

Grønn Byggallianse

Varme Kuldagring i Beton – Opfølgning på spørsmål fra mødet.

På mødet blev der rejst spørgsmål omkring det energimæssige potentiale for varme kuldagring i bygninger. Som opfølgning på dette er der i efterfølgende vurderet mulige besparelser, for energiforbrug til varme og køling.

1. Potentialet for varmebesparelser ved anvendelse af varmlagring i konstruktion

Der blev med reference til COIN projektet vurderet følgende besparelspotentialer for opvarmning, se præsentation:

- Redusere opvarmingsbehovet med 3-10% for kontorbygg /1/
- Redusere opvarmingsbehovet med 8-12% for boliger /1/

Med varmeforbrug i kontorbygninger mellem 30 og 60 kWh/m² år, giver dette en potentiel besparelse på mellem 1 og 6 kWh/m² år.

2. Potentialet for sparet køleenergi ved anvendelse af kuldagring i konstruktion

Potentiale for eksisterende bygninger (med balanceret mekanisk ventilation):

For potentialet for energibesparelse ved kuldagring blev der ikke givet specifikke tal på besparelser på mødet.

Samlet konklusion

Det vurderes derfor at der samlet ikke opnås besparelser på energiforbrug til køling ved udnyttelse af natkøling, i eksisterende bygninger med eksisterende balancerede ventilationsanlæg, hvor det natkøles med 100% luftmængde.

Anvendes reducerede luftmængde, og optimeres ventilationsstrategi vurderes at de kan opnås besparelser på 1-2 kWh/m² år for balanceret mekanisk ventilation, og 1-4 kWh/m² år for hybrid ventilation.

På nye anlæg designet for udnyttelse af kuldagring vurderes at potentialet er større.

På eksisterende kan der opnås en komfortforbedring i de tilfælde, hvor der ikke er tilstrækkelig kølekapacitet.

På nye anlæg kan natkøling reduceres investeringsomkostninger til mekanisk køling.

Beregnings forudsætninger og supplerende vurderinger

For beregninger der forudsat et kølebidrag fra det varmeakkumulerende lag på maksimalt 20 W/m² BRA i 10 timer, og en middel tung konstruktion med varmeakkumulering på ~ 55 Wh/m² K, og overføring mellem varmeakkumulering og rumluft på ~ 2,0 W/m² K, og 3-4 °C afkøling og opvarmning af varmeakkumulerende lag i en døgnrytme. For bygningen er der antaget kontorlandskab med 65 m² BRA, ydervæg på en side, og lette indvendige vægge på øvrige sider. Endeligt er der forudsat 40 dages drift årligt. Beregninger er foretaget med stationær energibalance for varmeakkumulerende lag over et døgn.

Ud fra ovenstående kan der estimeres et samlet netto kølepotentiale på 4 – 8 kWh/m² år, ved udnyttelse af kuldslagring.

Antages der at køleenergien produceres med en kølemaskine med en virkningsgrad på ~2,5, vil dette kræve et købt elbrug på ~ 2– 4 kWh/m² år. Den reelle besparelse vil derfor være:

Sparet levert elbrug ved kuldslagring i eksisterende bygninger er ~ 2– 4 kWh/m² år

Skal den tilsvarende mængde energi (8 kWh/m² år) køles væk i nattetimer med et mekanisk ventilationsanlæg med luftmængde på 12 m³/m² time, kræver det en driftstid på ~ 10 timer.

Energiforbrugte til lufttransport i det mekaniske ventilationsanlæg vil være afhængig af elforbruget til viftedrift, teknisk beskrevet med SFP faktoren. Besparelsen i el til køling kan beregnes som:

"Sparet levert elbrug = sparet levert elbrug til køling – merforbrug af levert el til vifter".

For forskellige SFP faktore for ventilationsanlæg kan der beregnes følgende energibrug (el) til viftedrift ved natkøling (12 m³/m² time, i 10 timer):

- | | |
|----------------------------------|---|
| • SFP = 3,0 kW/m ³ /s | Energiforbrug vifter ~ 5 kWh/m ² år |
| • SFP = 2,0 kW/m ³ /s | Energiforbrug vifter ~3,5 kWh/m ² år |
| • SFP = 1,5 kW/m ³ /s | Energiforbrug vifter ~2,5 kWh/m ² år |
| • SFP = 0,5 kW/m ³ /s | Energiforbrug vifter ~1,0 kWh/m ² år |

I ovenstående beregning er der forudsat en middel temperatur differens mellem inde og ude på 5 °C, og øvrige forudsætninger som for beregning af besparelse på energibrug køling.

Eksempel:

Eksisterende køleanlæg med SFP på 2,0, bruges til natkøling i varme sommerperioder, anslået 40 døgn om året. Bygningen har kontorlandskab opdelt i 65 m² sektioner som i ovenstående.

Maksimal besparelse elbrug køling	4 kWh/m ² år
Elbrug vifter til natkøling	3,5 kWh/m ² år
Besparelse energibrug el	<u>0,5 kWh/m² år</u>

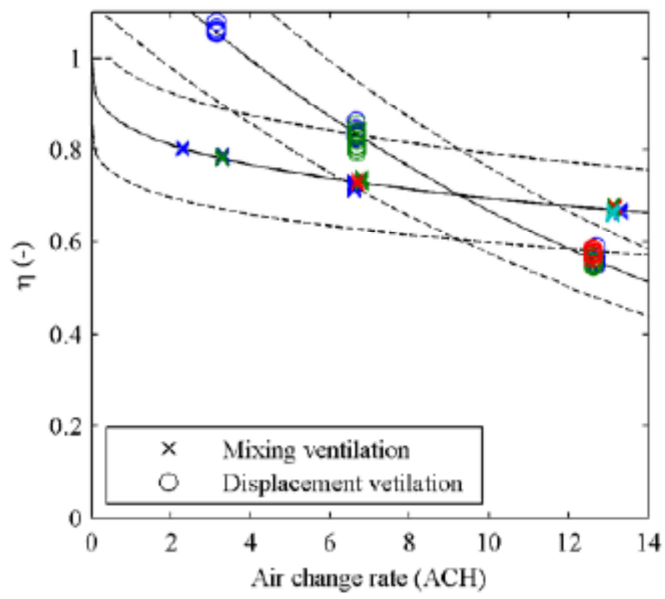
En luftmængde 12 m³/m² time, middeltung bygning og SFP på 2,0 – 3,0 kW/m³/s vurderes at passe godt på mange eksisterende bygninger med balanceret mekanisk ventilation.

Der ses derfor at der ikke vil være væsentlig energibesparelser ved anvendelse af kuldslagring ved eksisterende anlæg, når der natkøles med fuld luftmængde.

Det vurderes at der ved optimeret reguleringsstrategi kan opnås nogen besparelse på levert el energi. Ud fra ovenstående kan det estimeres til 1-2 kWh/m² år, for mekanisk balancerede ventilationsanlæg, og 1-4 kW/m² år, for hybride ventilation.

For at opnå maksimal energibesparelse fra natkøling på eksisterende balancerede ventilationsanlæg både i forhold til lavest mulig energibrug, og i forhold til maksimal forbedring af temperaturforhold, bør der blandt andet være fokus på følgende:

- Natkøling bør gennemføres med lavest muligt elforbrug. Det tilsiger:
 - Mekanisk balanceret ventilation: natkøling stoppes når forskellen mellem rumtemperatur og udetemperatur, bliver lav ~6 °C
 - Hybrid ventilation: natkøling stoppes når forskellen mellem rumtemperatur og udetemperatur er ~ 3 °C
 - SFP faktor i natkøling bør forbedres via reducerede luftmængder i ventilations anlægget når der natkøles, og tryktab i anlæg bør reduceres mest muligt:
 - Alle spjæld bør tvangsåbnes til 100% åbning
 - Luftmængder bør reduceres, reduktion i luftmængder på 30% medføre en overslagsmæssig forbedring i SFP fra 2,0 til 1,5 kW kW/m³/ s. Resultater fra /2/ viser at temperatur effektiviteten på natkøling øges ved reduceret luftmængde. Se efterfølgende figur.
- Anvende styringsstrategier der tillader afladning af kuldager på dagtid
 - For at få så effektiv en afladning (overførsel af kulde fra varmeakkumulerende lag til rumluft), bør der tillades en temperatur glidning over dagen. I praksis fra 21/22 °C om morgenen til 25/26 °C ved arbejdstids ophør.
 - Undgå opvarmning om morgen med varmeanlæg, eller reducere opvarmning mest muligt så kun luft og ikke overflade varmes op.
- Opstart af supplerende køling via central køling bør ske senest muligt, se slide præsentation og /4/
- Reducere interne belastninger mest muligt, ved høje interne belastninger må køleanlæg startes tidligt, hvis der samtidigt køles ned til lav temperaturreduceres den del af kuldageret som kan udnyttes. I praksis – en rumtemperatur på 22 °C i forhold til 25 °C reduceres den mængde kulde der kan hentes fra kuldagere som eksempelvis har en temperatur i middel på 21 °C (kuldeoverføring fra kuldager til rumluft er proportional med temperaturdifferens)
- Varmeakkumulerende lag skal være eksponerede/ tilgængelige.
- Der opnås størst besparelse i lokaler med mange væg flader, og med tunge bygningsdele = stor varme/kuldeakkumulering. I kontorlandskab med meget begrænset antal indvendige vægge, vil besparelsen være mindre i forhold til mindre kontorlandskaber med flere adskillende og tunge vægge.



Figur 1 Temperatur effektivitet for natkøling med fortrængnings og opblandingsventilation /2/

Potentiale for nye bygninger designet for udnyttelse af passiv natkøling

For nye anlæg som designes for udnyttelse af passiv natkøling vurderes der at kunne opnå større energibesparelser.

I rapporten /2 /, vurderes et potentiale på 40 kWh/m² år, ved anvendelse af faseskiftende materialer, dette svarer til en potentiale på 10 -12 kWh/m² år levert elenergi. Det vurderes dog, at praktisk realisering af potentialer ei den størrelsesorden vil være en udfordring i forhold til etablering af tilstrækkelig kulde/varmeoverføring mellem kuldager og rumluft. Skal dette nås kræves der fokus på dette i design og drift af anlæg.

For at opnå maksimal udnyttelse af natkøling både i forhold til energi og temperatur effekt bør der blandt andet være fokus på følgende:

- Natkøling bør gennemføres med lavest muligt elforbrug. Det tilsiger anvendelse af alternativer til traditionelle ventilationssystemer, som eksempel hybrid ventilation der har markant lavere elforbrug.
- Anvende styringsstrategier der tillader afladning af kuldager
 - For at få så effektiv en afladning (overførsel af kulde fra varmeakkumulerende lag til rumluft), bør der tillades en temperatur glidning over dagen. I praksis fra 21/22 °C om morgenen til 25/26 °C ved arbejdstids ophør.
 - Undgå opvarmning om morgenen med varmeanlæg, eller reducere opvarmning mest muligt så kun luft og ikke overflade varmes op.
- Opstart af supplerende køling via central køling bør ske senest muligt, se slide præsentation.
- Reducere interne belastninger mest muligt, ved høje interne belastninger må køleanlæg startes tidligt, hvis der samtidigt køles ned til lav temperaturreduceres den del af kuldageret som kan udnyttes. I praksis – en rumtemperatur på 22 °C i forhold til 25 °C reduceres den mængde kulde der kan hentes fra kuldagerne som eksempelvis har en temperatur i middel på 22 °C.
- Varmeakkumulerende lag skal være eksponerede/ tilgængelige.
- Der opnås størst besparelse i lokaler med mange væg flader, og med tunge bygningsdele = stor varme/kuldeakkumulering. I kontorlandskab med meget begrænset antal indvendige vægge, vil besparelsen være mindre i forhold til mindre kontorlandskaber med flere adskillende og tunge vægge.

Oslo

05.11.2010

Arne Førland-Larsen

Civilingeniør, EnergeticaDesign

Kilder

1. Catherine Grini, 2009, Betoninformationsdag 2009, PP præsentation, SINTEF COIN projektet. www.coinweb.no
2. Per Heiselberg et. Al., 2010, Anvendelse af faseskiftende materialer i fremtidens bygninger, Aalborg Universitet.
3. Nikolai Artmann, 2008, Passive Cooling of buildings by night time ventilation, pdh thesis, Aalborg Universitet.
4. Danvak grundbog I varme og klimateknik, 2 udgave.
5. Alectia, 2003, Natkøling i bygninger, Elforsk – PSO.