

KSU-6120 Rakennusten konetekniset laitteet

Tentti 22.3.2010

Tentissä ei saa käyttää muuta kirjallisuutta kuin jaettua kaavakokoelmaa

1. Rakennus lämmitetään kaukolämmöllä ja lämpöpumpulla, joka käyttää lämmönlähteenään poistoilmaa. Kaukolämpöä käytetään lisäenergiana silloin, kun lämpöpumpun teho ei riitä yksinään lämmitykseen. Rakennuksen lämmitystehon tarve on 200 kW lämpöpumpun lämmitysteho 120 kW.

Esitä pysyvyyskäyrällä periaatteellisesti rakennukseen tuotava energia (kaukolämpö, lämpöpumpun sähkö ja poistoilmasta otettava lämpö).

Rakennuksen vuotuinen lämmöntarve on 1000 MWh, josta lämpöpumpun tuottama lämpö on 600 MWh vuodessa. Laske tästä kompressorin kuluttama sähköenergia ja höyrystimen talteen ottama energia, kun lämpöpumpun lämpökerroin on ympäri vuoden 2,5. Laske myös järjestelmän tehollinen lämpökerroin, joka ottaa huomioon myös kaukolämpönä tuodun energian.

Laske lopuksi höyrystimen läpi vuodessa puhallettava ilmavirta, jos poistoilma jäähtyy höyrystimessä 15 K ja kosteuden tiivistymistä ei oteta huomioon.

Ilmalle $\rho c_p = 1200 \text{ J/m}^3\text{K}$.

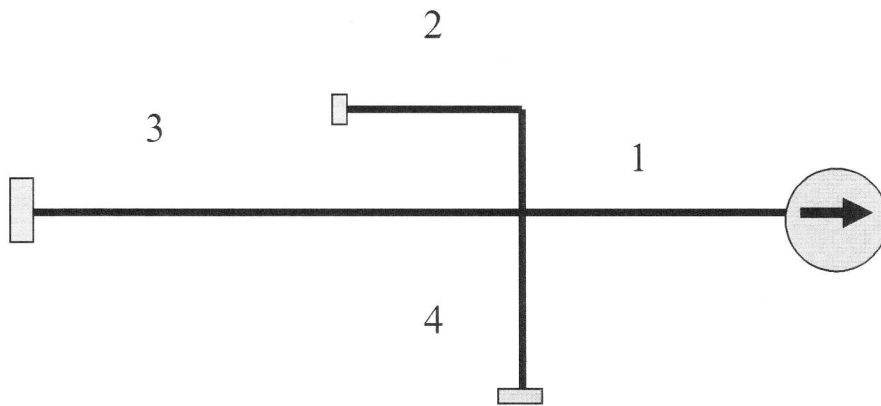
2. Kuvan mukaisen kolmihaaraisen poistoilmakanaviston puhaltimen tilavuusvirta on $300 \text{ dm}^3/\text{s}$. Haarojen pituudet ja halkaisijat ovat alla olevan taulukon mukaiset ja haaran 3 päässä olevan venttiilin painehäviö on 100 Pa.

Haara	Pituus <i>m</i>	Halkaisija <i>mm</i>	Tilavuus- virta <i>dm</i> ³ / <i>s</i>	Venttiilin painehäviö <i>Pa</i>
Päähaara 1	10	200	300	
Sivuhaara 2	8	150	150	
Sivuhaara 3	20	150	80	100
Sivuhaara 4	6	100	70	

Laske haarojen 2 ja 4 päissä olevien venttiilin painehäviöt tasapainoehdosta, koko kanaviston painehäviö ja puhaltimen paineenkehitys ja teho. Puhaltimen hyötysuhde on 40 %.

Muita kertavastuksia kuin venttiilit ei oteta huomioon. Kanaviston kitkakerroin on 0,02 ja ilman tiheys $1,2 \text{ kg/m}^3$. Kitkapainehäviö lasketaan kaavakokoelman kaavalla.

Mikä on staattinen alipaine huoneilmaan nähden sivuhaarojen liitoskohdassa ja puhaltimen imupuolella.



3. Toimistorakennuksen sisätilavuus on 7000 m^3 ja lattiapinta-ala 2500 m^2 . Ulkovaipan pinta-ala on 1350 m^2 ja sen keskimääräinen lämmönläpäisykerroin $0,50 \text{ W/Km}^2$. Keskimääräinen ulkoilmavirta ilmaistuna ilmanvaihtuvuutena on $0,60 \text{ 1/h}$ ja lämmön talteenoton hyötysuhde on $0,40$. Vuotoilmanvaihtoa ei ole. Rakennuksen lämpökapasiteetti muodostuu 80 mm paksusta lattialaatasta, jonka lämpökapasiteetti/tilavuus on $3,0 \text{ MJ/Km}^3$ ja pinta-ala 2500 m^2 .

Laske rakennuksen helmikuun tilojen lämmityksen energiankulutus ja tehontarve, kun sisäilman lämpötila on $21 \text{ }^\circ\text{C}$, ulkoilman keskimääräinen lämpötila $-8 \text{ }^\circ\text{C}$ ja minimilämpötila $-25 \text{ }^\circ\text{C}$. Sisäiset lämpöenergiat (sähkö, auringon säteily, ihmisistä vapautuva lämpö) ovat helmikuussa 30 MWh . Tehontarpeen laskennassa sisäisiä lämpöenergioita ei oteta huomioon.

Ilman ominaislämpö on 1000 J/kgK ja tiheys $1,2 \text{ kg/m}^3$.

Sisäisten energianlähteiden hyödyntämisaste (utilisation factor) saadaan kaavoista:

$$\text{if } \gamma_H \neq 1: \eta_{G,H} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}}$$

$$a_{0,H} = 1,0 \text{ ja } \tau_{0,H} = 15 \text{ h.}$$

$$a_H = a_{0,H} + \frac{\tau_H}{\tau_{0,H}}$$

4. Konserttisalissa, jonka sisätilavuus on $10\,000 \text{ m}^3$, ilman hiilidioksidipitoisuus on konsertin aikana 1000 ppm ja ulkoilman 380 ppm . Salissa on konsertin aikana 500 henkilöä. Laske tästä tiedosta salin ulkoilmavirta ja ilmanvaihtuvuus, jos yhden ihmisen hiilidioksidin tuotto on keskimäärin $5 \text{ cm}^3/\text{s}$.

Salissa syntyy epäpuhtausemissioita arviolta 700 olf . Arvioi tästä tiedosta Fangerin käyrästä avulla ihmisten tyytymättömyys sisäilman laatuun.

Ilmanvaihtojärjestelmässä on lämmön talteenotto poistoilmasta tuloilmaan pyörivällä lämmönsiirtimellä, jonka vuosihyötysuhde on 65 %. Ilmanvaihdon käyttöaika on 1000 h vuodessa, keskimääräinen sisälämpötila 22 °C ja käyttöajan keskimääräinen ulkolämpötila +2 °C. Arvioi näistä tiedoista lämmön talteenotolla säästettävä energia ja lämmityskustannus, jos energia on kaukolämpöä, jonka hinta on 0,06 €/kWh.

Ilman tiheys on 1,2 kg/m³ ja ominaislämpö 1000 J/kgK.

