

# NOTAT

Projekt **Sortemoen – Renovering af tagkonstruktion**  
Kunde **Boligselskabet Sortemoen (Herlev), KAB**  
Notat nr. **00**  
Dato **2015-06-19**  
Til **Hans Bang Munkholt (HMK)**  
Fra **Henrik Monefeldt Tommerup (HMT)**

## 1. Varmebesparelse og rentabilitet v. efterisolering af tag

Der er foretaget en beregning af rentabilitet og energibesparelse ved efterisolering i forbindelse med renovering af tagkonstruktion på rækkehusbebyggelsen Sortemoen, som er opført i slutning af 1970'erne.

Dato 2015-06-19

### 1.1 Tagkonstruktion før og efter renovering

De eksisterende tage er udførte som flade tage i bjælkelag med 170 mm isolering i ét lag og med utæt dampspærre. Underlag for tagpap i form af krydsfiner. Der er væsentlige problemer med skimmelvækst i tagene.

T: 51 61 84 80

Ref. 1100005599

Tagene skimmelsaneres, tætnes, efterisoleres og ventileres. Der efterisoleres med ny 250 mm mineraluld (kl. 34), svarende til en U-værdi på 0,15 W/m<sup>2</sup>K.

Isoleringsevnen forbedres ved en kombination af forøget isoleringstykkelser samt bedre varmeledningsevne i form af nyt og tørt isoleringsmateriale.

Der udføres tæt dampspærre, hvilket bidrager til en yderligere varmesparelse. Tagfald til indvendig tagedløb udføres i form af isoleringsskiler på brædder. Denne isolering er ikke virksom, da konstruktionen er udført som koldt ventileret tag.

### 1.2 U-værdi beregninger

U-værdier før og efter renoveringen, fremgår af Tabel 1 og Tabel 2.

Beregningerne er udført i henhold til DS418:2011, 7. udgave og udleverede detailtegninger fra udbudsprojekt, dateret 2015.03.12. Detaljer om beregningsforudsætninger fremgår af separate beregninger (Excel fil).

BR10 foreskriver at der skal foretages rentabel efterisolering i forbindelse med renovering/ombygning med udgangspunkt i en U-værdi på 0,15 W/m<sup>2</sup>K for tagkonstruktioner.

Det fremgår af U-værdi beregningerne at U-værdien og dermed varmetabet fra tagene mere end halveres.

**Tabel 1. U-værdi for eksisterende tagkonstruktion, 170 mm isolering med designværdi for varmeledningsevnen på 0,050 W/mK.**

Lag	t [m]	$\lambda D$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Overgangsisolans udvendigt			0,04
tagpap på krydsfiner (isolans skønnet)			0,08
50 mm svagt ventileret luftspalte over isoleringen			0,08
Bjælkelag 45/600 mm med 170 mm isolering i ét lag	0,170	0,055	3,08
Spredt forskalling			0,16
Gipslofter	0,013	0,250	0,05
Overgangsisolans indvendigt			0,10
Samlet isolans			3,59
U'			0,28
$\Delta U_g$ (korrektion for luftspalter i isoleringen, niveau 2)			0,03
Resulterende U-værdi			<b>0,31</b>

**Tabel 2. U-værdi for ny tagkonstruktion, 250 mm isolering med designværdi for varmeledningsevnen på 0,034 W/mK.**

Lag	t [m]	$\lambda D$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Overgangsisolans udvendigt			0,04
tagpap på isoleringskile og på brædder			0,15
50 mm svagt ventileret luftspalte over isoleringen			0,08
Bjælkelag 2x 45/600 mm med 250 mm isolering	0,250	0,040	6,18
Spredt forskalling			0,16
Gipslofter	0,013	0,250	0,05
Overgangsisolans indvendigt			0,10
Samlet isolans			6,76
U'			0,15
$\Delta U_g$ (korrektion for luftspalter i isoleringen, niveau 0)			0,00
Resulterende U-værdi			<b>0,15</b>

### 1.3 Rentabilitet

Rækkehusene omfatter 121 enheder, sammenbygget i klynger i form af 2 plans boliger. Hver bolig har en tagflade på hver 50 m<sup>2</sup>, svarende til i alt 6.050 m<sup>2</sup>.

Den samlede pris for renoveringen af 121 tage udgør 33 mio. kr. inkl. moms. Heraf udgør merudgiften for merisolering, opretning af spær, forhøjelse af stern osv. 1.500.000,- inkl. moms. Dette svarer til ca. 250 kr./m<sup>2</sup>.

I Tabel 3 er vist resultater af rentabilitetsberegningen. Det ses at rentabilitetsfaktoren er beregnet til 1,52. Rentabilitetsfaktoren udregnes som årlig besparelse gange levetid divide-

ret med investering. Den er større end 1,33, så efterisoleringen er rentabel og dermed lovpligtig at gennemføre i forbindelse med renovering af taget.

**Table 3. Beregning af rentabilitet for tagkonstruktion iht. BR10**

U-værdi krav i BR10	0,15	W/m <sup>2</sup> K
U-værdi eksisterende forhold	0,31	W/m <sup>2</sup> K
U-værdi fremtidige forhold	0,15	W/m <sup>2</sup> K
Gradtimer baseret på 20 grader inde og udetemp. iht. DRY	90	kKh/år
Udnyttelsesgrad af efterisoleringen <sup>1</sup>	0,9	
Årsnyttevirkning for varmeanlæg <sup>2</sup>	1,0	
Resulterende bruttovarmefaktor	0,9	
Bruttovarmebesparelse	13,0	kWh/m <sup>2</sup>
Ekstrainvestering i efterisolering	248	kr/m <sup>2</sup> inkl. moms
Varmepris, naturgas, forbrugerpris 8 kr./m <sup>3</sup> gns. seneste 5 år <sup>3</sup>	0,73	kr/kWh inkl. moms
Beregningsmæssig levetid iht. BR10	40	år
Rentabilitet iht. BR10	1,52	-
Efterisoleringen skal gennemføres	<b>Ja</b>	(Ja/nej)

<sup>1</sup> Det antages for de aktuelle forhold at en ændring i transmissionstabet slår igennem med 90 % på nettovarmebehovet (afhænger af isoleringsstandard, interne varmetilskud, solindfald, varmekapacitet mv.)

<sup>2</sup> Hver bolig har individuelle gasfyrede kedel-anlæg, der står til løbende udskiftning. Der antages på den sikre side at anlæggene er nyere, kondenserende kedler med en årsnyttevirkning på 100 %.

<sup>3</sup> Energitilsynets naturgasstatistik 1. kvartal 2015

#### 1.4 Varmebesparelse

Der vil være en tillægsbesparelse ved tætning af dampspærren i form af en forbedring af klimaskærmens lufttæthed.

Rockwool har i forbindelse med et demonstrationsprojekt i Næstved målt en utæthed på 8 l/s/m<sup>2</sup> (ved trykprøvning med 50 Pa over-/undertryk) for et fritliggende parcelhus fra 1970'erne opført med let ydervægs- og tagkonstruktion, som i Sortemosen.

Det antages på den baggrund og med korrektion for at rækkehusene har mindre klimaskærm pr. m<sup>2</sup>, at de har en lufttæthed på 5 l/s/m<sup>2</sup>. Der forudsættes en fordeling af utæthederne med 50 % på vinduer (og samlinger omkring vinduer), 30 % på loft/tag og 20 % på ydervægge. Det antages at der ved etablering af en "tæt" dampspærre opnås en reduktion i infiltrationen på 20 % (reduktion af tagutætheder til en tredjedel). Lufttætheden ved 50 Pa kan omregnes til gennemsnitlig infiltration i fyringssæsonen ved at multipliceres med en faktor 0,06 (jf. SBi anvisning 213).

Det vil sige at lækagen gennem klimaskærmen skønsmæssigt nedsættes med  $5 \times 0,06 \times 0,2 = 0,06$  l/s/m<sup>2</sup>, som følge af ny dampspærre, svarende til en bruttovarmebesparelse på ca. 5,8 kWh/m<sup>2</sup> pr. år. Varmebesparelsen ved den bedre varmeisolering er til sammenligning beregnet til 13,0 kWh/m<sup>2</sup> pr. år. Varmebesparelsen forøges altså med 45 % som følge af mindre infiltration. Det skal dog bemærkes at effekten af lufttætningen er behæftet med en vis usikkerhed.

Den samlede varmesparelse andrager:

Bedre varmeisolering: **DKK 57.000,- pr. år.**

Bedre varmeisolering + tættere klimaskærm/mindre infiltration: **DKK 82.000,- pr. år.**