

**Termisk masse og varmeakkumulering i beton**

**Teknologisk Institut, Byggeri, Beton,  
Lars Olsen**

- **Bygningsreglementets energibestemmelser**
- **Varmeakkumulering i beton**
- **Bygningers varmekapacitet**
- **Bygningers energibehov**
- **Konklusioner**

**Termisk masse og varmeakkumulering i beton**

Side 10

Mesner & Svend

Nr. 4 - 12. Oktober 21



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

# Den nye boss - energirammen

*Nyt bygningsreglement skal sørge for, at der bliver sparet på varmen i de danske bygninger. Hovedmidlet hedder energirammen, som sætter mål på, hvor meget en bygning må forbruge.*

Af journalist Michael Rughede

Når nye ændringer i bygningsreglementerne træder i kraft fra januar næste år skal der for alvor bygges energibesparende. Der er nye regler for både nybyggerier, til- og ombygninger.

For nybygninger holder standardværktøjet til beregning af energiforbruget energirammen. Det er et tal for, hvor meget energi bygningen forbruger per kvadratmeter, når alt der sluger energi regnes med: opvarmning, ventilation, køling, varmt vand og belysning.

Når en ny bygning skal færdig, skal den holde sig inden for energirammen, som er sat til 70 kWh/kvnm + 2200 bygningens etageareal. For en ny 200 kvnm. villa er energirammen således 70+11= 81 kWh/kvnm.

Tallet finder man frem ved at regne på bygningslementer og konstruktion. Statens Byggeforskningsinstitut (SBI)

Er der tale om en tilbygning, vælges at bruge energirammen på de enkelte bygningsdele b indeafør u-værdierne, der dog er lidt skrapere end dem, som gælder for tilbygninger.

For ombygninger bygges de kreds efter u-værdier svarende gælder for tilbygninger.

**Større valgfrihed**

Fidusen ved energirammen er op er en ramme, som man kan indeni. Blot man overholder plus u-værdier, lufttæthed og sionstab kan man frit vælge, være et supertykt lag isoler der skal kompensere for lidt billigere standard elementer. Skal man bygge hænder det altså om at de enkelte bygningsdele f huset overholder rammen

## Hård omstilling til nye energikrav

*Det nye bygningsreglement kræver nye arbejdsmetoder og rutiner af de udførende.*

Af journalist Michael Rughede

Uret tikker for byggebranchens udførende. Ved årsskiftet skal der bygges efter det nye bygningsreglement. Det vil kræve nye beregningsmetoder for anvendelse og dimensionering af forskellige bygningsdele, men også en tilpassning

på plads, og at de ikke giver anledning til store ændringer.

**Nye byggemetoder**

- Den store udfordring ligger først og fremmest hos de udførende. At få dem

Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
Termisk masse og varmeakkumulering i beton

## Termisk masse og varmeakkumulering i beton



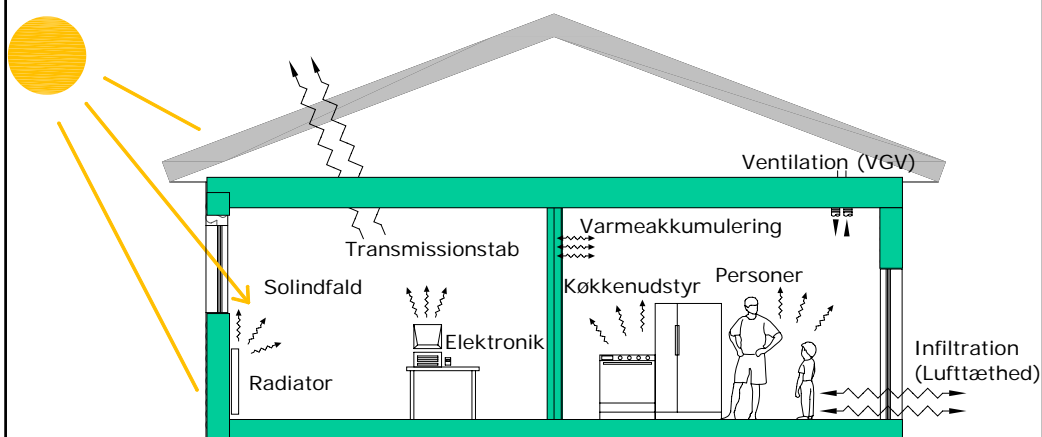
### Beton og energibestemmelser

- Varmeakkumulering i bygninger (passive og aktive systemer)
- Indeklima
- Varmetab (flader og linjetab)
- Tæthed af bygninger

Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Lars Olsen  
Byggeri, Beton  
5 oktober 2006

## Termisk masse og varmeakkumulering i beton Påvirkning af energiforbrug



Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Lars Olsen  
Byggeri, Beton  
5 oktober 2006

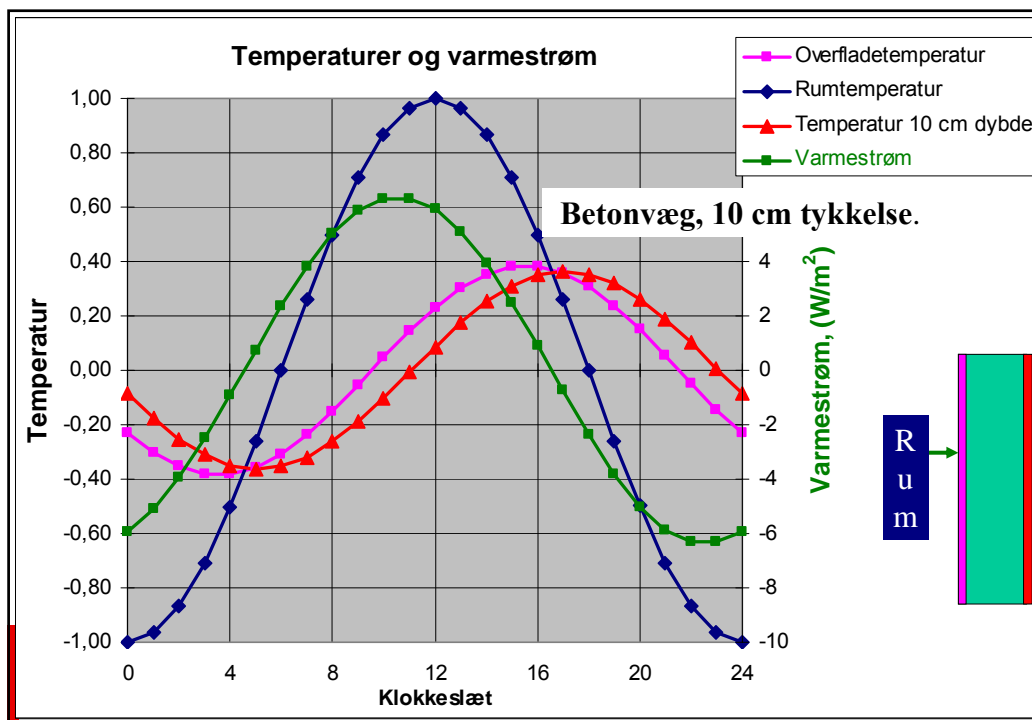
## Varmeakkumulering i beton, materialeegenskaber

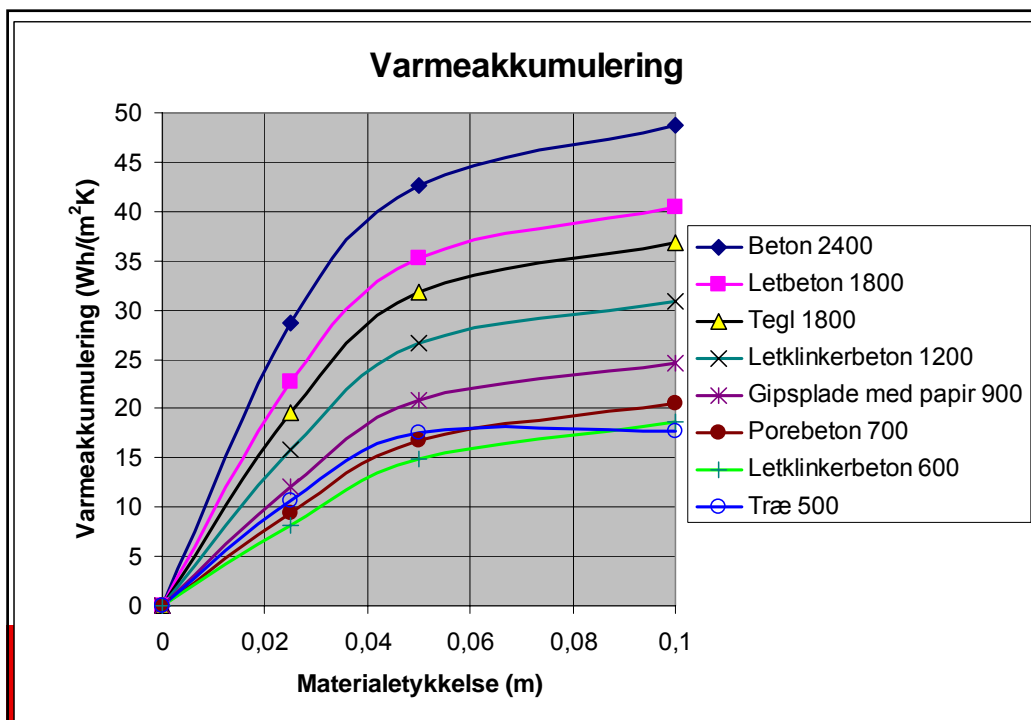
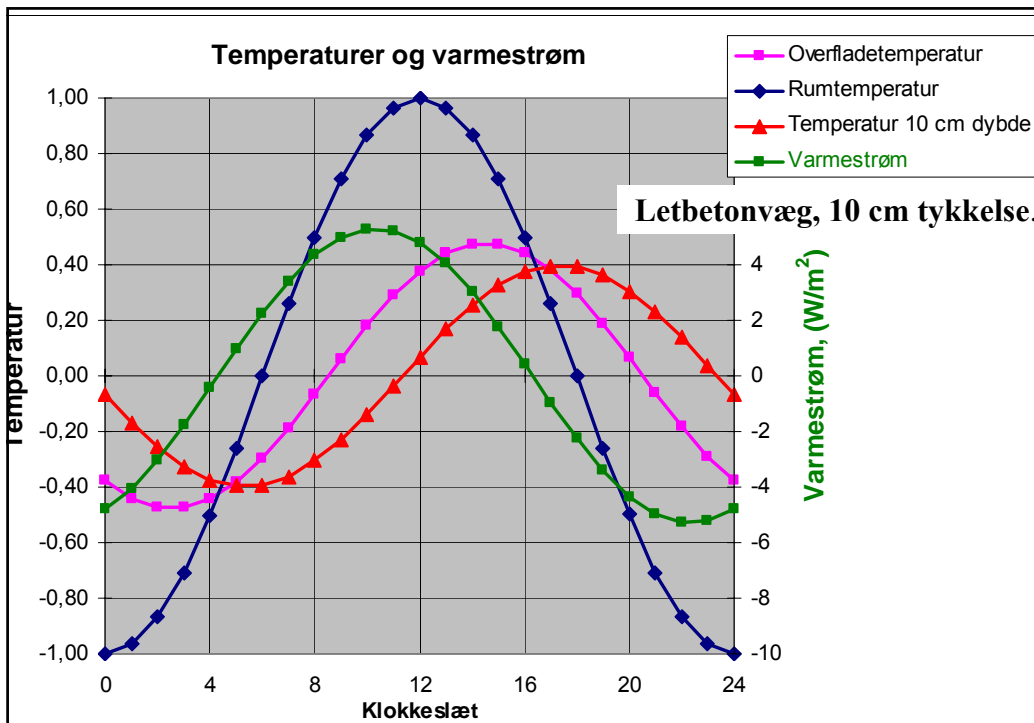


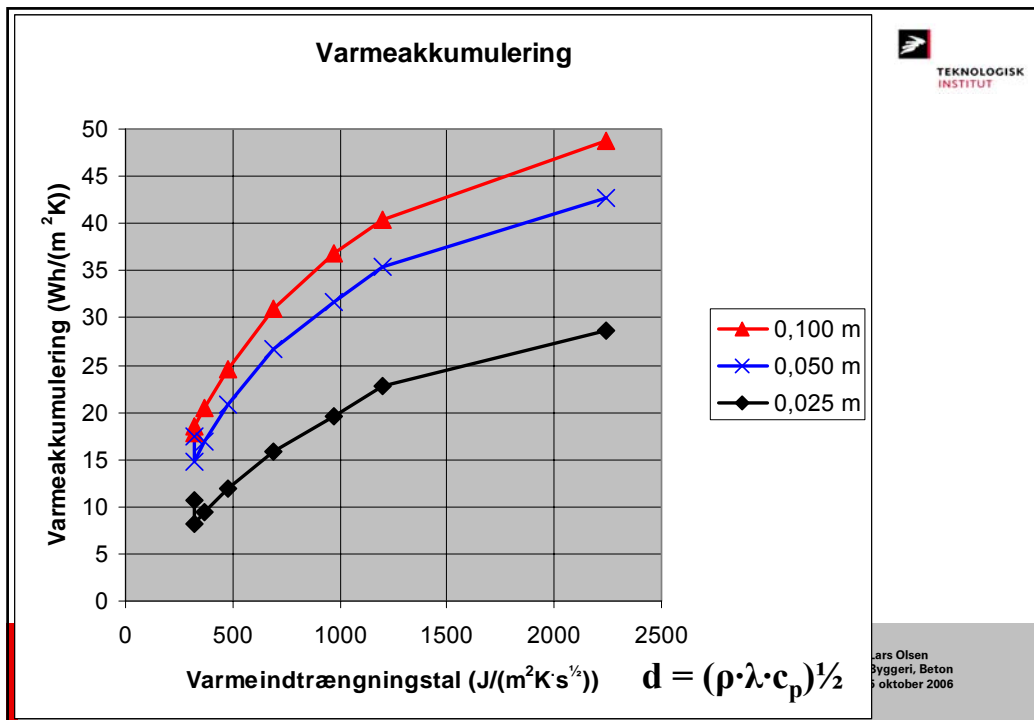
Nr.	Materiale	Densitet	Varmedningsevne	Varmekapacitet	Varmekapacitet pr. volumen	Varmeindtrængningstal
		$\rho$	$\lambda$	$c_p$	$c_p \cdot \rho$	$d$
		kg/m <sup>3</sup>	W/mK	J/(kg·K)	MJ/(m <sup>3</sup> ·K)	J/(m <sup>2</sup> ·K·s <sup>1/2</sup> )
1	Beton	2400	2,1	1000	2,40	2245
2	Letbeton	1800	0,8	1000	1,80	1200
3	Tegl	1800	0,62	840	1,51	968
4	Letklinkerbeton	1200	0,4	1000	1,20	693
5	Gipsplade med papir	900	0,25	1000	0,90	474
6	Porebeton	700	0,19	1000	0,70	365
7	Letklinkerbeton	600	0,17	1000	0,60	319
8	Træ	500	0,13	1600	0,80	322

Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
Termisk masse og varmeakkumulering i beton


Lars Olsen  
Byggeri, Beton  
5 oktober 2006







### Termisk masse og varmeakkumulering i beton

  
 Lars Olsen  
 Byggeri, Beton  
 5 oktober 2006

**Aktiv varmekapacitet:**

**Aktuel akkumuleret varme (ved døgnvariation) i forhold til varme akkumuleret ved fuldstændig udnyttelse af den tilgængelige varmekapacitet**

**Modstand ved overflade og i materiale**

Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
 Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Lars Olsen  
 Byggeri, Beton  
 5 oktober 2006

## Termisk masse og varmeakkumulering i beton



### Varmekapacitet, forenklet CEN- metode

Der medtages varmeakkumulerende materiale fra indvendig overflade og indtil enten:

- Et isoleringsmateriale
- Midten af materialet.
- 10 cm.

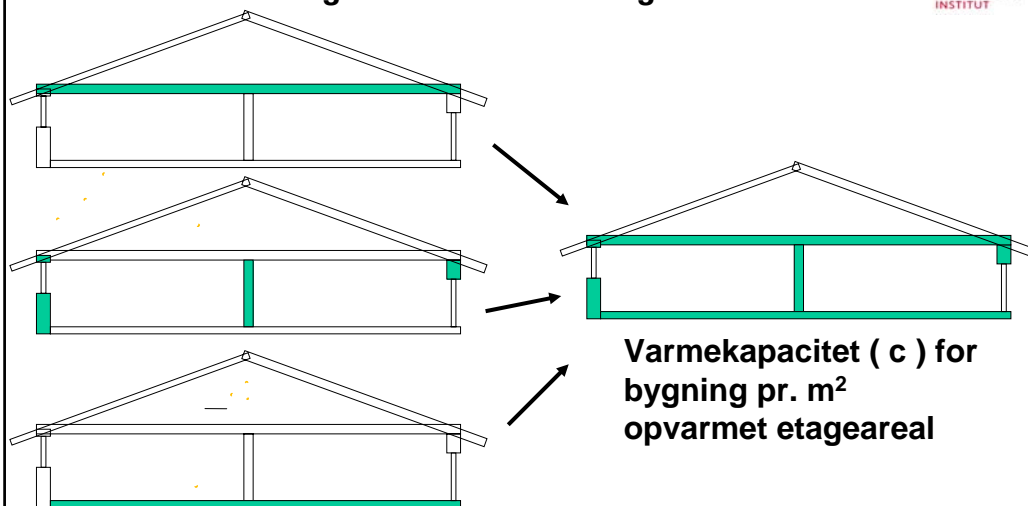
Cm kan også bestemmes fra ISO/DIS 13786 eller fra nationale (værdier) tabeller

Tallet kan være tilnærmet. 10 gange større usikkerhed kan tillades end ved bestemmelse af varmestrømme.

Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Lars Olsen  
Byggeri, Beton  
5 oktober 2006

## Termisk masse og varmeakkumulering i beton



### Varmekapacitet pr. m<sup>2</sup> overfladeareal

Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Lars Olsen  
Byggeri, Beton  
5 oktober 2006

## Varmeakkumulering, eksempel

Konstruktionsdel	Overfladeareal i forhold til opvarmet etageareal	Materiale-tykkelse	Varmekapacitet pr. overfladeareal	Varmekapacitet pr. opvarmet etageareal	Aktiv varmekapacitet pr. overfladeareal	Aktiv varmekapacitet pr. opvarmet etageareal
		m	Wh/(K·m <sup>2</sup> )	Wh/(K·m <sup>2</sup> )	Wh/(K·m <sup>2</sup> )	Wh/(K·m <sup>2</sup> )
Loft, beton	0,90	0,10	66,7	60,0	24,4	22,0
Gulv, klinker	0,90	0,10	66,7	60,0	24,4	22,0
Skillevægge, beton	0,90	0,09	60,0	54,0	22,2	20,0
Ydervægge, beton	0,29	0,10	66,7	19,3	24,4	7,1
Sum	2,99			193,4		71,0

Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
 Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Lars Olsen  
 Byggeri, Beton  
 5 oktober 2006

## Danske tabelværdier for varmekapacitet

Beskrivelse	Indvendige konstruktioner	Varmekapacitet c Wh/K m <sup>2</sup>
Ekstra let	Lette vægge, gulve og lofter, fx skelet med plader eller brædder, helt uden tunge dele	40
Middel let	Enkelte tunge dele, fx betondæk med trægulv eller porebetonvægge	80
Middel tung	Flere tunge dele, fx betondæk med klinker og tegl- eller klinkebetonvægge	120
Ekstra tung	Tunge vægge, gulve og lofter i beton, tegl og klinker	160

Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
 Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Lars Olsen  
 Byggeri, Beton  
 5 oktober 2006

## Varmeakkumulering

Tidskonstant:

$$\tau = A_e \cdot c / H$$

Hvor

$\tau$  Tidskonstant, h

$A_e$  Bygningens opvarmede areal, m<sup>2</sup>

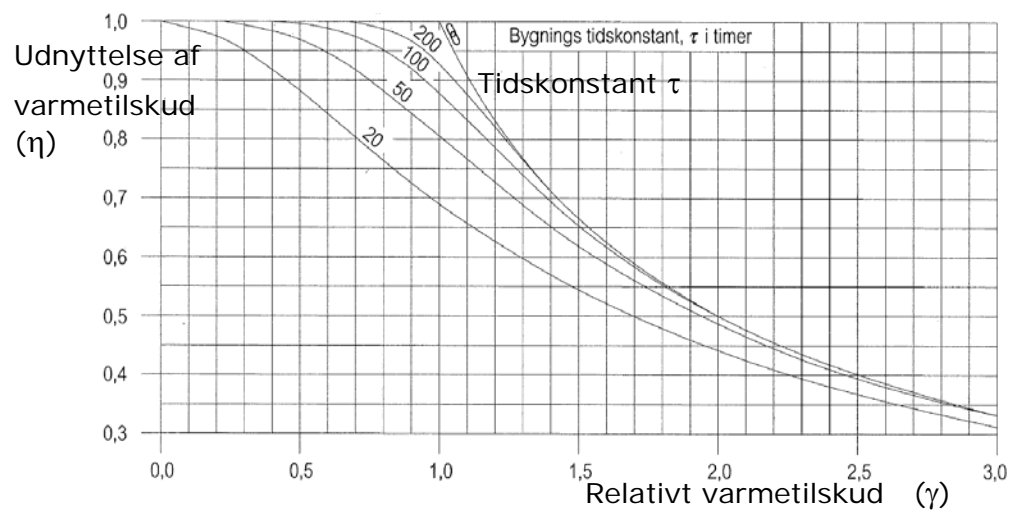
$c$  Bygningens varmekapacitet, Wh/K m<sup>2</sup>

$H$  Specifikt varmetab for bygning, W/K

Relativt varmetilskud:

$$\gamma = \text{Varmetilskud} / \text{varmetab} \quad (= Q_g / Q_i)$$

## Varmeakkumulering





## Termisk masse og varmeakkumulering i beton



### Beregning af energibehov, eksempler

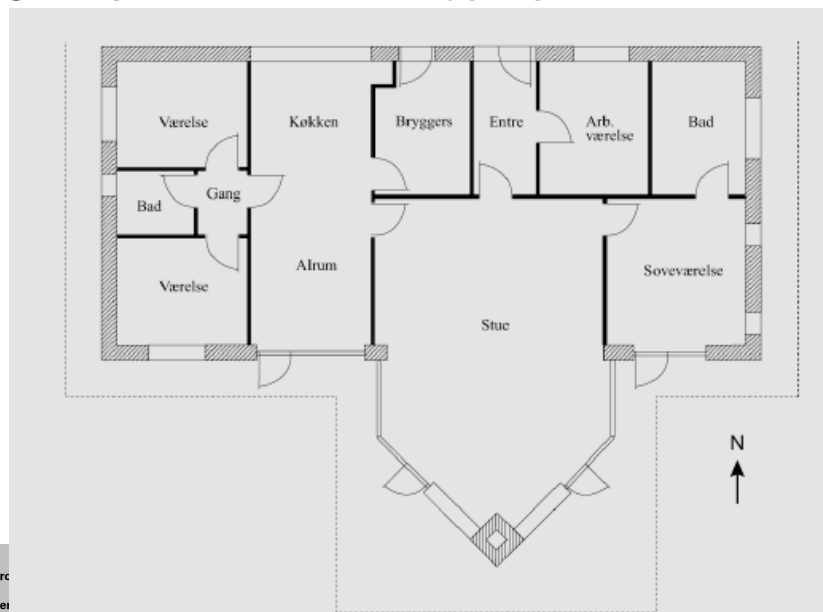
- **Bygningstyper:**
  - Boligbyggeri
  - Kontorbyggeri
- **Byggematerialer:**
  - Ekstra tung beton
  - Middeltung
  - Middelt let
  - Ekstra let

Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Lars Olsen  
Byggeri, Beton  
5 oktober 2006

### Referencebygning, bolig:

Fritliggende parcelhus. T-formet bygning. Areal: 180 m<sup>2</sup>.



## Solindfald, enfamiliehus

T-formet bygning. Derfor skygger på nogle vinduer.

Vinduesareal: 29 % af etageareal

Orientering (og fordeling): N: 22 %, S: 37 %, Ø: 21 %, V: 20%

Rudetype: Energirude,  $g = 0,63$

Glasandel: 67 %

Skygger: 15 ° horisont, 10 ° Højre/venstre, 40 – 70 ° udhæng

Middel (med solafskærmning): 5200 kWh/år  
 Stort: 7400 kWh/år  
 Stort uden udhæng: 10500 kWh/år

## Transmission

### U-værdier

	Areal	U-værdi
Loft: 300 mm isolering, $\lambda 0,037$ W/m K	180	0,12
Terrændæk med gulvvarme (0,39 m fundament)	156	0,12
Ydervæg (162,6 m <sup>2</sup> brutto): 190 mm isol. 0,037 W/m K	109,6	0,25

### Linjetab

	l (m)	Tab (W/mK)
Fundamenter og samlinger ved vinduer	154,7	
Ydervægsfundamenter	63,3	0,13
Samling omkring vinduer og døre	91,4	0,03

## Resultat, enfamiliehus, med forceret ventilation



<b>Energibehov</b>	Sol	Ekstra let	Middel let	Middel tung	Ekstra tung
	Middel	90,5	88,0	87,2	86,8
	Stort	91,3	86,6	82,1	81,8
	Stort, uden udhæng	94,2	89,0	86,0	84,0
<b>Overskudsvarme</b>	Sol	Ekstra let	Middel let	Middel tung	Ekstra tung
	Middel	0,0	0,0	0,0	0,0
	Stort	5,8	3,7	0,0	0,0
	Stort, uden udhæng	14,2	11,6	9,7	8,2

Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Energiramme 90,5 kWh/m<sup>2</sup>

Lars Olsen  
Byggeri, Beton  
5 oktober 2006

## Resultat, enfamiliehus, uden forceret ventilation



<b>Energibehov</b>	Sol	Ekstra let	Middel let	Middel tung	Ekstra tung
	Middel	97,7	93,6	91,8	90,6
	Stort	98,4	93,8	91,5	90,1
	Stort, uden udhæng	104,1	98,8	95,8	93,8
<b>Overskudsvarme</b>	Sol	Ekstra let	Middel let	Middel tung	Ekstra tung
	Middel	7,2	5,7	4,6	3,8
	Stort	12,9	10,9	9,4	8,3
	Stort, uden udhæng	24,0	21,5	19,4	17,9

Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Forskel 4 -10 % i energibehov

Lars Olsen  
Byggeri, Beton  
5 oktober 2006

## Termisk masse og varmeakkumulering i beton



### Kontorhus

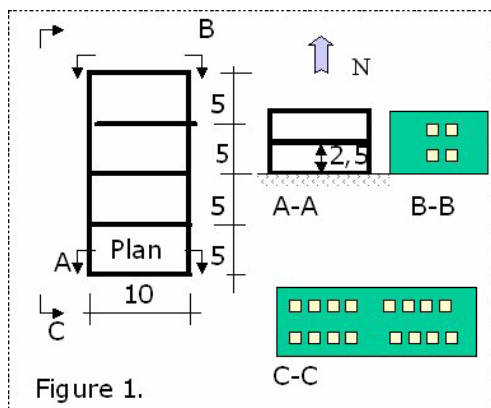


Figure 1.

Produktområdeprojekt vedr. betonprodukter  
Termisk masse og varmeakkumulering i beton

Lars Olsen  
Byggeri, Beton  
5 oktober 2006

## Resultat, kontorhus



<b>Energibehov</b>		Ekstra let	Middel let	Middel tung	Ekstra tung
Forceret ventilation	Middel	103,9	97,4	91,5	90,5
Forceret ventilation	Stort	118,7	111,6	105,6	103,9
Uden forceret ventilation	Middel	108,6	102,1	98,4	95,9
Uden forceret ventilation	Stort	123,0	116,1	111,7	108,9
<b>Overskudsvarme</b>		Ekstra let	Middel let	Middel tung	Ekstra tung
Forceret ventilation	Middel	5,2	3,2	0,0	0,0
Forceret ventilation	Stort	5,2	3,1	0,0	0,0
Uden forceret ventilation	Middel	12,3	10,4	9,1	8,1
Uden forceret ventilation	Stort	11,5	9,7	8,4	7,3

Termisk masse og varmeakkumulering i beton

5 oktober 2006

Forskel 11 -13 % i energibehov

## **Termisk masse og varmeakkumulering i beton**



### **Konklusioner**

**Densiteten er den dominerende parameter ved varmeakkumulering i materialer**

**Materialetykkelser fra overfladen op til 5 cm giver størst udnyttelse af varmeakkumuleringen.**

**Det er muligt at beregne varmekapacitet mere detaljeret men begrænset fordel på grund af de danske tabelværdier.**

**Energibehov 4 – 13 % mindre ved at anvende beton i konstruktioner i forhold til lette materialer**