

Sidste eksemplar.
Har ikke fjernes.

AKKUMULERINGSSYSTEMER TIL
NUL-ENERGIHUSETS SOLVARMEANLÆG

TORBEN VESTI ESBENSEN
LABORATORIET FOR VARMEISOLERING
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE



APRIL 1975

MEDDELELSE NR. 37

AKKUMULERINGSSYSTEMER TIL
NUL-ENERGIHUSETS SOLVARMEANLÆG

Torben Vesti Esbensen
Laboratoriet for Varmeisolering
Danmarks tekniske Højskole
2800 Lyngby

April 1975

1. Resumé

Ved planlægningen af DTH's Nul-energihus blev der udarbejdet detailprojekter for 2 forskellige akkumuleringssystemer til husets solvarmeanlæg.

Akkumuleringssystem A består af 4 vandtanke med et totalt volumen på 30 m^3 kombineret med en lille "buffertank" på 3 m^3 . Dette system blev projekteret med primær hensyntagen til dets anvendelse som forsøgsanlæg, idet det var muligt at kombinere de ialt 5 vandtanke på forskellig måde.

Akkumuleringssystem B består af 1 stor cirkulærcylindrisk vandtank med et volumen på 30 m^3 . Dette system blev projekteret med primær hensyntagen til lave anlægsudgifter.

Af økonomiske grunde blev system B valgt til det aktuelle Nul-energihus.

En energiøkonomisk sammenligning mellem de 2 systemer viser, at akkumuleringssystem A kan udnytte ca 8% mere solenergi end system B. Ved beregning af et system C bestående af 1 stor 30 m^3 tank kombineret med en "buffertank" på 3 m^3 kan system C udnytte 38% mere solenergi end system B.

I denne rapport beskrives systemernes opbygning og funktion, og en sammenlignende energibalance opstilles.

Dimensioneringen og projekteringen af de beskrevne akkumulerings-systemer er foretaget af laboratoriets projektgruppe bestående af Klaus Bilde, Mogens R.Byberg, Torben V.Esbensen og Vagn Korsgaard.

Nul-energihus projektet gennemføres ved samarbejde mellem 3 institutter ved Danmarks tekniske Højskole: Laboratoriet for Varmeisolering, Instituttet for Husbygning og Laboratoriet for Varme- og Klimateknik.

Projektet støttes af Statens teknisk-videnskabelige Forskningsråd.

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. Resumé	1
2. Nul-energihuset	5
3. Solfangeren	6
4. Akkumuleringssystemernes opbygning	6
4.1 System A: $30 \text{ m}^3 (4 \times 7,5 \text{ m}^3) + 3 \text{ m}^3$	6
4.2 System B: 1 stor 30 m^3 vandtank	7
5. Dimensioneringsgrundlaget	8
5.1 System A	8
5.2 System B	8
6. Driftstilstande	9
6.1 System A	9
6.2 System B	11
7. Varmetab fra tanksystemerne	11
7.1 System A: $30 \text{ m}^3 (4 \times 7,5 \text{ m}^3) + 3 \text{ m}^3$	11
7.2 System B: 30 m^3	12
7.3 System C: $30 \text{ m}^3 (1 \text{ tank}) + 3 \text{ m}^3$	12
7.4 Sammenligning af varmetab	12
8. Sammenlignende energibalance	13
8.1 Energibalance i et "Referenceår"	13
8.2 Opfanget solenergi - effektivitet	13
8.3 Varmt brugsvand	14
8.4 Beregnede temperaturer i tankene	14
9. Akkumuleringskurver	15
10. Prissammenligning	15
11. Konklusion	16
Litteraturliste	17

OVERSIGT OVER FIGURER

- Fig.1 Tværsnit i Nul-energihuset
- Fig.2 Tanksystem A: Placering i kælder
- Fig.3 Flow-diagram for tanksystem A
- Fig.4 Detailtegning af 7,5 m³ tank
- Fig.5 Tanksystem B: Placering i jord
- Fig.6 Varmediagram for tanksystem B
- Fig.7 Detaljeret varmebalance for system A
- Fig.8 Detaljeret varmebalance for system B
- Fig.9 Detaljeret varmebalance for system C
- Fig.10 Akkumuleringskurve for solvarmesystem B

2. Nul-energihuset

På Danmarks tekniske Højskole er opførelsen af et solopvarmet forsøgshus, det såkaldte DTH-Nul-energihus, afsluttet i april 1975.

Huset, der er på 120 m², er beregnet og konstrueret således, at det under normale danske klimaforhold er selvforsynende med varme og varmt brugsvand.

Ved hjælp af højisolerede konstruktioner (30-40 cm mineraluld), isolerede skodder foran vinduerne om natten, genvinding af varmen, der føres ud med ventilationsluften, og genvinding af varmen i afløbsvandet fra bad og vaskemaskiner, er husets totale varmebehov beregnet til ca 5000 kWh om året sammenlignet med varmebehovet for et typisk velisolert 1-planshus, der er beregnet til ca 25.000 kWh om året.

Nul-energihusets varmebehov søges i projektet dækket ved hjælp af akkumuleret solenergi [1],[2].

Figur 1 viser et tværsnit i Nul-energihuset.

3. Solfangeren

Solvarmesystemet består af en solfanger, et varmeakkumulerings-system og et varmfordelingssystem.

Nul-energihusets solfanger er 42 m^2 (12 meter lang og 3,5 meter høj), sydvendt og lodret. Den består af en sortmalet, varmeabsorberende stålplade med integrerede kanaler, hvorigennem vandet fra akkumulatoren cirkulerer. Den varmeabsorberende plade er bagtil isoleret med 20 cm mineraluld og foran beskyttet af en termorude med 2 lag glas for at mindske varmetabet fra pladen, herunder vindafkøling.

Varmebalancen for solfangeren er opstillet i et EDB-program.

På basis af Referenceårets værdier for direkte og diffus solstråling, for udetemperatur og for vindhastighed beregnes den energimængde, der time for time absorberes i solfangeren og transporteres til akkumuleringsystemet [3].

4. Akkumuleringsystemernes opbygning

4.1 System A: $30 \text{ m}^3 (4 \times 7,5 \text{ m}^3) + 3 \text{ m}^3$

System A består af 4 serieforbundne cirkulær-cylindriske stål-tanke hver på $7,5 \text{ m}^3$ og 1 cirkulær-cylindrisk kappebeholder på $3/0,77 \text{ m}^3$. Den principielle udformning af systemet er således en stor akkumulator på 30 m^3 og en lille "bufferakkumulator" på 3 m^3 .

Opdelingen af de 30 m^3 i 4 serieforbundne tanke sker primært ud-fra hensynet til anlæggets forsøgsmæssige karakter. Det er der-ved muligt at undersøge solvarmesystemets kapacitet med forskel-lige tankkombinationer; f.eks. kan man frakoble 3 af tankene og undersøge et kombineret solvarme/varmepumpesystem bestående af 1 tank på $7,5 \text{ m}^3$, 1 tank på 3 m^3 og en varmepumpe installeret mellem de 2 tanke.

Fig.2 viser tanksystemets placering i en kælder under Nul-ener-gihusets atriumgård. Tankene er her placeret således, at det er muligt at tilse samtlige installationer, og således at én el-ler flere af tankene kan fjernes og erstattes med andre akkumu-leringssystemer.

Tankene er overalt isoleret med 50 cm mineraluld.

Fig.3 viser et flow-diagram for solvarmeanlægget med tanksystem A.

Fra den ene af de 4 serieforbundne tanke afgives den akkumulerede solvarme via en varmeveksler til husets luftvarmesystem. Det varme brugsvand tages fra den 3 m^3 store kappebeholder ("buffertanken").

Tanksystemets ekspansionsvolumen er placeret i en separat $1,2 \text{ m}^3$ lukket beholder.

Fig.4 viser en detailtegning af den ene af de 4 tanke på $7,5 \text{ m}^3$. Tanken har en diameter på $1,5 \text{ m}$, og er $4,3 \text{ m}$ lang.

Kun denne ene tank er forsynet med et mandehul, idet varmeveksleren mellem solvarmesystemet og husets luftvarmesystem er placeret heri. Ved en eventuel ændring af systemet fra et rent solvarmesystem til et kombineret solvarme/varmepumpesystem kan varmepumpens fordamperdel ligeledes placeres i denne tank.

4.2 System B: 1 stor 30 m^3 tank

Akkumuleringssystem B består af 1 stor cirkulær-cylindrisk stål-tank på 30 m^3 med en indbygget beholder på 400 liter til varmt brugsvand.

Den principielle forskel mellem system A og system B er, at system B mangler en "buffertank" på 3 m^3 .

Fig.5 viser tankens placering i forbindelse med Nul-energihuset. Den er gravet ned i jorden umiddelbart uden for atriumgården og er overalt isoleret med 60 cm mineraluld. Tanken understøttes af isolerede trækonstruktionselementer af samme type, som benyttes til Nul-energihusets bærende vægelementer. Ekspansionsvoluminet er placeret i toppen af tanken.

Fig.6 viser et varmediagram for solfanger og tank. Foran den isolerede tank er placeret en installationsbrønd med en diameter på $1,5 \text{ meter}$. Her er pumper, ventiler, filtre og temperaturfølere installeret, dels for kredsløbet mellem akkumuleringstanken og solfangeren, dels for kredsløbet mellem akkumuleringstan-

ken og husets varme- og brugsvandsanlæg.

Varmerørene mellem tanken og huset er samisoleret med polyurethan-skum i en kappe med udvendig diameter på 710 mm.

Det varme vand til husets varmeanlæg tages direkte fra toppen af akkumuleringsstanken, mens det varme brugsvand tages fra den indbyggede 400 liter varmtvandsbeholder.

Af anlægsøkonomiske grunde blev akkumuleringsystem B valgt til det aktuelle Nul-energihus.

5. Dimensioneringsgrundlaget

Med solfangerens areal fastsat til 42 m^2 er akkumuleringsystemet dimensioneret således, at solvarmeanlægget kan dække husets varme- og varmtvandsbehov hele året. Varmebehovet beregnes på grundlag af de meteorologiske data i "Referenceåret", mens varmtvandsforbruget er gjort til den variable størrelse ved dimensioneringen af de forskellige akkumuleringsystemer.

5.1 System A: $30 \text{ m}^3 (4 \times 7,5 \text{ m}^3) + 3 \text{ m}^3$

Systemet er dimensioneret, således at temperaturen i den lille tank til varmt brugsvand altid er over 43°C , mens temperaturen i den store tank til husets opvarmning altid er over 45°C .

Anlægget skal levere 400 liter varmt vand om dagen ved 43°C .

Et EDB-program er udviklet til at simulere systemet bestående af solfangeren, akkumulatoren og husets varmeforbrug.

På grundlag af ovennævnte kriterier er det beregnet, at den optimale størrelse af akkulatorerne er en lille tank på 3 m^3 og en stor tank på 30 m^3 .

5.2 System B: 30 m^3

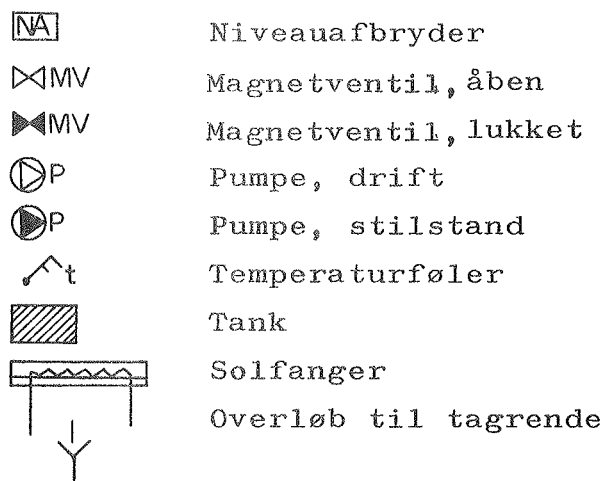
Systemet er dimensioneret således, at temperaturen i tanken altid er over 45°C .

Med en fastlagt tankstørrelse på 30 m^3 er det beregnet, at anlægget kan levere 350 liter varmt vand om dagen ved 43°C (altså 50 liter mindre om dagen end ved akkumuleringsystem A).

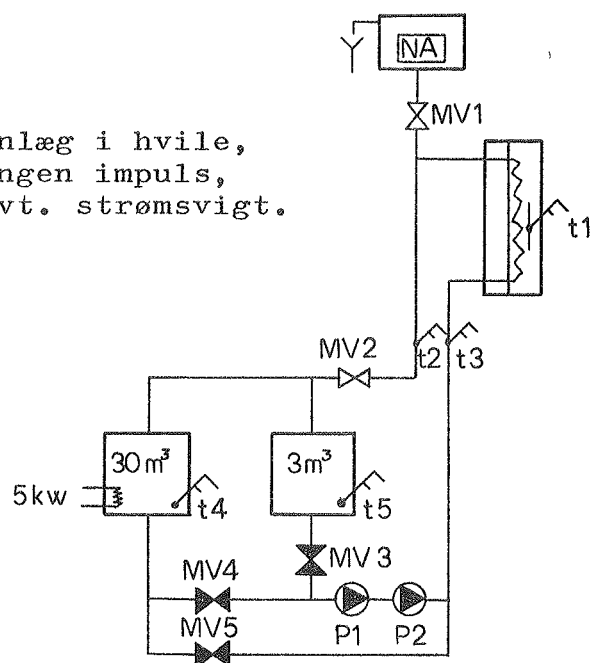
6. Driftstilstande

6.1 System A

Signatur:



Anlæg i hvile,
ingen impuls,
evt. strømsvigt.



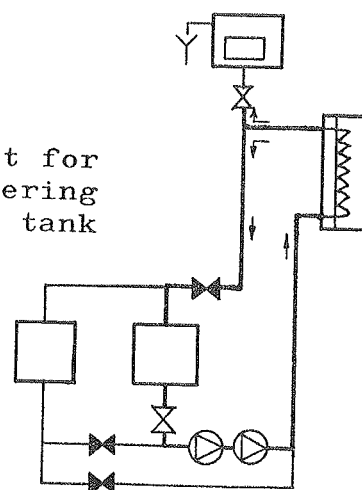
Beregninger viser, at systemet arbejder optimalt, når solvarmen akkumuleres i den lille 3 m³ tank, indtil denne har nået temperaturen 55°C, hvorefter der akkumuleres i den store 30 m³ tank.

For at frostsikre solfangeren tømmes denne for sit vandindhold om natten og i overskyede perioder.

1. Opstart for akkumulering

Når solfangerens temperatur uden vandindhold t_1 er større end temperaturen i én af tankene, starter de 2 serie-koblede pumper og fylder systemet med vand.

Opstart for
akkumulering
i lille tank



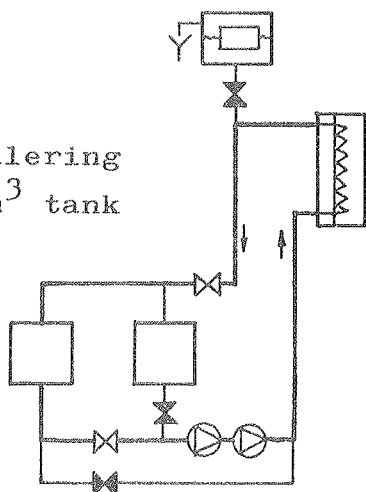
2. Akkumulering i tankene

Når systemet er vandfyldt, kobles den ene pumpe fra, og den anden pumpe cirkulerer vandet fra bunden af tanken op gennem solfangeren tilbage til toppen af tanken.

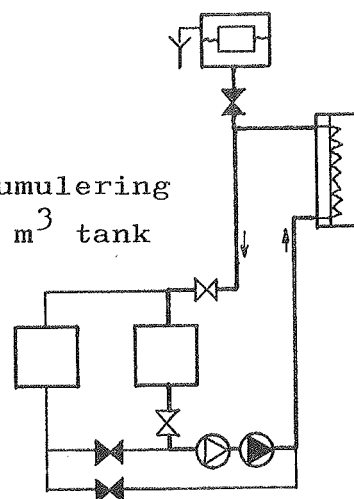
Når afgangstemperaturen fra solfangeren t_2 er mindre end tilgangstemperaturen t_3 , standser cirkulationspumpen, og vandet løber ud af solfangeren.

Der er dog i det automatiske styringsanlæg mulighed for at forsinke solfangerens tømning i et antal minutter i tilfælde af f.eks. kortvarigt skydække.

Akkumulering
i 30 m³ tank



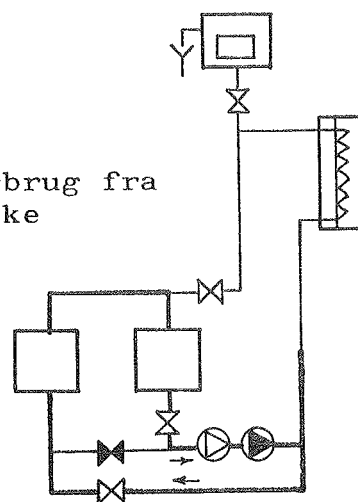
Akkumulering
i 3 m³ tank



3. Cirkulation mellem tankene

Det varme brugsvand tages fra den lille 3 m³ tank. Når dennes temperatur $t_5 \leq 43^\circ\text{C}$, overføres varme fra 30 m³ tanken til 3 m³ tanken, indtil t_5 igen $> 46^\circ\text{C}$.

Forbrug fra
tanke



4. Suppleringsvarme

Hvis temperaturen i 30 m³ tanken t_4 kommer under 42°C, tilkobles et elektrisk varmelegeme på 5 kW, indtil t_4 igen $\geq 45^\circ\text{C}$.

6.2 System B: 30 m³

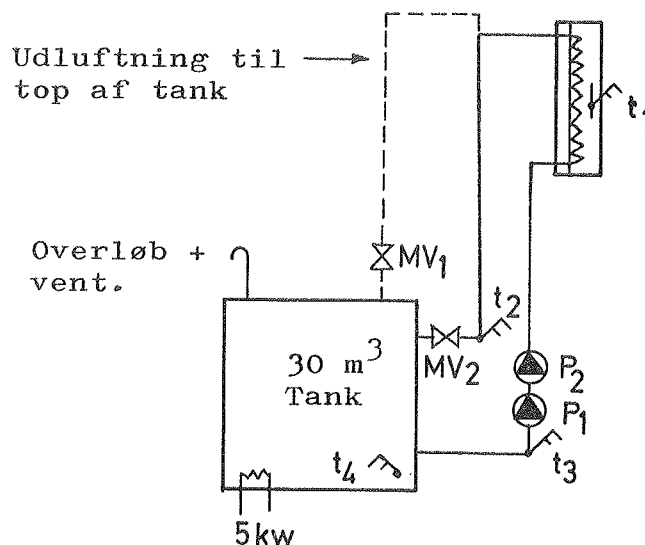
1. Akkumulering i tanken

Når $t_1 > t_4 + \Delta t$ ($\Delta t = \text{ca } 6^\circ\text{C}$), starter pumperne P_1 og P_2 . Magnetventil MV2 lukker, og systemet fyldes med vand.

Når systemet er vandfyldt, stopper den ene af pumperne P_2 , og varmen fra solfangeren akkumuleres i tanken.

Pumpen P_1 standser, når temperaturforskellen mellem afgang og tilgang for solfangeren er mindre end ca 1°C

$$(t_2 < t_3 + \Delta t)$$



2. Suppleringsvarme

fra et tilsluttet 5 kW varmelegeme tilføres efter samme kriterier som gældende for akkumuleringssystem A.

7. Varmetabet fra tanksystemerne

Ved en sammenligning af tanksystemernes varmebalance introduceres et tredje tanksystem: C bestående af 1 stor cirkulær-cylindrisk tank på 30 m³ og 1 lille "buffertank" på 3 m³.

Derved kan der foretages en direkte sammenligning mellem systemer med og uden "buffertanken" på 3 m³ (C og B).

7.1 System A: 30 m³ (4 × 7,5 m³) + 3 m³

Varmetabet fra de 4 seriekoblede 7,5 m³ vandtanke beregnes som tabet fra en rektangulær kasse med et volumen på 30 m³ (1,5 m × 4,3 m × 4,7 m), jfr. Fig.2.

Isoleringstykkelsen er 50 cm og varmeledningstallet $\lambda = 0,0384$ W/m $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$.

Ved beregninger af varmetabet forudsættes temperaturen i det omkringliggende kælderrum konstant at være 10°C .

Derved bliver varmetabet fra de 30 m^3 : $5,20 \cdot (t_4 - 10) \text{ W}$, hvor t_4 er den aktuelle tanktemperatur.

Varmetabet fra den lille 3 m^3 tank beregnes som tabet fra en cirkulær-cylindrisk beholder med $D = 1,5 \text{ m}$ og $H = 1,7 \text{ m}$.

Derved bliver varmetabet fra de 3 m^3 : $1,30 (t_5 - 10) \text{ Watt}$.

7.2 System B: 30 m^3

Varmetabet beregnes som tabet fra en cirkulær-cylindrisk tank med $D = 2,5 \text{ m}$ og $H = 6,1 \text{ m}$.

Isoleringstykkelsen er 60 cm og varmeledningstallet $\lambda = 0,0384$ W/m $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$.

Temperaturen i de omkringliggende jordmasser regnes konstant at være 10°C .

Derved bliver varmetabet fra tanken: $4,75 \cdot (t_4 - 10) \text{ Watt}$, hvor t_4 er den aktuelle tanktemperatur.

7.3 System C: 30 m^3 (1 tank) + 3 m^3

Varmetabet for den store 30 m^3 tank er som i system B:

$4,75 \cdot (t_4 - 10) \text{ Watt}$, og varmetabet for den lille 3 m^3 tank er som i system A: $1,30 \cdot (t_5 - 10)$.

7.4 Sammenligning af varmetab

En beregning af de 3 akkumuleringsystemers varmebalance i et "Referenceår" giver:

Varmetab pr år:	System A:	3670 kWh	(175%)
	System B:	2400 kWh	(100%)
	System C:	2660 kWh	(126%)

Forskellen i varmetabet mellem C og B skyldes tabet fra 3 m^3 tanken, og forskellen i varmetabet mellem A og C skyldes det større overfladeareal i A ved opdeling af de 30 m^3 i $4 \times 7,5 \text{ m}^3$ tanke.

8. Sammenlignende energibalance

For de 3 omtalte akkumuleringsystemer er der i Figur 7, 8 og 9 opstillet en detaljeret varmebalance på grundlag af de meteorologiske data i "Referenceåret".

Ud fra disse opstillinger er følgende sammenligninger foretaget:

8.1 Energibalance i et "Referenceår"

System A: $30 \text{ m}^3 (4 \times 7,5 \text{ m}^3) + 3 \text{ m}^3$

Til husets opvarmning	2300 kWh (26%)
Til varmt brugsvand (400 liter pr dag)	3050 kWh (34%)
Varmetab fra tanke	<u>3670 kWh (40%)</u>
Opfanget solenergi	9020 kWh (100%)

System B: $30 \text{ m}^3 (1 \text{ stor tank})$

Til husets opvarmning	2300 kWh (32%)
Til varmt brugsvand (350 liter pr dag)	2670 kWh (38%)
Varmetab fra tank	<u>2100 kWh (30%)</u>
Opfanget solenergi	7070 kWh (100%)

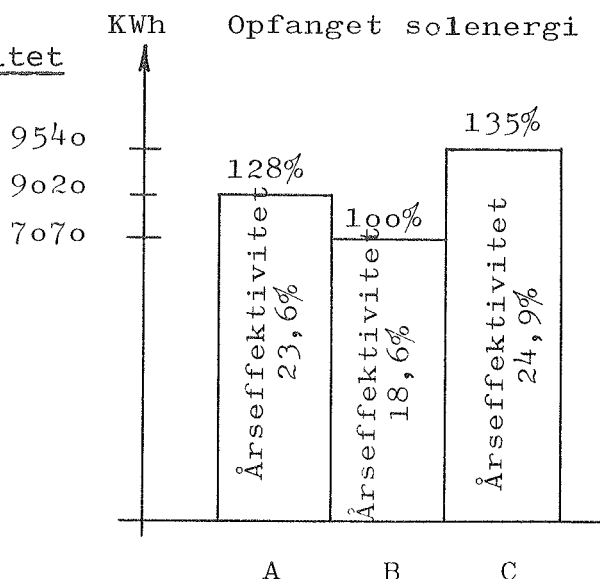
System C: $30 \text{ m}^3 (1 \text{ stor tank}) + 3 \text{ m}^3$

Til husets opvarmning	2300 kWh (24%)
Til varmt brugsvand (600 liter pr dag)	4580 kWh (48%)
Varmetab fra tank	<u>2660 kWh (28%)</u>
Opfanget solenergi	9540 kWh (100%)

8.2 Opfanget solenergi - effektivitet

Den totale indfaldende stråling på den lodrette 42 m^2 solfanger er 38200 kWh om året.

Solvarmesystemets effektivitet beregnes som den i solfangeren udnyttede stråling divideret med den totale indfaldende stråling.



8.3 Varmt brugsvand

System A

kan levere 400 liter varmt vand om dagen ved 43°C svarende til en energimængde på 3050 kWh.

Af de 3050 kWh leveres de 2915 kWh (95%) fra den lille "buffer-tank" på 3 m^3 , og de 135 kWh (5%) leveres fra de 30 m^3 , idet temperaturen i den lille tank på disse tidspunkter har været under 43°C .

System B

kan levere 350 liter vand om dagen ved 43°C svarende til en energimængde på 2670 kWh, der selvsagt alle leveres fra den store 30 m^3 tank.

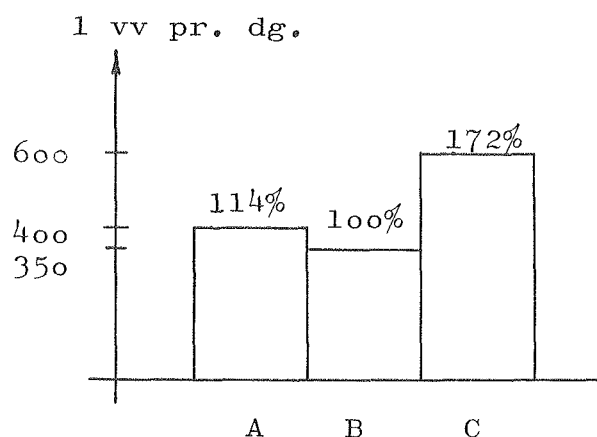
System C

kan levere 600 liter varmt vand om dagen ved 43°C svarende til en energimængde på 4580 kWh.

Af disse leveres de 4210 kWh (92%) fra den lille "buffertank" på 3 m^3 og de 370 kWh (8%) fra den store 30 m^3 tank.

Sammenligning

Forskellen mellem system A og C, der begge har en "buffertank" på 3 m^3 , skyldes, at varmetabet fra tankene er større i A. Dermed kan en mindre del af den opfangede solenergi bruges til varmt brugsvand.



Forskellen på de 72% mellem system B og C skyldes alene "buffertanken" i system C.

8.4 Beregnete temperaturer i tankene

System A (Fig.7)

Max.temperatur i 30 m^3 tanken: $92,6^{\circ}\text{C}$ i oktober måned

Min.temperatur i 30 m^3 tanken: $44,8^{\circ}\text{C}$ i januar måned.

I den lille 3 m³ tank akkumuleres varme, indtil temperaturen har nået 55°C, hvorefter der akkumuleres i den store tank. Temperaturen i den lille tank svinger således mellem 43°C og 55°C.

System B (Fig.8)

Max.temperaturen i 30 m³ tanken: 90,8°C i oktober måned

Min.temperaturen i 30 m³ tanken: 45,8°C i januar måned

System C (Fig.9)

Max.temperaturen i 30 m³ tanken: 97,3°C i oktober måned

Min.temperaturen i 30 m³ tanken: 47,6°C i januar måned

Temperaturen i 3 m³ tanken varierer som i system A.

Maksimal tanktemperatur i 30 m³ tanken er mindre i system B end i A og C. Det skyldes, at varmtvandsforbruget tages fra 30 m³ tanken i system B, mens det tages fra 3 m³ tanken i A og C.

9. Akkumuleringskurven

I Fig.10 er akkumuleringskurven for tanksystem B optegnet på grundlag af data i "Referenceåret".

Det ses af kurve 3, at der akkumuleres meget mere solenergi i forårmånederne end i sommermånederne. Det skyldes, at systemets effektivitet er større i forårmånederne (20-35%), hvor tanktemperaturen er forholdsvis lav (50-70°C), end i sommermånederne (10-15%), hvor tanktemperaturen er høj (80-90°C), jfr. Fig.8.

10. Prissammenligning

Indhentede priser på de projekterede akkumuleringsstanke leveret på byggeplads gav følgende resultat:

<u>System A:</u>	4 stk 7,5 m ³ tanke:	kr 20.000	
	1 stk 30 m ³ tank :	- 6.500	
		kr 26.500	(151%)
<u>System B:</u>	1 stk 30 m ³ tank		
	m.indb. vv-beholder	kr 17.500	(100%)
	30 m ³ tank u.vv-beholder	(13.000)	

Herudfra fås for

<u>System C:</u>	1 stk 30 m ³ tank	kr 13.000
	1 stk 3 m ³ tank	
	m.indb.vv-beholder	- <u>6.500</u>
		kr 19.500 (111%)

Tankene i system C er således kun 11% dyrere end i system B, men hertil kommer ekstraudgifter i forbindelse med nedgravning, isolering og rørforbindelser til 3 m³ tanken i system C.

11. Konklusion

Ved dimensioneringen af de omtalte akkumuleringsystemer til Nul-energihusets solvarmeanlæg er varmtvandsforbruget gjort til den variable størrelse.

Akkumuleringsystem B med 1 stor 30 m³ tank er af anlægsøkonomiske grunde valgt til det aktuelle Nul-energihus. Dette system kan levere 350 liter varmt vand om dagen.

I system A er de 30 m³ af forsøgstekniske grunde opdelt i fire stk 7,5 m³ tanke. Af energimæssige grunde er der desuden indført en 3 m³ "buffertank". Dette system kan levere 400 liter varmt vand om dagen, altså 14% mere end system B.

System C adskiller sig fra system B ved at have en 3 m³ "buffertank". Derved kan systemet levere 600 liter varmt vand om dagen, altså 72% mere end system B.

Fordelen ved at have en 3 m³ "buffertank" i solvarmesystemet kan også udtrykkes derved, at solfangeren kan reduceres med 8 m² (ca 20%) og alligevel levere 350 liter varmt vand om dagen.

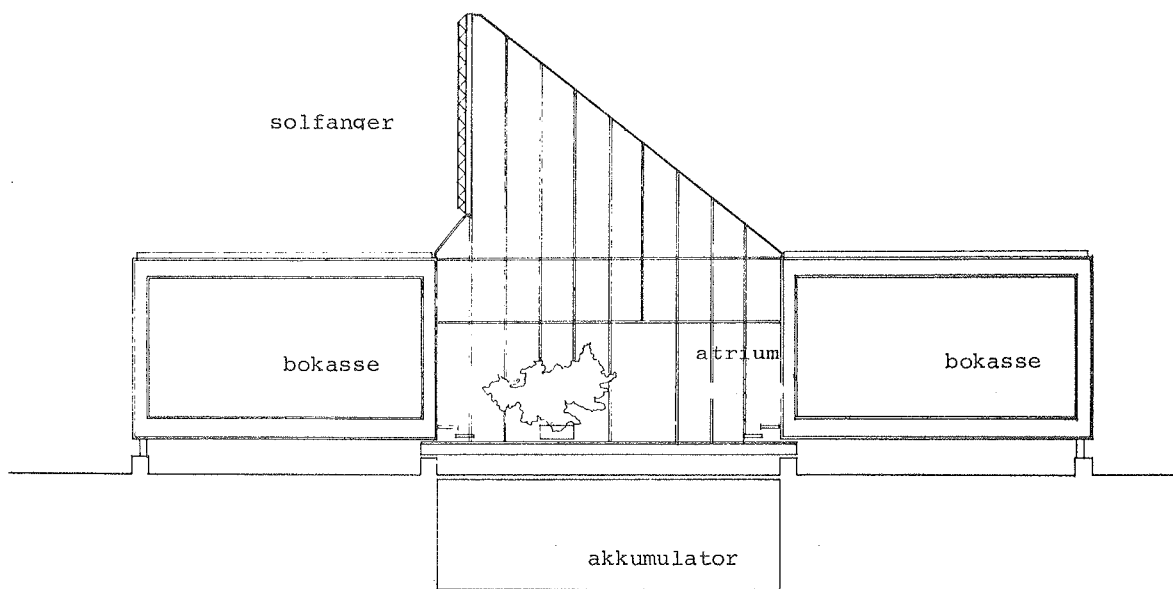
LITTERATURLISTE

- [1] Vagn Korsgaard og Torben V.Esbensen:
Nul-energihusprojektet ved DTH. VARME nr.6, 1974.

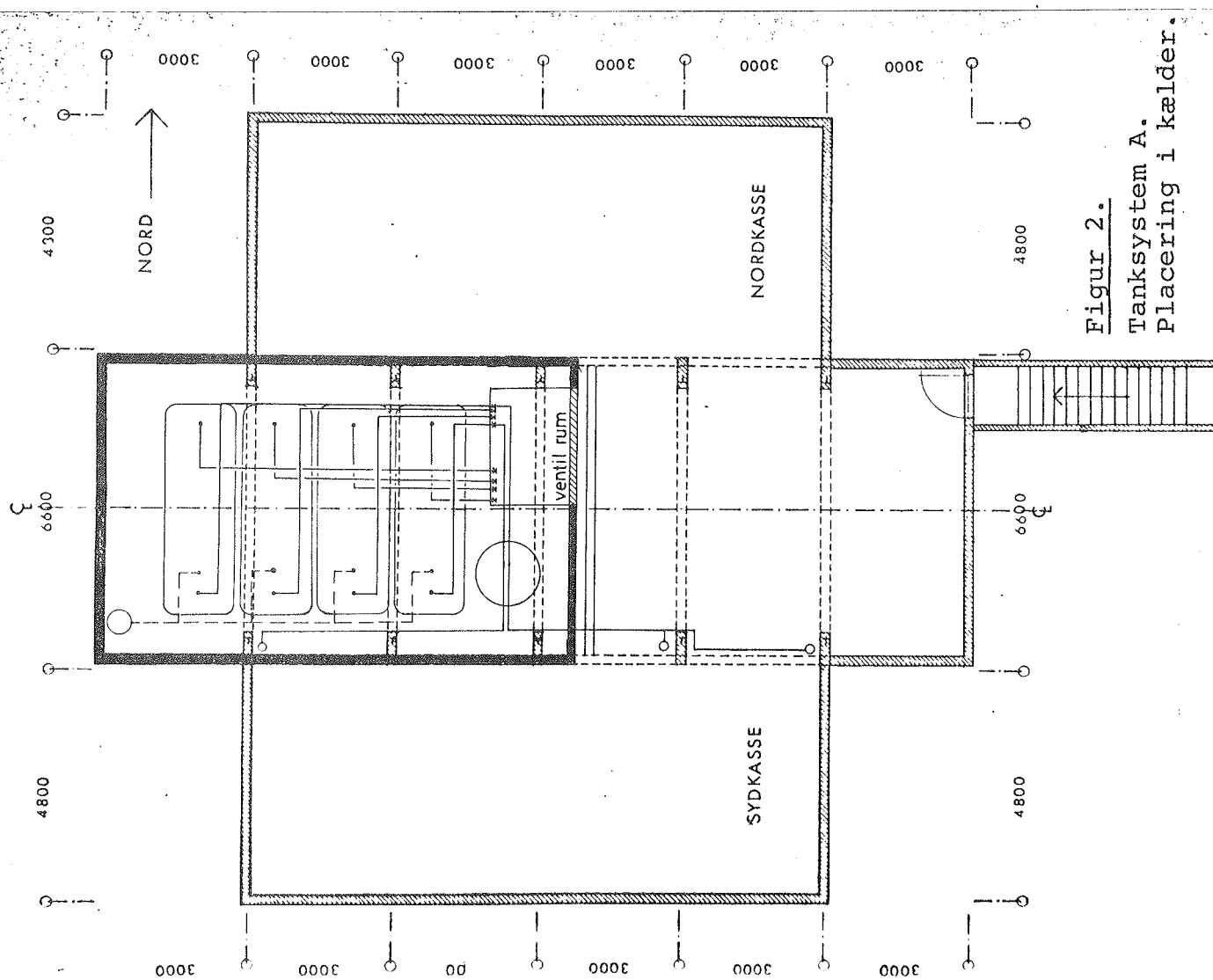
- [2] Torben V.Esbensen: 0-energi-huset. Tværfagligt forskningsprojekt ved Danmarks tekniske Højskole.
Byggeindustrien nr.3, 1975.

- [3] Referenceåret - Vejrdata for VVS-beregninger.
Statens Byggeforskningsinstitut. Rapport nr.89, 1974.

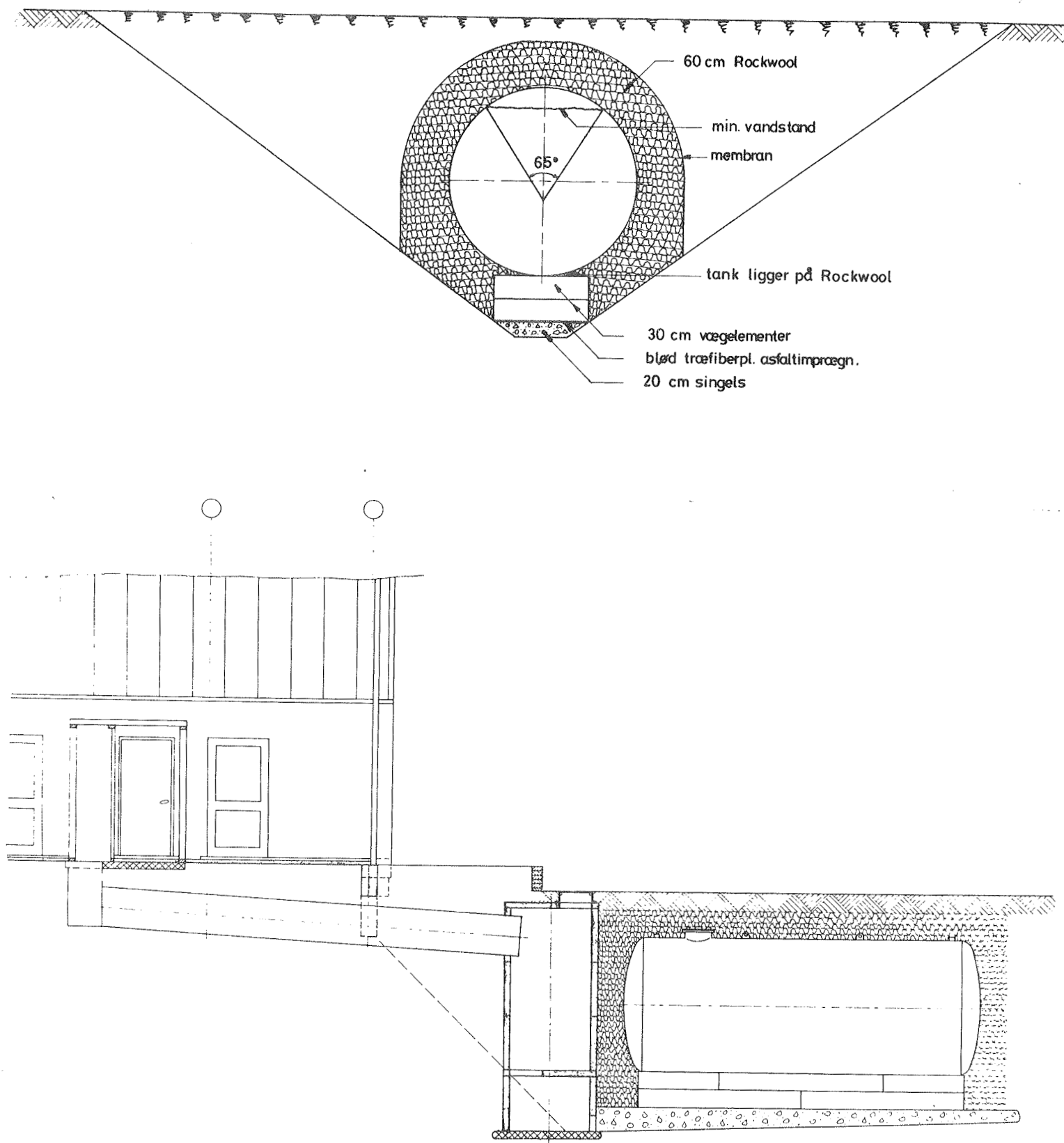
- [4] S.Svendsen: Solvarmesystemer. Definition og principper.
Laboratoriet for Varmeisolering, DTH. Meddelelse nr.33, 1974.



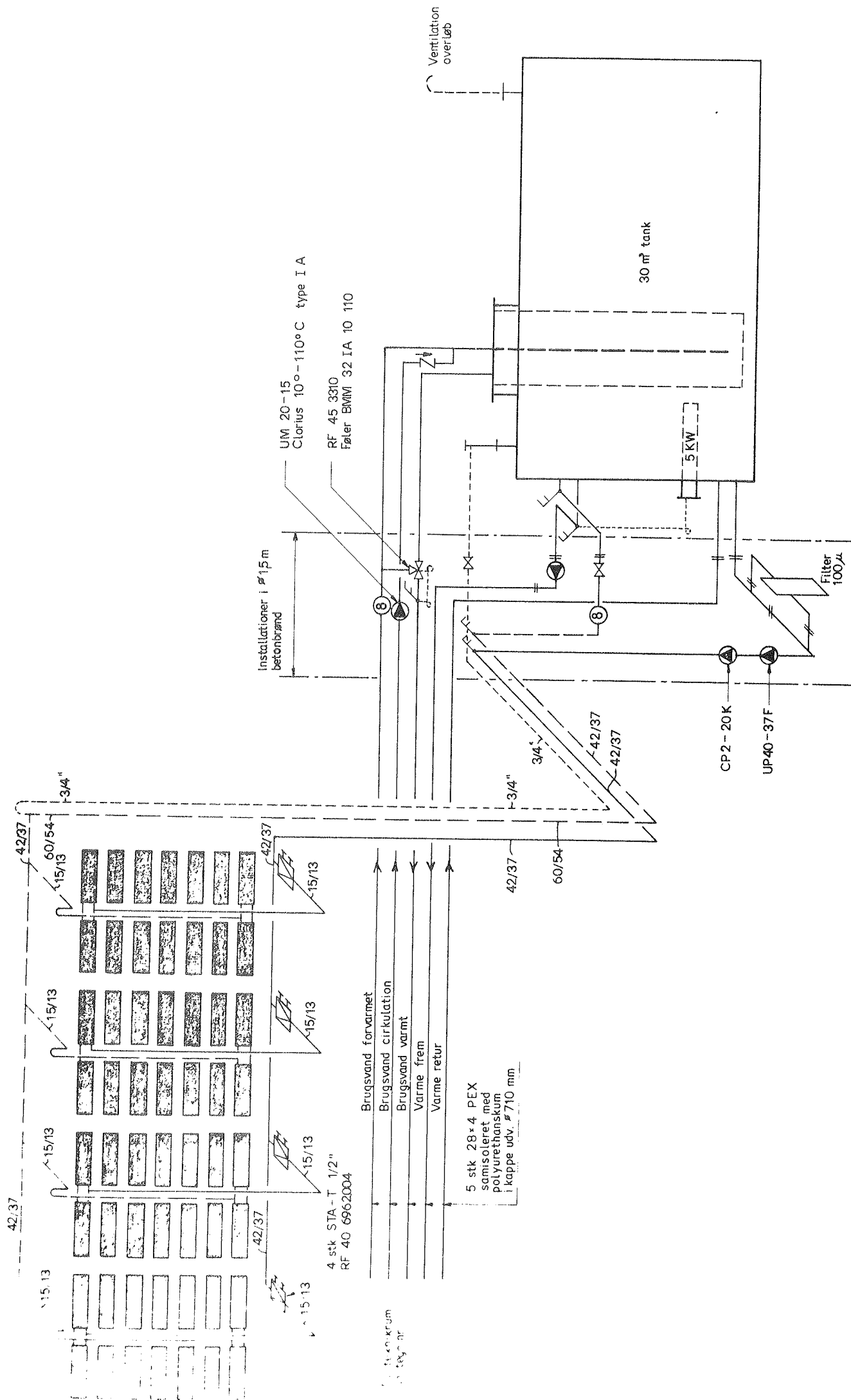
Figur 1.



Figur 2.
Tanksystem A.
Placering i kælder.



Figur 5.
 Tanksystem B.
 Placering i jord.



Figur 6.
 Varmedisystem for
 tanksystem B.

Detaljeret varmebalance for akkumuleringsystem A.

Figur 7

42 m² solfanger

30 m³ (4 x 7,5 m³) + 3 m³ akkumulatorer

120 m² Nul-energi-hus

400 l v v pr dag

	Opfanget solenergi KWH	Til husets opvarmning KWH	Til varmt brugsvand KWH	Varmetab fra tankene KWH	Temperaturer i 30 m ³ tanken Max °C Min °C		Solvarmesy- stemets middel- effektivitet °/°
Jan.	811	518	259	199	56,1	<u>44,8</u>	35,9
Feb.	975	423	234	194	55,7	50,1	34,4
Mar.	1410	291	259	233	72,2	50,5	33,8
Apr.	985	96	251	314	81,9	72,0	22,6
Maj	710	19	259	344	84,8	81,3	17,2
Jun.	668	0	251	343	86,5	83,4	15,9
Jul.	714	0	259	361	89,4	85,6	16,6
Aug.	660	0	259	368	89,9	88,0	16,7
Sep.	678	0	251	360	91,9	88,4	18,8
Okt.	536	91	259	373	<u>92,6</u>	86,5	21,2
Nov.	370	306	251	313	85,8	71,7	23,6
Dec.	500	556	259	264	72,0	56,1	26,6
KWH	9017	2300	3051	3666	Max: 92,6 °C	Min: 44,8 °C	23,6 °/°

Detaljeret varmebalance for akkumuleringsystem B.

Figur 8

42 m² solfanger

30 m³ (1 stor tank) akkumulator

120 m² Nul+energi-hus 350 l v v pr dag

	Opfanget solenergi KWH	Til husets opvarmning KWH	Til varmt brugsvand KWH	Varmetab fra tankene KWH	Temperaturer i 30 m ³ tanken Max °C Min °C		Solvarmesy- stemets middel- effektivitet °/°
Jan.	790	518	227	112	56,1	<u>45,8</u>	35,2
Feb.	907	423	204	114	60,2	53,3	32,1
Mar.	1273	291	227	141	76,7	55,2	30,6
Apr.	740	96	219	187	83,9	76,4	17,0
Maj	467	19	227	200	85,7	83,2	11,3
Jun.	450	0	219	195	86,8	83,6	10,7
Jul.	520	0	227	204	88,1	84,1	12,1
Aug.	440	0	227	207	88,4	86,2	11,2
Sep.	490	0	219	202	90,2	86,4	13,6
Okt.	360	91	227	212	<u>90,8</u>	84,8	14,3
Nov.	210	306	219	177	84,8	70,7	13,4
Dec.	419	556	227	146	71,2	56,1	22,5
KWH	7066	2300	2669	2097	Max: 90,8 °C Min: 45,8 °C		18,6 °/°

Detaljert varmebalance for akkumuleringsystem C.

Figur 2

42 m² solfanger 30 m³ (1 stor tank) + 3 m³ akkumulatorer 120 m² Nul-energi-hus 600 l v v pr dag

	Opfangeret solenergi KWH	Til husets opvarmning KWH	Til varmt brugsvand KWH	Varmetab fra tankene KWH	Temperaturer i 30 m ³ tanken Max °C Min °C		Solvarmesy- stemets middel- effektivitet °/°
Jan.	825	518	389	142	59,6	<u>47,6</u>	36,5
Feb.	1006	423	351	136	57,1	52,1	39,4
Mar.	1468	291	389	162	73,5	51,6	35,2
Apr.	1063	96	376	219	81,3	73,4	24,3
Maj	787	19	389	244	85,8	81,2	19,0
Jun.	727	0	376	247	88,6	85,0	17,3
Jul.	759	0	389	263	92,6	88,9	17,6
Aug.	712	0	389	270	93,9	91,8	18,0
Sep.	717	0	376	265	96,3	92,9	19,9
Okt.	570	91	389	276	<u>97,2</u>	92,1	22,5
Nov.	393	306	376	233	91,4	77,0	25,0
Dec.	509	556	389	201	77,0	59,6	27,1
KWH	9536	2300	4578	2658	Max: 97,3 °C	Min: 47,6 °C	24,9%

Akkumuleringskurve for solvarmesystem B.

FIGUR 10.

Kurve 1: Energitilførsel fra 42 m² solfanger til
30 m³ akkumuleringsstank.

Kurve 2: Varmeforbrug fra akkumuleringsstank
(opvarmning, varmt vand, varmetab fra tank)

Kurve 3: Akkumuleringskurve for tanken.

