg uzduha uz dovođenje potrebne količine čistog i svježeg uzduha već prema broju proizvodnih grla. Kod projektiranja i izgradnje moderne i suvremene nastambe treba voditi računa o slijedećem:

a) kako izgraditi ekonomičnu, funkcionalnu i perspektivno odgovarajuću nastambu uz krajnje moguću štednju u gradivu i prostoru;

b) kako osigurati i održavati u granicama ekonomičnosti optimalne ambijentalne uvjete;

c) kako štetan utjecaj unutrašnjeg vlažnog uzduha na konstrukciju nastambe te samu proizvodnju svesti na što manju mjeru;

d) kako odabrati najpovoljniji tip ventilacionih uređaja;

e) kako transmisijske gubitke topline kroz zidove, strop, pod i otvore svesti u granice dozvoljenog;

f) kako odrediti tip i stupanj mehanizacije za dotičnu vrst proizvodnje u odnosu na intenzitet iskorištenja i ekonomičnost ulaganja.

Pored navedenih faktora o kojima treba voditi računa postavlja i cijeli niz drugih problema oko veterinarsko-higijenskih i sanitarno-tehničkih uvjeta koje mora ispunjavati suvremeno građena nastamba za goveda. Na kraju možemo zaključiti da kompleksnost i specifični uvjeti tretirane problematike nedvosmisleno upućuju na rješavanje ovih problema putem angažiranja širokog kruga stručnjaka na strogo naučnoj bazi. Cilj je da se na suvremen način riješe i međusobno sinhroniziraju svi elementi visokospecijalizirane i krupne industrijske proizvodnje u stočarstvu u takvim ambijentalnim uvjetima koji to omogućuju.

### **II. VANJSKI I UNUTRAŠNJI UTJECAJI**

Promatramo li sve važnije utjecaje koji mogu direktno ili indirektno štetno djelovati na građevno-tehničku vrijednost nastambe i samu proizvodnju zaključit ćemo da ih možemo podijeliti u dvije osnovne skupine utjecaja. Prvu skupinu tzv. **vanjskih utjecaja** sačinjavaju (vlaga, kiša, snijeg, led, sunčane zrake, toplina, svjetlo, vjetar, požar itd.) Ti utjecaji ne predstavljaju

ju neke veće teškoće, pogotovo ako je nastamba pravilno zaštićena od atmosferilija i vlage. Druga skupina tzv. **unutrašnjih utjecaja** predstavlja mnogo teži i složeniji problem.

Kako se štetno djelovanje unutrašnjeg utjecaja uvelike odražava na građevno-tehničku i izolacionu sposobnost nastambe i samu proizvodnju, potrebno je ove utjecaje promatrati detaljnije. Od važnijih utjecaja treba promatrati slijedeće utjecaje u cilju traženja konkretnih odgovora za navedene probleme.

- A. utjecaj transmisijskih gubitaka topline i toplinskih zbijanja u nastambi;
- B. utjecaj molekularnog transporta i difuzije vodenih para u nastambi;
- C. utjecaj unutrašnjeg vlažnog uzduha i stvaranja kondenzata u nastambi;
- D. utjecaj načina i svrhu provjetravanja nastambe;
- E. utjecaj toplinskih mostova na termičko-izolacioni poremećaj u nastambi.

To znači da za izgradnju odgovarajućih nastambi i njihovo ekonomično održavanje treba utjecaj unutrašnjeg vlažnog uzduha, temperaturu, kretanje i difuziju vodenih para, te transmisijske gubitke topline i pojavu kondenzata svesti u granice dozvoljenog.

Prema tome, ovo neophodno stvaranje odgovarajućih ambijentalnih uvjeta sredine, kako za radnog čovjeka tako i za proizvodno grlo (tj. životinju) zahtijeva pravilno rješavanje cijelog niza problema, gdje se postavljaju slijedeća pitanja:

- a) koju količinu ugljičnog dioksida, amonijaka i sumporne kiseline smije sadržavati stajski uzduh;
- b) koju temperaturu unutrašnjeg uzduha treba održavati u nastambi i uz kakvu relativnu vlažnost kod tih temperatura;
- c) koje zahtjeve možemo postaviti na sistem provjetravanja;
- d) koje najveće brzine strujanja unutrašnjeg uzduha možemo dozvoliti u blizini životinjskog tijela u nastambi;
- e) koja svojstva moraju imati odgovarajuća prikladna ležišta za životinje;
- f) koja svojstva moraju imati zidovi, stropovi, podovi i otvori (vrata i prozori) u nastambi;
- g) koje zahtjeve postaviti na osvjetljenje nastambe, tj. koliko osvjetljenja treba osigurati u nastambi danjem svjetlu a koliko noću, umjetnim osvjetljenjem;
- h) kakve higijensko-tehničke zahtjeve tražimo kod držanja goveda u intenzivnoj proizvodnji;
- i) koliko nastaje topline i vlage u nastambi koju proizvedu životinje;
- j) koje se kemijske promjene unutrašnjeg uzduha očekuju u zatvorenom tipu nastambe s obzirom na otpadne tvari i vlažnu mikroklimu za dotični tip proizvodnje;
- k) koje odnose kod vanjskog uzduha s obzirom na temperaturu i relativnu vlagu trebamo smatrati bazom.

### III. MEĐUSOBNI ODNOSI VENTILACIJE I IZOLACIJE

Posljednjih godina sve se više poklanja pažnje međusobnom odnosu ventilacije i izolacije kod izgradnje zatvorenog tipa nastambi za životinje. Odmah treba naglasiti da je taj problem kompleksne naravi i da ovisi o velikom broju faktora kao što su vremenske prilike, izolacija nastambe, brojno stanje, vrsta i dob životinje, zračenje itd. Prema tome, ako to želimo matematski obuhvatiti, tj. sistematski uokviriti sve poznate faktore, moramo znati da osnova svakog rješenja počiva na ravnoteži između topline i vlage. Svrha je takvog matematskog uokvirenja da putem nomograma možemo odrediti odgovarajuću ventilaciju i izolaciju za normalne klimatske okolnosti gdje se nastamba izgrađuje. To znači da je zadaća nomograma određivanje međusobnog odnosa ventilacije i izolacije, tj. regulacije temperature i stupnja vlažnosti za zimsku i ljetnu ventilaciju. Prof. inž. K. L. Petit proučavajući bioklimu u nastambama za životinje, na naučnim osnovama postavlja jednadžbe za ravnotežu topline i vlage koje glase:

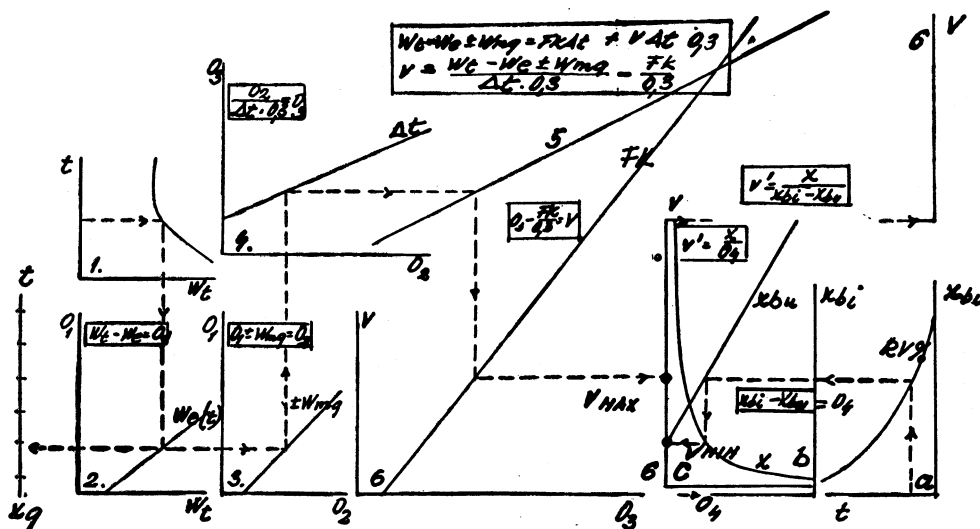
a) Za ravnotežu topline:

$$W_t - W_e \pm W_{mg} = F \cdot k \Delta t \pm W_{max} \cdot \Delta t \cdot 0,3$$

b) Za ravnotežu vlage:

$$V'_{min} = \frac{X}{X_{bi} - X_{bu}}$$

#### SASTAVLJANJE I PRIJEMNA NOMOGRAMA



Slika br. 1

Sada možemo obje ravnoteže grafički prikazati u istom sistematski sastavljenom nomogramu koji nam omogućuje pregledno očitovanje vrijednosti bez potrebe računanja.

Prema tome, ravnotežu topline koja je data omjerom pod »a« možemo pisati u ovom obliku:

$$V_{\max} = \frac{Wt - We + Wmg}{\Delta t \cdot 0,3} - \frac{F \cdot k}{0,3}$$

Količina ventilacije » $V_{\max}$ « (m<sup>3</sup>/h) po proizvodnom grlu polazeći od toplinske ravnoteže iskazuje se brojkama koje govore koliko trebamo ventilirati zimi, a da zadržimo optimalnu temperaturu u nastambi. Koliko trebamo zimi ventilirati a da zadržimo optimalnu relativnu vlažnost (4%) unutrašnjeg uzduha (» $V_{\min}$ «) u (m<sup>3</sup>/h) određujemo to iz omjera ravnoteže vlage gdje imamo da je:

$P_2$  — gustoća vodene pare u unutrašnjem uzduhu

$P_s$  — gustoća zasićenosti uzduha kod zidne temperature

Za količinu vodene pare defundirane kroz stijene nastambe primjenjujemo slijedeću formulu:

$$X_d = \frac{P_2 - P_1}{\frac{1}{\beta'_1} + \frac{d_1}{k D_1} + \frac{d_2}{k D_2} + \frac{1}{\beta'_2}}$$

gdje je:

$X_d$  — količina vodene pare koja defundira kroz stijenju nastambe [g/m<sup>2</sup>,h] ,  
 $kD_1$  i  $kD_2$  — koeficijenti vodljivosti vlage raznih gradiva iz kojih je stijena građena

$d_1$  i  $d_2$  — debljina pojedinih dijelova zida

$\beta'_1$  i  $\beta'_2$  — prijelazni koeficijenti vodene pare

Ovi koeficijenti prijelaza vodene pare mogu se definirati slijedećim omjerom:

$$\beta' = \frac{\beta}{R_D \cdot T}$$

gdje je:

$\beta$  — prelazni koeficijent

$R_D$  — plinska konstanta za vodenu paru

$T$  — apsolutna temperatura

$$V_{\min} = \frac{V'_{\min}}{1.235}$$

gdje je:

$V'_{\min}$  — količina ventilacije potrebna da se relativna vlažnost unutrašnjeg uzduha održi u optimalnim granicama za dotičnu vrst proizvodnje  
 $X_{bi}$  i  $X_{bu}$  — sadržina vlage unutrašnjeg i vanjskog uzduha u [g/kg] suhog uzduha

Vodenu paru  $X = X_g + X_v - X_d$  koju treba ukloniti putem ventilacije po proizvodnom grlu na sat čini količina vodene pare koju su izlučile životinje » $X_g$ « uz dodatak isparene količine s vlažnih stajskih površina i stajskog gnoja » $X_v$ « umanjena za količinu vodene pare koju se defundira i kondenzira » $X_d$ «.

Za slučaj stvaranja kondenzata u nastambi količinu » $X_d$ « možemo izračunati na slijedeći način:

$$X_d = \beta'_1 (P_2 - P_s)$$

gdje je:

$X_d$  — količina kondenzirane vodene pare u [kg/m<sup>3</sup>/h]

$\beta'_1$  — prelazni koeficijent vodene pare

Prema tome možemo zaključiti da ventilacija zimi mora biti niža od (» $V_{\max}$ «) a viša od (» $V_{\min}$ «). Za određivanje regulacije temperature i regulacije stupnja vlažnosti ( $\varphi$  %) moramo također poznavati sposobnost toplinske regulacije kod životinja. Kako produkcija topline (» $W_t$ «) nije konstantna i ovisi o samoj životinji i faktorima okoline treba voditi računa o promjenljivoj proizvodnji topline, tj. funkcijama određenih životinjskih i stajskih karakteristika. Jedan dio ukupne produkcije topline (» $W_i$ «) zbog isparavanja dišnim putem i na površini kože (znojenje) je latentan (» $W_e$ «) što je u funkciji promjenljivog metabolizma životinje. Količina topline u nastambi može biti izgubljena ili dobivena (+  $W_{mg}$ ) tj. može biti pozitivna ili negativna vrijednost što također utječe na toplinsku ravnotežu. Jedan dio količine topline se troši na sušenje vlažnih površina poda pa to onda djeluje negativno, dok pozitivni utjecaj na količinu topline (» $W_{mg}$ «) ima sunčana toplina kao i toplina dobivena kod fermentacije u stelji. Na količinu topline u nastambi utječu i svi transmisijski gubici topline kroz zidove, pod, strop i otvore. Promatramo li transmisijske gubitke iz nastambe, vidjet ćemo da oni ovise o slijedećim faktorima:

1. O prijelazu unutrašnje topline uzduha na površinu zidne stijene, što matematski izraženo glasi:

$$t_u - \vartheta_u = \frac{Q}{F} \cdot \frac{1}{\alpha_u}$$

pa će gubitak topline u tom momentu biti jednak:

$$Q = \alpha_u \cdot F (t_u - \vartheta_u)$$

2. O sprovođenju topline unutar same zidne stijene, što matematski izraženo glasi:

$$\vartheta_u - \vartheta_v = \frac{Q}{F} \cdot \frac{d}{\lambda}$$

pa će gubitak topline u tom momentu biti jednak:

$$Q = \frac{\lambda}{d} \cdot F (\vartheta_u - \vartheta_v)$$

3. O prijelazu topline s vanjske površine zidne stijene na vanjski uzduh, što matematski izraženo glasi:

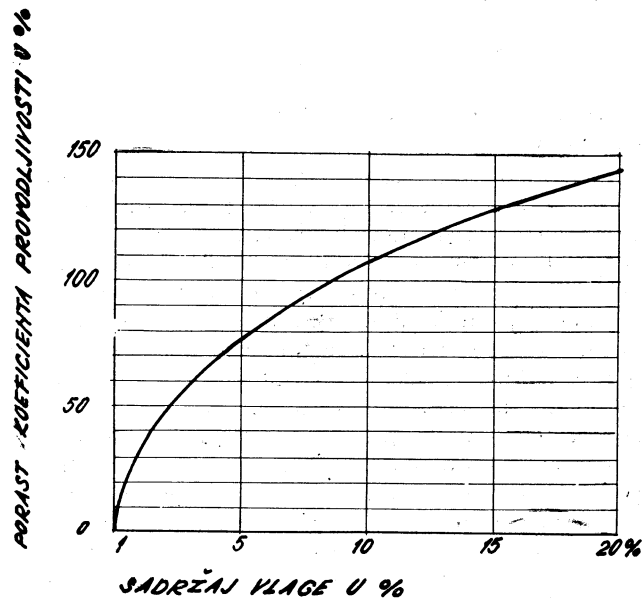
$$\vartheta_v - t_v = \frac{Q}{F} \cdot \frac{1}{\alpha_v}$$

pa će gubitak topline u tom momentu biti jednak:

$$Q \equiv \alpha_v \cdot F \cdot \vartheta_v - t_v$$

Zbrajanjem jednadžbi pod 1, 2 i 3 dobit ćemo da je ukupni gubitak topline kroz neku zidnu stijenu za temperaturnu razliku između unutrašnjeg i vanjskog uzduha  $\Delta t = (t_u - t_v)$  jednak:

$$Q = k \cdot F \cdot (t_u - t_v)$$



UTJECAJ SADRŽAJA VLAŽNOSTI U GRADIVU NA TOPLINSKU VRIJEDNOST IZOLACIJE U %

Slika br. 2

Prema tome možemo zaključiti da transmisijski gubici topline ovise:

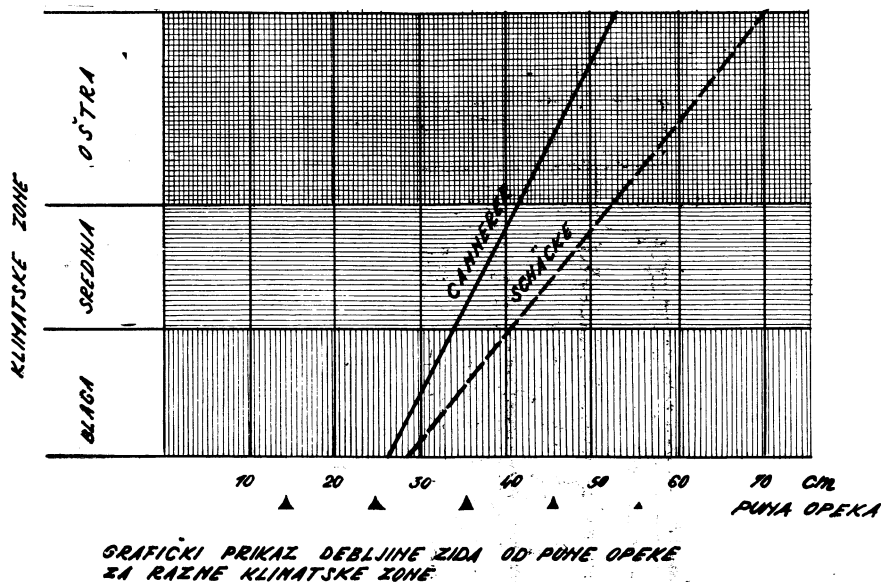
— o količini prolaza topline kroz zidnu stijenu same nastambe, tj. o vrijednosti koeficijenta prolaza topline »k« već prema vrsti gradiva iz kojeg je stijena građena

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_v}} \quad \text{u [kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C]}$$

— o temperaturnoj razlici između unutrašnjeg i vanjskog uzduha

$$\Delta t = (t_u - t_v)$$

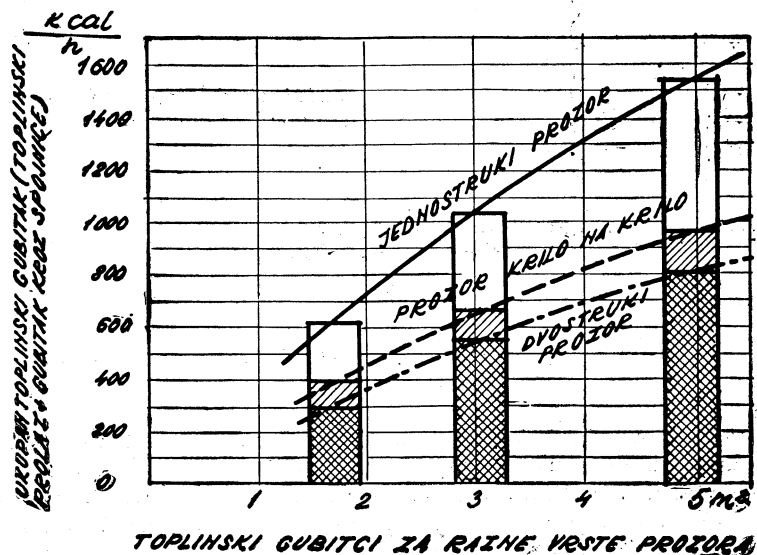
— o površini zidne stijene »F« koja je izložena gubicima topline iz nastambe.



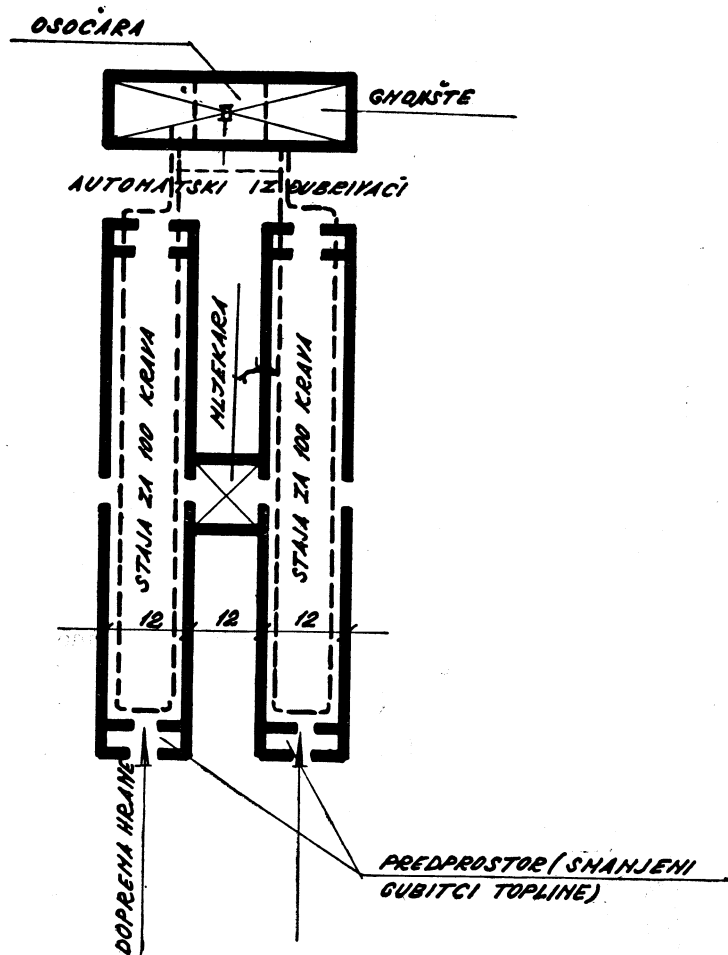
Slika br. 3

Ako kod proračuna gubitaka topljne iz nastambe želimo obuhvatiti i faktor koji je uvjetovan i položajem nastambe s obzirom na strane svijeta onda će gubici topline biti:

$$Q_B = \left(1 + \frac{Z_H}{100}\right) \cdot \sum k \cdot F \cdot \Delta t$$



Slika br. 4



**PROIZVODNA JEDINICA ZA 200 KRAVA  
SA ZAJEDNICKOM HLJEKAROM I GNJASTEM**

Slika br. 5

#### IV. UTJECAJ UNUTRAŠNJEG VLAŽNOG UZDUHA I STVARNOG KONDENZATA

Kako uzduh kod neke određene temperature može da primi samo jednu određenu maksimalnu sadržinu vlage (sadržina zasićenosti), to svako povišenje te granice izaziva orošavanje u obliku magle ili rose. Ove površinske pojave (stvaranje kondenzata) mogu se računski utvrditi i prema tome spriječiti, dok unutrašnje difuzno i kapilarno djelovanje vodene pare zahtijeva posebne postupke.



Kako temperatura unutrašnjeg uzduha ( $t_u$ ) zimi počinje opadati, na odstojanju od oko 10 cm od unutrašnje stijene, to će uzduh hlapiti na takvoj hladnoj stijeni i kod prekoračenja temperature rosišta ( $t_s$ ) nastaje kondenzat. Za sprečavanje stvaranja kondenzata mi postavljamo takvu toplinsku branu gdje otpor prolaza topline mora biti jednak:

$$\frac{1}{k} < \frac{1}{\alpha u} \cdot \frac{t_u - t_v}{t_u - t_s} \quad u \text{ [m}^2\text{h}^0\text{/kcal]}$$

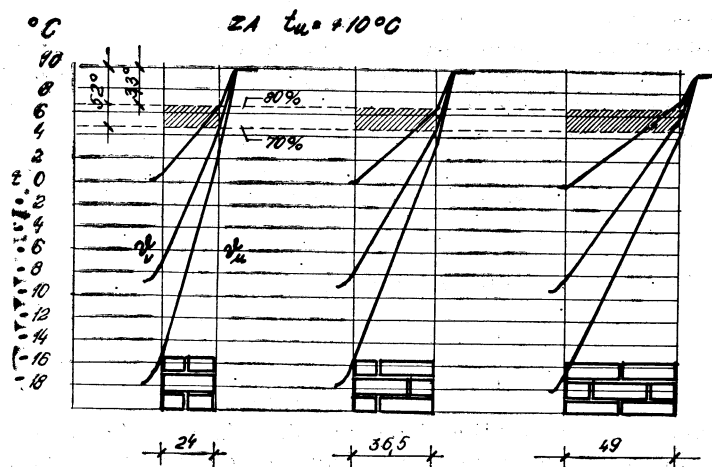
ili da je vrijednost prolaza topline jednaka:

$$k < \alpha u \cdot \frac{t_u - t_s}{t_u - t_v} \quad u \text{ [kcal/m}^2\text{h}^0\text{]}$$

Prema tome, možemo zaključiti da postoji veća mogućnost pojave kondenzata na onim površinama gdje je vrijednost koeficijenta prolaza topline " $\alpha$ " manja, a vrijednost otpora prielaza topline ' $\frac{1}{\alpha}$ ' veća. Logično je da vrijednosti za unutrašnje koeficijente prelaza topline " $\alpha u$ " budu manje od vanjskih " $\alpha_v$ " zbog gibanja vanjskog uzduha, pa će eventualni kondenzat na vanjskoj površini brzo ishlapiti uslijed djelovanja vjetra.

Kod proračunavanja odgovarajućih termičkih brana uzimamo ove podatke za vrijednost prijelaza topline i otpora prema njemačkim propisima (DIN 4108).

Red. br.	Način prelaza	(„ $\alpha$ ”) kcal/m <sup>2</sup> h <sup>0</sup> C	(„ $\frac{1}{\alpha}$ ”) m <sup>2</sup> h <sup>0</sup> C/kcal
1.	Ustajali uzduh (u kutovima) prirodnom ventilacijom za stijene, podove i stropove kod prelaza odozdo prema gore.	7	0,14
2.	U zatvorenim prostorijama s prirodnom ventilacijom za podove i stropove kod prelaza odozgo prema dolje.	5	0,20
3.	U zatvorenim prostorijama s prirodnom ventilacijom za podove ispod negrijanih potkrovlja.	10	0,10
4.	Izvana kod strujanja zraka, brzine 2 m/sek.	20	0,05

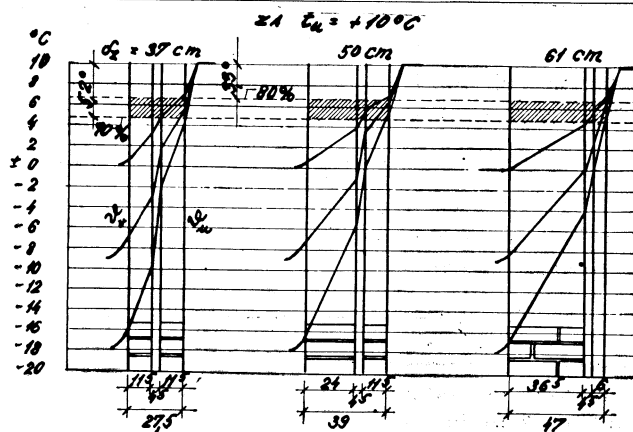


PRIKAZ KRETANJA VANJSKE I UNUTARNJE TEMPERATURE ZIDA ZA RAZNE DEBLJINE ZIDA OD PUNE OPEKE

Slika br. 6

Za tačniji proračun možemo uzimati podatke prema Cammereru gdje imamo detaljnije podatke za uzdužna gibanja u prostorijama:

Red. br.	Gibanje uzduha u prostoriji	„ $\alpha$ ”	„ $\frac{1}{\alpha}$ ”
1.	Ustajali uzdah (u kutovima)	4	0,25
2.	Miran uzduh	5 — 6	0,20 — 0,17
3.	Osjetljivo gibanje uzduha	7	0,14
4.	Lagano gibanje uzduha	8 — 10	0,12 — 0,10
5.	Gibanje vanjskog uzduha (2m/sek)	20	0,05



PRIKAZ KRETANJA VANJSKE I UNUTARNJE TEMPERATURE ZIDA, ZA RAZLIČITE DEBLJINE ZIDOVA SA ZRAČNIM PROSTOROM (ZA  $t_{u} = +10^{\circ}\text{C}$  KOD  $\gamma = 70\%$   $t_{p} = 4,8^{\circ}\text{C}$ )

Slika br. 7

Kako je rosište ona temperatura kod koje se vlažan uzduh može ohladiti kod čega se postiže njegova potpuna zasićenost ( $\varphi = 100\%$ ) to se kod daljnjeg ohlađivanja pojavljuje kondenzat. Prema tome, glavni uzrok stvaranja kondenzata je nedovoljni toplinski otpor zidne stijene i veliko ohlađenje uzduha u nastambi. Za pravilno određivanje toplinske izolacije neke zidne stijene i mogućnost pojavljivanja vlage u gradivu moramo poznavati:

- krivulje temperature,
- krivulje pritiska vodene pare u zasićenom stanju,
- te krivulje djelomičnog parnog pritiska.

Grafičko prikazivanje krivulje opadanja temperature za prosuđivanje vanjske i unutrašnje površine zidne stijene pokazuje nam granica do koje doseže pojavljivanje mraza (zona mraza). Prema tome pad temperatura pojedinog sloja bit će jednak:

$$u) = \frac{\text{vrijednost otpora pojedinog sloja}}{\text{zbroj svih otpora}} \text{ razlika temperature}$$

$$\nabla t (n) = \frac{1/\Lambda (n)}{1/k} \cdot (t_u - t_v)$$

Ukoliko trebamo samo vanjsku ili unutrašnju temperaturu površine neke zidne stijene služimo se formulom

$$t_u = t_v - \frac{1}{\alpha_u} \cdot \frac{\Delta t}{k}$$

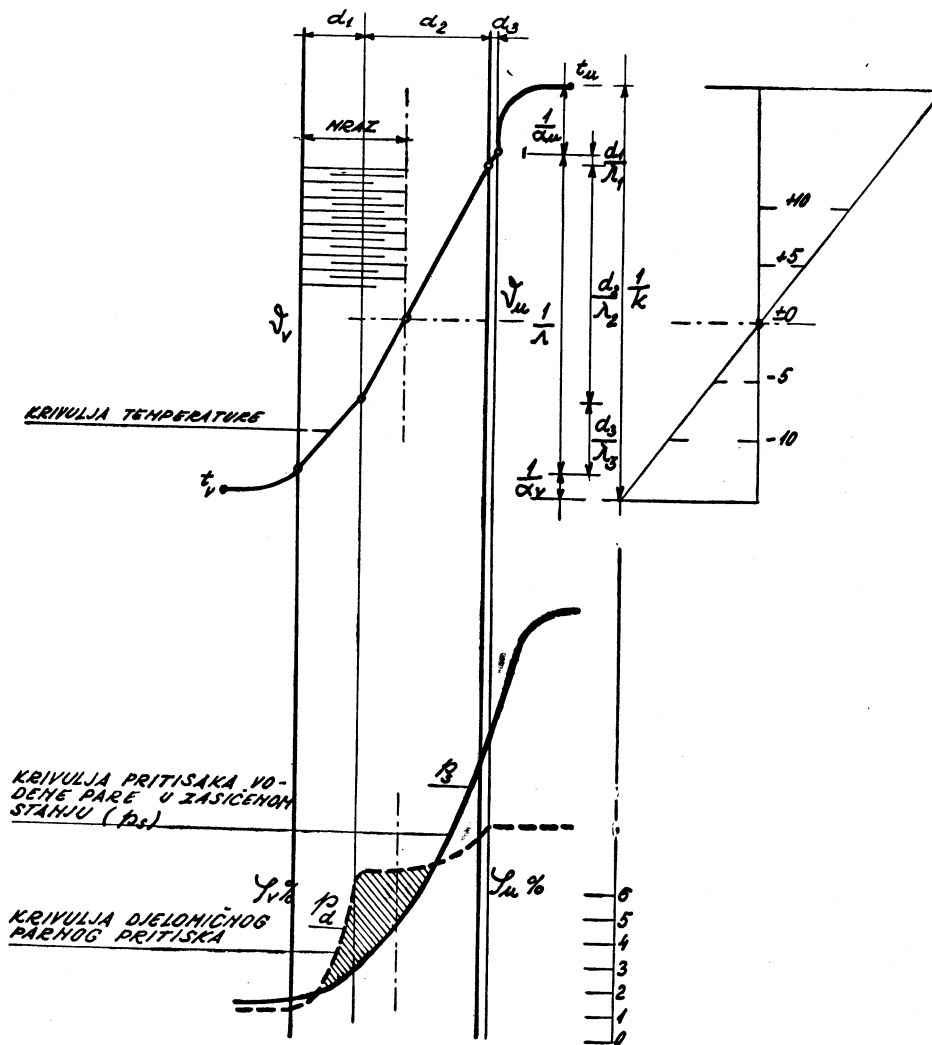
Svako gradivo može maksimalno primiti samo onu količinu vlage koju nazivamo **količinom zasićenja** ( $p_s$ ) s izvjesnim parnim pritiskom. Ako sada u nekoj zidnoj stijeni postoji jači pritisak, tako da krivulja djelomičnog pritiska pare ( $p_a$ ), prekoračuje krivulju pritiska vodene pare u zasićenom stanju ( $p_s$ ) onda očekujemo kondenzat.

Analogno toplinskoj propustljivosti zida ( $\Lambda$ ) označujemo jedinicu propustljivosti vodenih para sa »D« u [ $p/m^2 \text{ mm Hg}$ ]. Također kao što smo imali da je recipročna vrijednost kod toplinske propusnosti jednaka ( $\frac{1}{\Lambda}$ ) tako će i otpor propusnosti vodenih para biti jednak:

$$\frac{1}{D} = \frac{d \text{ (u metrima)}}{\sigma \text{ (prema tabelama)}}$$

Prema tome će i vrijednost pada djelomičnog parnog pritiska pojedinih slojeva gradiva biti jednaka:

$$\Delta p_d(n) = \frac{\frac{1}{D} \text{ (pojediniog sloja)}}{\frac{1}{D} \text{ (suma otpora pritisaka)}} \cdot \text{diferencija parnog pritiska}$$



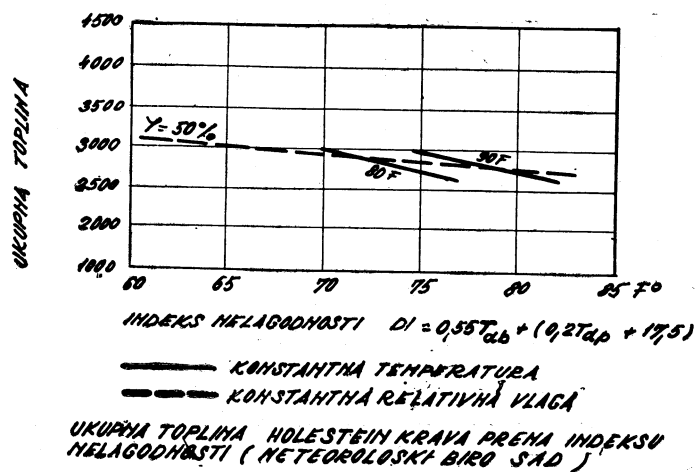
GRAFIČKI PRIKAZ KRIVULJA: TEMPERATURE, PRITISAKA VODENE PARE U ZASICEONOM STANJU I DJELOMICHOG PARNOG PRITISAKA

Slika br. 8

Kod navedenog grafičkog prikaza je vidljiva krivulja temperature, te krivulja pritiska vodene pare u zasićenom stanju ( $p_s$ ) koju u navedenom slučaju krivulja djelomičnog pritiska vodene pare ( $p_a$ ) prekoračuje, pa tu onda očekujemo kondenzat. To znači da sloj gradiva označen u crtežu s debljinom ( $d$ ) sprečava vanjsko isparavanje zbog svog velikog difuznog otpora, pa sva para koja prodire iz unutrašnjosti prostorije prema vani na hladnijem kontaktu ovog sloja kondenzira. Ovo se dešava i kada je toplinska izolacija stijene dovoljno velika za dotično klimatsko područje (slika br. 8).

Kada je u pitanju industrijski način građenja suvremenih nastambi za goveda, uz primjenu suvremenih materijala i postupaka kod građenja, osnovna su pravila za takve zidne stijene mnogo složenija. Prema tome, zidne stijene rađene u vidu višeslojnih ispuna (panoa) ili slično moraju zadovoljiti sljedećim uvjetima:

- da osiguravaju jednolični pad temperature i pritiska zasićenosti vodenom parom,
- da osiguravaju odgovarajuću akumulaciju topline,



Slika br. 9

- da omogućuju veliko kapilarno upijanje s odgovarajućim molekularnim transportom vodenih para uz mogućnost isparivanja na vanjskoj površini zidne stijene,
- da omogućuju dozvoljeno primanje vodenih para ( $12,50 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ) u stanovitim prilikama bez štetnog djelovanja,
- da pružaju odgovarajuće otpore toplinske propustljivosti koja je tražena za zidnu stijenu kod takve nastambe za životinje.

Važnost utjecaja temperature i relativne vlažnosti na samu proizvodnju potvrđuju i ispitivanja Roberta E. Stewarta člana A. S. A. E. (American Society of Agricultural Engineers) koji govoreći o problemima »fizičke okoline« (ambijenta) kod smještaja krava muzara ističe, koliko je sveobuhvatan i važan ovaj termin za konstruktora nastambi za životinje. On navodi u svom izlaganju da u zatvorenom tipu nastambi za goveda vlaga može biti kontro-

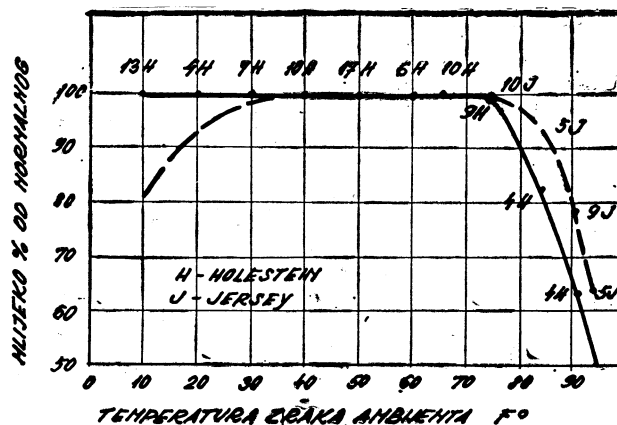
lirana posredstvom odgovarajućeg rada ventilacionog sistema ili klima uređaja. Također napominje pojam pod imenom »**indeks nelagodnosti**« (Discomfort indeks) koji može građevinarima koristiti za izgradnju funkcionalne nastambe za stoku. Meteorološka služba pod tzv. »**indeksom nelagodnosti**« nastoji konstruktorima nastambi pružiti korisnu metodu za proučavanje učinka temperature i relativne vlage ukupno (slika br. 9).

$$DI = 0,55 T_{db} + (0,2 T_{dp} + 17,5)$$

gdje je

$T_{db}$  — temperatura mjerena i čitana na suhom termometru u stupnjevima F,

$T_{dp}$  — temperatura kada se formiraju kapi vlage, mjerena u stupnjevima F.



PROCENT NAJ NORMALNE PROIZVODNJE MLJEKA ZA RAZNE AMBIENTALNE TEMPERATURE KOD  $\varphi = 55 - 70\%$

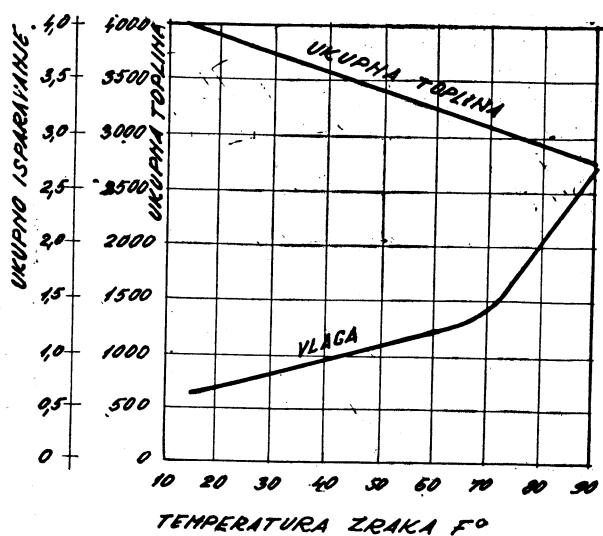
Slika br. 10

U jednoj izvršenoj kontroli eksperimenata na klimatskom laboratoriju univerziteta Missouri pokušalo se dovesti u vezu »indeks nelagodnosti« (DI) s proizvodnjom mlijeka na temperaturi koja se kreće od 65—90 F, radi odabiranja tipa i sistema klimatizacije mliječnih staja zatvorenog tipa.

Na priloženom grafičkom prikazu vidljiva su odstupanja normalne proizvodnje u odnosu na »indeks nelagodnosti«. Na temelju istraživanja i ostalih iskustava se pokazuje da krave muzare daju najbolju proizvodnju mlijeka kod temperatura između 45—65 F, u kojem okviru raspona temperatura i relativna vlaga ima beznačajan učinak, dok značajniji učinak nastaje kod većih temperatura. U okviru specificiranog raspona temperature se pokazalo da rastuća vlaga uz izvjesnu temperaturu prouzrokuje značajan gubitak u proizvodnji kod Holstein krava. Autor preporuča da bi konstruktor nastambi za goveda trebao pokušati da »indeks nelagodnosti« (DI) drži do oko 75 F kao najviši stupanj u zatvorenim nastambama.

Kako je problem vlage nevažan kod otvorenog tipa nastambe, toliko opet može biti akutan u zatvorenom tipu nastambi. Prikaz topline i vlage kod krava muzara, uključujući i vlagu koja se isparuje sa stajskih površina, a isključujući toplinu proizvedenu svjetlom, ljudima i opremom, daje krivulje koje se odnose na proizvodnju grla Jersey i Holstein vrste ispitivane kod  $\varphi = 55 - 70\%$  izuzev podatka od 90 F, koji je postignut u relativnoj vlazi  $\varphi = 20 - 50\%$ .

Pogledamo li sada grafički prikaz totalnog isparavanja kod Holstein krava i okolnih stajskih površina u odnosu na indeks nelagodnosti, vidjet ćemo ukupno isparavanje prema indeksu nelagodnosti.



UKUPNA TOPLINA I VLAGA RASPROSTRAJENA PO HOLSTEIN I JERSEY KRAVAMA U STAJSKIM USLOVIMA, KAO FUNKCIJA AMBIENTALNE TEMPERATURE (ZA  $\varphi = 55 - 70\%$ )

Slika br. 11

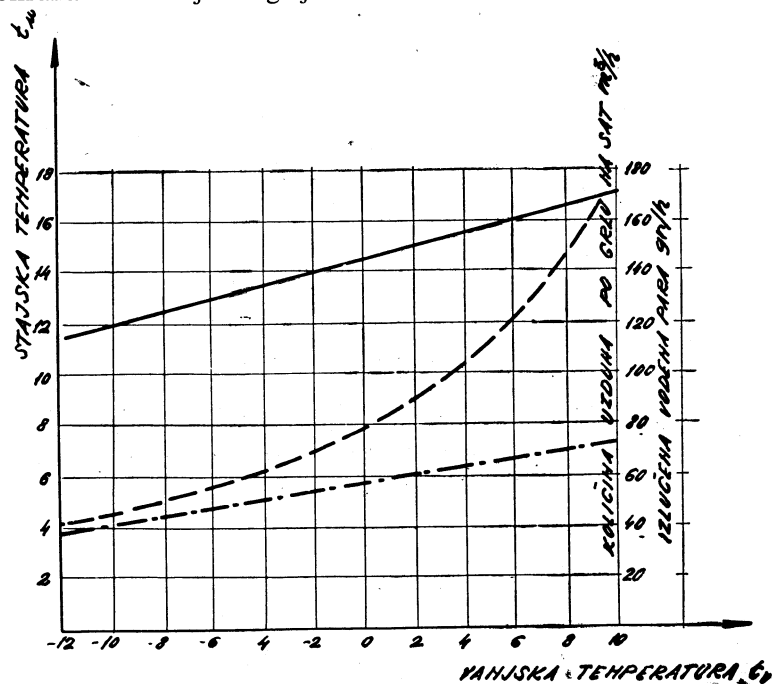
## VII. UTJECAJ RADA VENTILACIONOG SISTEMA

Pravilno provjetravanje nastambi zatvorenog tipa, tj. odabiranje odgovarajućeg ventilacionog sistema u doba krupne industrijske proizvodnje je od neprocjenjive vrijednosti. Važnost ovoga problema potvrđuje i činjenica da je još 1930/31 godine Dansko poljoprivredno društvo imenovalo posebni odbor stručnjaka na čelu sa inž. Jörn Högsbro čiji je zadatak bio ispitivanje dotadašnjih postojećih ventilacionih sistema u cilju detaljnijeg istraživanja i njihovog utjecaja na mikroklimu u staji i na građevno tehničke karakteristike i svojstva građiva. U tu svrhu su bile izgrađene tri nastambe s tri ugrađena ventilaciona sistema i to:

- sistem ventiliranja nastambe kroz prozore i strop,
- sistem kontrolirane ventilacije s hladnim uzduhom,
- sistem kontrolirane ventilacije s ugrijanim uzduhom.

Pored ispitivanja utjecaja ventilacionih sistema na mikroklimatske uvjete u nastambi i na građevno-tehničke karakteristike svojstva i trajnost građiva, istraživanja su obuhvatila i cijeli niz drugih faktora promatrana kroz pogodnost, ekonomičnost i ispravnost rada ventilacionih sistema. Ovaj problem pravilnog provjetravanja i odgovarajućeg odabiranja ventilacionog sistema postaje danas još aktuelniji. Stalna nastojanja stručnjaka da pronadu i odaberu što prikladniji i rentabilniji ventilacioni sistem za dotičnu vrst proizvodnje doveli su do stvaranja ogromnog broja ventilacionih sistema koje bi mogli sistematizirati u slijedeće tipove ili sisteme:

- sistemi horizontalne ventilacije,
- sistemi vertikalne ventilacije,
- sistemi vertikalne ventilacije s kanalima,
- vertikalni sistemi ventilacije sa direktnim odvodom,
- kontrolirana ventilacija s hladnim uzduhom,
- kontrolirana ventilacija s ugrijanim uzduhom.



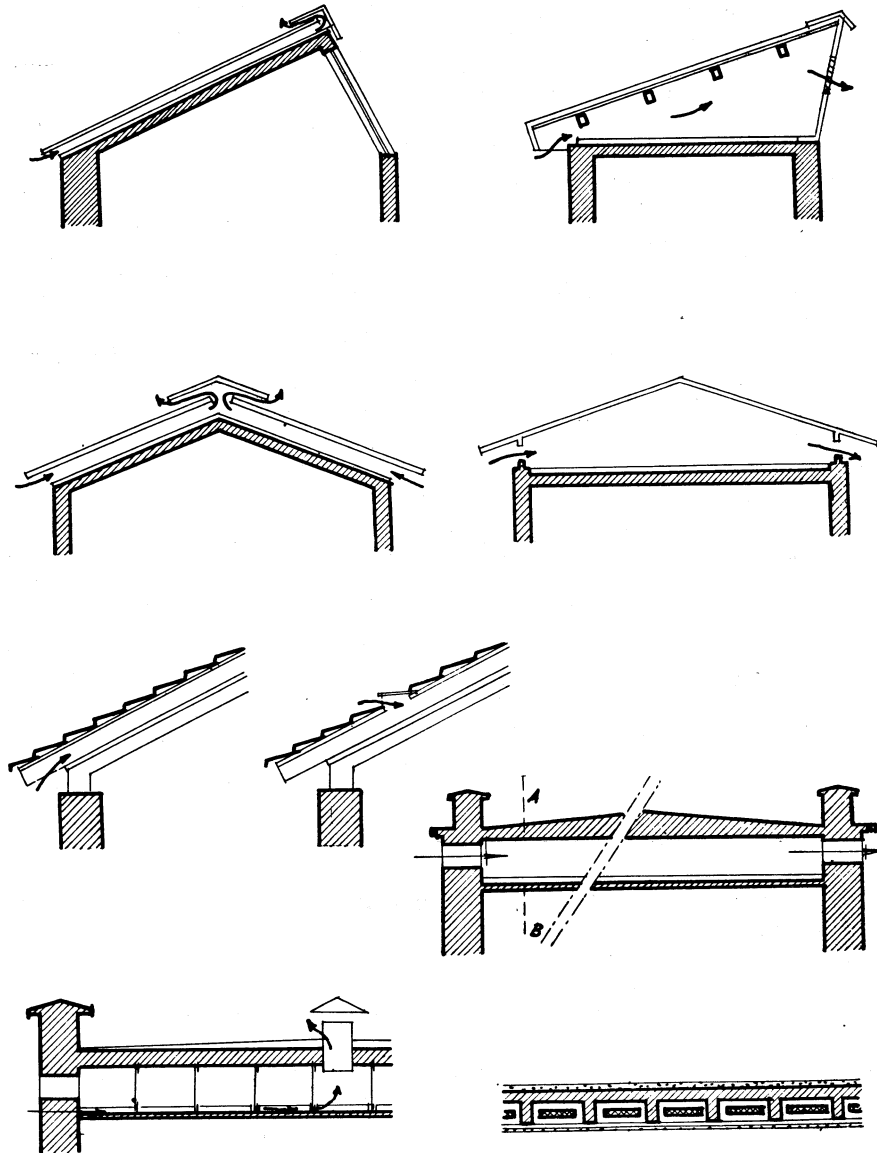
LEGENDA

- STAJSKA TEMPERATURA
- - - KOLIČINA DOVODA SVJEŽEG ZRUKA PO GRU NA SAT ( $m^3/h$ )
- · - · IZLUČENA VODENA PARA PO GRU NA SAT ( $kg/h$ )

Slika br. 12



Kako ovaj problem zasluŹuje posebnu detaljniju obradu, to je nemoguće ukratko pristupiti analiziranju pojedinih uvjeta i vrsta ventilacionih sistema, nego ćemo razmotriti samo općenito primjenu i svrhu opće ventilacije.



TIPOVI VENTILIRANIH DVOPLAŠNIH (HLADNIH) KROVOVA

Slika br. 13

Opća ventilacija se primjenjuje prvenstveno za smanjenje temperature, za razrjeđenje koncentracije onečišćenje za uklanjanje neugodnih mirisa, za provjetranje i dovod potrebne količine svježeg zraka.

Na osnovu takvog općenitog izlaganja možemo zaključiti da je svrha stajne ventilacije da prikladnim ventilacionim sistemom osigurava u zatvorenom tipu nastambi slijedeće:

- odgovorajuće ambijentalne uvjete promatrane kroz optimalnu temperaturu, vlažnost, kretanje i količinu i kvalitet svježeg zraka u nastambi,
- kontroliranu navedenu optimalnu mikroklimu bez propuha, temperaturnih kolebanja i bilo kakvih toplinsko-termičkih poremećaja u nastambi,
- ekonomično i rentabilno ugrađivanje i održavanje ventilacionog sistema, uz ispravnost rada i učinka.

Na osnovu ovakvih zahtjeva pred ventilacione sisteme već dosadašnja teoretska i praktična istraživanja nam pokazuju da sistemi prirodne ventilacije koji zavise od vremenskim prilikama neće u potpunosti udovoljiti navedenim zahtjevima.

U priloženom grafičkom prikazu vidljivi su odnosi između učinka rada ventilacionog sistema i relativne vlage za različite stajne i vanjske temperature zraka, gdje je vidljivo kako se povećava potreba u dovodu svježeg zraka po grlu na sat s porastom vanjske temperature iznad nule i obratno.

Današnja moderna nastamba je građena bez tavanskog prostora, pa je razumljivo da prirodna ventilacija putem vertikalnih kanala s obzirom na pokretne sile neće ispunjavati predviđene zahtjeve.

Današnja suvremena nastamba građena bez zračnog prostora u potkrovlju može se graditi:

- s ventiliranim hladnim dvoplašnim krovom,
- s neventiliranim toplim jednoplašnim krovom,

S obzirom na očekivanu visoku relativnu vlagu moramo znati što kojim tipom pokrivača dobijamo. Također moramo znati kako regulirati sam proces difuzije vodenih para, kako bi dozvolili polaganu difuziju kroz pokrivač bez posljedica. Pored toga treba paziti na pravilnu zaštitu toplinskih mostova na nosivom armirano-betonskom skeletu.

## FIZIOLOŠKE OSOBINE UNUTRAŠNJEG ZRAKA

U zatvorenom tipu nastambe nastojimo održavati takve mikroklimatske uvjete koji omogućuju normalne fiziološke procese u tijelu životinje uz stvaranje zdrave radne okoline. Promatramo li utjecaje temperature i vlage na ljudski organizam, primjećujemo da osjet ljudi neće ovisiti o sastavu zraka izazvanog procesom disanja. Prema tome ni tzv. **kemijska teorija** o ventilaciji bazirana na tim osnovama više ne postoji. Ovo potvrđuju i istraživanja na području ventilacije koja su vršili »Loblanc i Lohmann« koji tvrde da vrlo rijetko nastupa koncentracija CO<sub>2</sub> od 1—2%, iako je ljudski organizam podnaša bez posljedica po zdravlje. Kako je koncentracija CO<sub>2</sub> u stajama dozvoljena u granicama 0,3—0,4% to ovaj vid zagađenja unutrašnjeg zraka ne predstavlja poteškoće.

Danas je tzv. kemijska teorija o ventilaciji zamijenjena tzv. **termičkom (fizičkom) teorijom**, jer će temperatura tijela živog organizma ovisiti o ravnoteži između proizvedene i izgubljene topline. Proizvedena toplota mora

biti uravnotežena s gubicima topline koji nastaju konvekcijom, kondukcijom te zračenjem i isparavanjem.

Mi taj osnovni termodinamički proces u ljudskom organizmu možemo izraziti ovako:

$$M = \underline{+} A + \underline{K} + \underline{K_o} + R - E$$

gdje je

M — proizvedena toplina oksidacijom u tijelu (metabolizam)

A — akumulacija topline u tijelu

K — izgubljena ili dobivena toplina konvekcijom preko uzduha

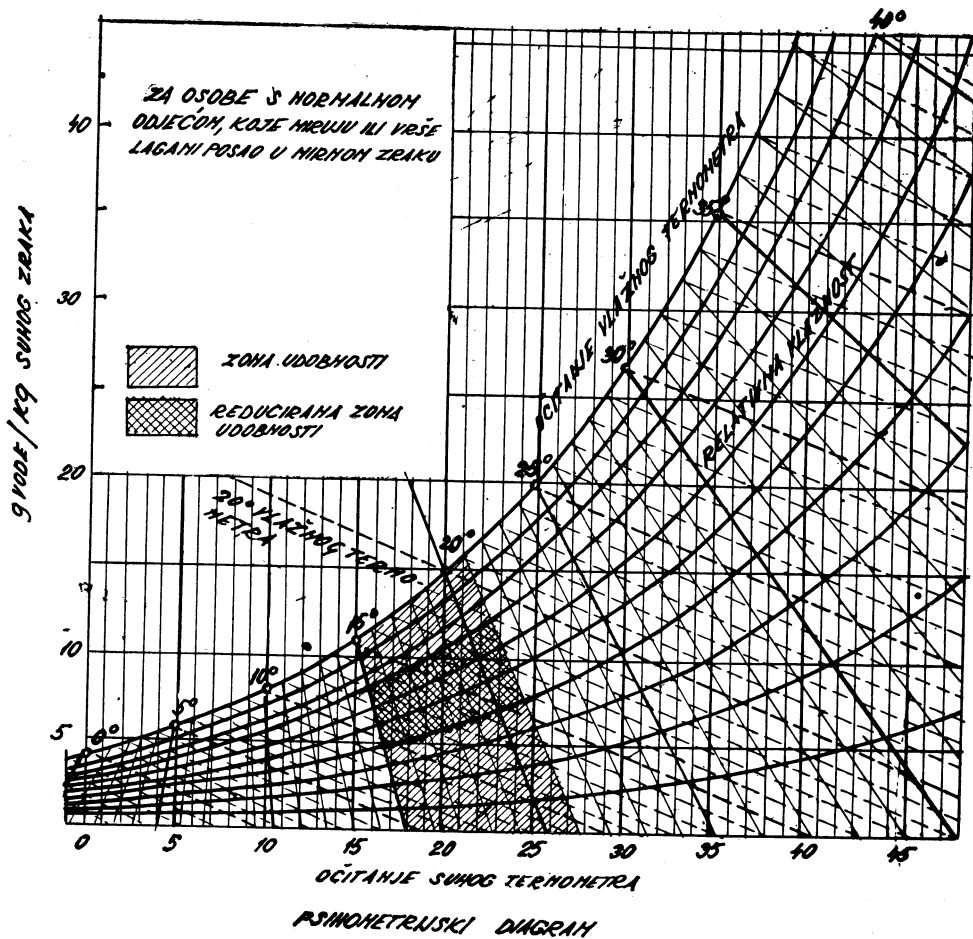
K<sub>o</sub> — izgubljena ili dobivena toplina putem kondukcije

R — izgubljena ili dobivena toplina putem radijacije

E — izgubljena toplina uslijed evaporacije, tj. isparivanjem s kože na tijelu.

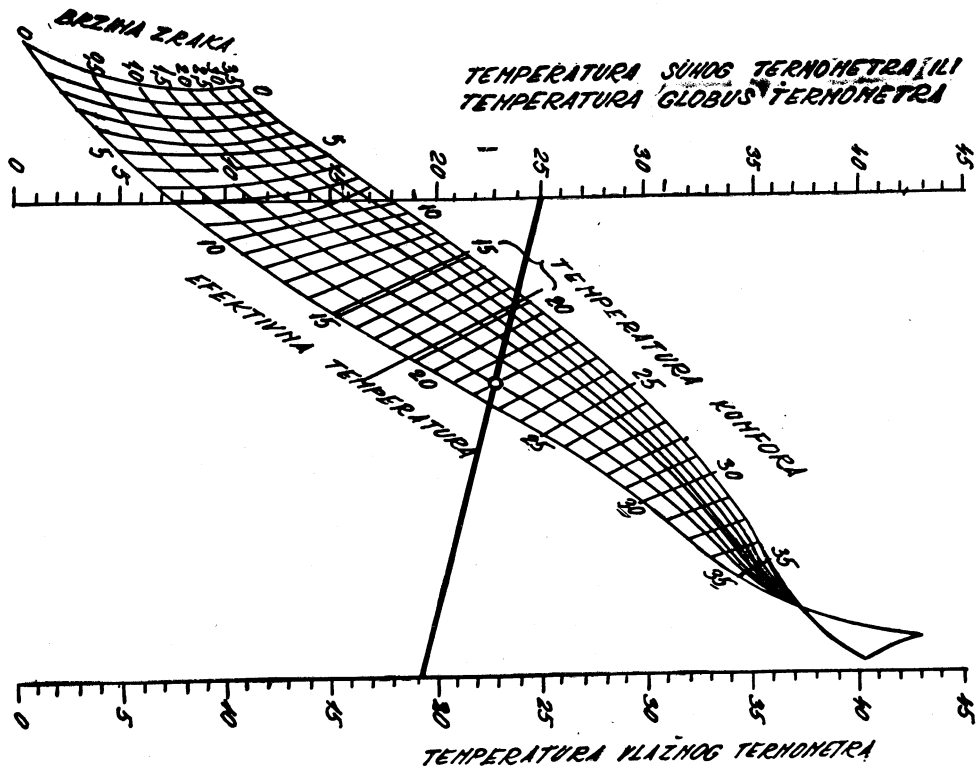
Prema ovom prikazanom osnovnom termodinamičkom procesu koji se odnosi na izmjenu topline između tijela i okoline koja ga okružuje, toplina je pozitivna ili negativna, što će ovisiti da li tijelo gubi toplinu od svoje rezerve ili se toplina nagomilava u tijelo. Poznato je da čovječji organizam ima sposobnost da temperaturu tijela spontano održava na 36,5° C što se odvija tzv. **termoregulacijom**. Mi nastojimo osigurati takve uvjete uzduha u ambijentu da omogućuju odvođenje topline u količini koja odgovara ljudskom organizmu. Kada nastupa **hipotermija**, tj. da ljudski organizam više gubi topline nego što proizvodi, onda počinje organizam da troši od svoje rezerve i bori se s fiziološkim reakcijama, tako da termoregulacijom nastoji održati toplinsku ravnotežu. U slučaju **hipotermije** nastupa obrnuto, jer je dobitak iz okoline veći od gubitka topline i nemogućnošću odavanja tjelesne topline nastupit će povećanje temperature tijela. Tada mehanizam obrane aktivira žlijezde koje izazivaju znojenje i putem tako otvorenih pora na površini tijela znojenjem odlazi i toplina. Logično je da za obrnuti slučaj nastupa zatvaranje pora čime se organizam bori od gubitka akumulirane topline uz prestanak funkcioniranja žlijezda za znojenje. Razumljivo da i jedan i drugi slučaj, ukoliko su van optimalnih radnih uvjeta, utječu na radnu sposobnost čovjeka. Odmah treba napomenuti da umor, proizvodnost i tražena udobnost u stanovitoj mikroklimi nije ovisna samo o temperaturi nego i vlažnosti uzduha.

U priloženom grafičkom prikazu, tj. na psihromatrijskom dijagramu, vidljiva su područja udobnosti (komfora) koja se odnose na ispitivanja vršena na osobama s normalnom odjećom, pri laganom radu i kod mirnog unutrašnjeg uzduha. Da bi ustanovili zonu udobnosti (komfora) za radnog čovjeka koji je izložen u zatvorenom tipu nastambe specifičnim mikroklimatskim uvjetima (već prema vrsti stočarske proizvodnje moramo problem odabiranja ventilacionog sistema i njegovog rada proširiti za potrebe radnika koji boravi i radi u takvom ambijentu. Treba da postoji tzv. **deficit zasićenja uzduha**, kao i **fiziološki deficit zasićenja**, da bi uzduh mogao primiti vlagu s površine tijela koje se isparuje. Ako nema kretanja unutrašnjeg uzduha, sloj uzduha na površini neće moći primiti više vlage, pa će isparavanje tijela smanjenjem prestati, iako je deficit zasićenja pozitivan. Prema tome možemo zaključiti od kolike je važnosti kretanje unutrašnjeg uzduha u nastambi.



Slika br. 14

Pored navedenih kriterija treba spomenuti i novi pojam do kojeg je na osnovu mnogobrojnih fizioloških ispitivanja došlo Američko udruženje inženjera za grijanje i ventilaciju gdje je obuhvaćena temperatura, vlažnost i kretanje uzduha. Taj kriterij je nazvan »efektivnom temperaturom«, a da bude obuhvaćen i osjet godišnjeg doba (faktor aklimatizacije) tj. toplinskog zračenja Betford uvodi i novi pojam pod nazivom **korigirana efektivna temperatura**.



Slika br. 15

## IX. ZAKLJUČCI

U svrhu kontinuiranog održavanja traženih mikroklimatskih uvjeta u zatvorenom tipu nastambi za goveda, promatranih kroz kakvoću, temperaturu, vlažnost i kretanje unutrašnjeg uzduha i uz osiguranje zdravih radnih uvjeta u takvom ambijentu potrebno je voditi računa o slijedećem:

1. o pravilnom izboru gradiva i tipa konstrukcije;
2. o pravilnom, odgovarajućem i ekonomičnom načinu izoliranja cjelokupne nastambe;
3. o usklađivanju ukupnih transmisijskih gubitaka topline kroz zid, strop, pod i otvore u granicama dozvoljenog i ekonomičnog putem termičko-izolacionih sposobnosti cijele nastambe za klimatski predio u kome se nastamba izgrađuje;
4. o pravilnom otklanjanju tzv. vanjskih i unutrašnjih štetnih utjecaja na građevno-tehnička i izolaciona svojstva nastambe.
5. o pravilnom izboru odgovarajućeg ventilacionog sistema i njegovom utjecaju rada na mikroklimatski režim u nastambi;
6. o pravilnoj zaštiti i utjecaju tzv. toplinskih mostova na termičko-izolacioni poremećaj u nastambi;

7. o pravilnom izboru krova nastambe treba već prema tipu konstrukcije znati što možemo očekivati od neventiliranog toplog jednoplašnog krova ili od ventiliranog hladnog dvoplašnog krova;
8. o pravilnom izboru međusobnog odnosa između odabranog tipa ventilacije i predviđene izolacije nastambe;
9. o pravilnom uspostavljanju ravnoteže između topline i vlage u nastambi;
10. o ispravnom radu odabranog tipa ventilacionog sistema;
11. o stvaranju zdravih radnih uvjeta, tj. odgovarajuće radne okoline s obzirom na navedene tražene kriterije kao što su (deficit zasićenja, fiziološki deficit zasićenja, te efektivna i korigirana efektivna temperatura unutarnjeg zraka).

#### LITERATURA

1. Dr Karl Gerspach: Stallban und gesunde Tierhaltung;
2. Kissin M. I.: Atapljenije i ventilacija Gos. izdat. stroitelj. lit. Lenjingrad;
3. Von. Reg. — Rat Josef Ober: Gesundes stallklima
4. Junge. R. und P. Karskov: Staldklimact og Husdyrbroget (dänisch) 1956;
5. Cammerer, J. S.: Der Mindestwärmeschutz im ländlichen Wohn — und stallban;
6. Cords — Parchim: Der gesunde stall, Wärmeschutz und Belüftung der Viehställe;
8. Recknagel + Sprenger: Tachenbuch für Heizung und Lüftung;
9. Ober — Weise: Richtlinien zum Ban von Lüftungsanlagen;
10. Inž. arh. Vjekoslav Faltus: Ravni krovovi;
11. Inž. Friedrich Eichler: Wärme und Wasserdampf im Hochbau, Berlin, 1953.;
12. Prof. F. Bošnjaković: Nauka o toplini II.