

MEC-6125 Rakennusten energiatekninen suunnittelu

Tentti 24.5.2013

Tentissä ei saa käyttää kirjallisuutta. Tarvittavat kaavat ovat kaavakokoelmassa. Laskinta saa käyttää ja se saa olla millainen vain.

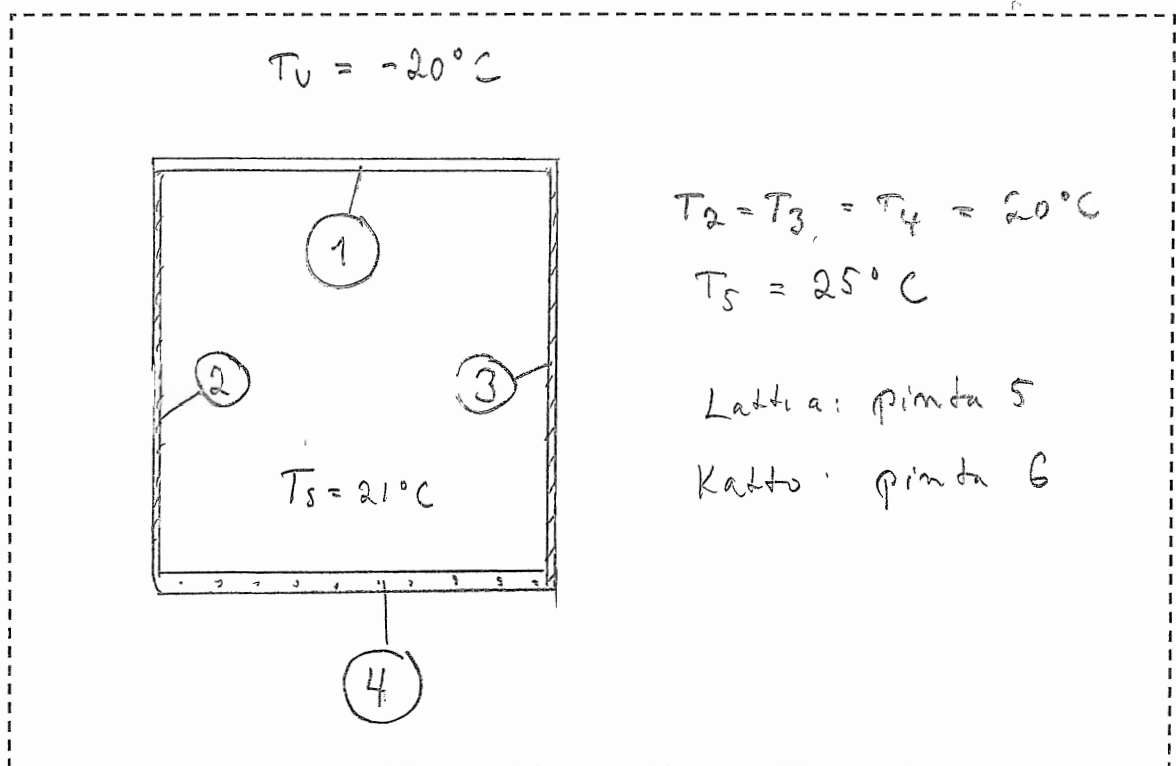
1. Toimistohuoneessa on yksi ulkoseinä (pinta 1), joka muodostuu pelkästään ikkunasta. Huoneen sivuseinien (pinnat 2 ja 3) ja takaseinän (pinta 4) pintalämpötilat ovat $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja lattian (pinta 5) pintalämpötila $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sisäilman lämpötila on $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja ulkoilman $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ikkunan lämmönläpäisykerroin sisälasista ulkoilmaan on $2,0\text{ W/Km}^2$. Katon yläpuolella on samanlainen tila, jolloin voidaan olettaa, että katon läpi johtuva lämpövirta on nolla.

Muodosta ikkunan (pinta 1) ja katon (pinta 6) lämpötaseytälöt ja ratkaise niistä näiden pintojen pintalämpötilat ja ikkunan läpi menevän lämpövirran tiheys.

Muut tarvittavat lähtötiedot ovat: Ikkunan sisäpinnan konvektiivinen lämmönsiirtokerroin on $3,0\text{ W/Km}^2$ ja katon sisäpinnan konvektiivinen lämmönsiirtokerroin $1,5\text{ W/Km}^2$.

Näkyvyyskerroimet ikkunasta ja katosta muihin pintoihin ovat alla olevan taulukon mukaiset:

Pinta	Ikkuna 1	Sivuseinä 2	Sivuseinä 3	Takaseinä 4	Lattia 5	Katto 6
Ikkuna 1	0,00	0,15	0,15	0,10	0,30	0,30
Katto 6	0,10	0,20	0,20	0,10	0,40	0,00



2. Kevyen ulkoseinän pulssivastekertoimet ovat alla olevan mukaiset tunnin aika-asteleelle. Kertoimissa ovat mukana rakennekerrosten lämpövastukset ja ulkopinnan lämmönsiirtovastus ($0,07 \text{ Km}^2/\text{W}$). Sisäpinnan lämmönsiirtovastus, joka on $0,13 \text{ Km}^2/\text{W}$, ei ole mukana kertoimissa.

j:	0	1	2	3	
P:	2,626300	-2,285777	0,062427	-0,000071	$[\text{W}/\text{Km}^2]$
Q:	0,156653	0,237531	0,008691	0,000	$[\text{W}/\text{Km}^2]$
R:	1,000000	-0,031792	0,000041	0,000	$[\text{W}/\text{Km}^2]$

Laske aluksi näistä kertoimista seinän lämmönläpäisykerroin sisäpinnasta ulos (U^*) ja sisäilmasta ulos (U). Laske sitten seinän stationäärinen lämpövirran tiheys, jos sisäpinnan lämpötila on $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ja ulkoilman $-10 \text{ }^\circ\text{C}$. Mikä tässä tilanteessa on sisäilman lämpötila?

Laske sitten seinän sisäpinnan lämpövirran tiheys tunnin kuluttua siitä, kun

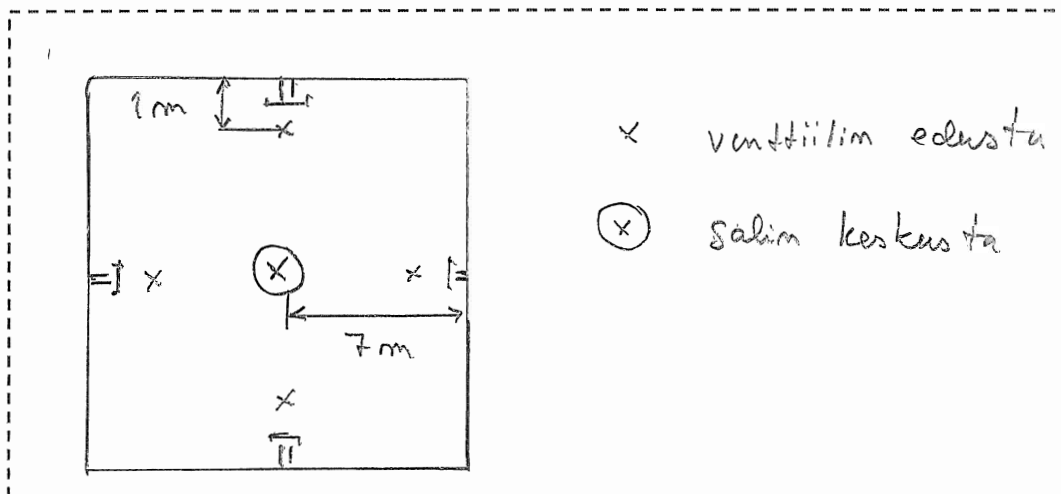
- sisäpinnan lämpötila muuttuu alkuarvosta $20 \text{ }^\circ\text{C}$ arvoon $22 \text{ }^\circ\text{C}$ ja ulkolämpötila pysyy alkuarvossaan
- ulkoilman lämpötila muuttuu alkuarvosta $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ arvoon $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ ja sisäpinnan lämpötila pysyy alkuarvossaan
- edellä mainittujen sisäpinnan ja ulkoilman lämpötilan muutosten yhteisvaikutus

Kummassakin tapauksessa historiatieto (sisäpinnan ja ulkoilman lämpötilat ja sisäpinnan lämpövirran tiheys ennen muutoksia) on stationääritilan mukainen.

3. Salissa, jonka tilavuus on 300 m^3 ja seinien keskimääräinen absorptiokerroin $0,15$, on seinillä neljä tuloilmaventtiiliä, joiden kunkin äänenkehitys on 40 dB . Mikä on äänilähteiden aiheuttama äänenpainetaso 1 m:n päässä venttiilistä ja salin keskellä. Etäisyys kustakin venttiilistä salin keskelle on 7 m .

Laske myös mikä kokonaisvaimennus kuhunkin kanavistoon tarvitaan, jos puhaltimen äänenkehitys on 100 dB .

Huonevakio eli huoneen äänenvaimennus saadaan kaavakokoelman käyrästä.



4. Seuraavat kysymykset koskevat uudentyypistä energiatodistusta, joka astuu voimaan 1.6.2013 alkaen.
 - a. Milloin rakennuksen energiatodistus tarvitaan?
 - b. Koska energialaskennassa on käytettävä dynaamista laskentatyökalua?
 - c. Jos rakennus ei täytä energiatehokkuusmääräyksiä, mitä keinoja käyttäisit, että siitä saataisiin määräykset täyttävä. Aseta keinot paremmuusjärjestykseen ja perustele.

5. RakMk D3:ssa asetetaan vaatimuksia kesäajan sisälämpötilalle.
 - a. Mitä kesäajan huonelämpötilan laskennalla tarkoitetaan?
 - b. Miten kesäajan huonelämpötilan laskennassa käytetyt lähtöarvot eroavat verrattuna energiatodistuksen laskennasta käytettyihin lähtöarvoihin?
 - c. Jos rakennus ei täytä kesäajan huonelämpötilalle asetettuja vaatimuksia, mitä keinoja käyttäisit jotta vaatimuksiin päästäisiin? Aseta keinot paremmuusjärjestykseen ja perustele ne.

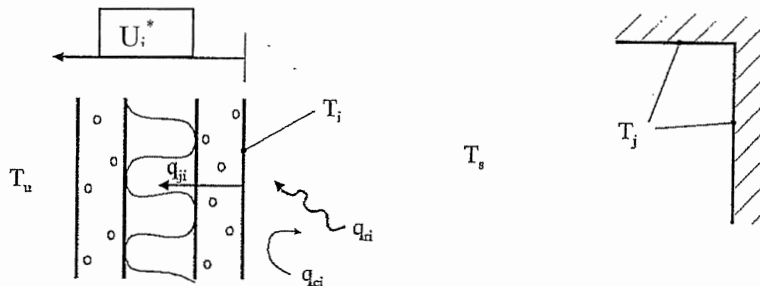
Tentissä tarvittavia kaavoja ja käyrästöjä

Pinnan lämpötase:

$$\phi_i = U_i^* A_i (T_i - T_u) = A_i \left[h_{ci} (T_s - T_i) + h_r \sum_{j=1}^N F_{ij} (T_j - T_i) \right]$$

tai

$$q_i = U_i^* (T_i - T_u) = \left[h_{ci} (T_s - T_i) + h_r \sum_{j=1}^N F_{ij} (T_j - T_i) \right]$$



Pinnan epästationääri lämpövirta pulssivastekertoimilla:

$$q_i = q_{i,n} = \sum_{j=0}^N (P_{i,j} T_{i,n-j} - Q_{i,j} T_{u,n-j}) - \sum_{j=1}^N R_{i,j} q_{i,n-j} = f_i T_{i,n} + g_{i,n}$$

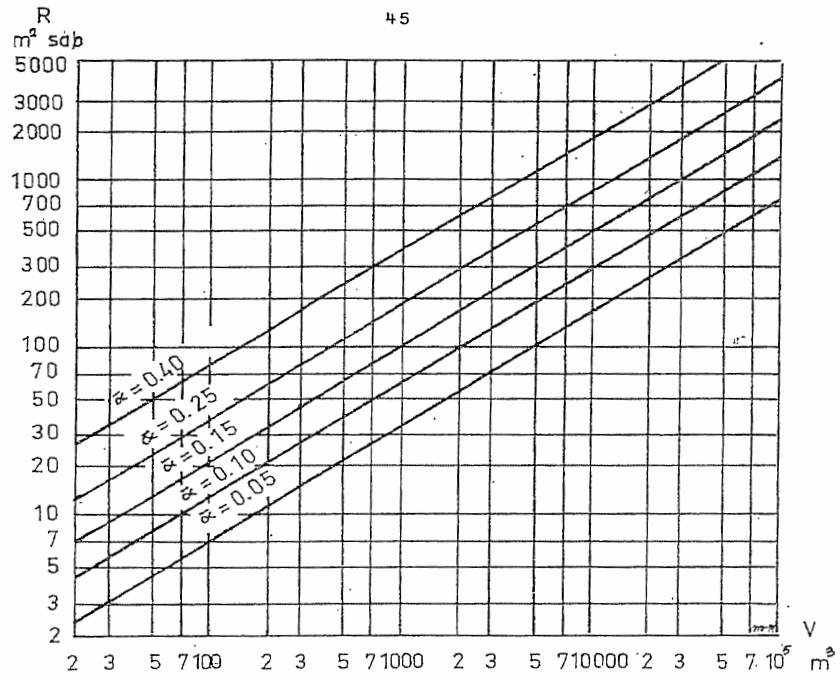
$$g_{i,n} = \sum_{j=1}^N (P_{i,j} T_{i,n-j} - Q_{i,j} T_{u,n-j} - R_{i,j} q_{i,n-j}) - Q_{i,0} T_{u,n}$$

$$U_i^* = \frac{\sum_{j=0}^N P_{i,j}}{\sum_{j=0}^N R_{i,j}} = \frac{\sum_{j=0}^N Q_{i,j}}{\sum_{j=0}^N R_{i,j}}$$

Äänitaso ja äänenvaimennus:

$$L_p = L_p - 10 \lg \left(\frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad P \text{ teho, } p \text{ paine}$$

$$L_{p2} = L_{p1} - \Delta L$$



Kuva 12 Huonevakio, R , huoneen tilavuudesta V ja seinämien keskimääräisestä absorptiokerroimesta $\bar{\alpha}$ riippuvana. $\bar{\alpha} = 0,4$ vastaa hyvin vaimennettua huonetta

Huonevakio eli huoneen äänenvaimennus (R)