

**UNIVERSITETI I PRISHTINËS
FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE
PRISHTINË**



Mr. sc. Rexhep Selimaj

**ANALIZA E DIFUZIONIT JOSTACIONAR TË LAGËSHTIRËS NË
MURET E LOKALIT TË MODELUAR**

PUNIM I DOKTORATURËS

Prishtinë, 2006

**UNIVERSITETI I PRISHTINËS
FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE
PRISHTINË**

**ANALIZA E DIFUZIONIT JOSTACIONAR TË LAGËSHTIRËS NË
MURET E LOKALIT TË MODELUAR**

PUNIM I DOKTORATURËS

**Mentori:
Dr. sc. Fejzullah Krasniqi, prof. ord.**

**Kandidati:
Mr. sc. Rexhep Selimaj**

Prishtinë, 2006

PARATHËNIE

Që në fillim duhet theksuar se ky punim është vazhdim i punimit të magistraturës, në të cilin është shtjelluar temperatura në kushtet e përcjellshmërisë termike stacionare dhe jostacionare të mureve. Kështu, në këtë punim, në analogji me ekuacionet për transmetimin e nxehtësisë analizohet lagështia e ajrit përkatësisht difuzioni avullit të ujit nëpër mure dhe në mjedisin e mbyllur (lokalin e modeluar).

Punimi është i ndarë në shtatë kapituj dhe përmban:

- Në kapitullin e parë në mënyrë të përgjithshme janë dhënë shprehjet analitike për ajrin e lagësht si dhe për difuzionin e avullit të ujit. Në kuadër të kësaj janë pasqyruar kushtet e kondensimit të avullit të ujit në mure, llojet e difuzionit të avullit të ujit, format e paraqitjes së fluksit të avullit të ujit si dhe masat kundër kondensimit të avullit të ujit nëpër mure. Përveç kësaj është analizuar ndikimi i lagështisë në kushtet e komfortit termik, janë dhënë njohuritë mbi ajrin e klimatizuar, për instalimet e klimatizimit si dhe për kushtet e komfortit termik të njeriut.*
- Në kapitullin e dytë janë dhënë ekuacionet diferenciale të difuzionit të avullit të ujit. Është paraqitur në mënyrë analitike konveksioni i avullit të ujit përkatësisht difuzioni konvektiv. Fluksi konvektiv është dhënë nëpërmjet koeficienteve të konveksionit të avullit të ujit që shprehen si faktorë nëpërmjet shtypjes së pjesshme të avullit të ujit, përqendrimit të avullit të ujit si dhe nëpërmjet të lagështisë absolute. Gjithashtu në mënyrë të hollësishme është pasqyruar konduksioni i avullit të ujit përkatësisht difuzioni konduktiv. Kështu nëpërmjet ligjit të parë dhe të dytë të Fikut është dhënë ekuacioni diferencial i difuzionit të avullit të ujit i dhënë nëpërmjet koeficienteve të konduksionit të avullit të ujit të shprehur si faktorë nëpërmjet shtypjes së pjesshme të avullit të ujit, përqendrimit të avullit të ujit si dhe nëpërmjet të lagështisë absolute.*
- Në kapitullin e tretë janë dhënë informata të shumta për difuzionin stacionar të avullit të ujit nëpër murin e rrafshët. Është njehsuar fluksi stacionar konvektiv dhe fluksi stacionar konduktiv i avullit të ujit si dhe shtypja e pjesshme e avullit të ujit nëpër sipërfaqet e shtresave të murit. Po ashtu janë dhënë shprehjet analitike për trajtat e transmetimit stacionar të avullit të ujit në funksion të shtypjes së pjesshme të avullit të*

ujit, përqendrimin të avullit të ujit si dhe nëpërmjet të lagështisë absolute, si dhe lidhshmëria ndërmjet koeficientëve të konveksionit dhe të konduksionit të avullit të ujit.

- Në kapitullin e katërt janë dhënë shprehjet matematikore për llogaritjen e difuzionit jostacionar të avullit të ujit nëpër murin e rrafshët. Fluksi i avullit të ujit është pasqyruar nëpërmjet transformimeve të Laplasit me koeficientet përkatës, i dhënë nëpërmjet shtypjes së pjesshme të avullit të ujit, përqendrimin të avullit të ujit si dhe nëpërmjet të lagështisë absolute.
- Në kapitullin e pestë janë dhënë modeli matematik i dinamikës së difuzionit jostacionar të avullit të ujit nëpër mur dhe modeli matematik i dinamikës së lagështirës së ajrit në lokal në kushtet e difuzionit stacionar dhe jostacionar të lagështirës nëpër mur. Është dhënë shprehja analitike për fluksin specifik të avullit të ujit, dhe atë në sipërfaqen e brendshme, në sipërfaqen e jashtme dhe në vet trashësinë e murit. Në kuadër të kësaj janë dhënë shprehjet analitike të cilat përshkruajnë kohën për të cilën arrihet fluksi i caktuar i avullit të ujit nëpër mur (në sipërfaqen e brendshme, të jashtme dhe nëpër trashësinë e murit). Po ashtu është shqyrtuar dhe analizuar shtypja e pjesshme e avullit të ujit nëpër mur. Për lagështimin e ajrit të lokalit janë analizuar dy raste: lagështimi direkt dhe lagështimi indirekt i ajrit të lokalit. Pastaj, janë dhënë shprehjet analitike për kapacitetin e lagështuesit (klimatizuesit), koha për kyçje dhe shkyçje optimale të lagështuesit, shtypja e pjesshme e avullit të ujit në ajrin e lokalit si dhe prurja dhe shtypja e pjesshme e avullit të ujit nga Lagështuesi. Po ashtu janë nxjerrë shprehjet analitike edhe për përqendrimin e lagështisë dhe për lagështinë absolute në ajrin e lokalit, me koeficientet përkatëse, si dhe sasia e avullit të ujit në lokal dhe në mure të lokalit. Shprehjet e sipërpërmendura analitike janë dhënë për dy rastet e difuzionit të avullit të ujit nëpër mur: difuzionit stacionar dhe të atij jo-stacionar.
- Në kapitullin e gjashtë janë dhënë rezultatet e simulimit përkatësisht analizat për modelet matematikore të lagështimit të ajrit të lokalit si dhe të difuzionit të avullit të ujit nëpër mur, të shprehura nëpërmjet diagrameve dhe tabelave. Analizat përkatësisht simulimet janë të shumta dhe janë pasqyruar veçantë; për ajrin e lagësht (shtypjen e pjesshme të ajrit të thatë, shtypjen e pjesshme të avullit të ujit, shtypjen e ngopjes, përqendrimin e lagështisë, lagështinë absolute dhe shkallën e lagështisë); për difuzionin e avullit të ujit (në ajër, nëpër mur, duke marrë parasysh ndikimin e çdo parametri); për fluksin stacionar të difuzionit të avullit të ujit për murin një-shtresor

dhe shumë-shtresor (rezistenca e konveksionit dhe ajo e konduksionit të difuzionit të avullit të ujit, radhitja e shtresave të murit, shtypjet e pjesshme të avullit të ujit dhe temperaturat në çdo shtresë të murit, lagështia relative në çdo shtresë të murit); për fluksin jo-stacionar të avullit të ujit (fluksi i brendshëm, fluksi i jashtëm, shtypja e pjesshme e avullit të ujit në sipërfaqen e brendshme dhe të jashtme të murit, koha për stabilizimin e fluksit të brendshëm dhe të jashtëm të avullit të ujit, fluksi i avullit të ujit nëpër shtresën e murit); për kapacitetin e Lagështuesit në kushtet e difuzionit stacionar të lagështisë nëpër mur (kapaciteti i Lagështuesit të lagështimi direkt dhe të lagështimi indirekt, shtypja e pjesshme a avullit të ujit në ajrin e lokalit, koha për arritjen e shtypjes së pjesshme të avullit të ujit në funksion të kapacitetit të Lagështuesit, si dhe koha për arritjen e shtypjes së pjesshme të avullit pas shkyçjes së Lagështuesit, prurja dhe shtypja e pjesshme e avullit të ujit që e jep Lagështuesi); për kapacitetin e Lagështuesit në kushtet e difuzionit jo-stacionar të lagështisë nëpër mur (kapaciteti i Lagështuesit të lagështimi direkt dhe të lagështimi indirekt, shtypja e pjesshme a avullit të ujit në ajrin e lokalit, prurja dhe shtypja e pjesshme e avullit të ujit që e jep Lagështuesi). Po ashtu, në këtë kapitull, janë nxjerrë rezultatet eksperimentale për një hapësirë dhe është bërë krahasimi me rezultatet teorike me çka vërtetohen shprehjet e përfuara analitike dhe vihet në pah rëndësia e tyre praktike.

- *Në kapitullin e shtatë është dhënë përfundimi me rekomandimet përkatëse, duke veçuar rëndësinë e rezultateve në aspektin e ruajtjes së qëndrueshmërisë termike të mureve, në komfortin termik të njeriut si dhe në krijimin e kushteve të caktuara të lagështisë për lokalet me destinime të caktuara .*

Analizat-kalkulimet dhe diagramet e përfuara janë bërë nëpërmjet programimit kompjuterik ”MATHCAD 12”.

PËRMBAJTJA

Hyrje	10
1. Difuzioni i avullit të ujit	12
1.1. Kushtet e kondensimit të avullit të ujit në murin e rrafshët	14
1.1.1. Ajri i lagësht	14
1.1.2. Difuzioni i lagështirës nëpër materialet ndërtimore dhe kushtet e kondensimit.....	23
1.2. Masat kundër kondensimit të avullit të ujit në mure	26
1.3. Komforti termik	30
1.3.1. Ndikimi i lagështisë në komfortin termik të njeriut	30
1.3.2. Ajri i klimatizuar dhe instalimet e aklimatizimit	30
1.3.3. Kushtet e komfortit termik	34
1.4. Shprehjet e nevojshme matematikore dhe të dhënat tjera për njehsimin e difuzionit të avullit të ujit	36
2. Ekuacioni diferencial i difuzionit të avullit të ujit	44
2.1. Konveksioni i avullit të ujit – difuzioni konvektiv	44
2.2. Konduksioni i avullit të ujit – difuzioni konduktiv	46
2.2.1. Fusha e difuzionit të avullit të ujit	46
2.2.2. Gradienti i difuzionit të avullit të ujit	48
2.2.3. Fluksi i difuzionit të avullit të ujit-Ligji i I i Fick-ut	50
2.2.4. Ekuacioni diferencial i difuzionit të avullit të ujit-Ligji i II i Fick-ut	52
3. Difuzioni stacionar i avullit të ujit nëpër murin e rrafshët	57
3.1. Konduksioni stacionar i avullit të ujit	57
3.2. Transmetimi stacionar i avullit të ujit	60
4. Difuzioni jostacionar i avullit të ujit nëpër murin e rrafshët	64
5. Analiza e difuzionit jostacionar të lagështirës nëpër muret e lokalit të modeluar	71
5.1. Modeli matematik i dinamikës së difuzionit jostacionar të lagështirës nëpër mur	71
5.1.1. Fluksi i brendshëm specifik i difuzionit të avullit të ujit	71
5.1.2. Fluksi i jashtëm specifik i difuzionit të avullit të ujit	72
5.1.3. Analiza e fluksit specifik të difuzionit të lagështirës dhe e shtypjes së pjesshme të avullit të ujit nëpër trashësinë e murit	74
5.2. Modeli matematik i dinamikës së lagështirës së ajrit në lokal në kushtet e difuzionit	

<i>stacionar dhe jostacionar të lagështirës nëpër mur</i>	76
5.2.1. <i>Ekuacioni i bilancit të lagështimit</i>	77
5.2.2. <i>Analiza e shtypjes së pjesshme të avullit të ujit në ajrin e lokalit dhe e kapacitetit të lagështuesit në kushtet e difuzionit stacionar të lagështirës nëpër mur</i>	78
5.2.2.1. <i>Lagështimi i drejtpërdrejt i ajrit të lokalit</i>	79
5.2.2.2. <i>Lagështimi jo i drejtpërdrejt i ajrit të lokalit</i>	81
5.2.3. <i>Analiza e shtypjes së pjesshme të avullit të ujit në ajrin e lokalit dhe e kapacitetit të lagështuesit në kushtet e difuzionit jostacionar të lagështirës nëpër mur</i>	83
5.2.3.1. <i>Lagështimi i drejtpërdrejt i ajrit të lokalit</i>	83
5.2.3.2. <i>Lagështimi jo i drejtpërdrejt i ajrit të lokalit</i>	85
5.2.4. <i>Analiza e kohës së kyçjes dhe e shkryçjes së lagështuesit</i>	86
5.2.5. <i>Llogaritja e sasisë së avullit të ujit në ajrin e lokalit dhe në mure të lokalit</i>	89
6. <i>Diskutimi i rezultateve të përfituara</i>	91
6.1 <i>Rezultatet e simulimeve kompjuterike</i>	91
6.2 <i>Rezultatet eksperimentale</i>	155
6.3 <i>Diskutimi i rezultateve</i>	159
7. <i>Përfundimi dhe rekomandimet</i>	163
<i>Literatura</i>	169

NOMENKLATURA E SIMBOLEVE TË PËRDORURA

<i>Simboli</i>	<i>Njësia</i>	<i>Emërtimi</i>
A	m^2	- sipërfaqja e murit nëpër të cilën difuzion lagështira
a	m^2/s	- koeficienti i përcjellshmërisë termike
b_w	Kg/s	- kapaciteti i lagështuesit
$c_{p,L}; c_{p,w}; c$	$J/(kgK)$	- nxehtësia specifike e ajrit të thatë, e avullit të ujit dhe ajo e murit
$c_L; c_w$	kg/m^3	- përqendrimi i ajrit të thatë dhe i avullit të ujit (lagështirës) në ajrin e lagësht
$D_L; D$	m^2/s	- koeficienti i difuzionit të avullit të ujit në ajër dhe në mur
$G_L; G_w$	Kg/s	- prurja përkatësisht fluksi i ajrit të thatë dhe i avullit të ujit (lagështirës)
g_w	$kg/(m^2s)$	- fluksi specifik i avullit të ujit (lagështirës)
$g_{wb}; g_{wj}$	$kg/(sm^2)$	- fluksi specifik i avullit të ujit nga ana e brendshme dhe e jashtme e murit
K_1	$(sPa)/kg$	- konstantë e përforcimit
K_{2i}	/	- konstantë e përforcimit
k	$W/(m^2K)$	- koeficienti i transmetimit të nxehtësisë
k_d	$kg/(m^2sPa)$	- koeficienti i transmetimit të avullit të ujit (lagështirës)
$m_L; m_w$	kg	- sasia e ajrit të thatë dhe sasia e avullit të ujit
$p_{w,L}; p_w; p_n$	Pa	- shtypja e pjesshme e avullit të ujit në ajër, në mur dhe shtypja e ngopjes
$p_{wb}; p_{wj}$	Pa	- shtypja e pjesshme e avullit të ujit në ajrin e brendshëm (të lokalit) dhe në ajrin e jashtëm (jashtë mureve rrethuese të lokalit)
$p_{w,m}; p_{w,mb}; p_{w,mj}$	Pa	- shtypja e pjesshme e avullit të ujit në anën e sipërfaqes së brendshme dhe në anën e sipërfaqes së jashtme të murit të lokalit
$R_L; R_w$	$J/(kgK)$	- konstanta individuale për ajrin e thatë dhe për avullin e ujit
$R_{d,\mu}$	$(m^2sPa)/kg$	- rezistenca e konduksionit të avullit të ujit me difuzion nëpër shtresën e murit

T	s	- konstantë kohore
T_{ni}	s	- konstantë kohore
$T_b; T_j$	s	- konstantët kohore (brenda dhe jashtë murit)
$t_L; t_w; t_{w,m}; t_n$	$^{\circ}C$	- temperatura e ajrit, e lagështirës në mur, në sipërfaqe të murit, dhe temperatura e ngopjes
$t_{bp}; t_{jp}$	$^{\circ}C; K$	- temperatura e brendshme dhe ajo e jashtme e projektuar
$\alpha_b; \alpha_j$	$W/(m^2K)$	- koeficienti i konveksionit të nxehtësisë (brenda dhe jashtë)
α_d	$kg/(m^2s)$	- koeficienti i konveksionit të avullit të ujit me difuzion
$\beta; \beta_b; \beta_j$	$kg/(m^2sPa)$	- koeficienti i konveksionit të avullit të ujit, përkatësisht për të dy anët e sipërfaqes së murit (brenda dhe jashtë)
δ	m	- trashësia e murit
γ	m/s	- koeficienti i konveksionit të avullit të ujit me difuzion
φ	$/, \%$	- lagështia relative e ajrit
λ	$W/(mK)$	- koeficienti i konduksionit (përcjellshmërisë) termike
λ_d	$kg/(ms)$	- koeficienti i konduksionit të avullit të ujit nëpër mur
μ	$kg/(msPa)$	- koeficienti i depërtueshmërisë së avullit të ujit nëpër mur
ρ	kg/m^3	- dendësia e murit
τ	s	- koha
ω_w	kgL/kgW	- lagështia absolute e ajrit të lagësht