



Ydeevnen af salthydrat og vandlagre

Furbo, Simon

Publication date:
1977

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Furbo, S. (1977). *Ydeevnen af salthydrat og vandlagre*. Technical University of Denmark, Department of Civil Engineering.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

YDEEVNEN AF SALTHYDRAT- OG VANDLAGRE.

Simon Furbo.

Laboratoriet for Varmeisolering.

Danmarks tekniske Højskole.



Januar 1977.

MEDDELELSE NR. 54.

Formål

Formålet med beregningerne er ved et beregningseksempel at sammenligne salthydratlagres og vandlagres ydeevne for små solvarmesystemer.

På figur 1 er vist en principskitse af det benyttede solvarmesystem.

Dels gennemføres beregninger med et vandvarmelager, dels med et fixersaltlager, således at sammenligningen af de forskellige lagertyper er mulig.

Solfanger.

Solfangeren regnes at være en 2-lags vandsolfanger med hældningen 25° fra lodret. Effektiviteten af denne solfanger regnes at være:

$$\eta = K_1 + 3.5 \frac{T_{\text{fremløb}} + 2.5 - T_{\text{ude}}}{QSOL}$$

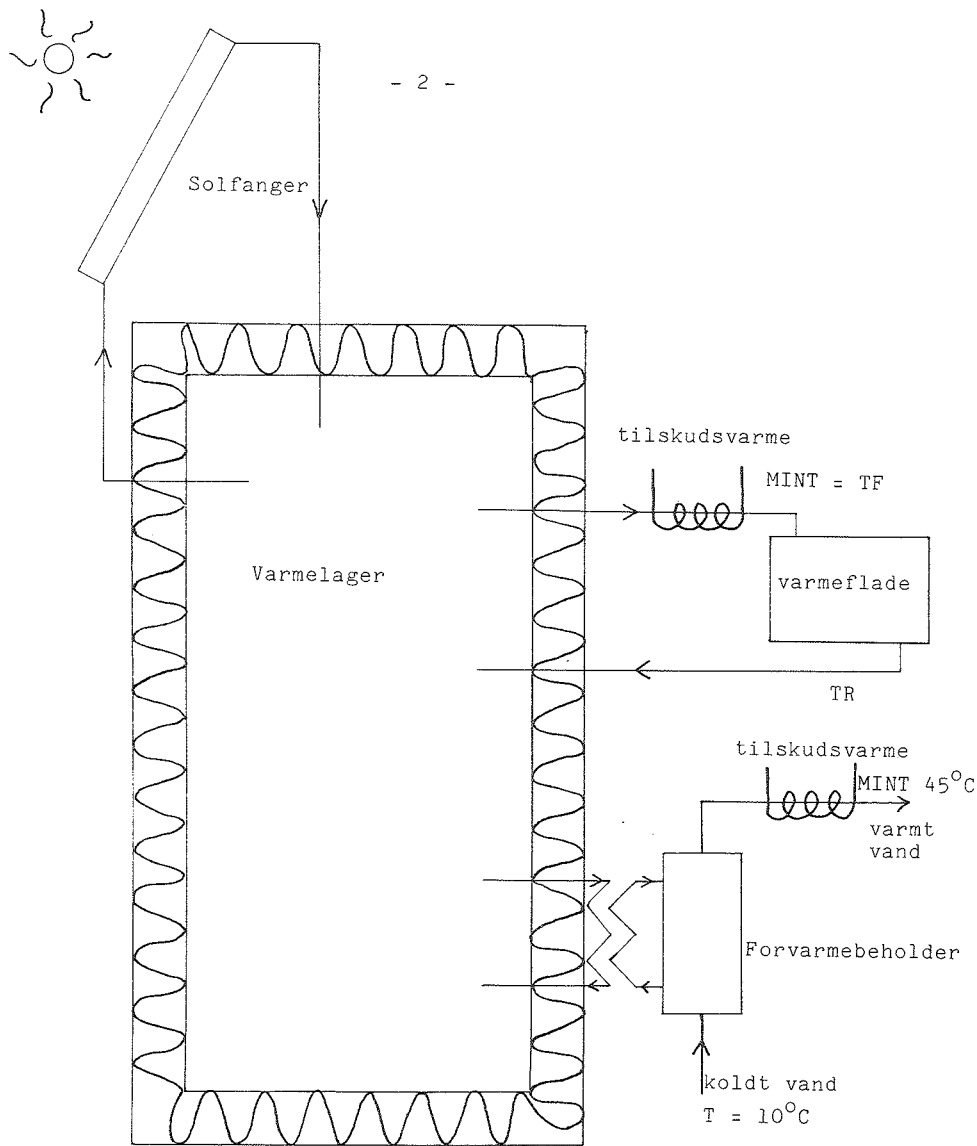
$T_{\text{fremløb}}$ er vandfremløbstemperaturen til solfangeren i °C.

$T_{\text{fremløb}} + 2.5$ regnes som middeltemperaturen i solfangeren, idet der regnes med 5°C opvarmning gennem solfangeren.

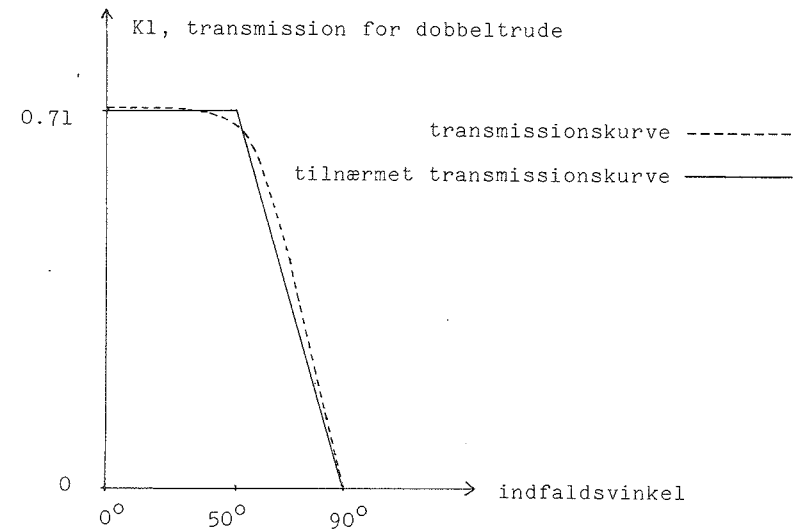
T_{ude} er udelufttemperaturen i °C.

$QSOL$ er totalsolintensiteten i W/m^2 .

K_1 afhænger af indfaldsvinklen, som vist på den tilnærmede kurve på figur 2, se også figur 2 i (1).



Figur 1. Principskitse af solvarmesystem.



Figur 2. Transmissionskurve for dobbeltrude og dens tilnærmede kurve.

Rumopvarmning.

Ved beregningerne er benyttet et B-hus med opvarmningsbehovet 12000 kWh, se (2), (3) og (4).

Huset, der oprindeligt havde opvarmningsbehovet 20700 kWh, er siden opførelsen blevet tillægsisoleret. Oprindeligt er varmefordelingssystemet derfor dimensioneret til at kunne dække 9.3 kW med en udelufttemperatur på -12°C og en rumlufttemperatur på 20°C ved fremløbstemperaturen $TF = 90^\circ\text{C}$ og returløbstemperaturen $TR = 70^\circ\text{C}$, altså en middeltemperaturdifferens mellem varmeblade og rumluft på 60°C . Ved andre middeltemperaturdifferenser Δt_m fås varmeafgivelsen, se (4) og (5) af ligningen:

$$\dot{\Phi} = 9300 \left(\frac{\Delta t_m}{60} \right)^{1.3} \text{ W.}$$

Idet man forudsætter en konstant vandstrøm i varmfordelingssystemet på 2 l/min og konstant rumlufttemperatur 20°C, fås:

$$\dot{\Phi} = 9300 \cdot \left(\frac{\frac{TF+TR}{2} - 20}{60} \right)^{1.3} \quad W = \frac{2}{60} \cdot 4180 \cdot (TF-TR) \text{ W.}$$

Af disse ligninger findes fremløbs- og returløbstemperaturen som funktion af varmebehovet $\dot{\Phi}$ W:

$$TR = 20 - \dot{\Phi} / 278.6 + 60 \cdot \left(\frac{\dot{\Phi}}{9300} \right)^{0.768} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$TF = TR + \dot{\Phi} / 139.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Når fremløbstemperaturen således kendes, prøves derfor, om man fra lageret kan tappe varmebehovet ved tilstrækkelig høj temperatur. Hvis ikke, tilføres netop den ekstra varme, der skal til for at hæve fremløbstemperaturen til den ønskede værdi. På denne måde kan man udnytte lagerfremløbstemperaturer ned til returløbstemperaturen for varmfordelingssystemet, selv om man da kun dækker en mindre del af varmebehovet. Når lagertemperaturen er lavere end 48°C, tappes lageret ikke.

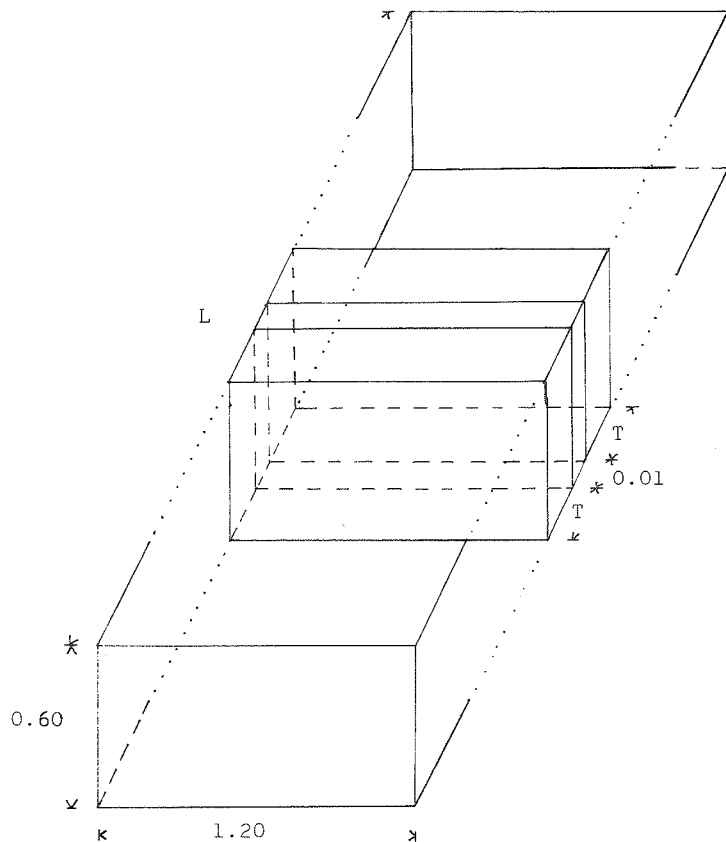
Varmtvandsforbruget.

Varmtvandsforbruget er sat til 350 l vand pr. døgn med en opvarmning fra 10°C til 45°C.

Forvarmebeholderen, se figur 1, en 200 l kappebeholder isoleret med 10 cm mineraluld, gør, at det er muligt at overføre varme fra lageret, når fixersalt lagerkanaltemperaturen h.h.v. vandlagertemperaturen er større end kappebeholder-temperaturen. Kappebeholderen regnes at kunne overføre 423 W pr. °C temperaturdifferens som fx. for RECI varmtvandsbeholder V.K. Når lagertemperaturen er lavere end 48°C, tappes lageret ikke.

Lager.

Fixersaltlager.



Figur 3. Principskitse af fixersaltlageret.

På figur 3 er vist en principskitse af fixersaltlageret. Det består af en række bakker hver med dimensionen $0.60 \times 1.20 \times T \text{ m}^3$ adskilt af 1 cm kanaler, som indeholder det varmetransporterende medie, vand. Lageret har således dimensionen $0.60 \times 1.20 \times L \text{ m}^3$, og antallet af bakker er $\text{ANTAL} = L/(T + 0.01)$.

Hver bakke indeholder fixersalt, der smelter ved 48.0°C med smeltevarmen 350 MJ/m^3 . Massefylden er 1690 kg/m^3 , varmfylde i faststoffase er $1865 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ og i væskefase $2390 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$.

Vandlager.

Vandlageret har samme ydre dimension som fixersaltlageret $1.20 \times 0.60 \times L \text{ m}^3$. Vandlagertemperaturen T_{lager} regnes konstant i hele lageret, og vandets varmfylde og massefylde sættes til h.h.v. $4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ og 985 kg/m^3 .

Lagertab.

Lageret har dimensionen $1.20 \times 0.60 \times L \text{ m}^3$, og det regnes isoleret med $\frac{1}{2} \text{ m}$ mineraluld og beliggende i en kælder ved temperaturen 17°C .

Fra s. 240 i (6) fås, idet der regnes med retlinet forløb mellem de opgivne λ -værdier (mineraluldens middeitemperatur er $\frac{1}{2} \cdot (T_{\text{lager}} + 17)$):

$$\lambda = 0.039 + 0.00009 \cdot (T_{\text{lager}} + 17) \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Fra s. 120 i (7) fås overfladearealet, der tages i beregning ved varmetabsberegningen:

$$A = F_i + 0.54 \cdot e \cdot \Sigma h + 1.2e^2$$

Fi er den indvendige lageroverflade.

e er isoleringstykkelsen.

Σh er summen af alle de indre kantlængder.

$$\text{Her fås: } \Sigma h = 4 \cdot L + 4 \cdot 1.20 + 4 \cdot 0.60 = 4L + 7.2 \text{ m.}$$

$$F_i = 2 \cdot 0.72 + 2 \cdot 1.20 \cdot L + 2 \cdot 0.60 \cdot L \approx 1.44 + 3.6 \cdot L \text{ m}^2$$

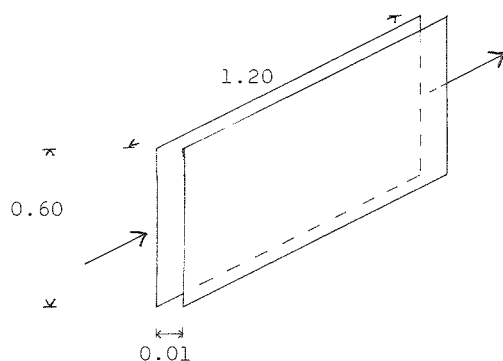
Varmetabet bliver da:

$$\text{VTL1} = \frac{A(T_{\text{lager}} - 17)}{e/\lambda} = 2 \cdot (4.68 \cdot L + 3.68) \cdot (0.039 + 0.00009 \cdot (T_{\text{lager}} + 17)) \cdot (T_{\text{lager}} - 17) \text{ W.}$$

Varmeovergang i fixersaltlageret.

1) I kanalen:

Hver bakke er begrænset af 2 kanaler, hvori det varmeoverførende vand strømmer.



Figur 4. Kanalskitse.

$$\text{En kanals hydrauliske diameter er } d_h = 4 \frac{0.60 \cdot 0.01}{(0.60 + 0.01)} = 0.0197 \text{ m}$$

Det samlede kanaltværsnitsareal er $0.60 \cdot 0.01 \cdot \text{ANTAL}$.

Sættes vandstrømmen til 40 l/min, d.v.s. $6.67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$,

$$\text{fås vandhastigheden i lageret } V = \frac{6.67 \cdot 10^{-4}}{0.6 \cdot 0.01 \cdot \text{ANTAL}} = \frac{1.11 \cdot 10^{-1}}{\text{ANTAL}} \text{ m/s}$$

$$\text{Reynolds tal bliver da: } Re = \frac{v \cdot d_h}{\nu} = \frac{1.11 \cdot 10^{-1} \cdot 0.0197}{\text{ANTAL} \cdot 0.55 \cdot 10^{-6}} = \frac{3978}{\text{ANTAL}}$$

Kanalen betragtes som et rør med længden 1.20 m og

$$\frac{L}{Re \cdot Pr \cdot d_h} = \frac{1.20}{\frac{3978}{\text{ANTAL}} \cdot 3.56 \cdot 0.0197} = 0.0043 \cdot \text{ANTAL}$$

Da $10^{-4} < \frac{L}{Re \cdot Pr \cdot d_h} < 10$ er der tale om en

tvungen laminar strømning, og Nusseltallet

bliver, se s. 146 i (8):

$$Nu = \left[3.65 + \frac{0.0668 \cdot \frac{(Re \cdot Pr \cdot d_h)}{L}}{1 + 0.045 \cdot \left(\frac{(Re \cdot Pr \cdot d_h)}{L} \right)^{2/3}} \right] \left(\frac{\eta_s}{\eta_v} \right)^{0.14} \approx$$

$$3.65 + \frac{15.53}{\text{ANTAL} + 1.70 \cdot \text{ANTAL}^{1/3}}$$

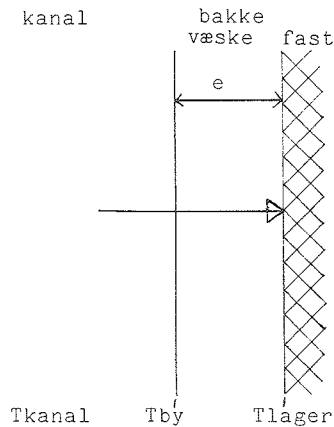
Overgangsmodstanden fra kanal til kanalvæg bliver da:

$$MO = 1/\alpha = \frac{d_h}{Nu \cdot \lambda} = \frac{0.0197}{Nu \cdot 0.641} = \frac{0.0307}{3.65 + \frac{15.53}{\text{ANTAL} + 1.70 \cdot \text{ANTAL}^{1/3}}} \frac{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

2) I bakken:

2. For smeltepunktstemperaturen

a) Fyldning.



Figur 5. Tværsnit af kanal/bakke - overgang ved fyldning af lageret.

På figur 5 ses, hvorledes varmen overføres til lageret, når smeltepunktstemperaturen forefindes. Varmen transporteres fra kanalen gennem bakkevæggen og saltvæskefasen ind til den faststoffasegrænse, der er placeret yderst i bakken. Fasegrænsen antages hele tiden at have smeltepunktstemperaturen.

Varmetransporten gennem væskefasen sker dels ved ledning, dels ved termisk konvektion, og benyttes den i (9) side 80 ff beskrevne beregningsmetode, findes det ækvivalente varmeled-

ningstal af formlen:

$$\frac{\lambda_{\text{æ}}}{\lambda} = 1 + \frac{m \cdot (Gr \cdot Pr)^r}{(Gr \cdot Pr) + n} \quad (I)$$

Konstanterne har værdierne: $m = 0.024$, $n = 1.01 \cdot 10^4$ og $r = 1.39$, idet bakkerne er lodrette.

Grashof-tallet Gr bestemmes af

$$Gr = \frac{e^3 \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta T}{\nu^2}$$

e er væskebredden i m.

$g \cdot \beta$ er opdriften i $m/s^2 \text{ } ^\circ C$.

ν er den kinematiske viscositet af væsken i m^2/s .

ΔT er temperaturdifferensen over væskebredden i $^\circ C$, altså $\Delta T = T_{by} - T_{lager}$, se figur 5.

Alle stofværdierne indsættes for vand ved $50^\circ C$:

Prandtl's tal $Pr = 3.56$

varmeledningsevne for væskefasen $\lambda = 0.64 \text{ W/m } ^\circ C$

opdriften $g \cdot \beta = 9.82 \cdot 4.6 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2 \text{ } ^\circ C$ og

$\nu = 0.553 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/s$.

Gyldighedsområdet $Gr \cdot Pr < 10^8$ er opfyldt i alle tilfælde, og varmemodstanden i væskefasen bliver da:

$$MV = m_{k+1} = \frac{e}{\lambda_{\text{æ}}} = \frac{e}{\frac{\lambda_{\text{æ}}}{\lambda} \cdot \lambda}, \text{ hvor } \frac{\lambda_{\text{æ}}}{\lambda} \text{ findes af (I)}$$

Resultatet af denne beregning er: For $e \cong 0.005m$:

$\Delta T (^\circ C)$	0.5	1	1.5	2	3	5	10	20	40
$MV \left(\frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W} \right)$	0.0083	0.0065	0.0057	0.0052	0.0046	0.0039	0.0030	0.0024	0.0019

For $\Delta T = 0.5^{\circ}\text{C}$ var gyldighedsområdet dog kun $e \geq 0.01$ m, idet man for $e = 0.005$ m fik: $MV = 0069 \frac{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$.

De her beregnede MV-værdier for $e \geq 0.005$ m tilnærmes udmærket til udtrykket:

$$MV = + 0.00006397 \cdot \Delta T^2 - 0.00469876 \cdot \sqrt{\Delta T} + 0.00042345 \cdot \Delta T^{1.5} + 0.01109720.$$

Den varmemængde, som lageret kan optage er da:

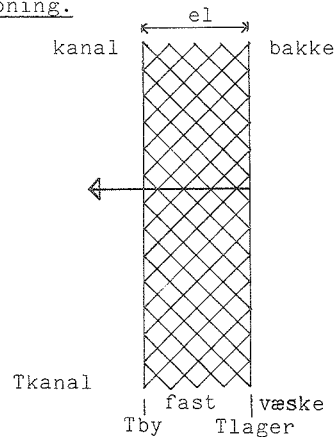
$$0.72 \cdot \text{ANTAL} \cdot 2 \cdot \frac{T_{\text{kanal}} - T_{\text{lager}}}{MO + MV} \text{ W, idet}$$

$0.72 \cdot \text{ANTAL} \cdot 2$ er overføringsarealet i m^2 .

For at finde MV, som jo afhænger af $\Delta T = (T_{\text{by}} - T_{\text{lager}})$, bruges følgende varmestrømsligning:

$$\frac{T_{\text{kanal}} - T_{\text{by}}}{MO} = \frac{T_{\text{by}} - T_{\text{lager}}}{MV}$$

b) Tapning.



Figur 6. Tværsnit af kanal/bakke-overgang ved tapning af lageret.

På figur 6 ses, hvorledes varmen overføres fra lageret til kanalen, når smeltepunktstemperaturen forefindes. Varmen transporteres fra den yderst beliggende væskefase-grænse gennem faststoffasen og bakkevæggen til kanalen. Fasegrænsen antages at have smeltepunktstemperaturen.

Varmeledningsevnen for faststoffasen er $0.57 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, og varmemodstanden i faststoffasen er da $MF = \frac{el}{0.57} \frac{\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$, hvor el er faststoffykkelsen i m, se figur 6.

Den varme, der kan overføres bliver da:

$$0.72 \cdot \text{ANTAL} \cdot 2 \cdot \frac{T_{\text{lager}} - T_{\text{kanal}}}{MO + MF} \text{ W.}$$

Hver bakke regnes symmetrisk om midterlinjen og desuden opdelt i $2 \times \text{NNN} \cdot \frac{1}{2}$ cm-lag, hvor $\text{NNN} = T/0.01$. Idet man i beregningerne for hver halve time kontrollerer det enkelte lags varmeindhold, kan man finde det yderste lag, hvori der forefindes smelte, lag nr. $M(1)$, og MF kan da beregnes, idet $el = 0.005 (M(1) - \frac{1}{2})$ m.

2.2 For andre temperaturer end smeltepunktstemperaturen.

For en lagertemperatur højere end smeltepunktstemperaturen, d.v.s. at alt saltet er smeltet, bruges samme formel for varmeoverføringsmængde som ovenfor nævnt under fyldning, idet MV-formlen var gyldig for $e \geq 0.005$ m.

For en lagertemperatur mindre end smeltepunktstemperaturen, d.v.s. at alt saltet er størknet, tappes lageret ikke, mens fyldningsvarmemængden, som kan overføres, regnes at være:

$$0.72 \cdot \text{ANTAL} \cdot 2 \cdot \frac{T_{\text{kanal}} - T_{\text{lager}}}{MO + \frac{T/4}{0.57}} \text{ W.}$$

Fremløbstemperaturer fra lageret.

For fixersaltlageret er overføringsvarmen afhængig af lagerets kanaltemperatur T_{kanal} , se foregående afsnit. Varmeoverføringsmediet regnes at have en temperaturdifferens på 3°C igennem lageret, således at fremløbstemperaturen til varmfordelingssystemet regnes at være $T_{kanal} + 4^{\circ}\text{C}$, mens middeltemperaturdifferensen over varmtvandsbeholderen er $T_{kanal} - T_3$, hvor T_3 er varmtvandsbeholdertemperaturen. Fremløbstemperaturen til solfangeren er sat til $T_{kanal} + 4^{\circ}\text{C}$.

Med startværdierne for T_{kanal} på $T_{lager} + 1^{\circ}\text{C}$ når solfangeren er i drift, og $T_{lager} - 5^{\circ}\text{C}$ når solfangeren ikke er i drift, korrigeres T_{kanal} så i beregningerne indtil det er muligt at overføre den beregnede varmemængde-tapning eller -fyldning.

For vandlageret skal blot nævnes, at fremløbstemperaturen til solfanger og varmfordelingssystem er lagertemperaturen T_{lager} , mens middeltemperaturdifferensen over varmtvandsbeholderen er $T_{lager} - T_3$.

Beregninger.

Et EDB-program beregner for hver halve time med referenceårets data solfangerbidrag, rumopvarmnings- og varmtvandsforbrugs dækningen, der er mulig med forskellige solvarmesystemstørrelser. Resultaterne af disse beregninger med de forudsætninger, der er nævnt, skal kort omtales i det følgende. Angående mere detaljerede oplysninger om EDB-kørslerne henvises til EDB-udskrifterne.

Resultater af EDB-kørslerne.

For små solvarmeanlæg, karakteriseret ved en solfangerstørrelse på 10 m^2 , se tabel 1, er de økonomisk optimale lagre meget små. Der er ingen forskel på saltlagrene med forskellig bakketykkelse, og lagerstørrelsen er iøvrigt så lille, at et saltlager ikke kan komme på tale ved disse dækningsgrader.

For halvstore anlæg, karakteriseret ved en solfangerstørrelse på 20 m^2 , er der heller ikke store forskelle for de 3 forskellige lagre, se tabel 2 og figur 7, hvorfor vandlageret også må foretrækkes her. At bakketykkelsen for saltlagrene stort set ingen betydning har, skyldes at det varmebehov, der dækkes ved de små og halvstore anlæg væsentligst er varmtvandsforbruget, der ikke stiller store krav til lagerets tappeevne, idet man kan tappe varmen fra lageret over et langt tidsinterval, se figur 1. Også for de halvstore anlæg bliver lagrene meget små.

For store anlæg, karakteriseret ved en solfangerstørrelse på 50 m^2 , får lagermetoden øget indflydelse, se tabel 3 og figur 8. Saltlageret med de små bakketykkelser på 9 cm giver ved samme dækningsgrad ca. 2.5 gange mindre lagervolumen end vandlageret, hvilket svarer til et reelt lagertemperaturinterval fra 48°C til 92°C , se figur 9.

Forskellen i dækningsgraderne mellem de to saltlagre med 9 og 29 cm tykke bakker skyldes forskelle i tappeevnen.

Netop ved anlæg af denne størrelsesorden får rumopvarmningsdækningen øget betydning. På figur 10 og 11, hvor et karakteristisk eksempel er udvalgt, ses, at forskelle i dækningsgraden næsten udelukkende stammer fra forskelle i rumopvarmningsdækningen. Man kunne forestille sig, at bakketykkelsen ville have større indflydelse på dækningsgraden, men det er ikke tilfældet. Det skyldes dels, at dækningsgraden af rumopvarmningen stadig er beskeden, dels at tappeevnen kun er kritisk ved smeltepunktstemperaturen, som forefindes forholdsvis sjældent, fx. er lagertemperaturen om sommeren og en del af efteråret som regel højere end smeltepunktstemperaturen. Endvidere skal nævnes, at lageret med de små bakketykkelser tappes hurtigere end lageret med de større bakketykkelser. Lageret med de større bakketykkelser kan derfor tappes over et længere tidsinterval, hvilket i nogen grad ophæver dets dårlige tappeevne. Endelig ses, at selv ved disse anlæg er de økonomisk optimale lagerstørrelser meget små.

På figur 12 er solfangerarealet optegnet som funktion af dækningsgraden, idet lagervolumenet er holdt konstant $1.20 \times 0.60 \times 1.80 \text{ m}^3$. Også heraf fremgår, at forskelle i lagermetoden næsten ingen betydning har ved små anlæg og dækningsgrader. Ved større dækningsgrader, fx. ved 50% ses det, at man ved at bruge saltlageret med 9 cm tykke bakker kan nøjes med ca. 37 m^2 solfanger, mens vandlageret kræver et betydeligt større areal, ca. 55 m^2 . Hvis man så-

ledes kun har begrænset plads til lageret, er fordelene ved at bruge saltlager meget stor. Man kunne som omtalt også gøre vandlageret ca. 2.5 gange større, hvis pladsforholdene muliggør det, hvorved man ligeledes kunne nøjes med ca. 37 m^2 solfanger.

Har man ved 50% dækning den optimale fixersaltlagerløsning, kan man opnå samme dækning med et vandlager, der er ca. 2.5 gange større end saltlageret. Sammenlignes derfor priserne for 1 m^3 saltlager og 2.5 m^3 vandlager får man et groft skøn over lagermetodernes egnethed.

1 m^3 saltlager indeholder ca. $0.9 \text{ m}^3 = 1520 \text{ kg}$ salt	
Beholder og bakker for 1 m^3 saltlager koster	1100 kr
Saltpris $1.10 \text{ kr/kg} \cdot 1520$	1670 kr
	<hr/>
1 m^3 saltlagerpris uden isolering	2770 kr
2.5 m^3 vandtankpris uden isolering	2500 kr

Regnes således uden isoleringspriser og uden de omkostninger, der skal til for at få saltet til at virke, ses det, at de to lagerudformninger omtrent er lige dyre.

Konklusion.

Ved små dækningsgrader for et hus med et totalt varmebehov på 17000 kWh vil et vandlager være at foretrække frem for et fixersaltbakkelager, når man har tilstrækkelig lagerplads til rådighed. Har man derimod kun begrænset lagerplads, vil fordelene ved anvendelse af et fixersaltlager derimod være betydelig.

Lagerstørrelse Lager-type m ³	0.1	0.2	0.4	0.7	1.3	1.4
Vandlager			0.22	0.22		0.21
Fixersaltlager med bakketykkelsen 29 cm			0.22		0.21	
Fixersaltlager med bakketykkelsen 9 cm	0.22	0.22	0.22		0.21	

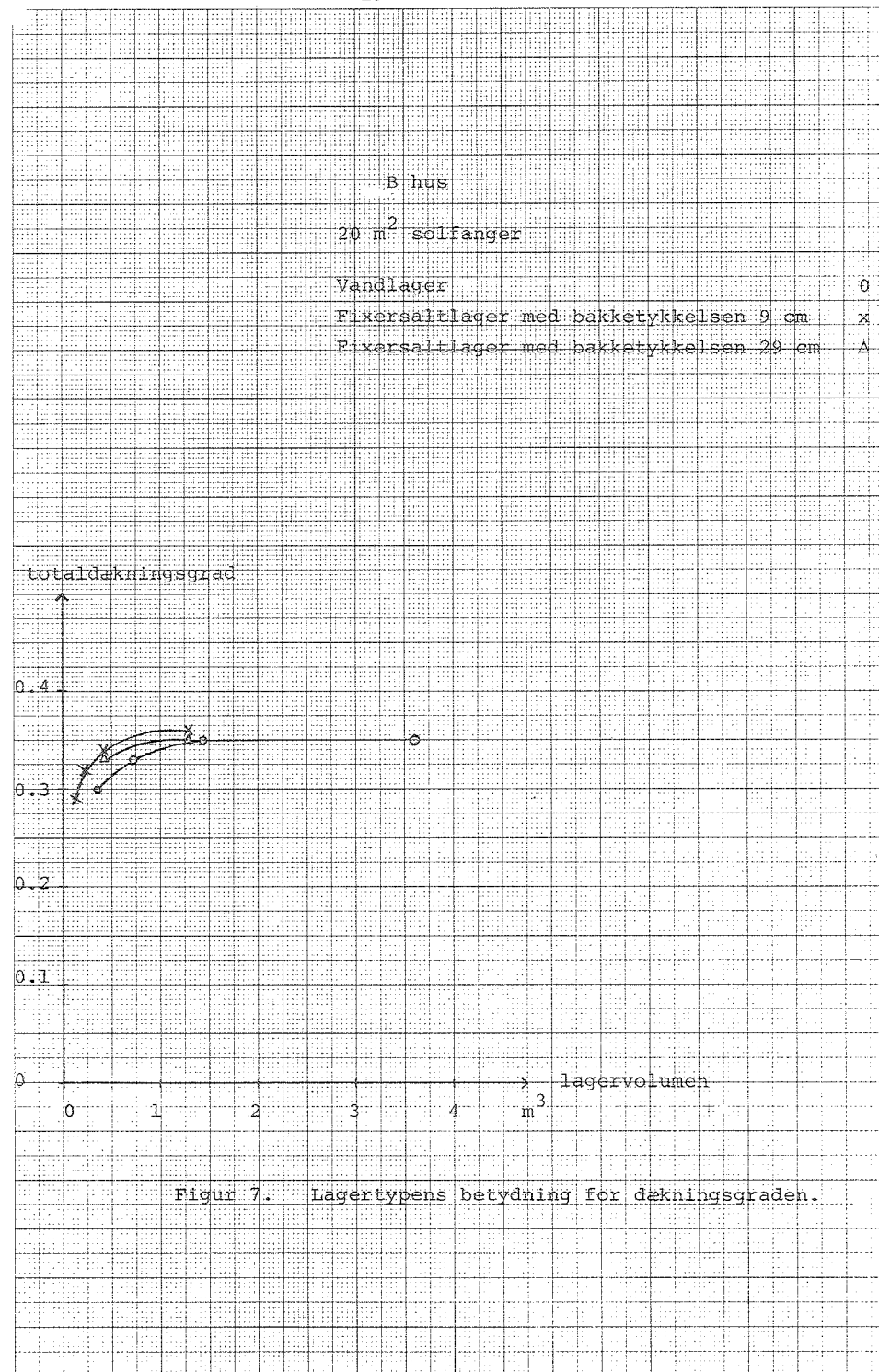
Tabel 1.2 Totaldækningsgraden for B huset med 10 m² solfanger for forskellige lagertyper.

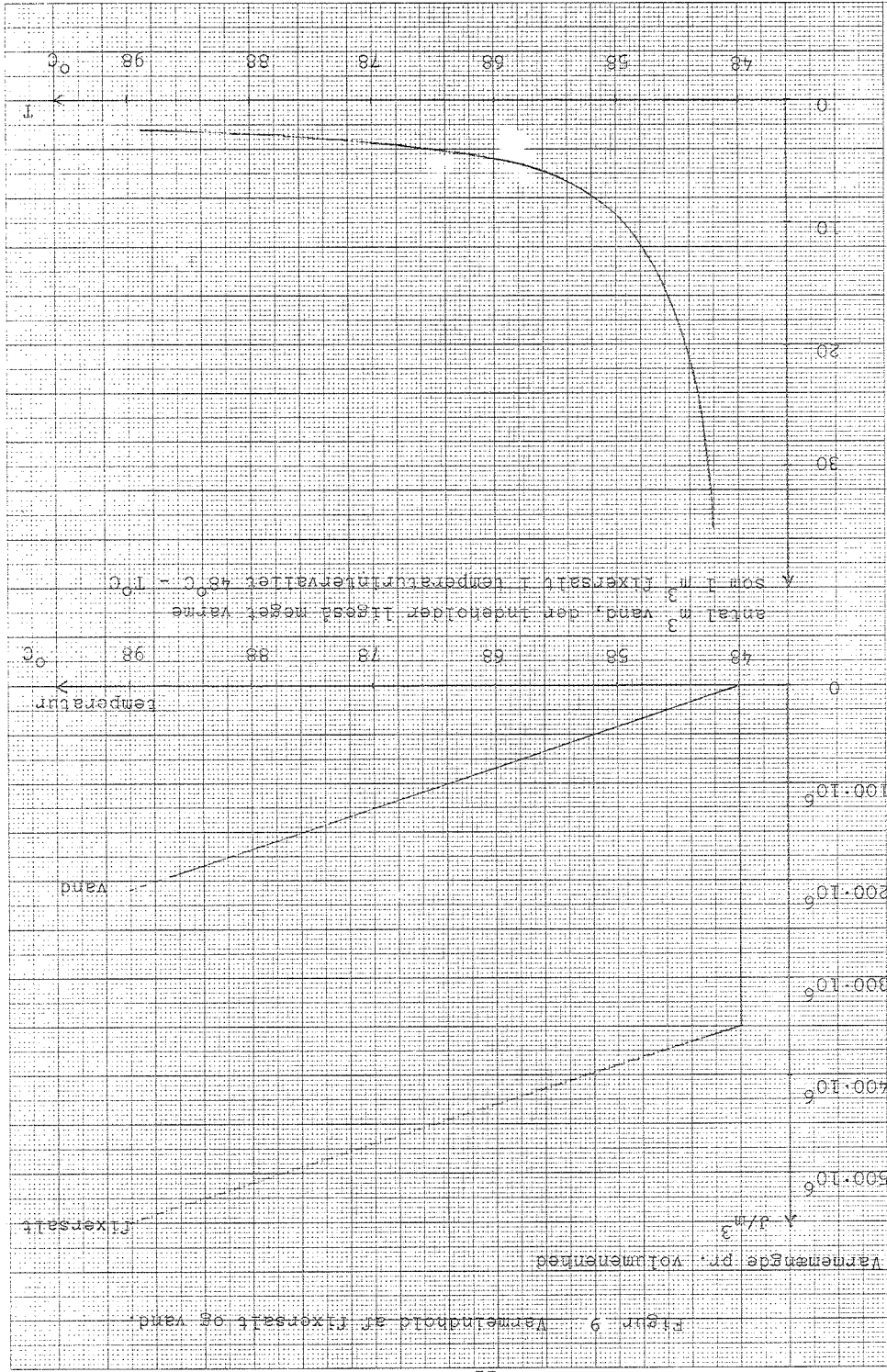
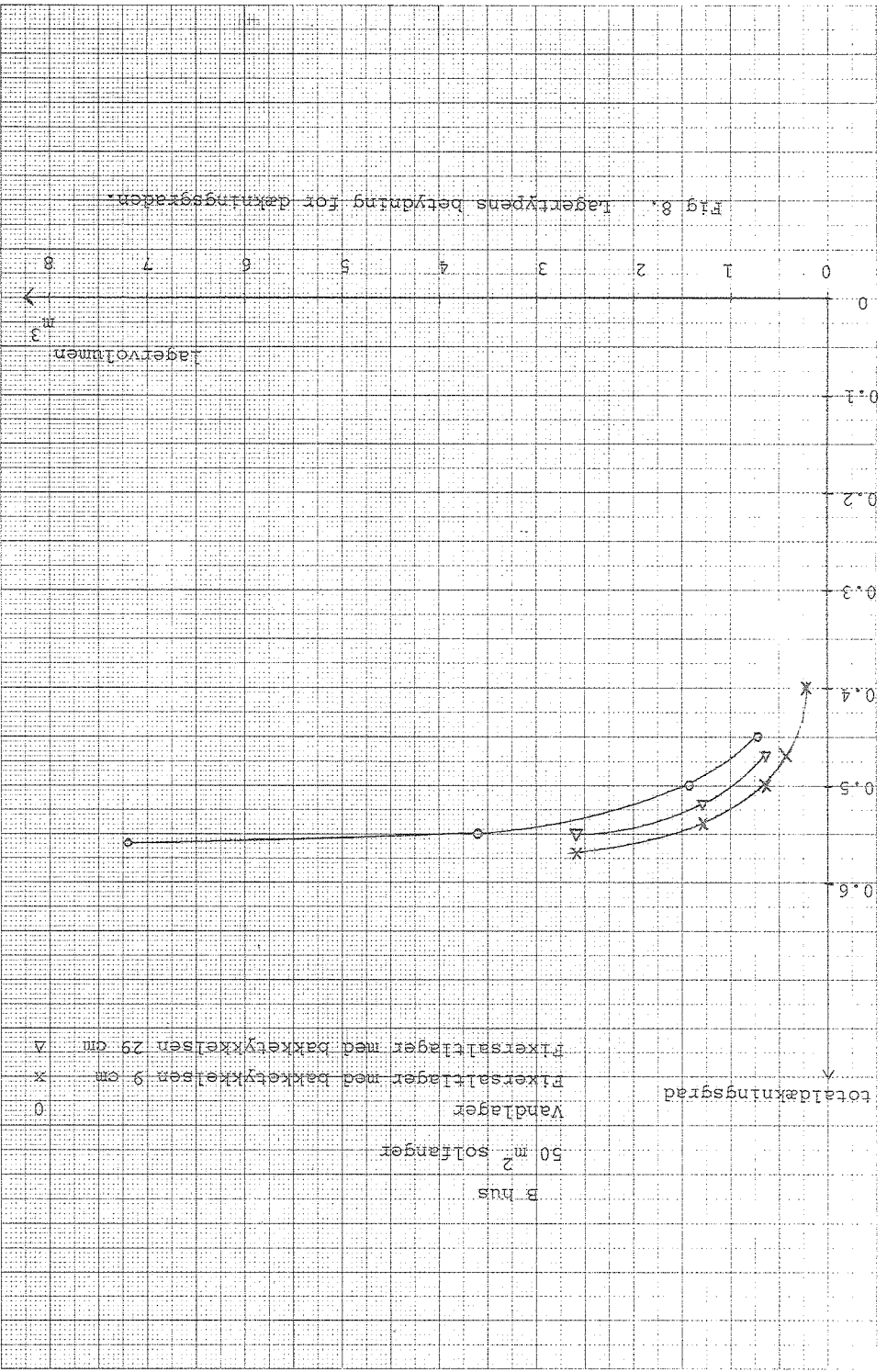
Lagerstørrelse Lager-type m ³	0.1	0.2	0.4	0.7	1.3	1.4	3.6
Vandlager			0.30	0.33		0.35	0.35
Fixersaltlager med bakketykkelsen 29 cm			0.33		0.35		
Fixersaltlager med bakketykkelsen 9 cm	0.29	0.32	0.34		0.36		

Tabel 2.2 Totaldækningsgraden for B huset med 20 m² solfanger for forskellige lagertyper.

Lagerstørrelse Lager-type m ³	0.2	0.4	0.6	0.7	1.3	1.4	2.6	3.6	7.2
Vandlager				0.45		0.50		0.55	0.56
Fixersaltlager med bakketykkelsen 29 cm			0.47		0.52		0.55		
Fixersaltlager med bakketykkelsen 9 cm	0.40	0.47	0.50		0.54		0.57		

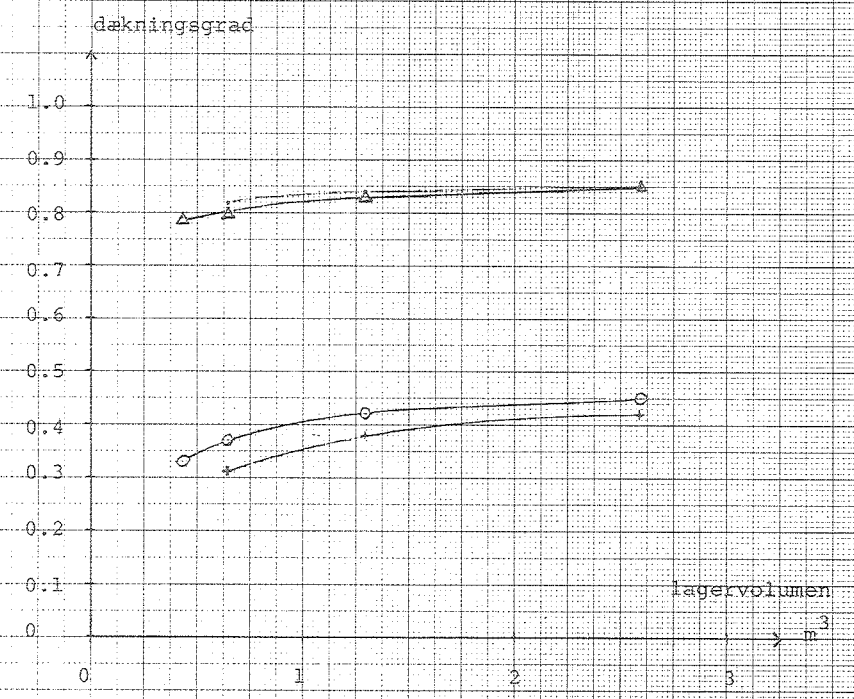
Tabel 3. Totaldækningsgraden for B huset med 50m² solfanger for forskellige lagertyper.





B hus
50 m² solfanger
Fixersaltlager

Rumopvarmningsdækningsgrad for lager med bakketykkelsen 29 cm	+
Rumopvarmningsdækningsgrad for lager med bakketykkelsen 9 cm	0
Varmtvandsdækningsgrad for lager med bakketykkelsen 29 cm	-
Varmtvandsdækningsgrad for lager med bakketykkelsen 9 cm	Δ



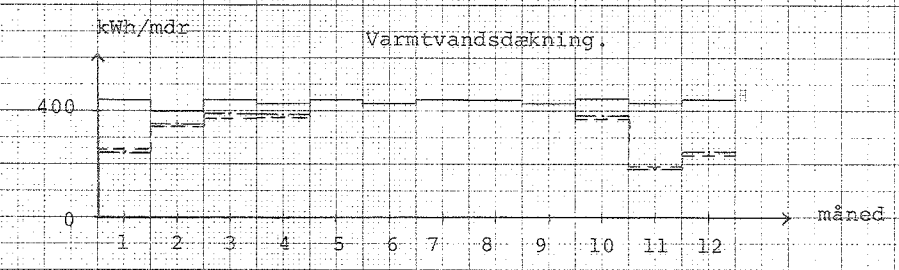
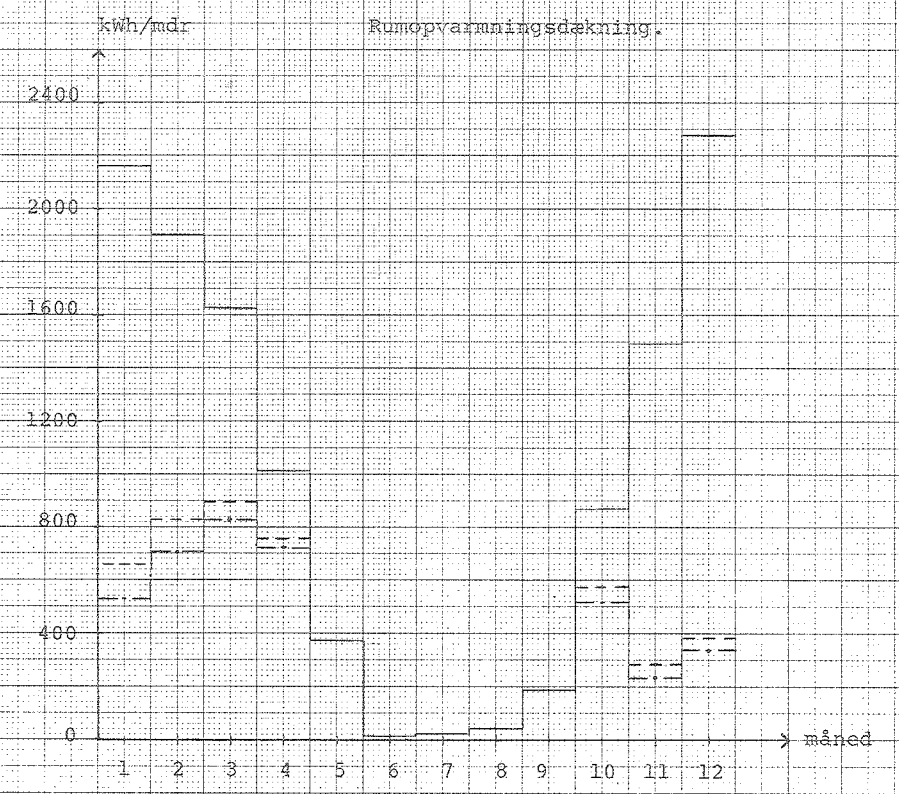
Figur 10. Bakketykkelsens betydning for dækningsgraden.



Nr 247

B hus
50 m² solfanger
Fixersaltlagerdimension 0.60 x 1.20 x 1.80 m³

totalt behov
dækket behov for lager med bakketykkelsen 9 cm
dækket behov for lager med bakketykkelsen 29 cm



Figur 11. Bakketykkelsens betydning for dækningsgraden.



Nr 247

Referencer.

- (1) Petersen, Erwin:
Notat vedrørende solindfald og solafskærmning af vinduer.
- (2) Lawaetz, H.:
Beregning af et solvarmesystem.
Laboratoriet for Varmeisolering, meddelelse nr.40, november 1975.
- (3) Esbensen, T.V. & Lawaetz, H.:
Teoretisk analyse af nulenergihusets varmebalance.
Klimaskærm. København 1976.
- (4) Solenergidagen, juni 1976.
Laboratoriet for varmeisolering.
- (5) Becher, Poul:
Varme og ventilation 2, forbrænding og varmeanlæg.
Teknisk Forlag. København 1972.
- (6) Cammerer, J.S.:
Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie.
- (7) Gröber/Erk/Grigull:
Grundsetze der Wärmeübertragung, 1962.
- (8) Stelzer, Friedrich:
Wärmeübertragung und Strömung
Verlag Karl Thieme KG München 1971,
- (9) Bisgård, N.F.:
Opvarmning og ventilation I. Varmetransmission.
Akademisk forlag. København 1972.

