

**GULVVARME:**

Et mål er at kunne levere den nødvendige opvarmning ved en systemtemperatur (vand), så tæt på den ønskede rumtemperatur som muligt. Det medfører en bedre regulering i form af "selvregulering", højere energieffektivitet af kondenserende gaskedler, varmepumper (COP-værdier), og lavere returtemperatur til fjernvarmesystemet. Desuden giver det bedre udnyttelse af regenererbare energikilder som jordvarme og solenergi. Dette er i denne rapport undersøgt for to gulvvarmesystemer med forskellige gulvopbygninger. De væsentlige forskelle i de to undersøgte opbygninger Gulv-1 og Gulv-2 er slidlags-tykkelse samt rør afstand.

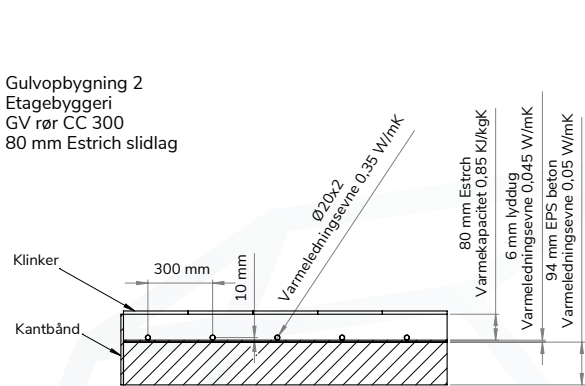
**I denne rapport er to gulvopbygninger (Gulv-1 og Gulv-3) sammenlignet:**

- Gulv-1: Røroverdækning 40mm calciumsulfat, 16mm rør, 200 mm rørafstand, gulvbelægning er fliser.
- Gulv-2: Røroverdækning 80mm estrich, 22 mm rør, 300 mm rørafstand, gulvbelægning er flise. Detaljer er angivet i nedenstående skitse.

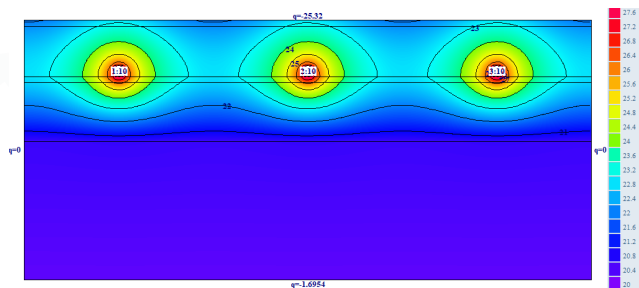
**Beregningerne er lavet ifølge den internationale standard:**

DS/EN ISO 11855-2:2015 Bygningstilstand - Konstruktion, dimensionering, installation og styring af integreret strålevarme-/strålekølesystemer - Del 2: Bestemmelse af den dimensionerende varme- og kølekapacitet.

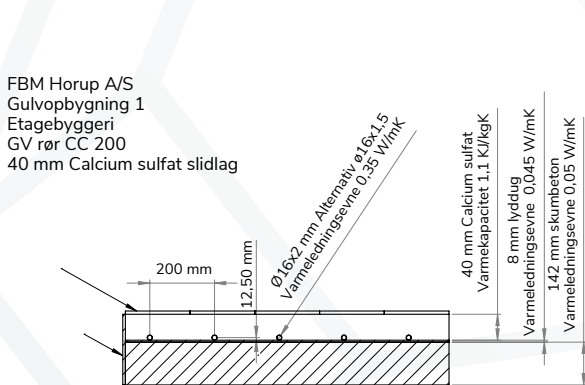
I standarden sektion 8 og i Anneks D henvises til brug af et simuleringsprogram baseret på FEM-FDM-beregninger. Denne beregning viser for en givet vandtemperatur, hvorledes temperaturen fordeles i konstruktionen og på overfladen (se figuren nedenfor). Desuden angives varmeudvekslingen med rummet og nedad i W/m<sup>2</sup>. Det er her antaget at rummet skal opvarmes til 20 °C.



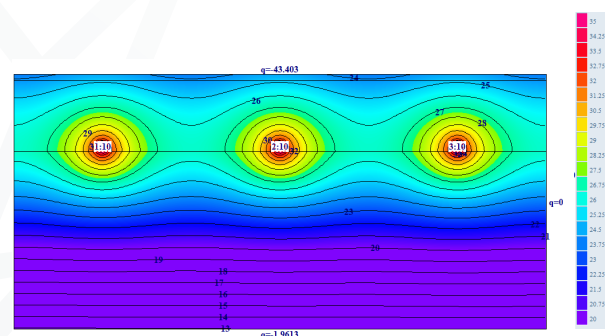
Figuren viser opbygning af Gulv-2.



Figuren viser temperaturfordelingen i gulvkonstruktion 2. Samt varmeafgivelsen til rummet.



Figuren viser opbygning af Gulv-1.



Figuren viser temperaturfordelingen i gulvkonstruktion 1. Samt varmeafgivelsen til rummet.

>>

**Resultatet af beregningerne er vist i nedenstående tabel:**

Af tabellen fremgår klart at Gulv-1 med den tyndere slidlag og mindre rørafstand ved samme vandtemperatur (35 °C) resulterer i en væsentlig højere gulvtemperatur, 28,9 °C sammenlignet med 24,4 °C for Gulv-2. Dette resulterer i en varmetilførsel til rummet der er mere dobbelt så stort, 97 W/m<sup>2</sup> sammenlignet med 48 W/m<sup>2</sup>.

Opvarmning Gulvopbygning	Gulv-belægning	Rørafstand mm	Rørdiameter mm	Vandtemperatur °C	Varmeafgivelse til rummet [W/m <sup>2</sup> ]	Varmeafgivelse nedad [W/m <sup>2</sup> ]	Gulvtemperatur variation °C	Gulvtemperatur middel °C	Responstid min
Gulv-1_40mm calcium	Fliser	200	16	35,0	97	3	28,1-30,1	28,9	72
Gulv-1_40mm calcium	Fliser	200	16	28,0	52	2	24,3-25,4	24,8	72
Gulv-2_80mm Estrich	Fliser	300	20	35,0	48	3	23,9-25,4	24,4	330

Forskellene mellem gulv/rør konstruktionerne har indflydelse på energiforbruget og reguleringsevnen. Her diskuteres først energieffektivitet og derefter reguleringsevne.

**Energieffektivitet**

Sammenligner vi her Gulv-1 med Gulv-2 ser vi at Gulv-1 ved 28 °C vandtemperatur yder mere (52 W/m<sup>2</sup>, end de 48 W/m<sup>2</sup> for Gulv-2 ved 35 °C vandtemperatur. For at Gulv/ skal yde det samme skal vandtemperaturen være 36 °C. Tager vi en luft til vand varmepumpe i Danmark med en middel udetemperatur i opvarmningssæsonen på ca. 5-7 °C, skal vandet opvarmes til en 8K lavere temperatur ved Gulv-1. Det vil øge sæsoneffektivitetfaktoren (SCOP) eller COPværdien for opvarmning med 25-30%, fra ca. 4,1 til ca. 5,3. De aktuelle værdier er afhængig af fabrikatet og anlægstypen. Den lavere fremløbstemperatur betyder også en lavere returtemperatur og dermed en mere effektiv udnyttelse af fjernvarme. Forskellen mellem gulvtemperaturen over rørene og imellem kan have indflydelse på komforten i rum der betrædes med bare fødder. I dag hvor der ofte ikke er brug for en varmeydelse højere end 50 W/m<sup>2</sup> er forskellen for Gulv-1 kun 1,1 K mod ca. 1,5 K for Gulv-2. Dette til trods for det tyndere slidlag, som delvis kompenseres af den mindre rørafstand. Denne forskel vil ikke medføre problemer med komforten.

**Reguleringsevne**

Tabellen viser store forskelle på de to systemer. Et tyndere slidlag og en mindre rørafstand giver et mere dynamisk system. De beregnede responstider, der er tiden det tager at nå til 90% af fuld opvarmning/køling, er meget lavere for system Gulv-1, 72 min. mod 330 min. for Gulv-2. Respons tiden er vigtigt for reguleringsfasen hvor et rum skal genopvarmes efter nedkøling (natsænkning, weekend sænkning). Selv om natsænkning i moderne boliger ikke giver meget besparelse i energiforbrug, har en lavere respons tid også en positiv effekt på reguleringsevnen. En endnu vigtigere parameter for regulering af gulvvarme er det man kalder "selv-reguleringseffekten". Denne effekt skyldes den store indflydelse forskellen mellem gulvtemperatur og rumtemperatur har på reguleringen. Ved en ydelse på 50 W/m<sup>2</sup> er gulvet 5 K varmere end rummet på 20 °C, således at 1 K højere rumtemperatur vil automatisk sænke varmeafgivelsen med 25%. Det er dog forskellen mellem rum og vandtemperatur, der er den væsentlige faktor. En mindre rørafstand og tyndere slidlag vil medføre at den nødvendige vandtemperatur kommer tættere på den ønskede rum temperatur. Ved samme ydelse er vandet for Gulv-1 8K højere end rummet på 20 °C. En stigning af rumtemperaturen på 1 K vil således øjeblikkelig sænke varmeafgivelsen med ca. 15 % og dermed bidrage til at holde komforten. For Gulv-2 er den selvreguleringseffekten kun det halve. Disse betragtninger er for den koldeste vinterdag. Betragtes dette over hele opvarmningssæsonen er selvreguleringseffekten for Gulv-1 i størrelsesorden 30%.

**Konklusion**

Ved sammenligning af de to gulvopbygninger vil ved gulvvarme et tyndere slidlag over gulvarmerørene og en mindre rørafstand medføre en forøgelse af energieffektiviteten på varmepumper på 25-30%. Det medfører også en mere effektiv udnyttelse af fjernvarmen og en reduceret omkostning på grund af den meget lavere returtemperatur. Samtidig vil det medføre en bedre regulerbarhed på grund af den mindre temperaturforskel mellem vandet og rummet, der medfører en mere effektive "selvregulering", samt en meget kortere responstid.

V/Bjarne W. Olesen, Professor i Indeklima og Energi, Danmarks Tekniske Universitet