

## EAST-GSR

### Solar Thermal applications in EASTern Europe with Guaranteed Solar Results

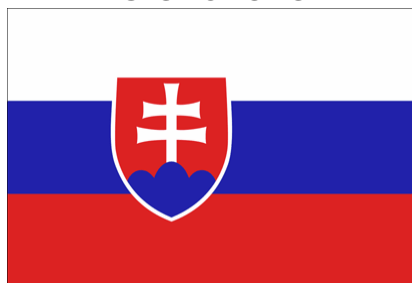


Work package 4

## Solárny ohrev vody

Manuál pre návrh, dimenzovanie a inštaláciu  
kolektorových systémov

Slovensko



November 2007



*The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Communities. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.*

## Zhrnutie

Tento manuál pre návrh, dimenzovanie a inštalovanie solárnych systémov pre prípravu teplej vody pre domácnosti špecifikuje základné pravidlá, ktoré boli otestované a vychádzajú zo skúseností získaných monitorovaním výkonnosti systémov a nasledovných piatich základných princípov:

- Jednoduchá inštalácia,
- Bezpečnosť pri používaní,
- Integrácia do budov,
- Efektívna výkonnosť,
- Monitorovanie.

Špeciálna pozornosť sa venuje globálnemu návrhu systému, integrácii solárnych kolektorov a zmenám hygienických predpisov.

Výber komponentov a ich inštalácia pri dodržaní platných odborných predpisov je doplnená odporúčaniami a detailnými vysvetleniami týkajúcimi sa dimenzovania rôznych súčastí inštalácia ako aj výpočtu predbežného výkonu.

## Obsah

Zhrnutie .....	2
Obsah.....	3
1. Úvod .....	5
2. Základné zásady .....	6
2.1 Základné klimatické údaje.....	6
2.1.1 Slnéčné žiarenie.....	6
2.1.2 Teplota prívodu vody .....	10
2.1.3 Vietor a sneh.....	10
2.2 Potreby teplej vody pre domácnosť.....	13
2.2.1 Teplota teplej vody pre domácnosť .....	13
2.2.2 Analýza dopytu.....	14
2.3 Ohrev teplej vody slnečnou energiou .....	18
2.3.1 Zachytenie .....	19
2.3.2 Prenos a uskladnenie energie.....	25
2.3.3 Doplnkový ohrev .....	32
3. Postup projektu.....	33
3.1 Predbežné štúdie .....	33
3.1.1 Odhad potreby teplej vody .....	33
3.1.2 Slnéčné žiarenie na mieste .....	33
3.1.3 Štúdia rozmiestnenia kolektorov.....	40
3.1.4 Pripojenie kolektorov .....	50
3.1.5 Rúrkové rozvody .....	52
3.1.6 Uskladnenie a záložná zásoba .....	52
3.2 Detailná štúdia .....	56
3.2.1 Dimenzovanie solárneho systému .....	56
3.2.2 Odhad výkonnosti solárneho systému .....	59
3.2.3 Nástroje na výpočet výkonnosti solárneho DHW systému.....	63
3.2.4 Metódy na definíciu a dimenzovanie.....	66
3.2.5 Predbežné dimenzovanie systému .....	72
3.2.5 Problémy predbežného dimenzovania.....	72
3.2.6 Prispôsobenie údajov týkajúcich sa plochy kolektorov a objemu zásobníka .....	86
3.2.7 Dimenzovanie tepelného výmenníka .....	87
3.2.8 Dimenzovanie primárneho okruhu: rúrkové rozvody a čerpadlá .....	88

3.2.9 Dimenzovanie bezpečnostného vybavenia.....	90
3.3 Odhad projektu .....	92
3.3.1 Technicko-ekonomické odhady .....	92
3.3.2 Garantované solárne výsledky .....	94
3.3.3 Vplyv na životné prostredie .....	96
4. Riadenie a údržba systému .....	97
4.1 Plnenie .....	97
4.2 Spustenie .....	97
4.3 Uvedenie do prevádzky.....	97
4.4 Pravidelná údržba .....	102
4.4.1 Periodicita a obsah zásahov údržby.....	102
4.4.2 Zdôvodnenie ovládacích prvkov a úkonov údržby.....	102
4.4.3 Limity služieb údržby .....	103
4.5 Telemonitorovanie .....	103
5. Ďalšie informácie .....	106
6. Príklady skupinových solárnych systémov .....	107

## 1. Úvod

Využitie slnka na prípravu teplej vody pre domácnosť sa javí ako perfektné logické riešenie. Princíp solárneho ohrevu vody je jednoduchý a technológia je jednak dobre známa a jednak spoľahlivá.

Z hľadiska životného prostredia, solárna energia neprodukuje znečistenie, je nevyčerpatelňá, šetrná k životnému prostrediu a bezpečná. Pomáha šetriť iné zdroje energie bez produkcie odpadu alebo vypúšťania znečisťujúcich plynov, ako napríklad oxid uhličitý.

Navyše k problematike týkajúcej sa životného prostredia a dopadu na skleníkový efekt atmosféry, dodávka teplej vody predstavuje značnú časť nákladov na energiu v budovách, a práve tieto je možné znížiť využitím solárnej energie.

Tepelná solárna technológia sa v priebehu posledných 20 rokov neustále vylepšuje a v súčasnosti dosahuje vysokú úroveň vyspelosti. K dispozícii sú vysoko kvalitné výrobky, tepelné systémy sú spoľahlivé a ich výkonnosť je možné garantovať, vzhľadom na:

- Postupy schvaľovania a certifikácie vybavenia (Technické správy, označenie CSTBat),
- Nástroje na kalkuláciu a dimenzovanie (SOLO, Polysun, TRNSys, PSD – Software pre súkromné domy...),
- Kontrola a monitorovanie systému (tele-monitorovanie).

Podmienky potrebné pre dobrú a spoľahlivú prevádzku systému sa boli postupne určené a v rámci „GSV“ zmluvy (Garantované solárne výsledky) sú garancie ponúkané pre skupinové aplikácie značné.

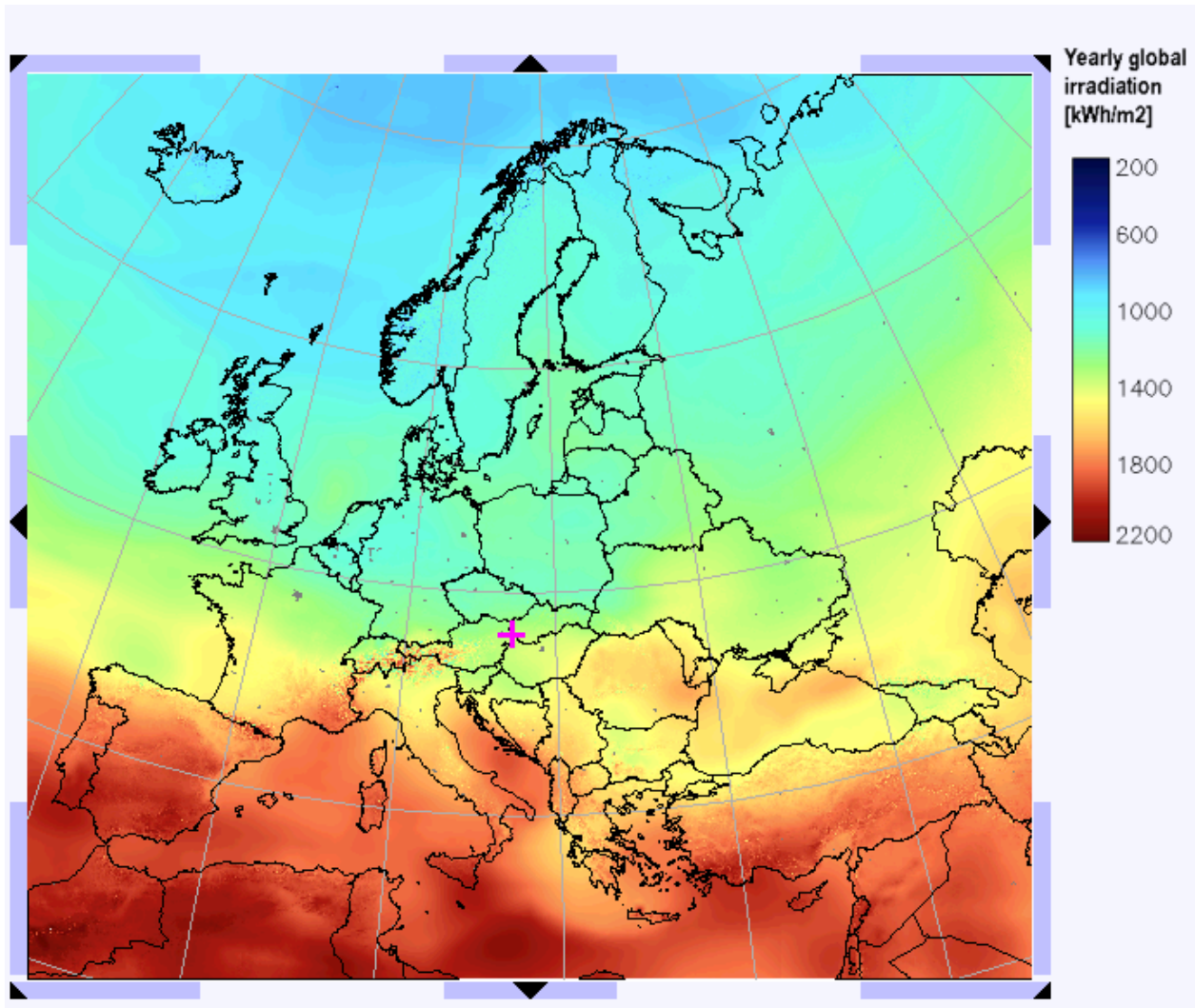
Pri zahrnutí vyhrievania bazénov, ktoré sa týka len 15% plochy kolektorov inštalovaných v súčasnosti, je množstvo solárnej energie používanej na prípravu teplej vody a vyhrievanie budov používajúcich aktívne systémy vo Francúzsku (bez zámorských oblastí) na úrovni 750 terajoulov (alebo 208 GWh).

## 2. Základné zásady

### 2.1 Základné klimatické údaje

#### 2.1.1 Slnéčné žiarenie

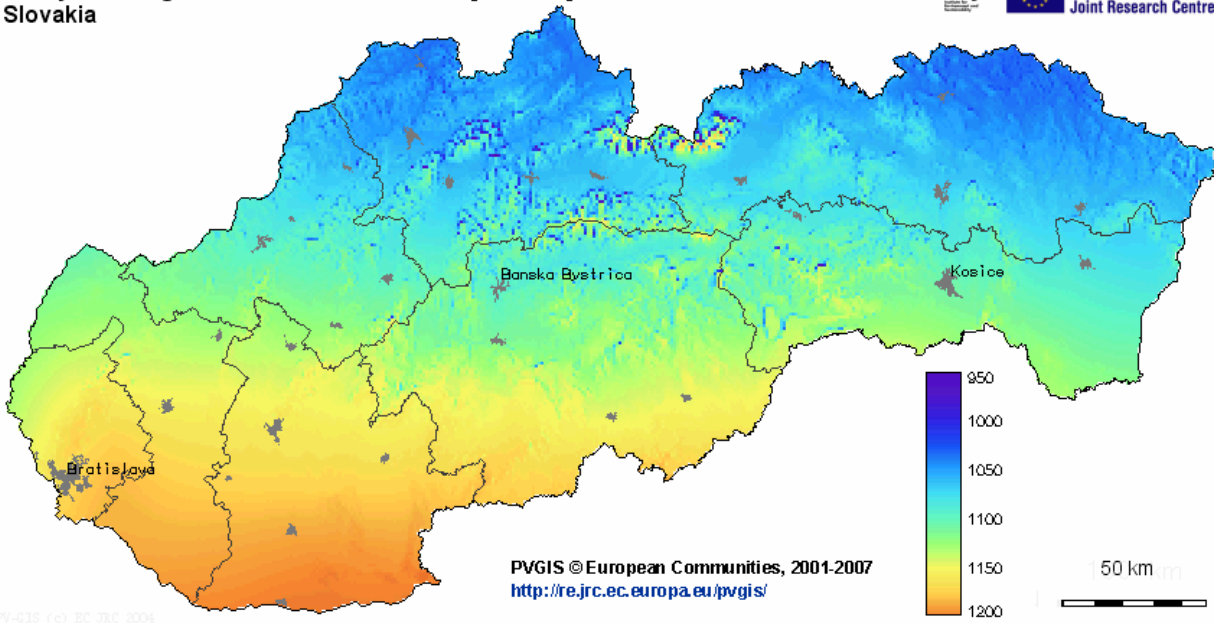
Slnéčné žiarenie je voľne dostupný a čistý zdroj energie, odhaduje sa, že výskyt energie slnečného žiarenia činí na Slovensku v priemere od 850 až do 1 100 kWh/m<sup>2</sup> za rok. V hlavnom meste Bratislave je táto hodnota okolo 966 kWh/m<sup>2</sup> za rok.



Priemerná ročná slnečná radiácia v kWh/m<sup>2</sup> v Európe.

Zdroj: <http://sunbird.jrc.it/pvgis/apps/radday.php?lang=sk&map=europe>

Yearly total of global horizontal irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]  
Slovakia



*Priemerná ročná slnečná radiácia na Slovensku.*

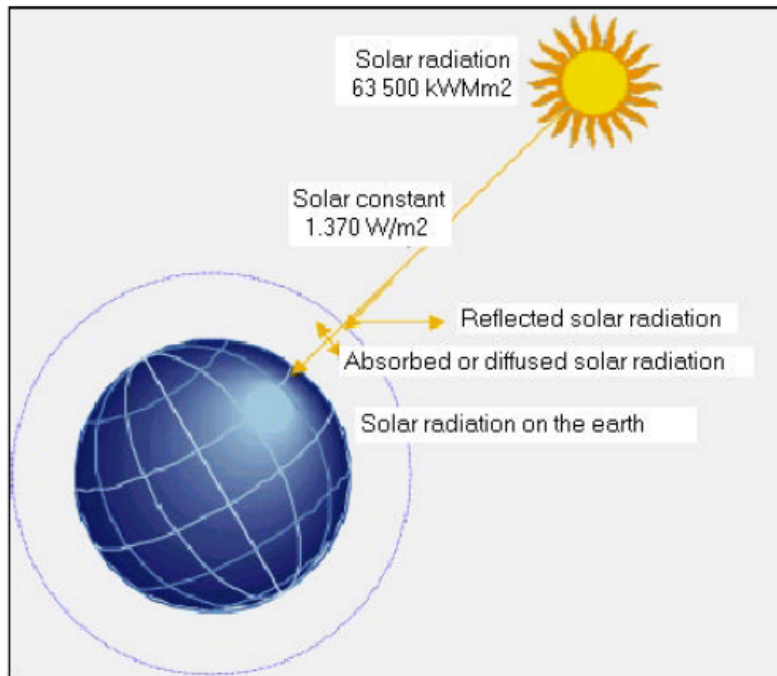
Zdroj: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/europe/q13y\\_sk.png](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/europe/q13y_sk.png)

Slnečné žiarenie je tepelné žiarenie, ktoré sa šíri vo forme elektromagnetických vln. Mimo atmosféry Zeme predstavuje v podstate konštantný zdroj energie rovnajúci sa 1 370 W/m<sup>2</sup>, táto veličina sa nazýva: solárna konštanta  $I_{cs}$ .

Aby slnečné žiarenie dosiahlo povrch Zeme, musí prejsť cez atmosféru, kde sa časť solárnej energie rozptýli:

- Molekulárnym rozptylom (predovšetkým UV žiarenie)
- Difúznym odrazom na aerosóloch atmosféry (kvapôčky vody, prach...)
- Selektívnou absorpciou plynmi atmosféry.

Príslušné zníženie slnečného žiarenia závisí na hrúbke atmosféry, ktorú musí žiarenie prekonať a tá závisí na zemepisnej šírke miesta a čase.



*Šírenie slnečného žiarenia cez atmosféru*

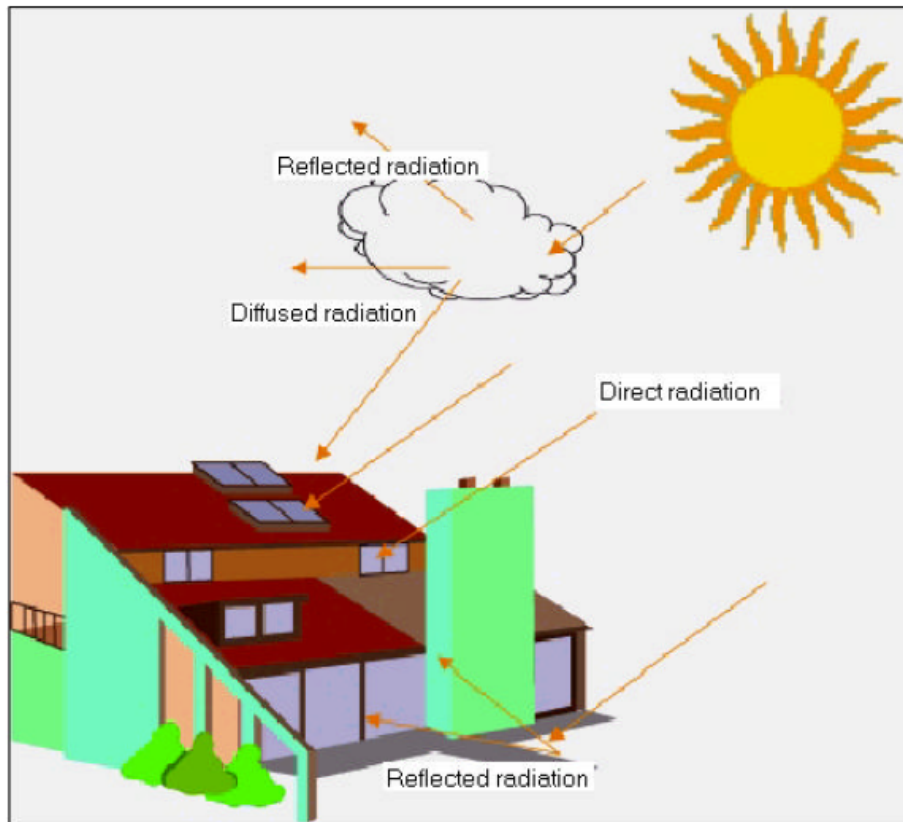
Slnečné žiarenie je pred vstupom do atmosféry Zeme priame. Javí sa ako zväzok v podstate rovnobežných lúčov. Len časť z tohto priameho žiarenia prejde cez atmosféru a dosiahne povrch Zeme. Ďalšia časť žiarenia sa rozptýli sa odrazí sa do všetkých smerov. Keď difúzne žiarenie dosiahne povrch Zeme, javí sa, ako keby prichádzalo zo všetkých smerov oblohy.

Celkové žiarenie na povrchu Zeme je súčtom:

- Priameho žiarenia, ktoré prešlo cez atmosféru,
- Difúzneho žiarenia, ktoré prichádza zo všetkých smerov na oblohe.

Preto je povrch Zeme vystavený priamemu a difúznemu žiareniu, a taktiež časti celkového žiarenia odrazeného okolitými predmetmi, najmä povrchom Zeme, pre ktorý sa koeficient odrazu nazýva "albedo" (činiteľ odrazu).





*Slné žiarenia na povrchu Zeme*

## 2.1.2 Teplota prívodu vody

Energia potrebná na zabezpečenie teplej vody pre domácnosti je dvojnásobkom teploty dodávky studenej vody: čím je voda studenšia, tým je potrebnej viac energie na jej ohrev na danú teplotu (požiadavky na skladovanie, napríklad), a bude potrebný väčší objem teplej vody aby sa zabezpečila konštantná teplota po zmiešaní s prívodom studenej vody.

Ak nie sú k dispozícii žiadne údaje, je možné použiť nasledovný vzorec:

$$t_{w_i} = (T_a + T_{a_i}) / 2$$

kde:

$t_{w_i}$  : mesačná priemerná teplota studenej vody pre mesiac  $i$

$T_a$  : ročný priemer okolitej teploty vzduchu

$T_{a_i}$  : mesačná priemerná teplota okolitého vzduchu pre mesiac  $i$

(zdroj: ESM 2 / Európska zjednodušená metóda - DG XII)

Vo väčšine európskych krajín pochádza pitná voda zo spodnej vody. Dlhodobý priemerný ročný úhrn zrážok na Slovensku predstavuje 768 mm, z čoho sa ale dve tretiny odparia (cca 497 mm) (<http://www.seps.sk/zp/casopisy/zp/2001/zp3/novak.htm>).

Rok	Množstvo v mm	%
2001	882 mm	116%
2002	886 mm	116%
2003	573 mm	75%
2004	851 mm	111%
2005	938 mm	123%

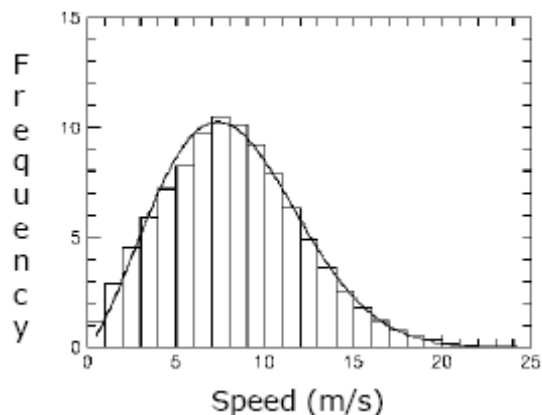
Zdroj: [www.shmu.sk](http://www.shmu.sk)

Úroveň odparovania závisí od morfologickej štruktúry regiónu – na južnom Slovensku táto hodnota predstavuje až 95%, na severnom 30%.

## 2.1.3 Vietor a sneh

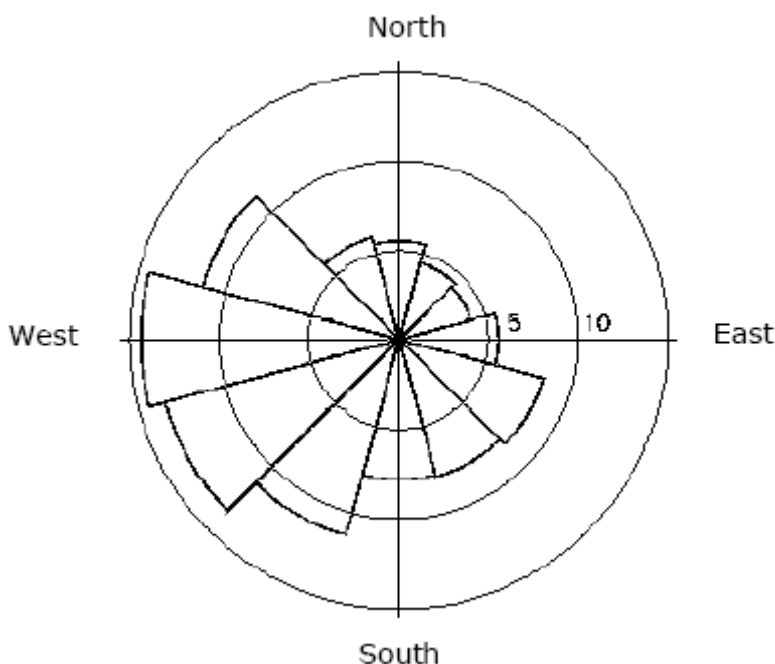
### 2.1.3.1 Vietor

V meteorológii sa považuje za priemerný vietor priemer počas 10 minút vo výške 10 metrov nad zemou. Slovenský hydrometeorologický ústav vždy uvádza priemerný vietor. Avšak nárazy vetra môžu byť až o 50% silnejšie ako priemerné hodnoty.



Obrázok 4: stĺpcový diagram rýchlostí vetra

Smer vetra a jeho sila sú dve charakteristiky, ktoré popisujú horizontálny vietor. V meteorológii sa vždy uvádza smer, z ktorého vietor fúka s určením svetových strán (sever, východ, juh, západ) alebo rozdielu v uhle od severu (napríklad, južný vietor je v sektore  $180^\circ$ , západný vietor je v  $270^\circ$  sektore).

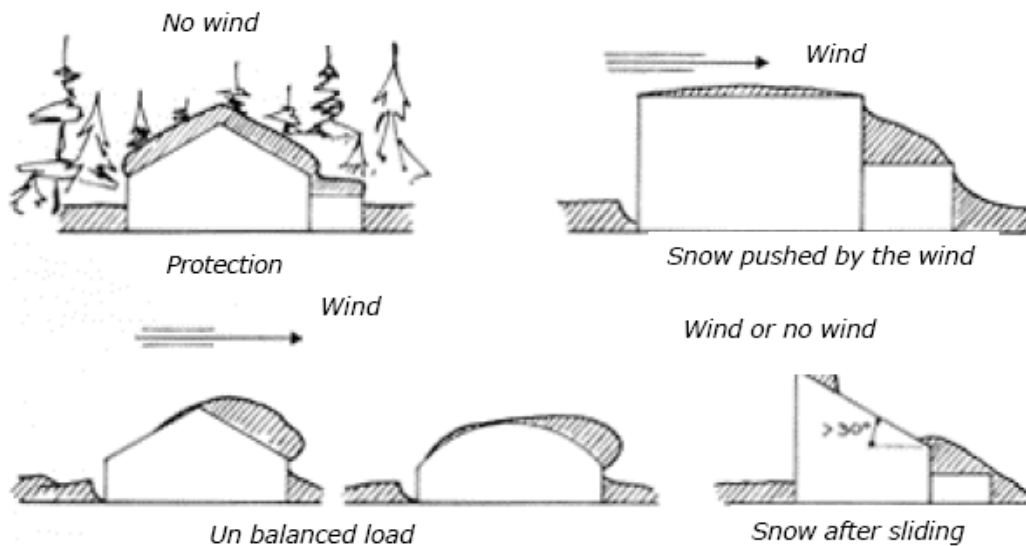


Obrázok 5: Ružica kompasu

### 2.1.3.2 Sneh

Sneh môže vplývať na stavby niekoľkými spôsobmi a najmä vplýva na strechu. Významné snehové zrážky môžu spôsobiť aj zrútenie strechy. Ľadové prekážky môžu viesť k zatekaniu popod škridle alebo spoje a škáry. Zosuvy snehu na šikmej streche alebo strešnom okne môžu byť nebezpečné pre chodcov. Do budovy môže prenikať voda kvôli nafúkaniu snehu vetrom.

Závaž kvôli snehu na streche sa líši podľa rôznych regionálnych klím. Taktiež sa môže odlišovať vzhľadom na polohu a tvar strechy.



### 2.1.3.3 Odhad klimatických záťaží

Sneh a vietor sú dva prírodné faktory, ktoré si vyžadujú primeranú konštrukciu budovy pre bezpečnosť obyvateľov a ich pohodlie. Stavbu nových budov riadi smernica STN 73 0540, prijatá v roku 2002 - Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Tepelná ochrana budov. V časti 3 sa nachádza mapa veterných oblastí.

## 2.2 Potreby teplej vody pre domácnosť

### 2.2.1 Teplota teplej vody pre domácnosť

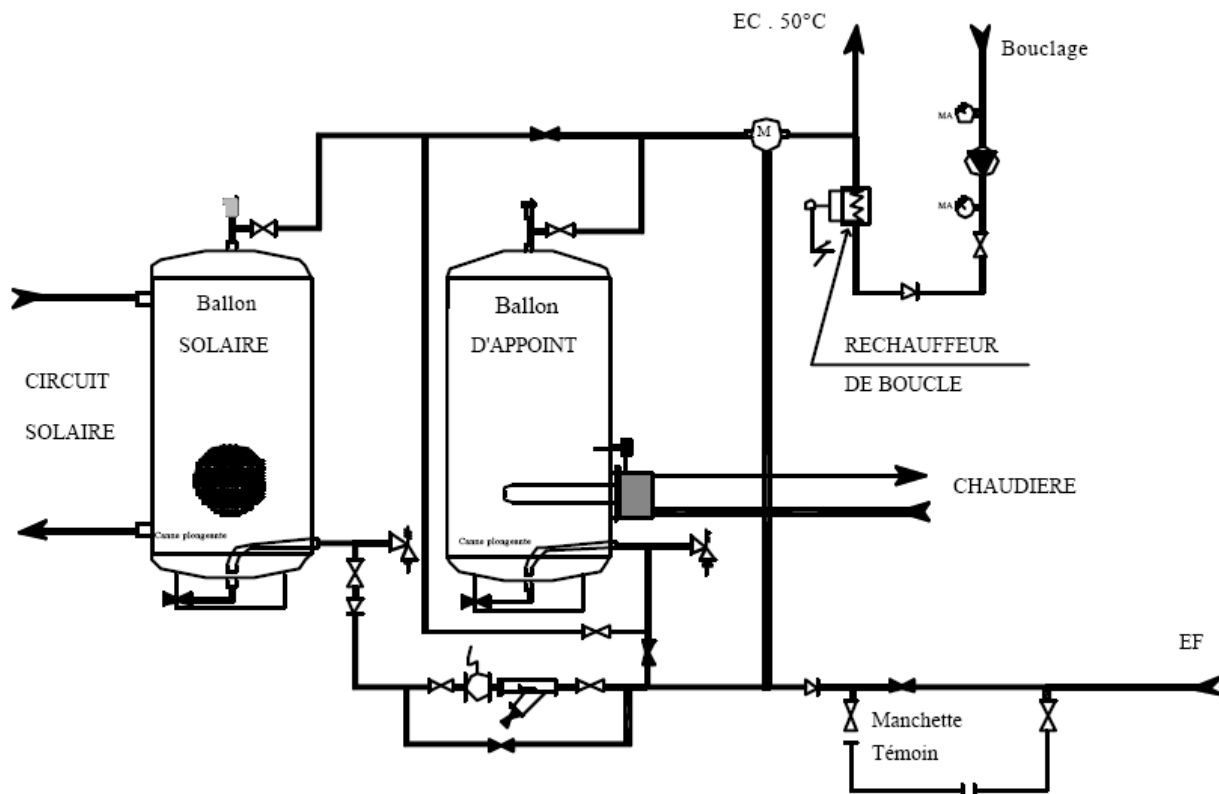
Systémy prípravy teplej vody pre domácnosť využívajúce solárnu energiu si vyžadujú doplnkový zdroj energie z nasledovných dôvodov:

- Udržanie požadovanej teploty vody pre potreby teplej vody, keďže solárne inštalácie sú vo všeobecnosti dimenzované tak, aby pokryli len časť celkovej potreby.
- Udržanie požadovanej teploty vody za účelom vyhnutia sa tvorby baktérií, predovšetkým typu legionela.

Vo všeobecnosti je možné povedať, že za účelom obmedzenia rozvoja týchto baktérií je potrebné sa vyhnúť stojacej vode v slepých rúrkach. Teplota teplej vody opúšťajúcej akumuláčnne zásobníky by mala byť najmenej 60 °C a v prípade cirkulačnej slučky by mala byť teplota vracajúcej sa vody najmenej 50 °C.

Užívatelia musia byť vždy chránení pred príliš horúcou vodou na mieste dodávky, kde teplota vody nesmie byť vyššia ako 50 °C.

Dodávateľ teplej úžitkovej vody musí zabezpečiť teplotu teplej úžitkovej vody na odbernom mieste v takej výške, aby teplota teplej úžitkovej vody na výtok u konečného spotrebiteľa dosiahla najmenej 45 °C a najviac 55 °C. Reguluje to Vyhláška ÚRSO č. 630/2005 z 20.12.2005, ktorou sa ustanovuje teplota teplej úžitkovej vody na odbernom mieste, pravidlá rozpočítavania množstva tepla dodaného na prípravu teplej úžitkovej vody a rozpočítavania množstva dodaného tepla.

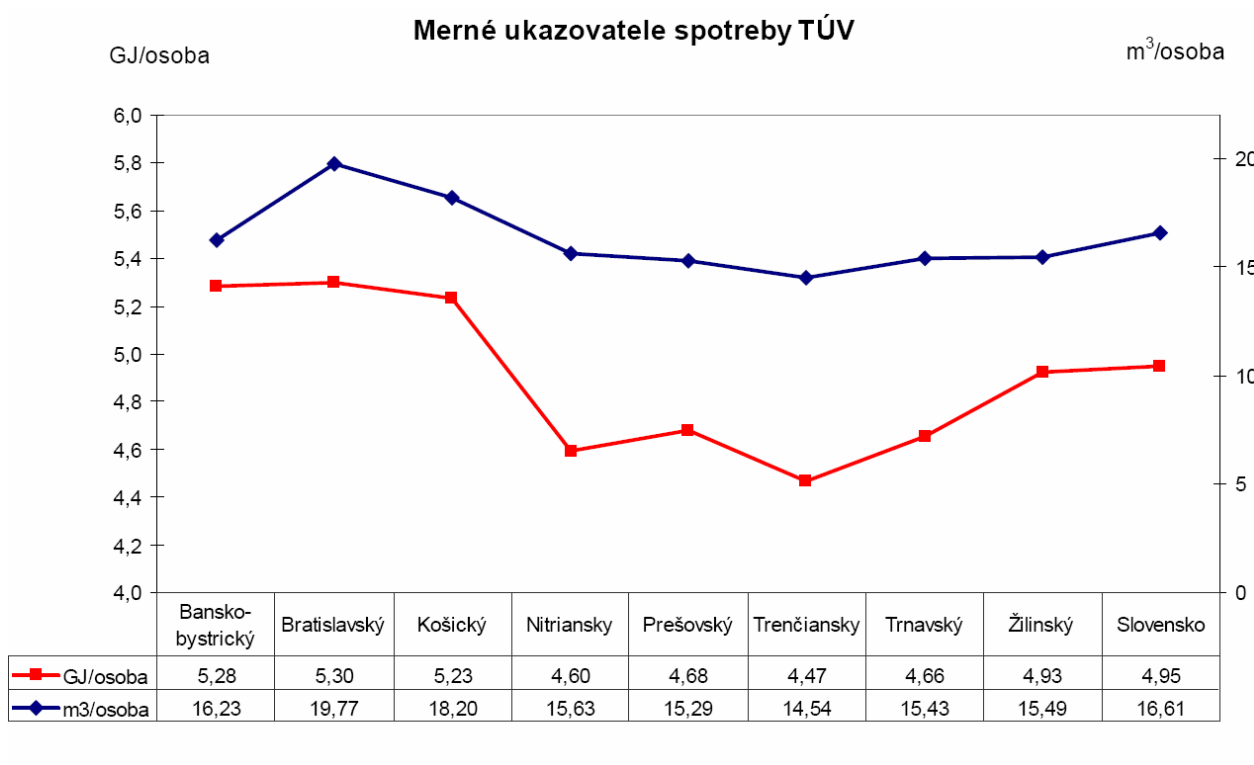


*Príklad záložného ohrievača oddeleného od bojlera, pre rozvod je použitá cirkulačná slučka s dohrievačom používaným na udržiavanie teploty.*

## 2.2.2 Analýza dopytu

Príprava teplej vody je jedna z najefektívnejších aplikácií solárnej energie, najmä pre skupinové systémy v obytných a účelových budovách, kde je dopyt po teplej vode dôležitý a stabilný; hlavne pre bytové domy, hotely a zdravotnícke zariadenia.

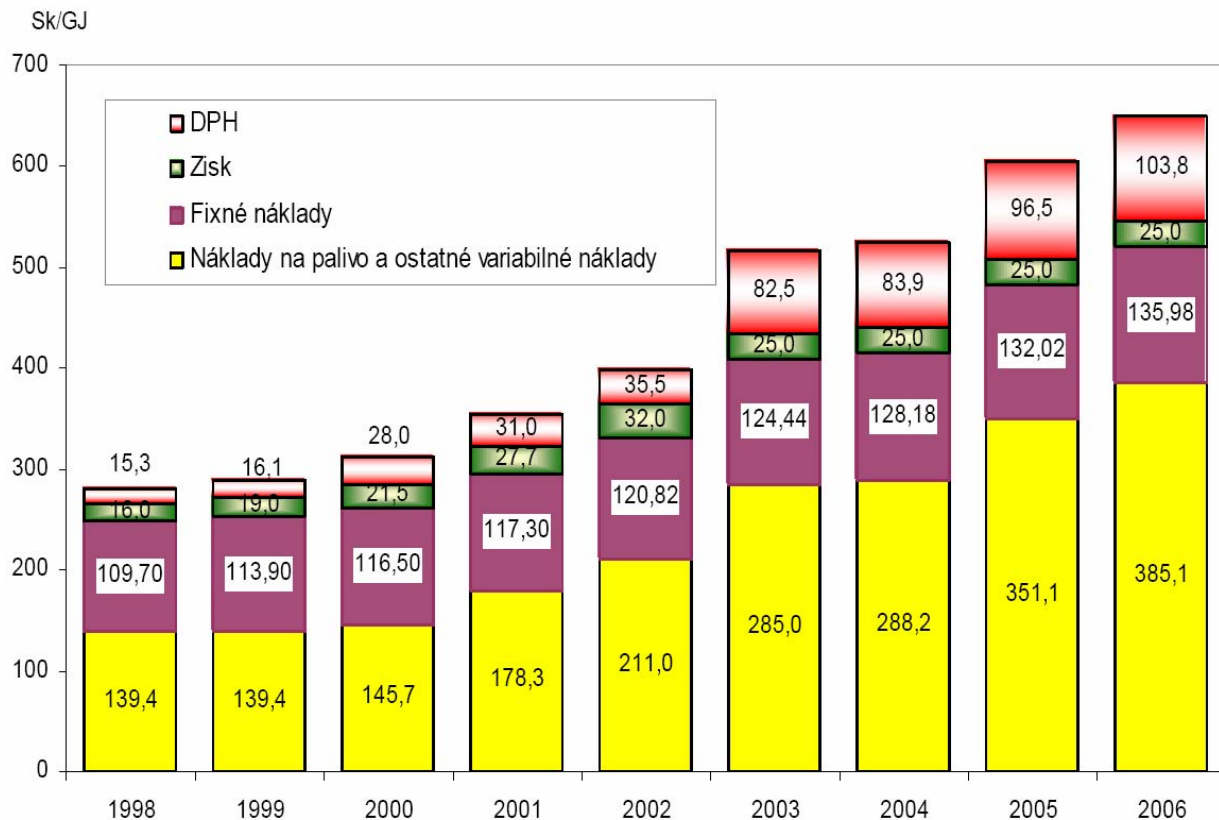
Súčasná požiadavka na spoločné budovy (obytné, hotely, nemocnice...) vykazujú rastúci dopyt po teplej vode, a to nielen na hygienické účely ale aj na použitie v domácnosti. Užitočnosť systému dodávky teplej vody je charakterizovaný dostupnosťou teplej vody v dostatočnej kvalite, s danou teplotou, vtedy, keď je potrebná a za náklady, ktoré sú čo najnižšie.



Zdroj: [http://www.siea.gov.sk/seainfo/clanky/subory/ruse\\_prednasky/keher.pdf](http://www.siea.gov.sk/seainfo/clanky/subory/ruse_prednasky/keher.pdf)

### DHW požiadavky na bytové domy

Dodávka teplej vody a vykurovanie predstavuje najvyššie servisné výdavky spojené s bývaním. GJ tepla na Slovensku stojí od 600 do 700 Skk.



Vývoj štruktúry ceny tepla zo zdrojov spaľujúcich zemný plyn

Zdroj: [http://www.siea.gov.sk/seainfo/clanky/subory/ruse\\_prednasky/keher.pdf](http://www.siea.gov.sk/seainfo/clanky/subory/ruse_prednasky/keher.pdf)

Bytový fond Slovenskej republiky tvorilo v roku 2001 1 884 846 bytov, z čoho bolo 1 665 536 trvale obývaných (88,4%). Byty v rodinných domoch tvorili 49,2% z trvalo obývaného bytového fondu.

*Niekoľko čísel*

V sektore bývania je možné vypočítať energetickú náročnosť budovy z nasledovnej rovnice:

$$Becs = S \cdot 1,16 \cdot Vecs \cdot \Delta T \cdot Ip$$

Kde:

Becs = suma spotreby energie v každom byte (Wh)

Vecs = 35 litrov teplej vody na deň a na obyvateľa.

$\Delta T = 45 \text{ K}$

$Ip$  = počet obyvateľov v bytoch

#### DHW požiadavky v hoteloch

Spotreba teplej vody v hoteloch závisí od počtu návštevníkov. Pre informáciu sú nižšie v tabuľke uvedené údaje o hotelierskom sektore SR.

#### Kapacity a výkony ubytovacích zariadení cestovného ruchu

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Ubytovacie zariadenia	1 816	1 898	1 928	2 275	2 398	2 509	2 519	2 446

spolu								
Návštevníci spolu	2 658 719	2 798 426	2 793 700	3 160 748	3 446 442	3 373 540	3 244 485	3 428 083
Domáci návštevníci	1 762 619	1 823 321	1 741 000	1 941 649	2 047 702	1 986 749	1 843 296	1 913 103
Zahraniční návštevníci	896 100	975 105	1 052 700	1 219 099	1 398 740	1 386 791	1 401 189	1 514 980
Prenocovania spolu	10 456 689	10 938 155	10 540 700	11 319 092	12 306 192	12 058 956	10 748 537	10 732 754
Prenocovania domácich návštevníkov	7 145 313	7 414 281	6 797 900	6 941 536	7 263 117	7 094 564	6 073 542	5 860 712
Prenocovania zahraničných návštevníkov	3 311 376	3 523 874	3 742 800	4 377 556	5 043 075	4 964 392	4 674 995	4 872 042
Lôžka k 31. 12.	99 379	102 741	102 800	116 378	118 168	121 299	121 932	122 612
Využitie stálych lôžok (%)	31,2	29,0	28,0	30,0	31,9	30,1	27,6	27,3

Podľa dodatku k vyhláške 684/2006 o technických požiadavkách pre navrhovanie vodovodov vydané Ministerstvom pre životné prostredie je potreba vody v hoteloch projektovaná nasledovne:

Interhotel (spolu s reštauráciou, garážami, práčovňou) – 1200 litrov/deň/lôžko  
Hotel – 150 litrov/deň/lôžko

Klientela je čoraz viac vnímavá na ochranu životného prostredia a solárne systémy prispievajú k dobrému imidžu hotela. Avšak hodnota solárneho systému je veľmi závislá na vybavení zariadenia.

*Niekoľko indikatívnych čísel:*

Typ zariadenia	Vybavenie	Spotreba vody pri 60 °C
Hotel 1*	Spoločná sprcha (1 pre 4 izby)	70 l/deň/izba
Hotel 2/3*	Vaňa	100-140 l/deň/izba
Hotel 4/5*	Vaňa + sprcha	160 l/deň/izba
Hotel 2* Horský	Vaňa	160 l/deň/izba

*(Zdroj: Calculs pratiques de plomberie sanitaire. Editions Parisiennes)*

Nakoľko informácie zo Slovenska nie sú dostupné, udávame pre informáciu údaje za Francúzsko - DHW požiadavky v litroch / deň / izbu pri 60 °C



Použitie	Jan	Feb	Mar	Apr	Máj	Jún	Júl	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
4 obdobia	66	61	60	57	61	82	97	98	100	100	78	77
Letné obdobie	0	10	12	56	64	81	92	100	77	46	0	0
Zimné obdobie	39	100	50	100	50	75	94	94	56	0	0	12

Koeficient korekcie, ktorý je potrebné použiť

Počet hviezdíčiek	Bez	*	**	***	****
	0,65	0,75	1,00	1,35	1,50
Umiestnenie	Hory	More	Vidiak	Mesto	
	1,35	1,00	1,00	1,00	
Prítomnosť práčovne	Áno	Nie			
	1,25	1,00			

(Zdroj EDF: Eau chaude électrique Résidentiel et Tertiaire – Marec 1987)

### Zdravotnícke zariadenia a domovy dôchodcov

Zdravotná starostlivosť sa poskytuje v 84 (z toho je 7 inorezortných) nemocniciach a nemocniciach s poliklinikami, väčšinou v štátnych (neštátne sú 3), v 27 odborných liečebných ústavoch a vysokošpecializovaných odborných liečebných ústavoch a 11 liečebniach pre dlhodobo chorých. Psychiatrická starostlivosť sa poskytuje v 6 psychiatrických nemocniciach, 5 psychiatrických liečebniach a 3 centrách pre liečbu drogových závislostí.

Počet lôžok v SR bol v roku 2005 50 058.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Zdravotnícke zariadenia spolu										
lekárske miesta	16 565,28	16 333,01	17 228,27	18 508,20	18 482,30	19 302,55	18 982,02	18 716,07	18 760,45	20 023,95
lôžka	58 772	59 404	58 980	58 604	57 841	56 261	54 759	54 434	52 363	50 058
Nemocnice										
lekárske miesta	9 354,97	9 234,91	9 169,46	9 299,86	9 219,76	9 117,39	8 827,55	8 482,16	7 856,90	7 572,82
lôžka	40 439	40 338	39 096	38 254	37 964	36 124	35 211	35 043	33 055	31 820
Odborné liečebné ústavy										
lekárske miesta	437,13	459,85	460,41	472,96	462,04	896,77	879,84	798,89	907,81	878,26
lôžka	7 529	7 635	7 558	7 636	7 188	7 318	7 308	6 725	6 826	5 968
Prírodné liečebné kúpele										
lekárske miesta	229,10	217,80	218,66	219,85	210,04	212,78	202,34	190,70	152,50	143,22
lôžka	10 804	11 431	12 326	12 714	12 689	12 819	12 240	12 666	12 447	12 081

Podľa dodatku k vyhláške 684/2006 o technických požiadavkách pre navrhovanie vodovodov vydané Ministerstvom pre životné prostredie je potreba vody v zdravotníctve projektovaná nasledovne:

Nemocnice – 700 litrov/deň/lôžko  
 Odborné liečebné ústavy a vysokošpecializované odborné liečebné ústavy – 600 litrov/deň/lôžko

*Niekoľko indikatívnych čísel: využité sú údaje z Francúzska, nakoľko údaje za Slovensko nie sú dostupné.*

Typ zariadenia	Vybavenie	Spotreba vody pri 60 °C
Nemocnica a klinika	Bez reštaurácie alebo práčovne	60 l/deň/posteľ
Domov dôchodcov	Bez reštaurácie alebo práčovne	60 l/deň/posteľ

*(Zdroj: Calculs pratiques de plomberie sanitaire. Editions Parisiennes)*

#### Iné zariadenia

Typ zariadenia	Vybavenie	Spotreba vody pri 60 °C
Hostel (Samostatná izba)	Umývadlo + sprcha Spoločné WC Spoločná kuchyňa	60 l/deň/izba
Škola Kasárne, internátna škola	Väčšina na obed Bez reštaurácie a práčovne	5 l/deň/študent 30 l/deň/osoba
Kemping 4*	Spoločné kúpeľne + umývanie riadu	60 l/deň/miesto
Továreň (prezliekarne)	Teplá voda len pre zamestnancov	20 l/deň/osoba
Kancelárie		5 l/deň/osoba

*(Zdroj: Calculs pratiques de plomberie sanitaire. Editions Parisiennes)*

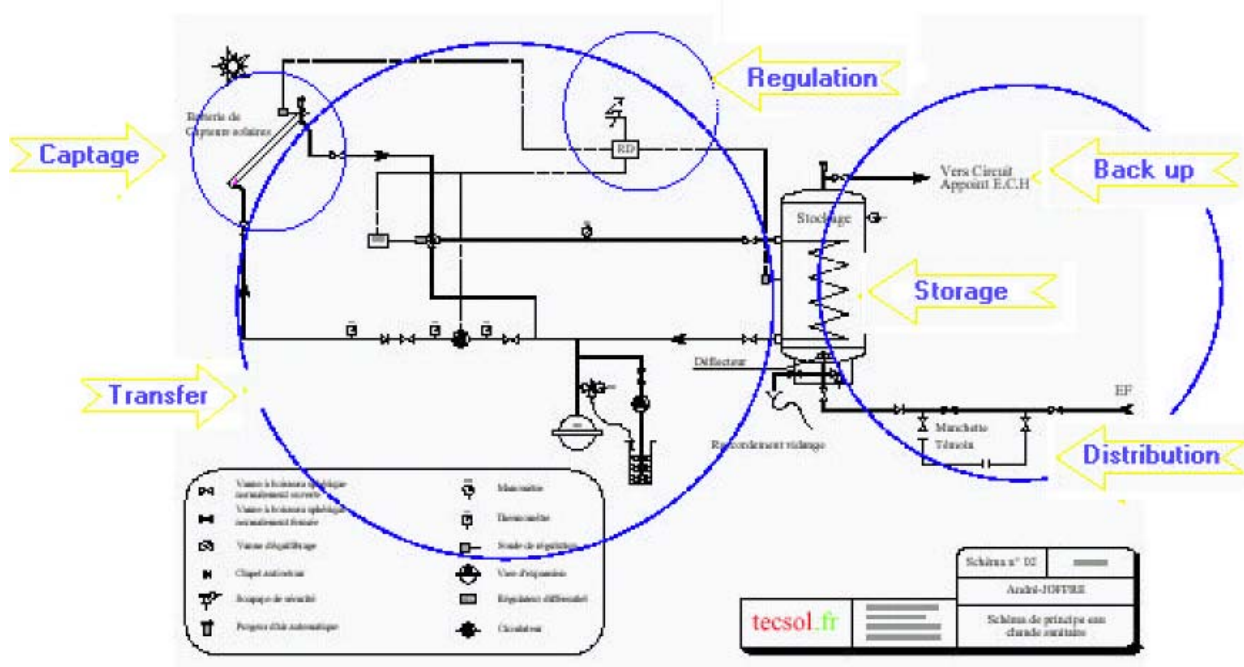
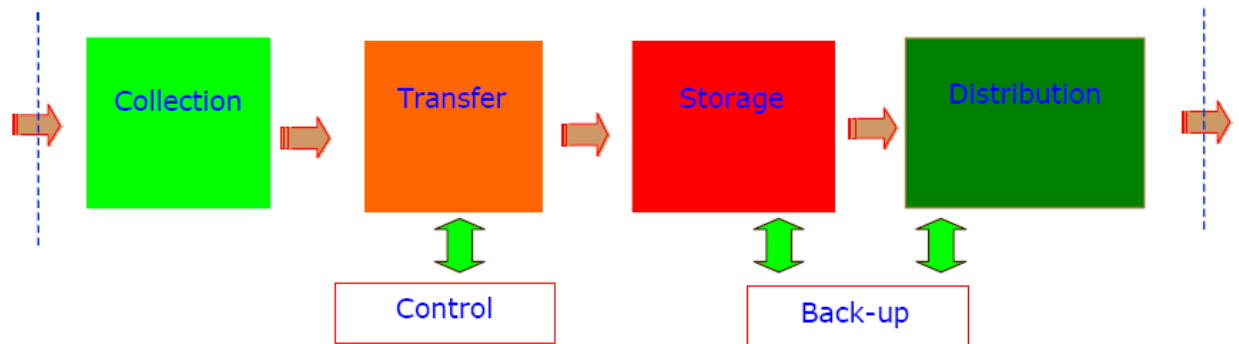
### 2.3 Ohrev teplej vody slnečnou energiou

System prípravy teplej vody pre domácnosť s využitím solárnej energie pozostáva z 5 subsystémov:

- Kolektorový subsystém,
- Subsystém prenosu energie,
- Subsystém uskladnenia,
- Subsystém záložnej energie,
- Distribučný subsystém,

Energia ušetrená v porovnaní s tradičným ohrevom vody závisí na klíme, umiestnení kolektora, veľkosti a konštrukcii systému ako aj na súčastiach a ich údržbe. Preto je potrebné nájsť najlepší vzťah medzi nákladmi, veľkosťou systému a potrebami už počas fázy návrhu projektu; čo musí zahŕňať najefektívnejší návrh všetkých subsystémov, takže:

- Zachytenie a uskladnenie solárnej energie je optimálne,
- Solárny a záložný zdroj energie sú oddelené,
- Solárna energia sa využíva prioritne,
- Záložný zdroj energie sa používa len ako doplnkový zdroj energie.

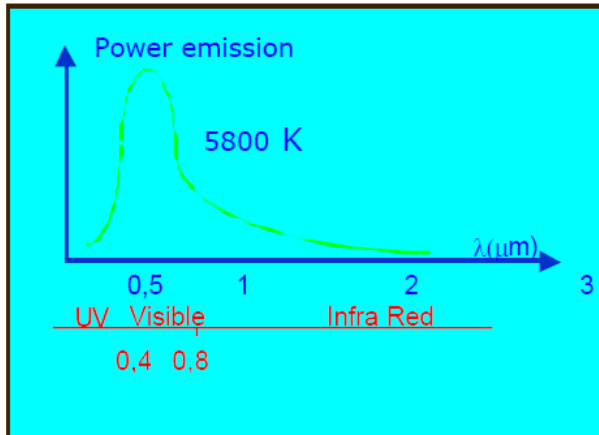


### 2.3.1 Zachytenie

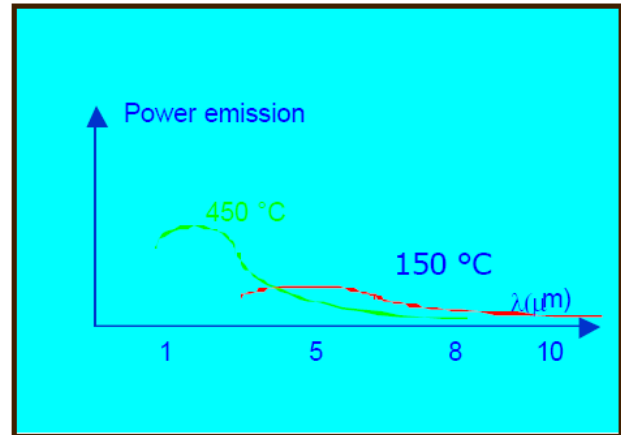
Solárny systém na prípravu teplej vody vo všeobecnosti pozostáva z plochých solárnych kolektorov s obiehajúcou kvapalinou, ktoré transformujú slnečné elektromagnetické žiarenie na teplo, ktoré potom prechádza do tekutiny, ktorá ho prenáša.

### 2.3.1.1 Princípy fungovania

Plochý kolektor je základným absorpčným povrchom vystaveným slnečnému žiareniu. Absorpčný povrch prenáša teplo vytvorené absorpciou a keď je zahriaty, vyžaruje tepelné žiarenie na dlhšej vlnovej dĺžke. (Stefan-Boltzmanov zákon).

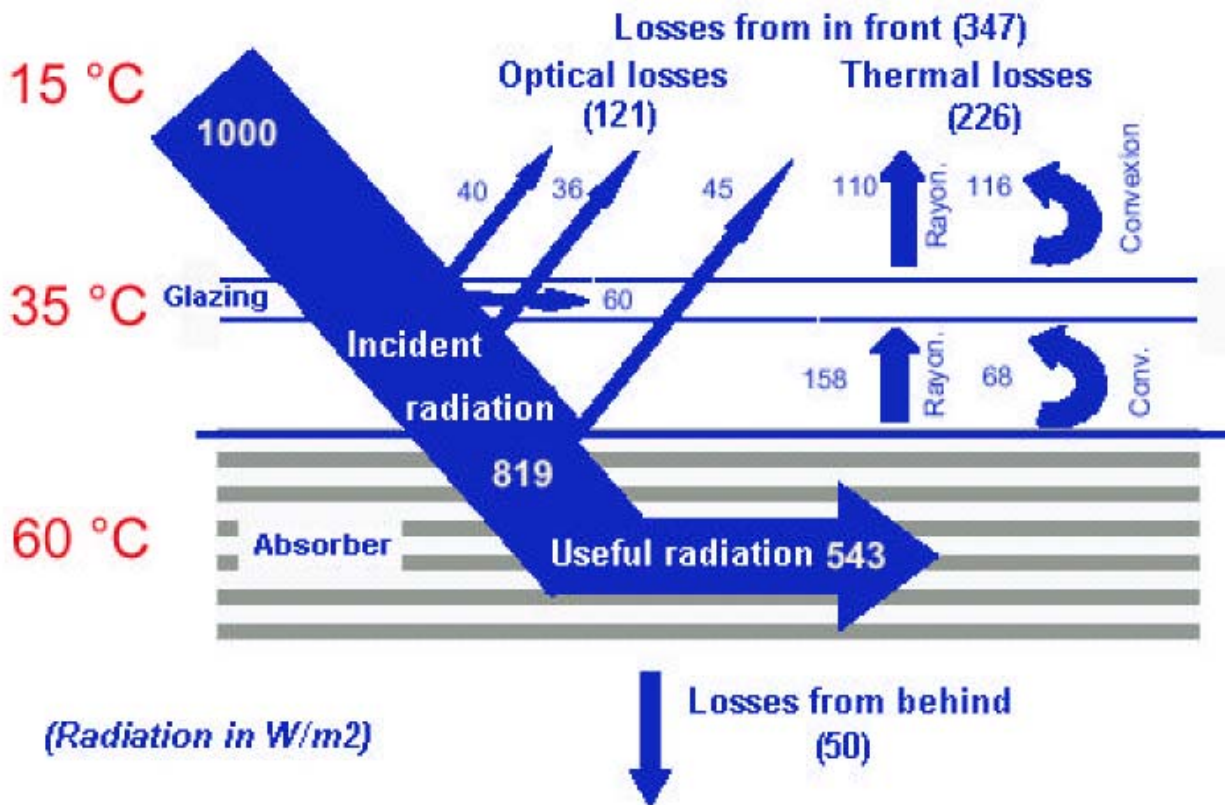


*Slnečné žiarenie*



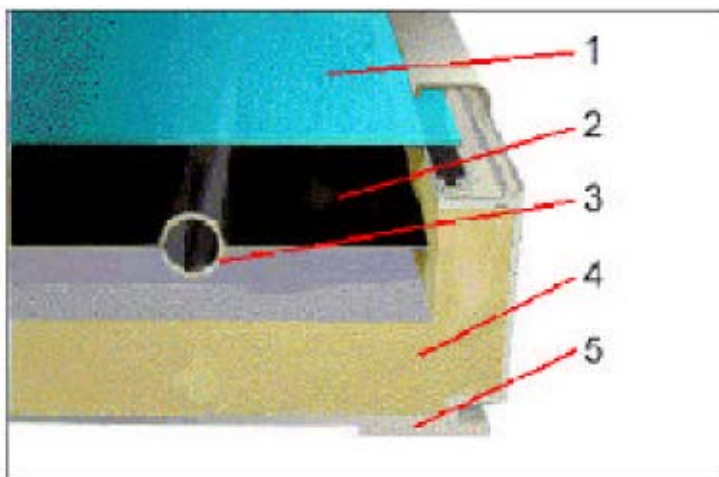
*Tepelné žiarenie*

Ak je absorbér v priamom kontakte s okolitým vzduchom, bude dochádzať k významnej strate tepla konvekciou (prúdením) ako aj vyžarovaním. Dosiahne sa tepelná rovnováha medzi absorbérom a okolitým vzduchom. Preto sa zachytí len málo energie. Aby sa straty zo zadnej strany kolektora znížili, absorbér je umiestnený do puzdra, v ktorom sú vnútorné povrchy pokryté tepelnou izoláciou (napríklad sklenená vlna alebo ľahčené syntetické materiály). Tepelná izolácia na prednej strane absorbéra pozostáva z materiálu, ktorý neprepúšťa tepelné žiarenie ale prepúšťa slnečné žiarenie. Sklo a niektoré syntetické materiály sú priehľadné a prepúšťajú slnečné žiarenie, ale neprepúšťajú infračervené žiarenie. Preto sa používajú ako priehľadné kryty pre solárne kolektory. V prípade solárneho kolektora s priehľadným krytom: kryt absorbuje tepelné žiarenie vyžarované absorbérom, zahrieva sa a vyžaruje teplo z oboch strán. Pri hrubom odhade sa polovica žiarenia rozptýli do okolia a druhá polovica sa vracia do absorbéra. Toto sa nazýva skleníkový efekt.



Zasklenie taktiež obmedzuje tepelné straty spôsobené konvekciou (prúdením tepla), keďže prenos tepla medzi dvomi povrchmi, ktoré sú oddelené vrstvou nepohybujúceho sa vzduchu, je hlavne kvôli kondukcii (vedeniu tepla) a nepohybujúci vzduch vytvára efektívnu tepelnú izoláciu.

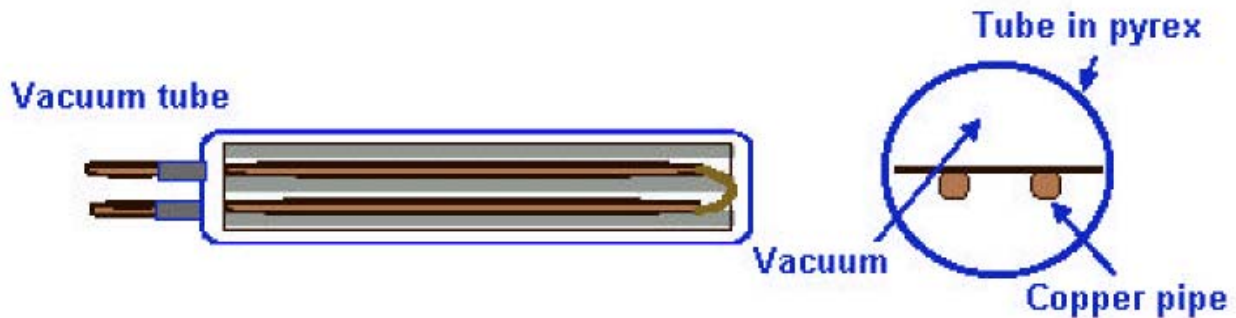
Kvalita izolácie sa zvyšuje s hrúbkou vzduchovej vrstvy medzi dvomi povrchmi, keďže teplo sa prenáša kondukcii (2 až 3 cm). Ak je priestor medzi dvomi povrchmi príliš významný, vyskytuje sa prirodzená konvekcia a má opačný efekt.



- 1: transparent cover
- 2: absorber fin
- 3: tubular circuit
- 4: thermal insulation
- 5: casing

Prierez plochým kolektorom

Ďalším spôsobom zníženia strát kolektora je pridanie selektívneho náteru na absorbér. Tento náter ponúka čo najvyšší absorpčný koeficient pre žiarenie v solárnom spektre (menej ako  $2,5 \mu\text{m}$ ) a čo najnižší koeficient vyžarovania v infračervenom žiarení, ktorý zodpovedá vyžarovaniu absorbéra (vlnové dĺžky väčšie ako  $2,5 \mu\text{m}$ ). Takýto selektívny náter sa vyrába chemickým nanášaním na absorpčný povrch. Napokon, kolektory s vákuovými trubicami umožňujú znížiť tepelné straty spôsobené konvekciou, keďže absorbér je umiestnený vnútri sklenenej trubice, z ktorej bol odčerpaný vzduch.



*Prierez kolektorom s vákuovou trubicou*

### 2.3.1.2 Odhad celkovej energie

Pri nepretržitej prevádzke sa získajú charakteristiky plochého kolektora z nasledovnej rovnice pre odhad celkovej energie.

$$Q_u = Q_a - Q_p$$

Kde:

- $Q_u$  je energia prenesená do teplotného média (kvapaliny),
- $Q_a$  je absorbovaná solárna energia,
- $Q_p$  je energia zodpovedajúca tepelným stratám

Za účelom odhadu energie absorbovanej kolektorom je potrebné teoreticky rozlišovať medzi priamym a rozptýleným žiarením tým, že sa im pridelia príslušné koeficienty prenosu a absorpcie. Avšak v praxi sa uvažuje o zložke dopadajúceho celkového žiarenia, ktoré je kolmé na povrch kolektora.

V takomto prípade je absorbovaná energia vo wattoch daná nasledovnou rovnicou:

$$Q_a = A \cdot \tau_s \cdot \alpha_s \cdot G$$

Kde:

- $A$  je plocha povrchu vstupu kolektora v  $\text{m}^2$ ,
- $\tau_s$  a  $\alpha_s$  sú priemerné hodnoty koeficientu prenosu priehľadného krytu a koeficient absorpcie absorbéra pre celé slnečné spektrum,
- $G$  je celková vstupná energia vo  $\text{W}/\text{m}^2$  (vstupná plocha), meraná na ploche kolektora.

Keďže je plochý kolektory pomerne tenký, straty z bočným strán je možné pri približnom odhade zanedbať, a do úvahy sa berú len straty z prednej a zadnej strany kolektora. Tieto straty je možné vyjadriť nasledovne:

$$Q_p = Q_{AV} + Q_{AR}$$

Pri redukcii na jednotku plochy absorbéra je možné vyjadriť všetky straty tepelného prúdenia z kolektora do okolitého prostredia vo vzťahu z teplotnému rozdielu, ktorý ich zapríčiňuje, preto:

$$Q_{AV} / A = U_{AV} (T_m - T_a) \text{ a } Q_{AR} / A = U_{AR} (T_m - T_a)$$

To znamená:

$$Q_A / A = U (T_m - T_a)$$

Kde:

$$U = U_{AV} + U_{AR}$$

$U_{AV}$  = Koeficient tepelnej straty z prednej strany ( $W/m^2 \cdot K$ )

$U_{AR}$  = Koeficient tepelnej straty zo zadnej strany ( $W/m^2 \cdot K$ )

$T_m$  = Priemerná teplota absorbéra

$T_a$  = Priemerná teplota okolia

Tepelná rovnováha v danom momente medzi slnečnou energiou prijatou kolektorom, užitočnou energiou, ktorá je k dispozícii, a tepelnými stratami, umožňuje popísať okamžitú účinnosť prostredníctvom nasledovnej rovnice:  $\eta = \eta_0 - U (T_m - T_a) / G$

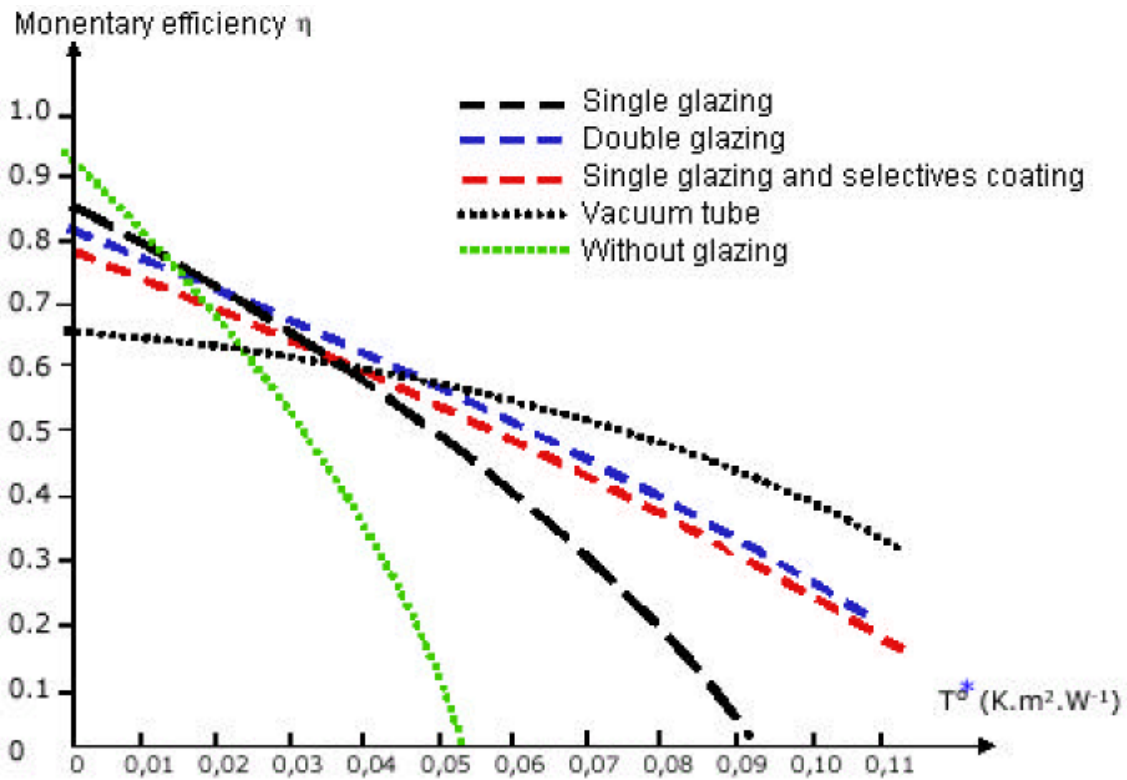
Podľa princípov akceptovaných medzinárodnými (ISO) a európskymi (CEN) normami je možné popísať účinnosť plochého kolektora tromi koeficientmi, ktoré sú nezávislé na teplote:

$$\eta = \eta_0 - a_1 T^* - a_2 G (T^*)^2$$

Kde:

- $\eta_0$  : koeficient optickej konverzie (%)
- $a_1$  : tepelná strata koeficientom kondukcie ( $W/m^2 \cdot K$ )
- $a_2$  : tepelná strata koeficientom konvekcie ( $W/m^2 \cdot K^2$ )

Graf nižšie znázorňuje rozdiely momentálnej účinnosti vo vzťahu k teplote  $T^* = (T_m - T_a) / G$  pre niekoľko rozdielnych typov kolektorov.



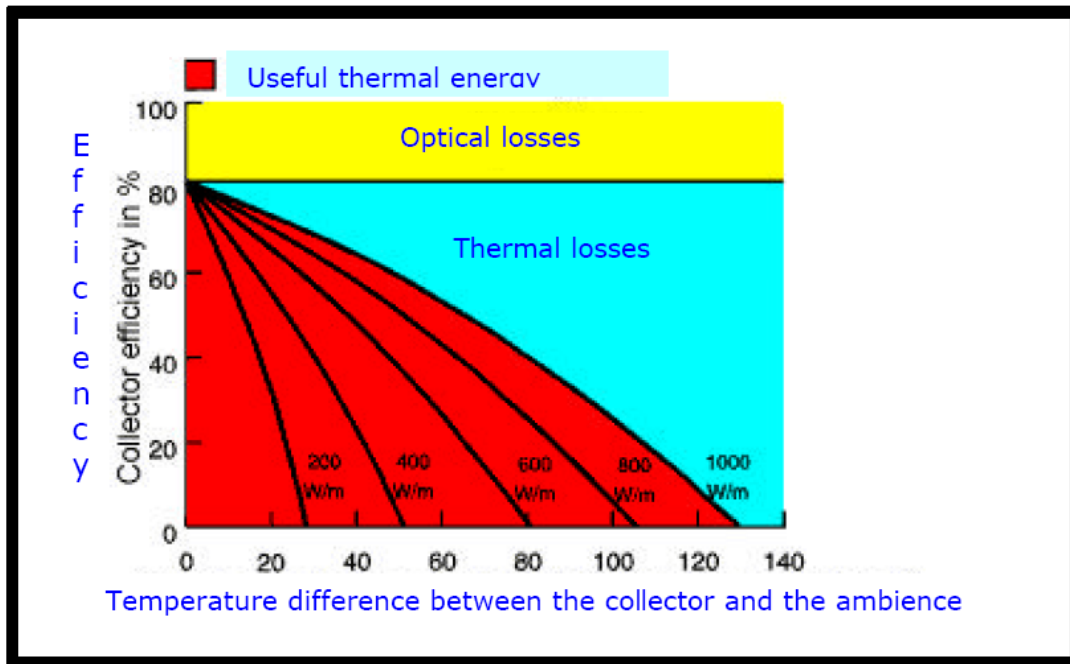
Pre hodnoty  $T^*$  menšie ako 0,07: rozdiely je možné primerane vyjadriť prostredníctvom lineárneho vzťahu.  
 Účinnosť je potom:

$$\eta = \eta' - aT^*$$

Vo francúzskej norme NF P50-501 sa nazývajú koeficienty  $\eta'$  a  $a'$  nasledovne:

- Optický faktor kolektora (B)
- Celkové tepelné straty vodivosťou (K)





*Celková účinnosť solárneho kolektora*

## 2.3.2 Prenos a uskladnenie energie

### 2.3.2.1 Uskladnenie

Uskladnenie zachytenej energie umožňuje kompenzovať nesúvislý charakter solárnej energie. Akumulácia uchovanej energie sa prejaví nárastom teploty. Za účelom vizualizácie systému uskladnenia je potrebné pamätať na to, že účinnosť kolektora závisí na priemernej teplote média, ktoré cez kolektor prechádza a tým na teplote média, ktoré prichádza zo systému uskladnenia. Jednou z podstatných charakteristík efektívneho systému uskladnenia je schopnosť zásobovať kolektor médiami, ktoré majú čo najnižšiu teplotu.

Prenos tepla z kolektora do akumuláčného priestoru sa deje dvomi rozdielnymi spôsobmi:

- Nútenou cirkuláciou s využitím čerpadla ovládaného prostredníctvom riadiaceho systému,
- Prirodzenou cirkuláciou alebo termo-sifónom.

Systémy fungujúce prostredníctvom termo-sifónu majú výhodu v porovnaní s bežnými systémami, ktoré používajú čerpadlá, v tom, že jednak nevyžadujú ovládacie zariadenie pre solárny zisk, ani čerpadlá pre pohyb teplotného média. Avšak v praxi sa inštalácie s termo-sifónom týkajú len určitých typov samostatných ohrievačov vody a v skupinových inštaláciách sú výnimkou.

Vzhľadom na hydraulické problémy pri súboroch kolektorov veľkou plochou a architektonické obmedzenia spôsobené potrebou umiestnenia kolektorov pod akumuláčnou nádobou sa cirkulácia teplotného média termo-sifónom v skupinových systémoch vo všeobecnosti nevyužíva.

### 2.3.2.2 Tepelné výmenníky

V rámci Slovenska musí byť solárne zariadenie chránené pred rizikom zamrznutia. Väčšinou sa kolektory chránia použitím nemrznúceho média a to si vyžaduje použitie výmenníka tepla.

Existujú dva základné kategórie výmenníkov tepla:

- Výmenníky tepla integrované do akumuláčného zásobníka.
- Výmenníky tepla mimo akumuláčného zásobníka.

V prípade výmenníka tepla umiestneného mimo akumuláčného zásobníka sa výmena deje nútenou konvekciou. Povrchová plocha externého výmenníka tepla je vo všeobecnosti menšia ako pri integrovanom výmenníku tepla.



*Plochý externý výmenník tepla*



*Integrovaný výmenník tepla*

V každom prípade nezávisí účinnosť výmenníka tepla na teplote média ale na geometrii výmenníka a toku tepla. V praxi sa pohybuje účinnosť výmenníka tepla v rozsahu od 0,6 do 0,8.

Poznámka: ak je účinnosť výmenníka tepla priemerná, nielen prenos tepla bude slabý, ale aj teplota média vracajúceho sa do kolektorov bude vysoká a účinnosť kolektora bude znížená.

Ak je výmenník integrovaný do akumuláčného zásobníka, je umiestnený do spodnej časti nádrže. Takéto usporiadanie umožňuje, ak je povrchová plocha výmeny dostatočne významná, zahriať objem vody homogénnym spôsobom, pokiaľ sa teplota v spodnej časti nepriblíži 3 až 4 stupne od teploty v hornej časti nádrže.

Studená voda priteká spodkom akumuláčného zásobníka vždy keď sa použije teplá voda, čím sa zabráni preniknutiu nedostatočne ohriatej vody do hornej časti nádrže (Stratifikácia teploty). Takéto usporiadanie tiež umožňuje privádzať do solárneho kolektora médium, ktoré má čo najnižšiu teplotu pri výstupe z výmenníka tepla, vo vzťahu k spotrebe teplej vode a stratifikácii teploty. Okrem toho sa obmedzuje riziko straty tepla opačným tokom v kolektoroch, v prípade nesprávneho fungovania spätného ventilu.

### 2.3.2.3 Ovládacie prvky primárneho okruhu

*Princípy*

Základné princípy ovládacích prvkov skupinových kolektorových systémov na teplú vodu sú jednoduché.

Jeden senzor je umiestnený na solárnom kolektore a ďalší v spodnej časti akumuláčného zásobníka teplej vody (v 1/9 jeho výšky).

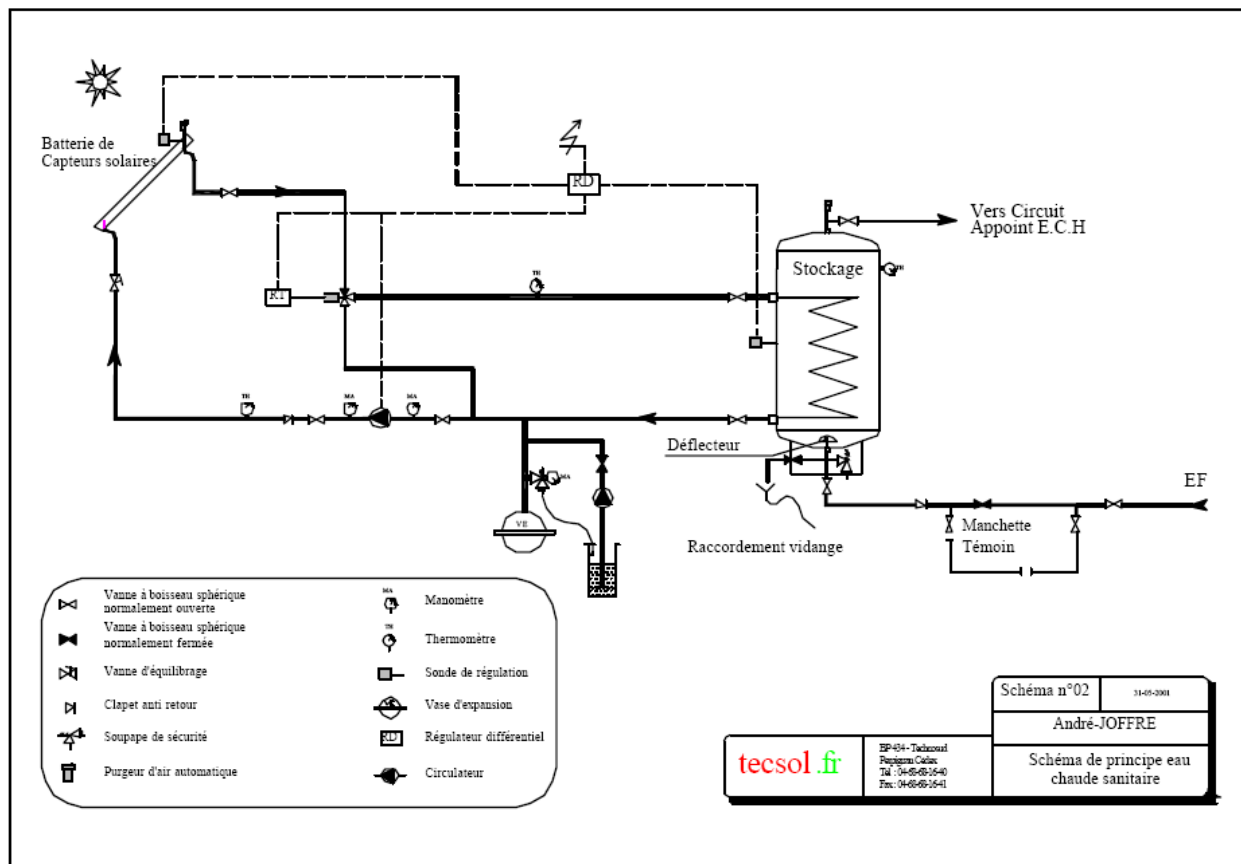
Akonáhle je kolektor o niekoľko stupňov teplejší ako akumuláčny zásobník, spustí sa čerpadlo; ak sú teploty približne rovnaké, čerpadlo sa zastaví. Pre tieto operácie postačuje jednoduchá kontrola rozdielu.

Úlohou ovládacích prvkov je spustiť prenos zachytenej energie, len keď je teplota teplotného média vyššia ako teplota vody v akumuláčnom zásobníku.

Pri inštaláciách s plochou kolektorov menšou ako 40 m<sup>2</sup>, s krátkym hydraulickým okruhom (menej ako 50 m) a keď majú kolektory pomerne vysokú zotrvačnosť sa používa rozdielový typ ovládacieho systému fungujúci na základe rozdielu teplôt v nádrži a kolektoroch.

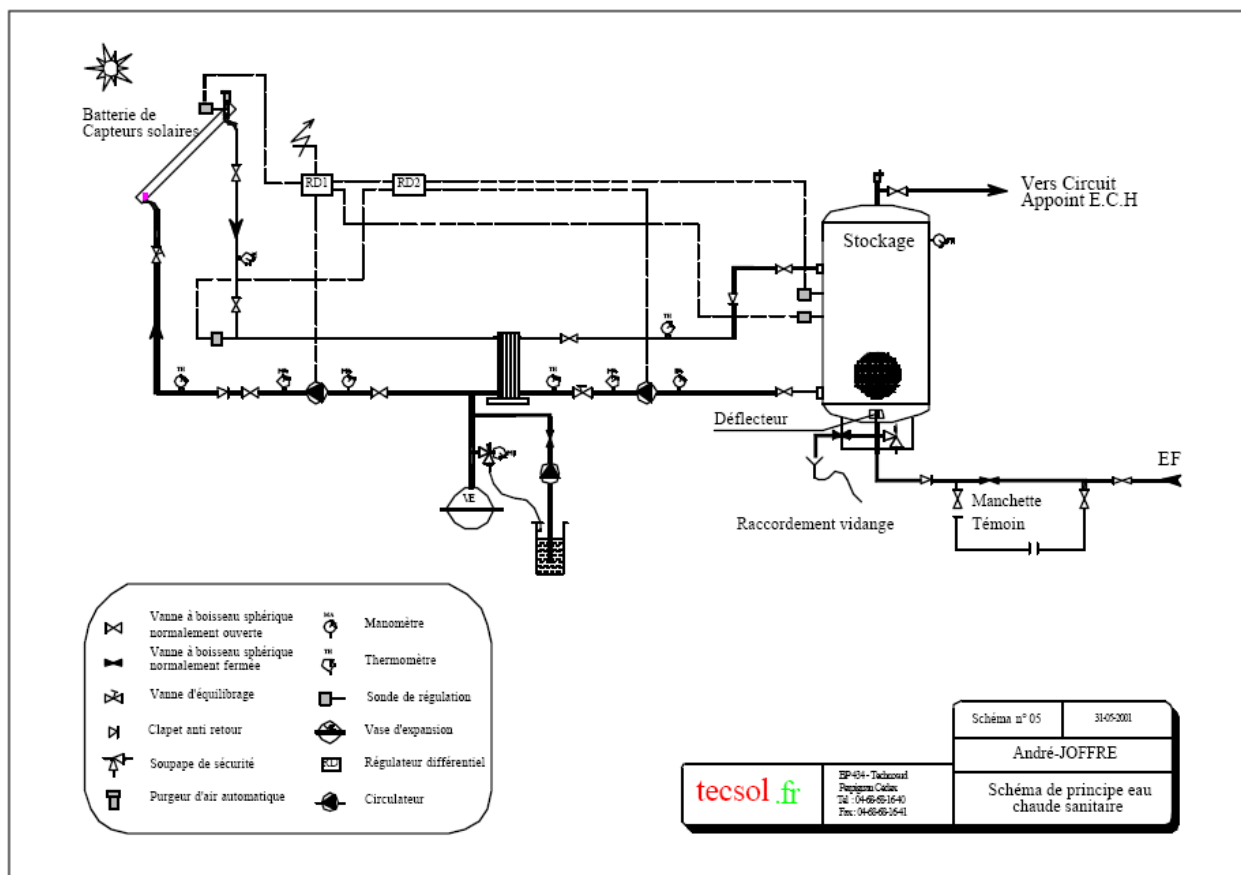
V prípade väčších systémov (> 40 m<sup>2</sup>) sa používa dvojitý rozdielový systém, kde je pridaný ďalší senzor na primárny okruh v technických priestoroch. Tento spustí čerpadlo v sekundárnom okruhu. V tomto prípade je možné spustiť systém v dvoch krokoch. Prvým krokom je spustenie primárneho okruhu na vyrovnanie teplôt v solárnom kolektore a rúrkach a druhým krokom je spustenie sekundárneho okruhu s prenosom energie z primárneho okruhu do sekundárneho.

Niektorí projektanti uprednostňujú použitie fotoelektrického senzora namiesto rozdielového ovládača. Okrem problémov pri zvolení dobre nastaveného komponentu (okruh je zatvorený, ak je intenzita svetla vyššia ako určitá úroveň a nie opačne ako pre osvetlenie a bode ovládania, ktorý je vyššie ako ten, ktorý sa používa pre osvetlenie), toto riešenie tak veľmi neodporúčame, pretože čas prevádzky primárneho okruhu je pomerne významný v porovnaní s časom prevádzky sekundárneho okruhu, a spôsobuje to zbytočnú spotrebu elektrickej energie.



Rozdielové princípy ovládaní (Zdroj Tecsol)

V oboch prípadoch musí byť prevádzka sekundárneho čerpadla závislá na prevádzke primárneho čerpadla, aby sa predišlo zbytočnej prevádzke čerpadla v sekundárnom okruhu.



Rozdielové ovládacie prvky: princípy dvojitého rozdielu (Zdroj: Tescol)

### Regulácia rozdielového ovládača

Táto metóda ovládania je jednoduchá a nenákladná. Dobré pracovné nastavenie závisí hlavne na prispôbení rozdielov teploty.

Rozdielové nastavenia	Následky
$\Delta T_1$ vysoké	Pomalšie spustenie ráno. Nevyužitá solárna energia
$\Delta T_2$ vysoké	
$\Delta T_1$ vysoké	Pomalšie spustenie ráno. Neskoršie zastavenie na večer:
$\Delta T_2$ nízke	štrata energie zachytenej počas dňa.
$\Delta T_1 \approx \Delta T_2$	Čerpací fenomén

Kde:

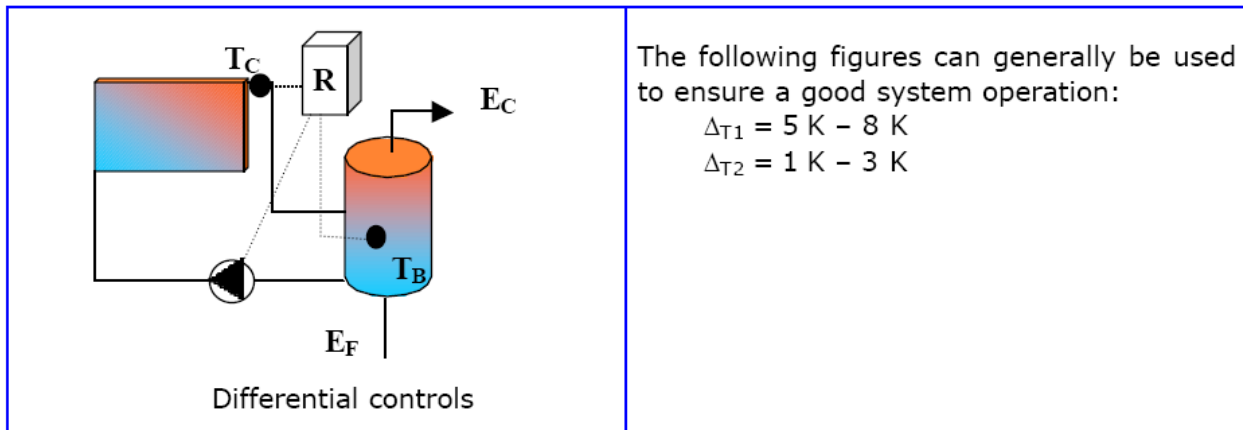
$\Delta T_1$  : nastaviteľný rozdiel teploty pre riadené spustenie

$\Delta T_2$  : nastaviteľný rozdiel teploty pre riadené zastavenie.

Príetok média v kolektore sa spustí, ak  $T_{\text{kolektor}} > T_{\text{zásobník}} + \Delta T_1$

Čerpadlo sa zastaví, ak  $T_{\text{kolektor}} < T_{\text{zásobník}} + \Delta T_2$

Čerpací fenomén je nežiaduci, pretože spôsobuje namáhanie čerpadiel a znižuje účinnosť systému. Ľahko sa vyskytne, ak je rozdiel medzi rozdielmi teplôt pre spustenie a zastavenie príliš malý.



Ak je zotrvačnosť primárneho okruhu významná (rúrkové rozvody dlhšie ako 50 m), ovládacie prvky primárneho okruhu sú doplnené prepínacím ventilom. Ak je teplota  $T_c$  v kolektoroch vyššia ako výsledok  $T_c + \Delta T_1$  vody v akumuláčnom zásobníku, ovládač spustí čerpadlo.

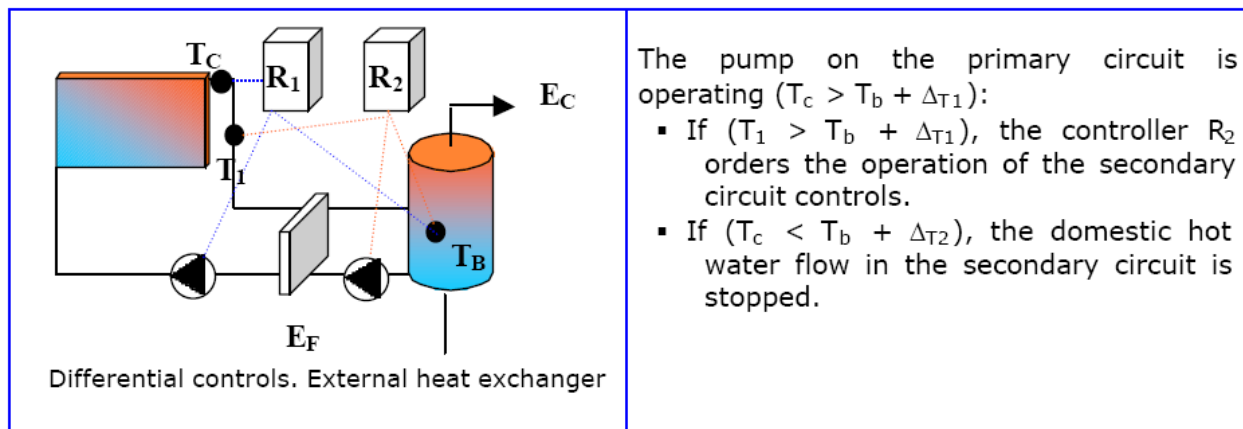
Ventil je  $V_c$  otvorený aby teplonosné médium prechádzalo kolektormi (homogenizácia teploty v primárnom okruhu).

Hoci tento ovládací princíp je založený na prepínanom ventile „všetko alebo nič“, znižuje sa tým zbytočné prečerpávanie. Okrem toho sa zlepší tepelná výkonnosť inštalácie kvôli rýchlemu zahriatiu primárneho okruhu ráno.

Ak je systém vybavený externým výmenníkom tepla, prítok teplej vody pre domácnosť v sekundárnom okruhu výmenníka tepla si vyžaduje inštalovanie druhého čerpadla.

Vo všeobecnosti je prevádzka systému zabezpečená použitím dvoch rozdielových ovládačov  $R_1$  a  $R_2$ .

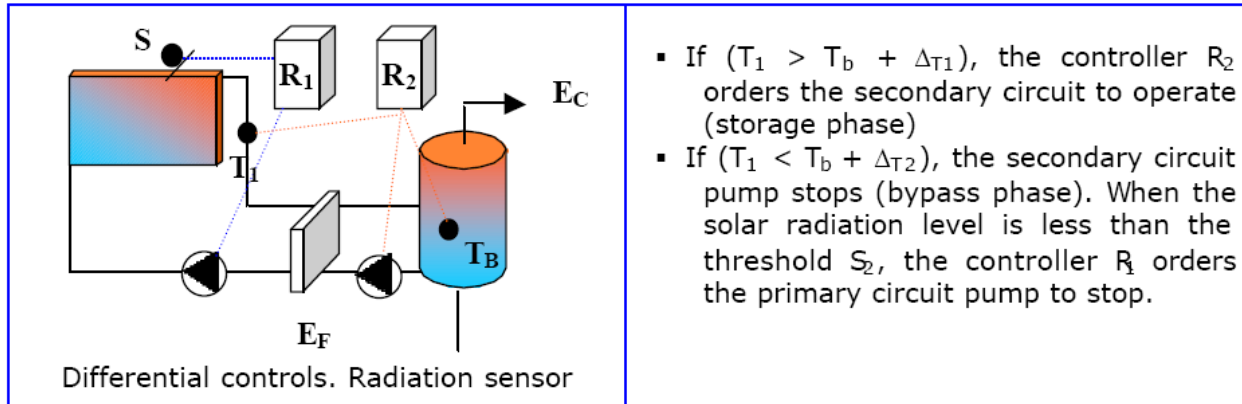
Aby sa zohľadnila zotrvačnosť primárneho okruhu (môže obsahovať veľký objem média), odporúča sa oneskoriť prevádzku čerpadla ovládaného  $R_1$  tak, aby sa predišlo častým spusteniam a zastaveniam systému každý deň.



Pre systémy veľkého rozsahu a za účelom predídenia chýb merania teplôt vzhľadom na chybné zavodenie kolektorovej sústavy je možné použiť namiesto merania teploty v kolektoroch senzor slnečného žiarenia.

Tento variant je opodstatnený, ak je potrebné homogenizovať teplotu média v primárnom okruhu vzhľadom na veľkosť inštalácie. Avšak toto riešenie by sa malo použiť len pre systémy s externým výmenníkom tepla. Okrem toho táto metóda zvyčajne vedie k väčšej spotrebe elektrickej energie ako metóda popísaná predtým.

Ak je slnečné žiarenie  $S$  väčšie ako úroveň spustenia  $S_1$ , ovládač  $R_1$  spustí čerpadlo primárneho okruhu.



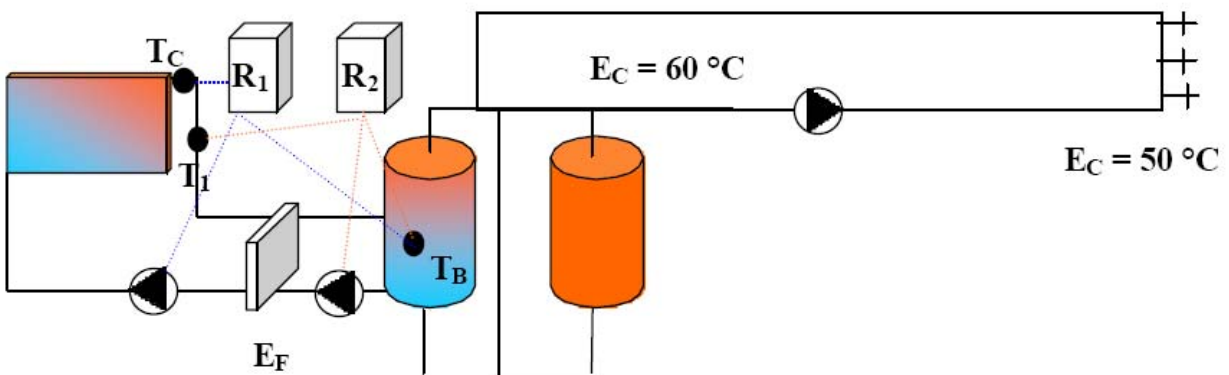
### 2.3.3 Doplnkový ohrev

Do úvahy prichádzajú tri rôzne typy doplnkového ohrevu podľa povahy dopytu a konfigurácie budovy:

- Inštalácia s centralizovaným pomocným ohrevom a systémom s cirkulačnou rozvodnou slučkou, s celkovou dĺžkou vodovodného vedenia medzi slučkou a každým výstupom nie viac ako v priemere 6 m.
- Inštalácia s decentralizovanou prípravou a priamou distribúciou alebo prostredníctvom slučky. Distribúcia je buď priama (vzdialenosť medzi akumuláčnym zásobníkom a výstupmi menej ako 8 m) alebo prostredníctvom distribučnej slučky pre skupinu výstupov (celková dĺžka vodovodného vedenia medzi slučkou a každým výstupom by mala byť menšia ako 6 m).
- Inštalácia so samostatným doplnkovým ohrevom a priamou distribúciou, ak sú výstupy nie ďalej ako 8 m od akumuláčného zásobníka, aby sa predišlo tepelným stratám a plytvaniu studenou vodou. Ak to nie je možné, používajú sa samostatné pomocné ohrievače na udržanie cirkulačnej slučky na stálej teplote.

V prípade inštalácií s centralizovaným pomocným ohrevom, redistribučná slučka teplej vody pre domácnosť by mala byť naprojektovaná tak, aby kompenzoval pomocný ohrievač tepelné straty.

Ak sú pomocné ohrievače samostatné, lokálna záloha by mala udržiavať slučku pre domácnosť na požadovanej teplote.



*Príklad inštalácie so samostatným pomocným ohrievačom a prívodnou slučkou teplej vody pre domácnosť*



## 3. Postup projektu

### 3.1 Predbežné štúdie

Predbežné štúdie pred projektovaním solárneho systému na prípravu teplej vody sú zamerané na odhad potenciálnej zaujímavosti budúcej inštalácie vo vzťahu k dopytu na teplú vodu (množstvo a pravidelnosť počas roka) a existenciu technických alebo architektonických obmedzení, a to:

- Dimenzovanie inštalácie vzhľadom na rôzne obmedzenia,
- Odhad nákladov,
- Odhad predbežných úspor.

#### 3.1.1 Odhad potreby teplej vody

Analýza potrieb je nevyhnutnou súčasťou predbežných štúdií, ktoré predchádzajú výberu zariadení a vybavenia.

Ak sú potreby odhadnuté správne, je možné použiť nástroje na dimenzovanie a výpočty na odhad predbežnej výkonnosti.

Zmluva Garantovaných solárnych výsledkov (GSV), ktorá zaväzuje spoločnosti, ktoré navrhli a inštalovali systém, je založená na predbežnej produkcii energie, ktorá sa vypočíta z predbežného odhadu dopytu po teplej vode.

Preto je potrebné čo najpresnejšie poznať potreby. Avšak predpokladaná reálna spotreba je často neznáma. V takomto prípade sú známe štatistické údaje používané na odhad typickej spotreby daného typu zariadenia nedostatočné a pred návrhom systému sa odporúčajú reálne merania priamo na mieste, najmä v prípade väčších systémov v terciárnom alebo zdravotníckom sektore, kde sa vyskytujú výrazné rozdiely v dopyte.

V prípade že je známy napríklad objem teplej vody  $Vecs$  ( $m^3$ /deň) prostredníctvom meračov prietoku vody, ktorý je dodávaný na výstupné body, je možné stanoviť dennú potrebu energie  $Becs$  v kWh/deň prostredníctvom nasledovnej rovnice:

$$Becs = 1,16 \cdot Vecs \cdot \Delta T$$

Kde je  $\Delta T$  priemerný rozdiel teploty medzi teplou vodou rozvádzanou používateľom a prívodom studenej vody.

Ak nie sú údaje o nameranej spotrebe teplej vody v domácnosti k dispozícii, denný dopyt je možné odhadnúť na základe množstva teplej vody požadovanej na hlavné bežné potreby, pri zvážení skutočnosti, že nie všetky potreby sa vyskytujú v rovnakom čase (koeficient simultánnosti).

#### 3.1.2 Slnéčné žiarenie na mieste

Množstvo energie prijaté kolektorom na danom mieste závisí na energii dopadajúcej na toto miesto a usporiadaniu inštalácie.  
 Údaje týkajúce sa solárneho žiarenia je možné získať z meteorologických staníc v rámci celej krajiny alebo z Prehľadov klimatických údajov:

- Európsky atlas slnečného žiarenia (Atlas européen du Rayonnement Solaire). Zväzok II : Naklonené roviny (Surfaces inclinées). W. Palz, Commission des Communautés Européennes; Direction Générale Science, Recherche et Développement.

Alebo z databáz, ktorú sú prístupné online na internete:

- Satel-Light, Európska databáza denného svitu a slnečného žiarenia (<http://www.satel-light.com>),
- NASA. Povrchová meteorológia a súbor údajov o solárnej energii (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>),
- Údaje o slnečnom žiarení a rovnováhe žiarenia – Svetová sieť - ([http://wrdc-mgo.nrel.gov/html/get\\_data-ap.html](http://wrdc-mgo.nrel.gov/html/get_data-ap.html)).

Niektoré údaje pre Slovensko:

- Astronomický inštitút Slovenskej akadémie vied – údaje o slnečnom svite na Skalnatom Plese (<http://www.ta3.sk/gfu/porovklima.htm>)
- Mesačník mesta Pezinok – slnečný svit v Modre (<http://pezincan.pezinok.sk/index.php?yggid=article&cat=2000-02&article=5966>)

### 3.1.2.1 Slnečné žiarenie na SLOVENSKU

Energia dopadajúceho slnečného žiarenia sa pohybuje na priemere od 850 po 1 100 kWh/m<sup>2</sup> ročne. V hlavnom meste Slovenska Bratislave je táto hodnota približne 966 kWh/m<sup>2</sup> ročne. Medzi rôznymi regiónmi Slovenska nie je veľký rozdiel v priemernej radiácii (cca. 15%).

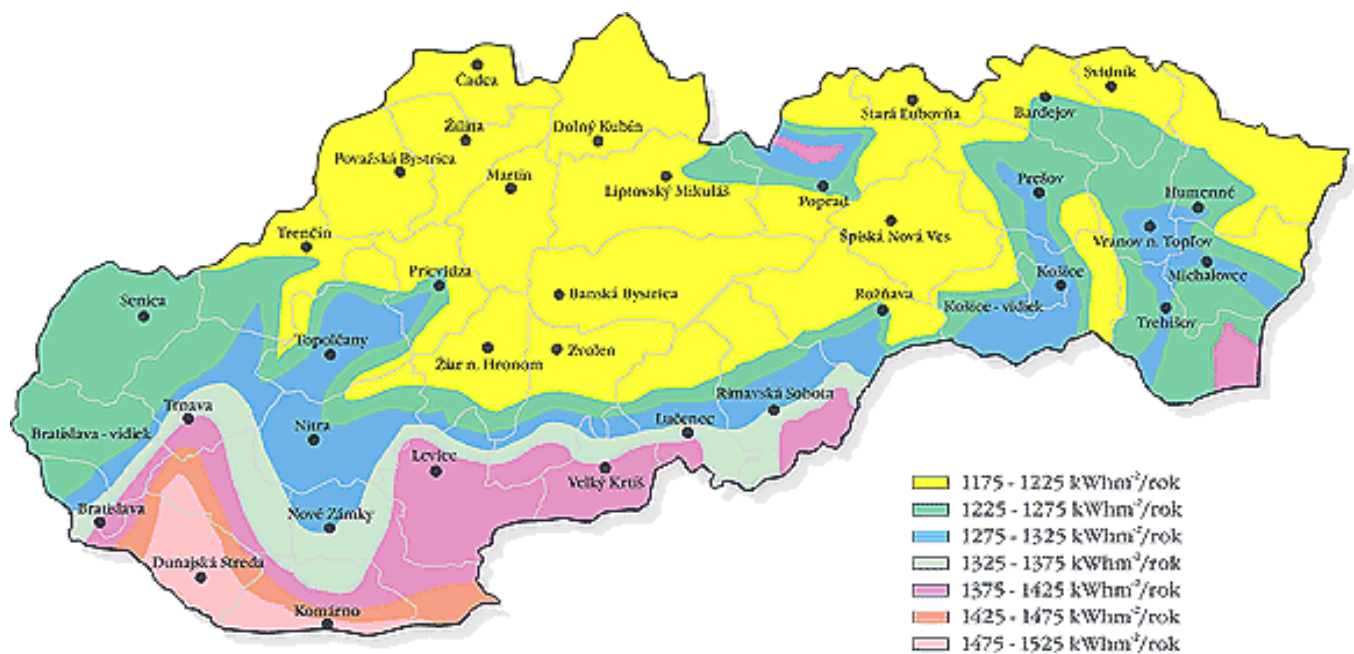
Uvádzame príklad dvoch miest – Komárna na juhu a Kysuckého Nového Mesta na severe Slovenska.

<b>Komárno</b>		<b>Kysucké Nové Mesto</b>	
<b>Mesiac</b>	<b>Solárne žiarenie Wh/m2/deň</b>	<b>Mesiac</b>	<b>Solárne žiarenie Wh/m2/deň</b>
January	1,476	January	1,442
February	2,368	February	2,263
March	3,507	March	3,246
April	4,777	April	4,156
May	5,318	May	4,715
June	5,586	June	4,662
July	5,930	July	5,059
August	5,331	August	4,519
September	4,542	September	3,657
October	3,250	October	2,926

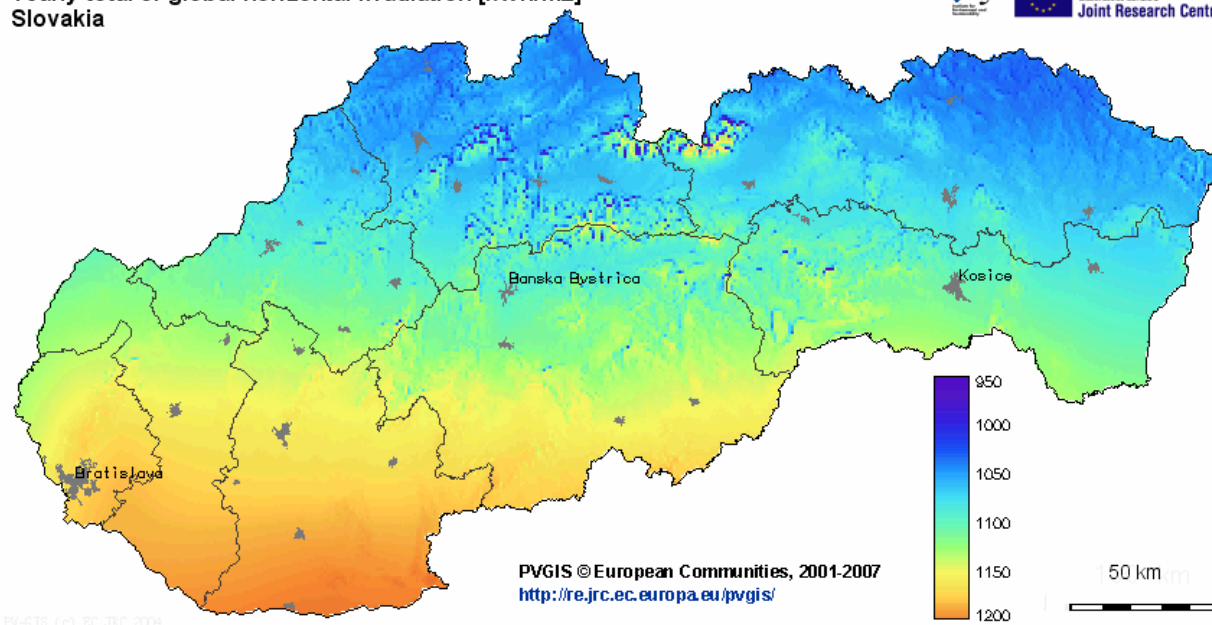
November	1,751	November	1,563
December	1,107	December	1,066
<b>Priemer</b>	<b>3,752</b>	<b>Priemer</b>	<b>3,278</b>

Rozdiel priemerného dopadu energie na kolektor naklonený o 30 stupňov voči horizontálnej úrovni je počas roka výrazný. Napríklad v Bratislave v júli dopadá na takýto kolektor približne 192,6 kWh/m<sup>2</sup>, pričom v decembri len 14,6 kWh/m<sup>2</sup> povrchu vystaveného žiareniu. Preto je počas mesiacov október až marec k dispozícii len 25% celkovej ročnej energie.

Dĺžka slnečného svitu (priame slnečné žiarenie) silne ovplyvňuje energiu, ktorá je k dispozícii počas celého roka. V podmienkach Slovenska sa vyskytuje priame slnečné žiarenie v rozsahu od 1 300 do 1 900 hodín, na každej časti územia je to rozdielne. Dve tretiny tohto času sa vyskytujú v polroku, v ktorom dominuje leto. Najväčší dopad slnečného svitu na Slovensku je v Piešťanoch, Hurbanove a Košiciach. Napríklad priemerná ročná dĺžka slnečného svitu je v Hurbanove 1 872 hodín, pričom na Chopku je to len 1 279 hodín.



Yearly total of global horizontal irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]  
Slovakia



Priemerná ročná slnečná radiácia na Slovensku.

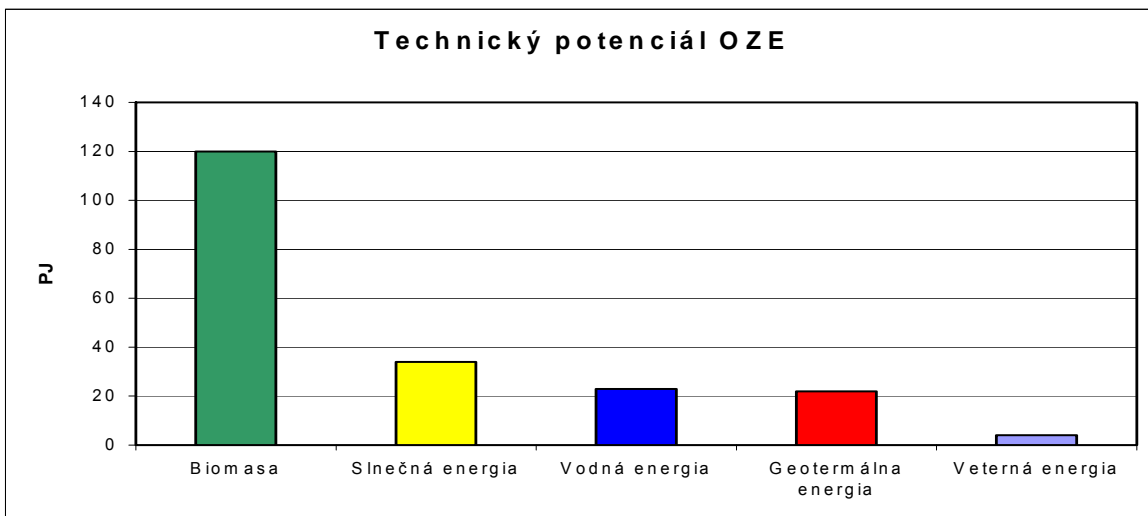
Zdroj: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/europe/g13y\\_sk.png](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/europe/g13y_sk.png)

Priemerný počet jasných dní bol v Bratislave v rokoch 2000 - 2004 na úrovni 30, v rovnakom období bolo zaznamenaných v Hurbanove 78 jasných dní.

Mesiac	Q <sub>s</sub> -mesiac (kWh/m <sup>2</sup> ) pre uhol sklonu ožiareného povrchu voči horizontálnej úrovni					
	0°	15°	30°	45°	60°	90°
1	11,5	17,0	22,0	25,3	27,6	29,5
2	26,0	35,7	42,7	47,2	50,0	47,6
3	68,6	81,1	89,7	93,5	92,5	77,5
4	101,0	112,6	119,8	120,9	111,3	77,9
5	148,1	161,2	168,9	166,5	143,0	79,3
6	164,9	175,7	179,6	173,5	152,6	77,6
7	168,7	183,8	192,6	198,8	163,0	90,5
8	133,6	148,8	158,3	159,9	147,0	103,0
9	88,7	104,7	115,9	120,6	119,5	100,1
10	38,2	52,2	62,5	69,2	73,4	69,8
11	10,7	15,8	20,4	23,5	25,6	27,3
12	6,8	11,0	14,6	16,7	18,6	19,3
<b>Q<sub>s</sub>.mes</b>	<b>966,8</b>	<b>1099,6</b>	<b>1187,0</b>	<b>1206,6</b>	<b>1124,4</b>	<b>799,4</b>

Priemerné množstvo energie slnečného žiarenia v Bratislave

Podľa Energetickej stratégie SR vydanéj Ministerstvom hospodárstva v roku 2007 potenciál solárnej energie predstavuje 35 PJ.

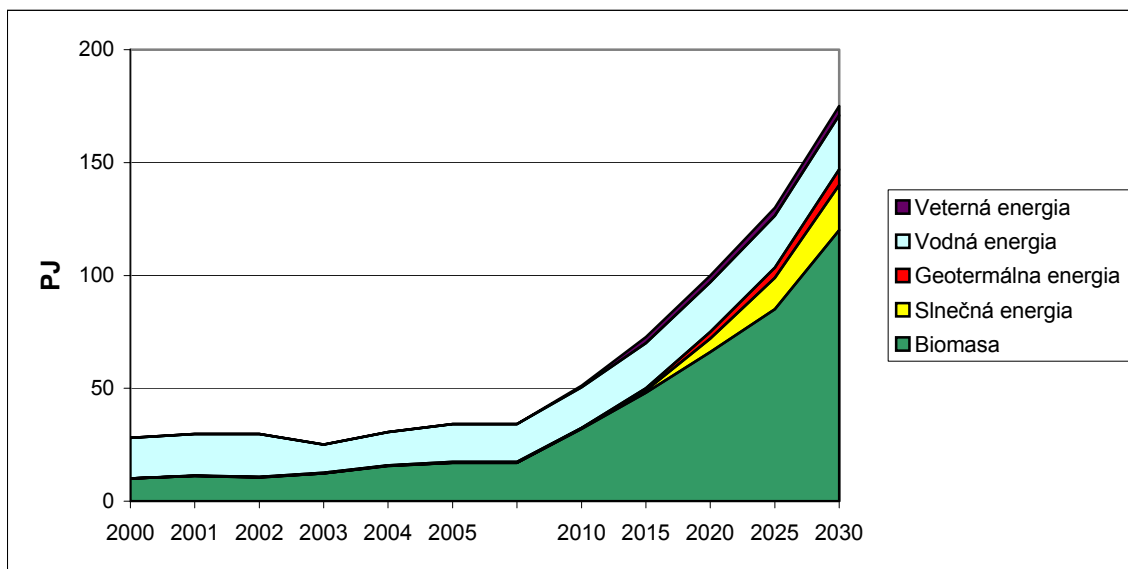


Vzhľadom na technologický vývoj solárnych kolektorov je úroveň využívania solárnej energie na prípravu teplej vody nízka – len 0,2% celkového potenciálu. Kombinácia biomasy a solárnej energie na výrobu tepla v domácnostiach môže viesť k ročným úsporám 2 mld. m<sup>2</sup> zemného plynu.

Konzervatívny scenár využívania obnoviteľných zdrojov podľa Energetickej stratégie SR

	2010 [TJ]	2015 [TJ]	2020 [TJ]	2025 [TJ]	2030 [TJ]
Biomass	32 000	48 000	66 000	85 000	120 000
Solar energy	300	1 000	6 000	14 000	20 000
Geothermal energy	200	1 000	3 000	4 500	7 000
Hygro energy	18 000	20 000	22 000	23 000	24 000
Wind energy	700	2 700	3 000	3 500	4 000
<b>Together</b>	<b>51 200</b>	<b>72 700</b>	<b>100 000</b>	<b>130 000</b>	<b>175 000</b>
	x	x	x	x	x
<b>Share of RES [%]</b>	<b>6,4</b>	<b>8,8</b>	<b>12,0</b>	<b>15,7</b>	<b>21,0</b>

# Konzervatívny scenár využívania obnoviteľných zdrojov podľa Energetickej stratégie SR



Plocha kolektorov v m<sup>2</sup> v jednotlivých krajinách EÚ25 v roku 2005, inštalácie v rokoch 2003, 2004 a 2005 a medzoročný rast 2004-2005. Zdroj [ESTIF 2006](#)

	In Operation <sup>2</sup>	Market (=Newly Installed)					Market Growth
	2005	2003	2004	2005		2005/2004	
	Total Glazed (m <sup>2</sup> )	Total Glazed (m <sup>2</sup> )	Total Glazed (m <sup>2</sup> )	Total Glazed (m <sup>2</sup> )	Flat Plate (m <sup>2</sup> )	Vacuum Collectors (m <sup>2</sup> )	Total Glazed (%)
AT	2 318 958	166 920	182 594	233 470	232 020	1 450	28%
BE	68 483	9 047	14 700	20 234	-	-	38%
CH	391 592	26 820	31 067	39 132	37 472	1 660	26%
CY	500 200	30 000	30 000	50 000	-	-	67%
CZ	65 900	10 200	12 250	15 550	13 200	2 350	27%
DE	6 554 000	720 000	750 000	950 000	950 000	100 000	27%
DK	336 980	19 000	20 000	21 250	21 000	250	6%
EE	820	150	250	250	-	-	0%
ES	527 166	70 000	90 000	106 800	102 800	4 000	19%
FI	13 980	2 000	2 000	2 000	-	-	0%
FR	395 600	38 900	52 000	121 500	116 600	4 900	134%
GR	3 047 200	161 000	215 000	220 500	-	-	3%
HU	5 250	1 000	1 500	1 000	-	-	-33%
IE	10 790	1 200	2 000	3 500	-	-	75%
IT	516 285	50 000	58 000	72 000	69 000	3 000	24%
LT	2 150	400	500	500	-	-	0%
LU	13 400	1 500	1 700	1 900	-	-	12%
LV	2 650	400	500	1 000	-	-	100%
MT	19 360	3 000	4 215	4 000	-	-	-5%
NL	303 756	27 686	26 300	20 248	-	-	-23%
PL	137 520	26 220	33 000	35 000	-	-	6%
PT	160 950	6 000	10 000	16 000	15 500	500	60%
SE	208 390	19 255	20 058	22 621	17 120	5 501	13%
SI	102 400	1 100	1 800	4 800	4 500	300	167%
SK	64 250	5 000	5 500	7 500	6 600	900	36%
UK	196 920	22 000	25 000	28 000	18 000	10 000	12%
SUM	15 964 950	1 418 798	1 589 934	1 998 755	-	-	26%

Zdroj: <http://www.ozeport.sk/zdroje/solterm.htm>



### 3.1.3 Štúdiá rozmiestnenia kolektorov

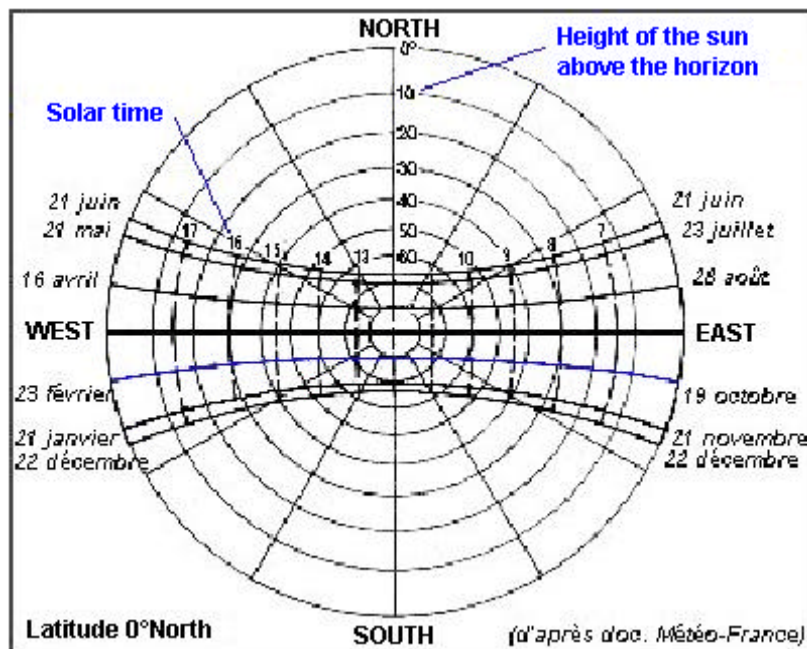
#### 3.1.3.1 Prispôsobenie na klimatické podmienky

V praxi by mali byť solárne kolektory nainštalované takým spôsobom, aby obdobia, v ktorých celá zostava alebo jej časť je tienená susediacimi prekážkami, boli čo najkratšie. Táto podmienka sa považuje za splnenú, ak je počas slnečného dňa celá povrchová plocha kolektora vystavená priamemu slnečnému žiareniu najmenej počas 4 hodín v decembri a najmenej 8 hodín v júni. V mestských oblastiach Slovenska je normálny sklon solárnych kolektorov, ktoré sa používajú počas celého roka, vo všeobecnosti medzi 30 až 45 stupňami od horizontálnej roviny. Avšak na šikmých strechách sa kolektory zvyčajne inštalujú na rovinu strechy, a to z estetických dôvodov a taktiež kvôli tomu, aby odolávali klimatickým záťažiam (vietor a sneh).

#### 3.1.3.2 Vplyv tienenia a prekážok

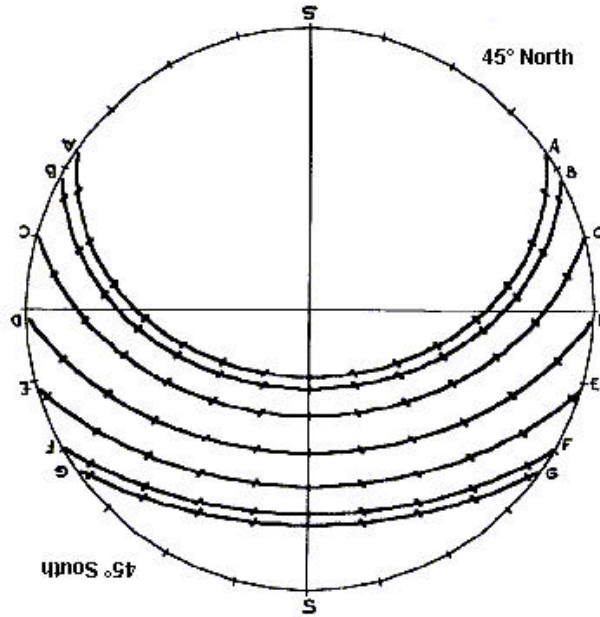
Vplyv tienenia spôsobeného vzdialenými prekážkami je možné odhadnúť jednoduchým spôsobom tak, že sa zmeria uhol premietnutého tieňa na solárny diagram alebo sa použije metóda výpočtu na stanovenie slnečného žiarenia, ktoré bude k dispozícii počas slnečného dňa počas celého roka, napríklad:

- Solárne diagramy od CSTB,
- Pólové diagramy od Skupiny ABC, Architektonické škola v Marseille.



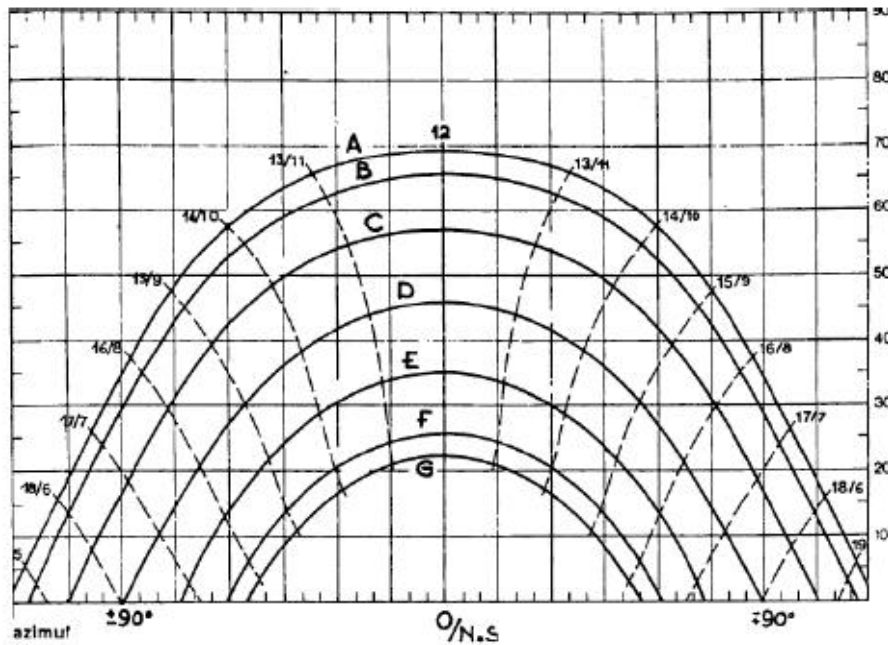
Solárny diagram zobrazený vyššie bol vytvorený pre bod pozorovania umiestnený na priamke 0° zemepisnej šírky. Predstavuje zdanlivý pohyb slnka na oblohe v rôznych časoch roka. Sústredné kružnice predstavujú výšku slnka nad horizontom.



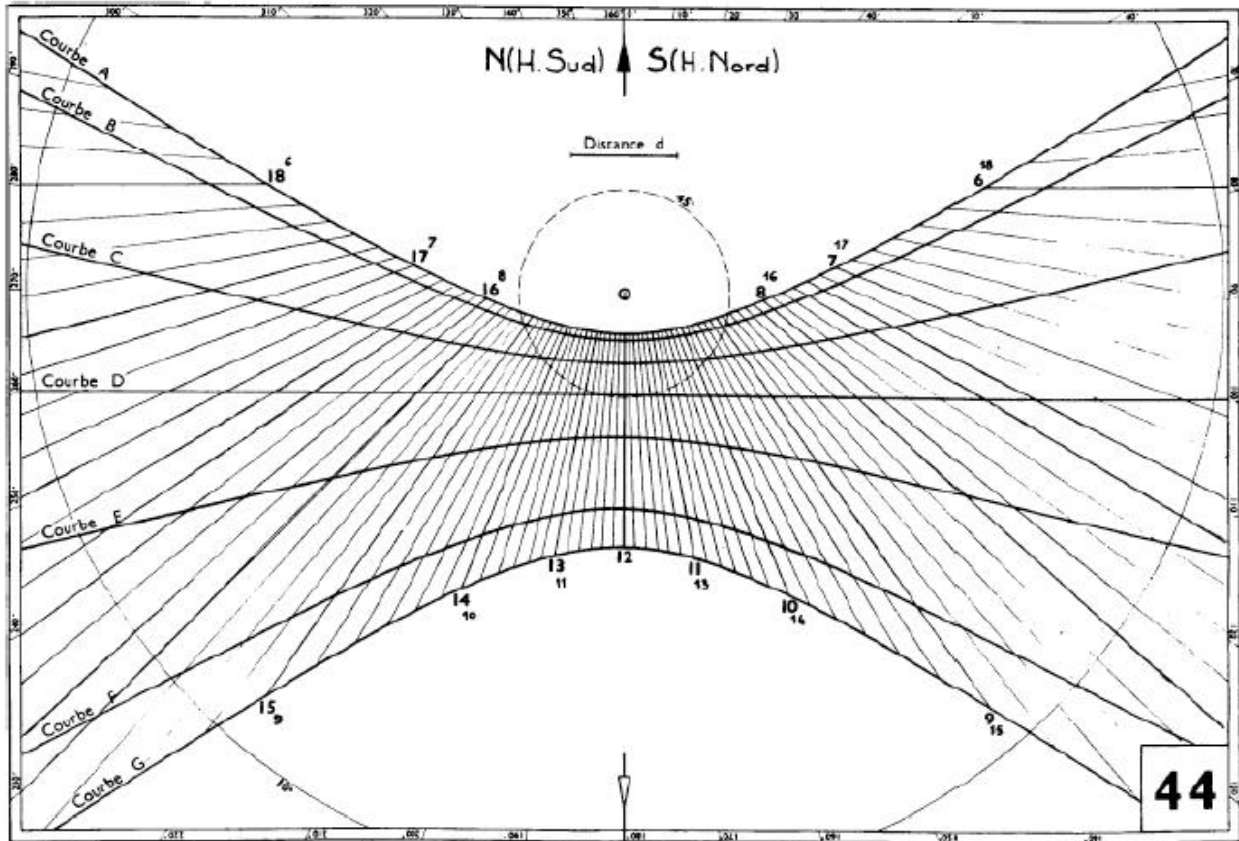


Solárny diagram pre bod pozorovania umiestnený na priamke 45° severnej a južnej zemepisnej šírky.

Niekoľko príkladov solárnych diagramov (zemepisná šírka 44°):

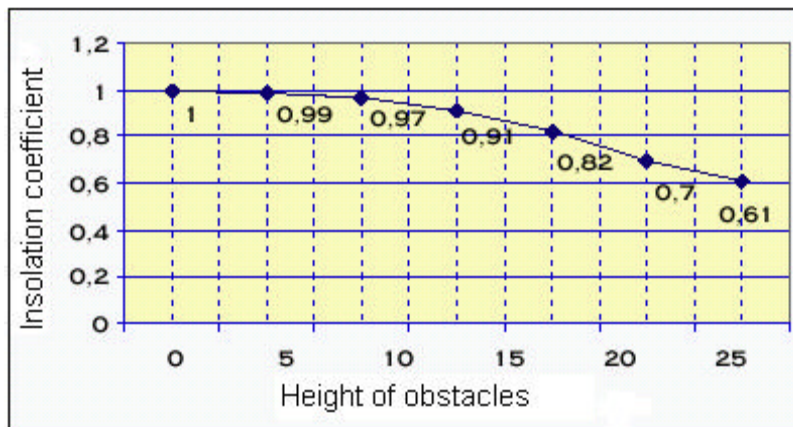


- A: June
- B: May-July
- C: April-August
- D: March-September
- E: February-October
- F: January-November
- G: December



Solárny faktor  $f$  zohľadňuje tieň vrhnutý na kolektory.  
 Ak nie sú kolektory významne tienené, solárny faktor sa rovná jednej.

- Prípadová štúdia 1: Tienenie je spôsobené hlavne vzdialenými prekážkami.  
 Ročná hodnota solárneho faktora  $f$  je vo vzťahu k priemernej výške prekážok pred kolektorom nad horizontom.  
 Nasledovný graf bol vytvorený pre prípad, keď majú prekážky pred kolektorom konštantnú výšku nad horizontom. Je možné ho použiť v reálnych podmienkach, ak nie sú rozdiely vo výške príliš dôležité.



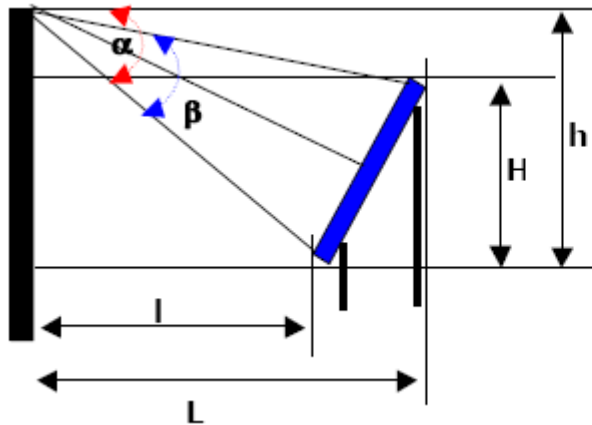
- Prípadová štúdia 2: Tienenie je spôsobené hlavne blízkymi alebo vzdialenými prekážkami s priamymi obrysmi (ktorých horný okraj je približne paralelný s horným okrajom kolektora, a sú dostatočne dlhé na to, aby bolo možná zanedbať efekt okrajov).

Napríklad: skupinovú inštaláciu s radmi kolektorov, ktoré vrhajú na ďalšie kolektory, alebo v prípade budovy, ktorá zatieňuje kolektory.

V tomto prípade je solárny faktor uvedený v tabuľke nižšie, vo vzťahu k dvom uhlom **a** a **b** vyjadrenými v stupňoch (prekážky sú nekonečne dlhé a kolektory smerujú na juh).

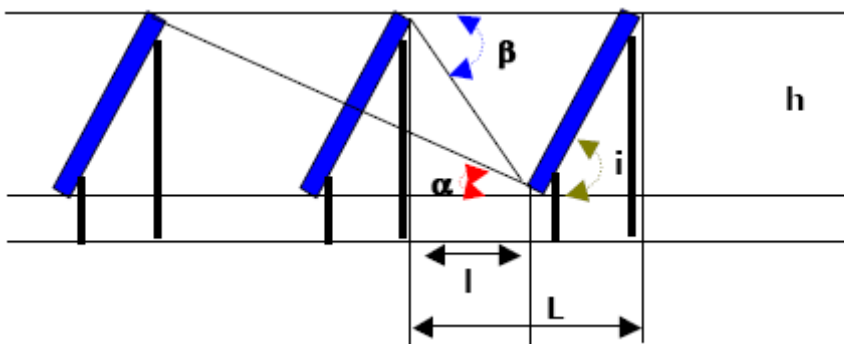
v	α	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
β										
0		1	1	1	0,99	0,97	0,92	0,85	0,76	0,67
15		1	1	1	0,98	0,95	0,90	0,84	0,75	0,67
30		1	0,99	0,97	0,95	0,92	0,88	0,82	0,74	0,67
45		0,98	0,97	0,96	0,93	0,90	0,85	0,79	0,72	0,66

Uhly **a** a **b** je možné stanoviť vo vzťahu k dĺžke uvedenej na schéme nižšie:



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= [L \cdot h - l \cdot (h - H)] / [l \cdot L - h \cdot (h - H)] \\ \operatorname{tg} \alpha &= (2h - H) / (L + l) \end{aligned}$$

Ak je prekážkou pole kolektorov v rovnakej výške a s rovnakým sklonom ako uvažované kolektory, výpočet uhlov **a** a **b** je jednoduchší:



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= h / l \\ \operatorname{tg} \alpha &= h / (L + l) \end{aligned}$$

Minimálnu vzdialenosť **l** medzi dvoma radmi kolektorov je možné získať z nasledovnej rovnice:

$$l/h = [(l / \operatorname{tg} \alpha) - (l / \operatorname{tgi})] / 2$$

Ak je radov kolektorov niekoľko, koeficient  $f$  môže byť pre každý rad rozdielny. Potom je možné použiť priemer týchto hodnôt vážený na povrchovú plochu každého radu.

### 3.1.3.3 Integrácia do architektúry

Architektonická harmónia je dôležitým faktorom pre úspešnú integráciu solárnych komponentov do budovy. Aj keď je v celej Európe najčastejším riešením doteraz inštalácia solárnych kolektorov na samostatné konštrukčné podpory na šikmej alebo rovnej streche, výrobcovia kolektorov, architekti a ich klienti pracujú na vylepšení integrácie solárnych kolektorov do prostredia.

Pozitívne riešenia pre integráciu kolektorov na strechy sú dobre známe, najmä v severnej Európe, ale neposkytujú odpoveď na všetky rozdielne situácie. Kolektory na stenách sa používajú len na vyhrievanie priestoru.



*Samostatne nesené kolektory na rovnej streche*



*Solárne kolektory integrované do strechy (zdroj: AIE)*



Je potrebné pamätať na to, že tepelné solárne kolektory podliehajú postupom Technických informácií, ktoré stanovujú podmienky, v ktorých môžu byť použité a taktiež na to, že inštalácia solárnych zariadení si vyžaduje získanie stavebného povolenia. Klient musí požiadať miestny stavebný úrad v danej obci alebo iné príslušné úrady.

Všeobecné pravidlá pre solárne systémy sú definované v európskych štandardoch EN-12975, EN-12976 a EN-12977.

**Všetky národné štandardy týkajúce sa solárnych zariadení a ich komponentov využívaných na Slovensku sú identické s európskymi štandardmi.**

**STN EN 12975-1**

Tepelné solárne systémy a ich komponenty – solárne kolektory – časť 1 : všeobecné požiadavky – identické s EN 12975-1 :2006

**STN EN 12976-1**

Tepelné solárne systémy a komponenty. Priemyselne vyrábané systémy. Časť 1: Všeobecné požiadavky. Identické s EN 12976-1:2006

**STN EN 12977-1**

Tepelné solárne systémy a komponenty. Zákazkovo stavané systémy. Časť 1: Všeobecné požiadavky. Identické s EN 12977-1:2006

Štandardy týkajúce sa testovania a požiadaviek solárnych systémov a ich komponentov relevantných k energetickej efektívnosti

**STN EN 12975-2**

Tepelné solárne systémy a komponenty. Solárne kolektory. Časť 2: Skúšobné metódy. Identické s EN 12975-2:2006

**STN EN 12976-2**

Tepelné solárne systémy a komponenty. Priemyselne vyrábané systémy. Časť 2: Skúšobné metódy. Identické s EN 12976-2:2006

**STN EN 12977-3**

Tepelné solárne systémy a komponenty. Zákazkovo stavané systémy. Časť 3: Výkonové charakteristiky zdrojov pre solárne vykurovacie systémy. Identické s EN 12977-3

Štandardy týkajúce sa testovania a požiadaviek solárnych systémov a ich komponentov, relevantné voči ich spoľahlivosti (napr. bezpečnosti, odolnosti voči vode)

**STN EN 12975-2**

Tepelné solárne systémy a komponenty. Solárne kolektory. Časť 2: Skúšobné metódy. Identické s EN 12975-2:2006

**STN EN 12976-2**

Tepelné solárne systémy a komponenty. Priemyselne vyrábané systémy. Časť 2: Skúšobné metódy. Identické s EN 12976-2:2006

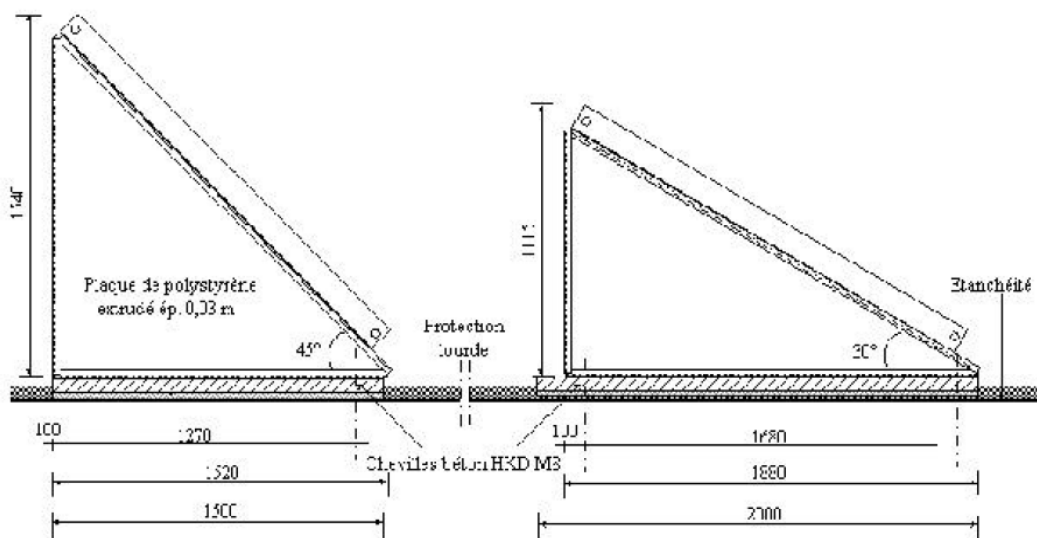
**STN EN 12977-2**

Tepelné solárne systémy a komponenty. Zákazkovo stavané systémy. Časť 2: Metódy skúšania. Identické s EN 12977-2

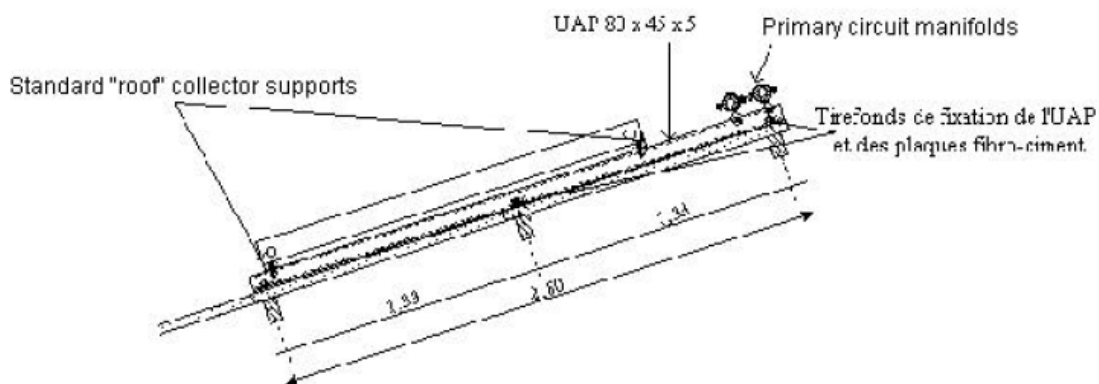
Keďže solárne kolektory a solárne systémy sú obvyčajne súčasťou budov, sú považované za konštrukčnú časť budov a preto podliehajú zákonu č. 90/1998 a jeho dodatkom o stavebných výrobkoch (zákon 314/2004).

Tento zákon reguluje podmienky na základe ktorých je možné uviesť nový výrobok na domácom trhu vytvorený pre pevnú inštaláciu v a na budovách (stavebný produkt). Iba stavebný produkt označený certifikátom o konformnosti môže byť uvedený na trh. Len tie stavebné produkty môžu byť označené certifikátom konformity, ktorých použiteľnosť pre stavbu bola schválená členskými štátmi EU alebo ESVO alebo podľa zákona spomenutého vyššie.

Vlastnosti stavebných produktov sú regulované technickými špecifikáciami a všeobecne záväznými pravidlami.



*Príklad inštalácie solárnych kolektorov na plochej streche*

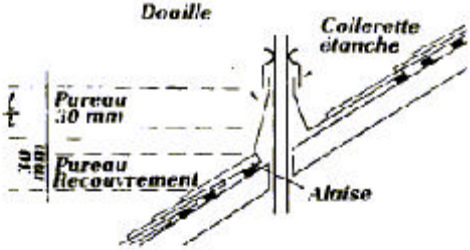
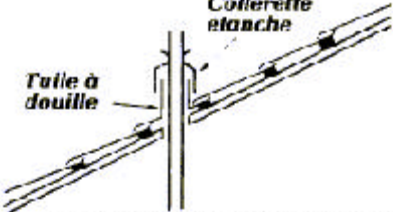
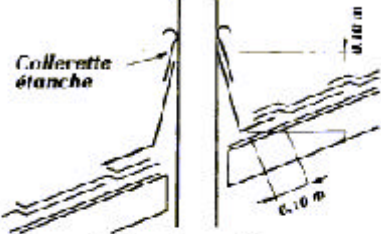
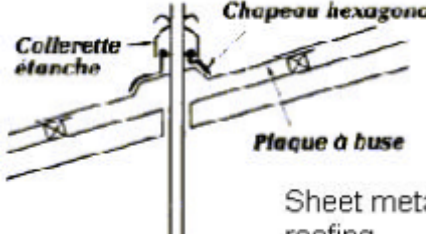
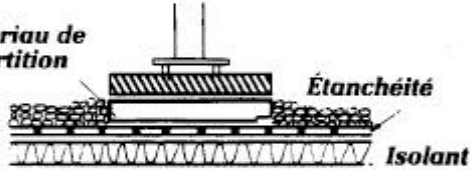
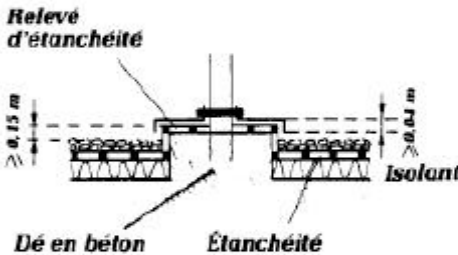
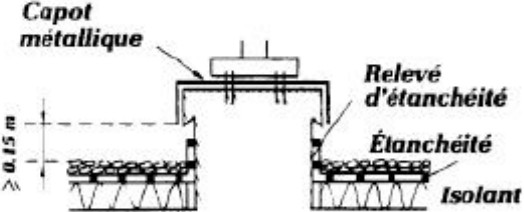
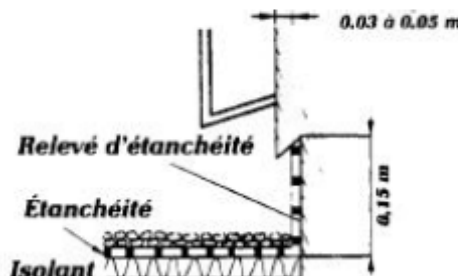
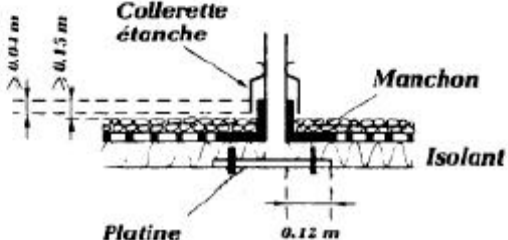
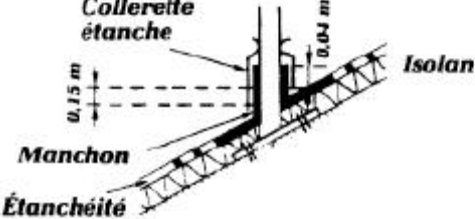


**Section through the collectors**

*Príklad inštalácie solárnych kolektorov na šikmej streche*

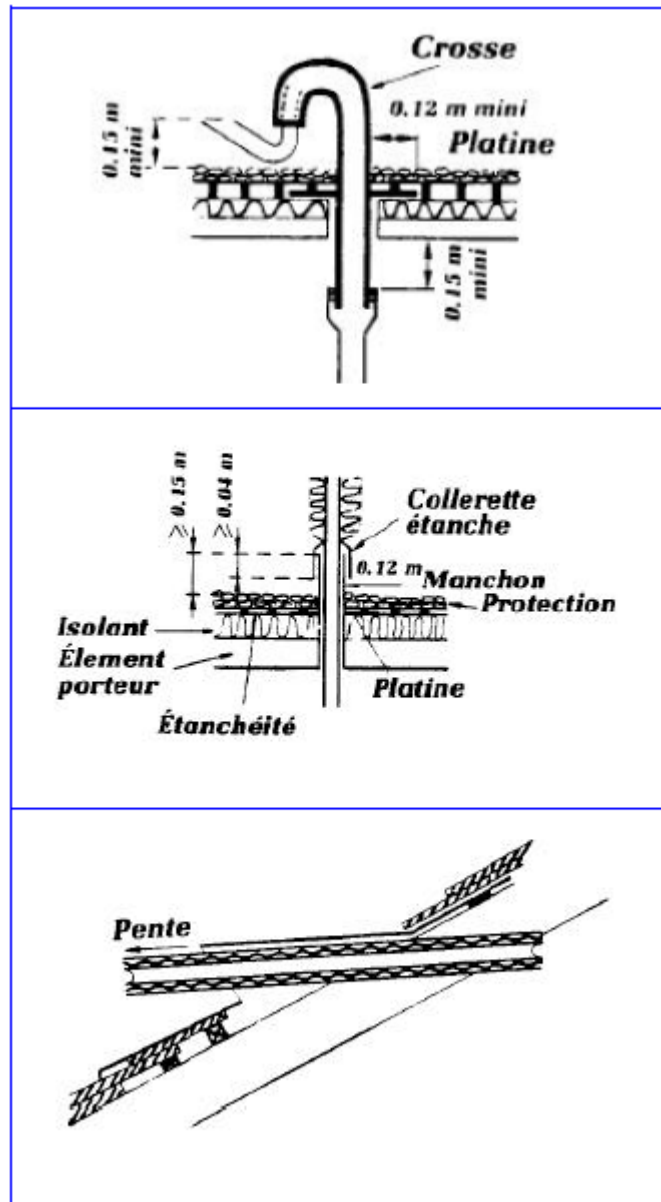
#### **3.1.3.4 Prekážky a prístup**

Pri inštalácii solárnych kolektorov na existujúce strechy je možné použiť rôzne plány umiestnenia popísané nižšie pri zohľadnení niekoľkých dodatočných faktorov, hlavne tých, ktoré sa týkajú pozície konštrukcie strechy, materiálu strechy, tepelnej izolácie a hydroizolácie, ako aj odvodu dažďovej vody.

 <p>Slate or flat tile roofing</p>	 <p>Roofing with interlocking or roman tiles</p>
 <p>Shingle roofing</p>	 <p>Sheet metal roofing</p>
 <p>Matériau de répartition Étanchéité Isolant</p>	 <p>Relevé d'étanchéité Dé en béton Étanchéité Isolant</p>
 <p>Capot métallique Relevé d'étanchéité Étanchéité Isolant</p>	 <p>Relevé d'étanchéité Étanchéité Isolant</p>
 <p>Collerette étanche Manchon Platine Isolant</p>	 <p>Collerette étanche Manchon Étanchéité Isolant</p>

Diagramy uvádzajúce prepojenie medzi konštrukčnými prvkami na streche alebo ukotvením podpier (Zdroj: CSTB)





Príklady prechodu rúrok (Zdroj CSTB)

### 3.1.4 Pripojenie kolektorov

Solárne kolektory sú zahrnuté v postupoch Technických informácií, ktoré sa týkajú netradičných zariadení na vyhrievanie a chladenie.

Solárny systém pozostáva z kolektorov, ktoré sú rovnakého typu a značky. Ak to tak nie je, alebo ak je niektorý z kolektorov vymenený, absorbéry musia byť vyrobené z rovnakého materiálu, aby sa predišlo kovovým spojom, ktoré môžu byť zdrojom korózie vnútri kolektorov.

Kolektory musia byť umiestnené na nosných podporách:

- Takým spôsobom, že je rešpektovaná plochosť kolektorov; montáž nesmie kolektory skrúcať,
- Takým spôsobom, že otvor pre odtok kondenzátu je umiestnený na najnižšom bode kolektora,
- Ktoré sú schopné odolať extrémnym klimatickým záťažiam (vietor a sneh).

Všetky kolektory by mali mať podobné fyzikálne charakteristiky, najmä tie, ktoré sa týkajú strát tlaku. Toto je obzvlášť dôležité, pretože je to príčinou ťažkostí hydraulickej rovnováhy v poli kolektorov. V každom prípade je potrebné dodržať odporúčania výrobcov v technických informáciách, najmä tie, ktoré sa týkajú zapojenia kolektorov spolu a problémy vzhľadom na rozťahovanie.

Jedna z najbežnejších príčin rozdielov medzi nameranou a odhadovanou tepelnou výkonnosťou solárneho systému je spôsobená nerovnováhou v poli kolektorov.

Najbežnejšou technikou pre zabezpečenie, že prietoky sú v rovnováhe, je pridať do inštalácie ventily. Empirická metóda ponúka neisté výsledky a nemôže napraviť chyby projektovania týkajúce sa hydraulických spojov medzi kolektormi.

Niekoľko plánov usporiadania hydraulických spojov umožňuje vyhnúť sa najčastejším chybám projektovania. Boli určené z kalkulačného software a experimentmi na mieste zameranými na odhad reálnej výkonnosti solárneho systému a na optimalizáciu hydraulických okruhov. (A. Lebru. "Hydraulické správanie a odhad reálnej výkonnosti tepelných solárnych systémov" Comportement hydraulique et évaluation des performances thermiques réelles des champs de capteurs. Dokument CSTB - Ref.MPE/411 – Máj 1985).

Tieto odporúčania nie sú vyčerpávajúce. Sú užitočné v prípade určitých schém zapojenia, a zabezpečujú najlepšiu záruku dobrého funkčného usporiadania pre najčastejšie používané prietoky médií (od 40 do 70 l/h.m<sup>2</sup>).

Vo všeobecnosti je možné použiť pre prepojenie kolektorov a polí Tickelmanovu slučku. Avšak je potrebné prispôbiť priemer rúrkových rozvodov na počet kolektorov a ich straty prietokového tlaku. Za účelom zabezpečenia určitej podobnosti v prietokoch cez rôzne kolektor, nasledovný pomer:

**Straty tlaku v rúrkových rozvodoch / Straty tlaku v kolektoroch**

by mal byť čo najnižší, čo znamená, že pomer:


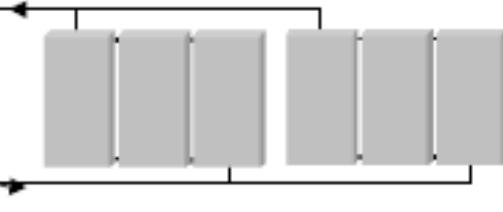



**Vnútorý priemer rúrky / Vnútorý priemer hydraulického okruhu cez kolektor**

bude čo najnižší (pomer medzi 1,6 až 3,3).

Je možné zvážiť iné typy konfigurácie:

- Paralelné pripojenie,
- Paralelno-sériové pripojenie,

V každom prípade je potrebné sa vyhnúť zapojeniu viac ako 5 alebo 6 kolektorov do rovnakého poľa.

	<p>Tichelmann loop connection</p>
	<p>Tichelmann loop connection</p>
	<p>Connection in series (flow rate &gt; 70l/h.m<sup>2</sup> and N&lt;5)</p>
	<p>Connection in parallel (N&lt;5)</p> <p><i>The flow rate is the same in each collector if: Di coll / Di capt minimal</i></p>
	<p>Arrays in parallel series</p>

### 3.1.5 Rúrkové rozvody

Výber rúrkových rozvodov a komponentov v hydraulických okruhoch musí zodpovedať platným predpisom pre vodovodné armatúry a platným hygienickým predpisom.

Dimenzovanie primárneho okruhu vedie k výpočtu priemeru rúrok s ohľadom na iné faktory, ktorá sa týkajú prietoku kvapaliny:

- Prietok,
- Objem a viskozita.

Rúrkový primárneho okruhu by mali mať priemer, ktorý je dostatočne veľký na to, aby umožnil prietok teplotného média na odporúčanej úrovni, vo všeobecnosti od 40 do 70 l/h na m<sup>2</sup> plochy kolektorov, s rýchlosťou menšou alebo rovnajúcou sa 1 m/s.

Do úvahy prichádza niekoľko priemerov. Avšak je potrebné uviesť, že:

- Ak je priemer rúrky menší, straty tlaku narastajú, čo vedie k zvýšeniu potrebného výkonu (čerpadiel),
- Ak je priemer väčší, potrebný tlak a výkon sú nižšie, ale narastajú tepelné straty a náklady na inštaláciu sú väčšie.

Pri výbere priemeru je potrebné zväžiť aj ekonomické faktory:

- Náklady na inštaláciu (materiál, pracovný čas),
- Náklady na izoláciu (izolačný materiál, pracovný čas),
- Servisné náklady (spotreba energie, údržba, opravy...),
- Čas návratnosti a vplyv na investíciu a ekonomickú výhodnosť projektu.

Preto je každý projekt špeciálnym prípadom, ktorý je potrebné starostlivo zväžiť. Je potrebné uviesť, že:

- Ekonomický priemer nezávisí na dĺžke okruhu alebo výškovom rozdieli, ktorý teplotné médium prekonáva,
- Jednotková cena energie a použitého materiálu ovplyvňuje výpočet ekonomickej výhodnosti podobným spôsobom, napriek ekonomickým výkyvom,
- Rôzne faktory, ktoré sa týkajú výberu najekonomickejšieho priemeru vplyvajú na výpočet závislosťou druhej odmocniny, takže odchýlky v konečnom výsledku sú menšie ako zmeny rôznych faktorov.

### 3.1.6 Uskladnenie a záložná zásoba

Pri štádiu predbežnej štúdie (štúdia uskutočniteľnosti alebo predbežná diagnostika) je potrebné zväžiť vedenie hydraulického okruhu od poľa kolektorov k akumulárnym zásobníkom (prítomnosť technických šácht alebo vyhradeného priestoru, štruktúra budovy...) s ohľadom na priemer rúrok, potrebu prístupu kvôli údržbe a možnému hluku, ktorú môže spôsobovať prietok kvapaliny.

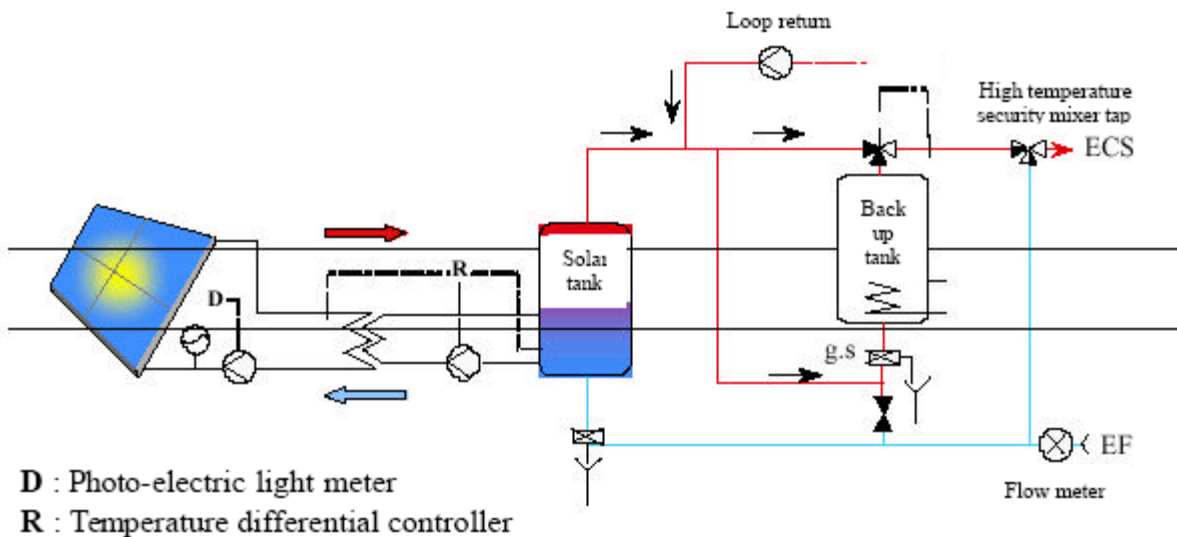
Dobré nastavenie spočíva v umiestnení nádrže alebo nádrží blízko k poľu kolektorov a záložnej zásobe, tak aby bola dĺžka rúrkových rozvodov čo najkratšia a tým nižšie tepelné straty. Ak nie je možné túto dvojitú podmienku splniť, je potrebné umiestniť solárny akumulárný zásobník čo najbližšie k záložnej zásobe.

Celkový objem vody uskladnenej pri teplote 60 °C v záložnej nádrži by mal byť prinajmenšom taký, aké sú potreby pri takejto teplote počas dňa bez slnečného svitu.

Avšak objem akumuláčného zásobníka by mal zväčšený vo vzťahu k týmto potrebám, ak:

- Obdobie, počas ktorého sa používa teplá voda je odlišné od obdobia, v ktorom je v prevádzke záložný zdroj (neskoré použitie, neprítomnosť časového striedania...),
- Je rozvod urobený bez cirkulačnej slučky, ak sú potreby časté a výstupy sú početné a vzdialené.

Jednotkový objem záložných nádrží by mal byť zvolený, ak je to možné, zo sortimentu zariadení na trhu, s objemom menším alebo rovným 5 000 litrom, pri zvážení priestoru k dispozícii. Preto je potrebné zvoliť počet nádrží tak, aby bola inštalácia, údržba a výmena čo najjednoduchšia. Pokým nie je uvedené inak, maximálny počet nádrží by mal byť 2 až 3. Ak sú objemy rozdielne, ich pomer by nemal byť väčší ako 1 ku 2.



#### *Príklad inštalácie so samostatným záložným zdrojom a DHW recirkulačnou slučkou*

Použitie distribučnej slučky zvyšuje straty skladovania približne o 30 až 50% a znižuje solárny podiel o približne 10%.

V niektorých prípadoch je možné kompenzovať straty z recirkulačnej slučky elektrickým ponorným vyhrievačom alebo dohrievačom umiestneným na konci slučky. Toto je príklad systému s centralizovaným záložným zdrojom, kde je doplnkové vyhrievanie počas špičkových hodín napájané elektrickou energiou.

Vo všetkých prípadoch a na dodržanie požiadaviek hygienických predpisov je potrebné navrhnuť sanitárnu recirkulačnú slučku teplej vody tak, aby bola voda dohrievaná v záložnom zdroji.

Akumulačné nádrže a tepelné výmenníky by mali byť tepelne izolované.

Ak sa zateplenie vykonáva na mieste, charakteristiky tepelnej izolácie by mali byť také, aby tepelné straty nádrže boli menšie ako 2W /m<sup>3</sup>.K.

Izolácia by mala byť upevnená tak, aby bolo možné zariadenie posunúť alebo vybrať pre údržbu. Ak sa plánuje odstrániť izoláciu, malo by byť možné ju opätovne nainštalovať bez potreby pridávania dodatočných materiálov alebo úprav.

#### *Akumulačné zásobníky*

Okrem špecifických prípadov (plocha kolektorov < 20 až 30 m<sup>2</sup>) sú akumulčné zásobníky základné „DHW vyrovnávacie nádrže“ bez vnútorného výmenníka tepla. Ploché tepelné výmenníky sa odporúčajú pre prenos energie z kolektorov do akumulčných zásobníkov z ekonomických dôvodov aj kvôli účinnosti.

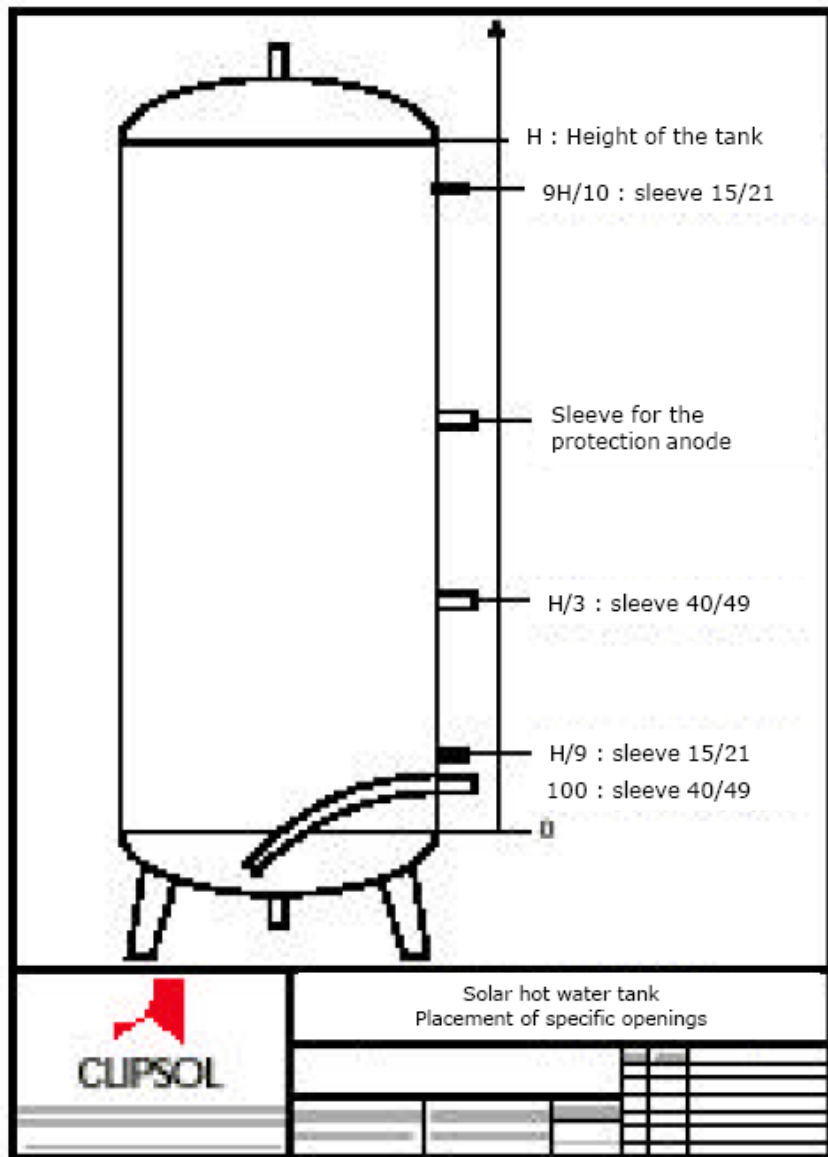
V niektorých aplikáciách, alebo ak sa používajú akumulčné zásobníky pre nízke teploty, sa používajú nádrže s vnútornými tepelnými výmenníkmi, aby sa predišlo riziku zamrznutia rúrok a výmenníka tepla. V takýchto prípadoch by mali byť rúrky s teplou a studenou vodou dobre izolované.

Špeciálnu pozornosť treba venovať najmä tepelnej odolnosti akumulčných zásobníkov na teplú vodu pre domácnosť. Garancia na niektoré výrobky platí, len ak je teplota menšia alebo rovná 60 °C.

Solárne nádrže musia odolať minimálnej teplote 80 °C.

Okrem hľadísk týkajúcich sa vlastností materiálov v kontakte s vodou pre domácnosť (predovšetkým kovové povrchové úpravy) nie sú žiadne konkrétne špecifikácie, ktoré sa viažu na použitie solárnej energie.

Za účelom posilnenia stratifikácie teploty a solárnom zásobníku, by mala byť nádrž navrhnutá tak, aby optimalizovala energetickú výkonnosť inštalácie.



Solárna nádrž na teplú vodu: Umiestnenie konkrétnych otvorov (Zdroj: Clipsol).

Nedodržanie tejto konfigurácie môže spôsobiť pokles výkonosti až o 10 %.

V niektorých prípadoch je vzhľadom na nedostatok priestoru v technických priestoroch nutné inštalovať niekoľko akumulčných nádrží, aby sa zabezpečil požadovaný objem. V takomto prípade je potrebné umiestniť nádrže do série a studenú (alebo ohriatu) vodu privádzať v takom smere, ktorý je opačný ako prítok cez výmenník tepla.

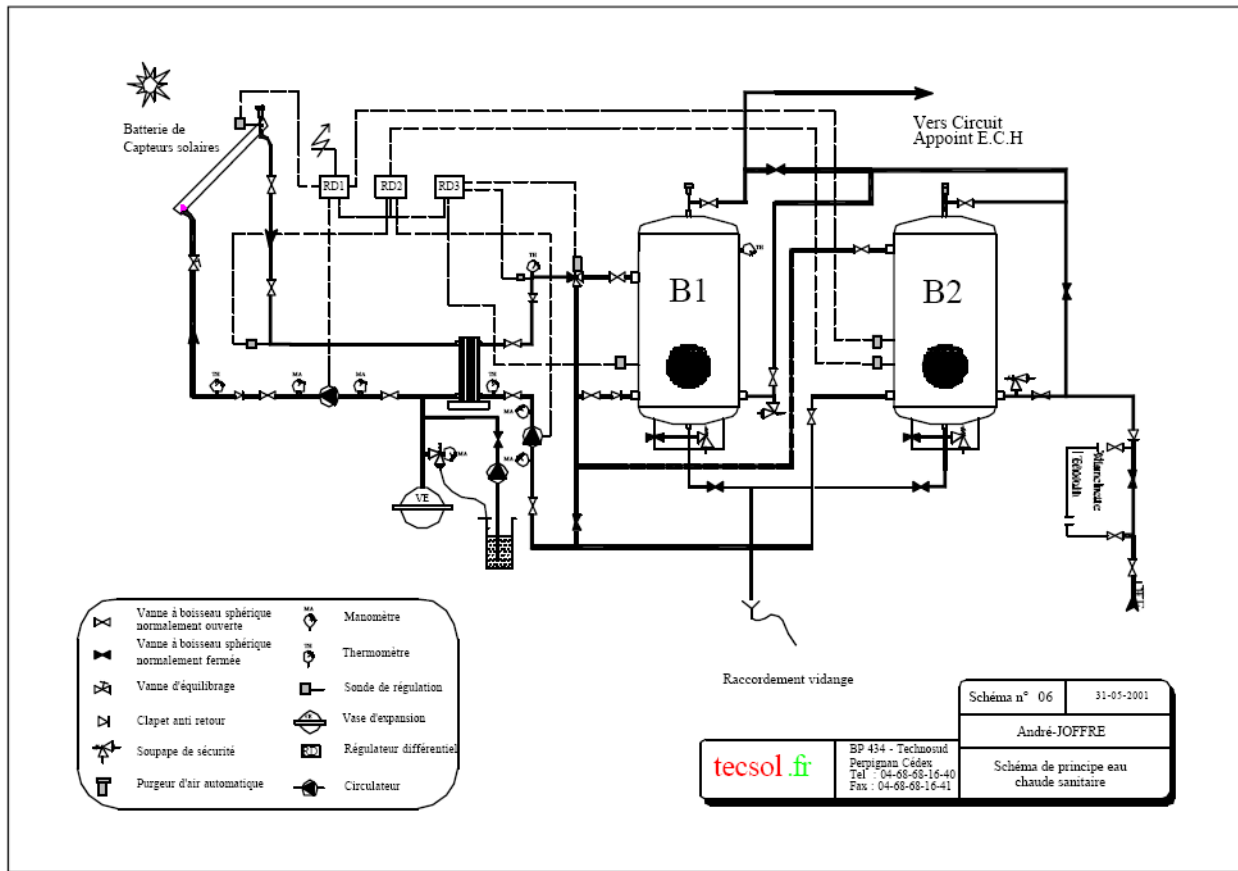


Schéma usporiadania: uskladnenie teplej vody s dvomi nádržami (Zdroj: Tescol)

### 3.2 Detailná štúdia

#### 3.2.1 Dimenzovanie solárneho systému

##### 3.2.1.1 Princípy dimenzovania

Nie je rozumné očakávať, že slnko poskytne na Slovensku 100 % potreby teplej vody pre domácnosť. Preto musí byť solárny systém prepojený s ďalším doplnkovým zdrojom energie: plyn, elektrická energia...

Dimenzovanie záložného zdroja je zamerané na zabezpečenie toho, že:

- Teplá voda je vždy k dispozícii. Tento problém si vyžaduje dobrú znalosť dopytu,
- Najlepšie možné rozdelenie medzi solárnym a doplnkovým zdrojom. Je to komplikovaný problém, ktorý si vyžaduje použitie špecifického kalkulačného softwaru za účelom dodávania maximálneho množstva solárnej energie za konkurenčnú cenu.

V skutočnosti závisia náklady na dodaný kWh hlavne na dvoch parametroch:

- Náklady na plochu kolektorov za  $m^2$ ,
- Produktivity systému (ročná produkcia plochy kolektorov na  $m^2$ ).

Náklady na systém je možné odhadnúť použitím jednoduchšej rovnice. Je založená na ploche kolektora, v podstate lineárnou závislosťou.



Avšak produktivitu kolektorov nie je možné definovať jednoducho. Produktivita klesá s rastúcou plochou kolektorov: posledný štvorcový meter plochy kolektorov produkuje menej ako prvý. Z toho vyplýva, že každé zvýšenie povrchovej plochy nad optimálnu úroveň vedie k zvýšeniu nákladov na vyprodukovaný kWh.

Ak je niektorý z komponentov systému zle nadimenzovaný (zásobník, výmenník tepla, rúrkové rozvody, ovládacie prvky), produktivita zníži sa.

Popísaná metóda dimenzovania je založená na jednoduchej a spoľahlivej metóde výpočtu výkonnosti systému pre solárnu prípravu teplej vody; berie do úvahy rôzne faktory popísané vyššie.

#### Metóda dimenzovania systému

- Zhromaždenie požadovaných údajov
- Definícia prevádzkových systémov
- Predbežné dimenzovanie hlavných komponentov
- Optimalizovanie veľkosti solárnych zariadení s využitím odhadnutých výsledkov rôznych variantov
- Finalizovanie dimenzovania všetkých komponentov

#### 3.2.1.2 Príklad

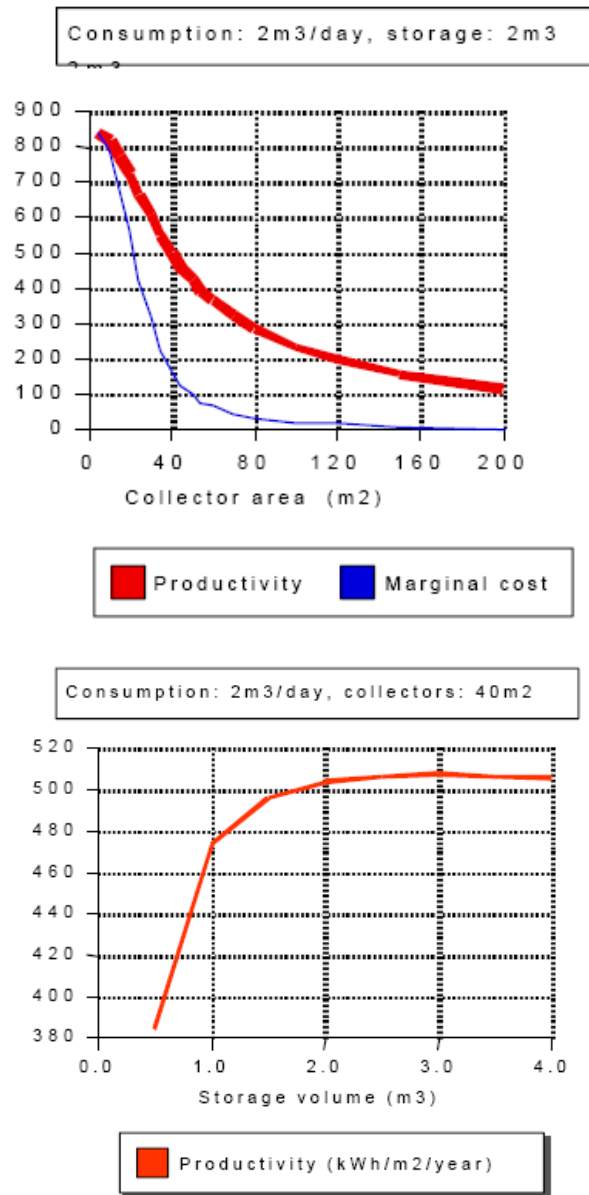
Tento príklad je určený pre ilustráciu vplyvu dimenzovania plochy kolektorov a iných komponentov preskúmaním výsledkov získaných zo solárnych systémov s rôznymi veľkosťami, umiestnených v Perpignane a určených na zásobovanie nasledovných konštantných objemov teplej vody:

2 000 litrov/deň pri 45°C. Všetky kalkulácie boli robené metódou SOLO.

Najskôr je definovaný referenčný systém, ktorý dodáva 80% potreby a 20% je dodávaných doplnkovým záložným ohrievačom. Tento systém pozostáva zo 40 m<sup>2</sup> kolektorov a 2000 litrového akumuláčného zásobníka. Produkuje 20,2 MWh/rok pre celkovom dopyte 25 MWh/rok. Priemerná produktivita kolektorov je pomerne nízka: 504 kWh/m<sup>2</sup> vzhľadom na vysoký solárny podiel.

Potom sú tieto referenčné údaje týkajúce sa plochy kolektorov a objemu zásobníka upravené.

To umožní vytvoriť dva grafy uvedené nižšie.



*Rozdiely produktivity vo vzťahu k veľkosti hlavných komponentov*

Produktivita kolektorov klesá, ak sa zvyšuje ich plocha a marginálna produktivita (produktivita posledného kolektora) sa rýchlo stáva veľmi malou:

- Prvý m<sup>2</sup> produkuje približne 850 kWh/rok; dvadsiaty m<sup>2</sup> produkuje 500 kWh/rok,
- Štyridsiaty m<sup>2</sup> produkuje približne 150 kWh/rok; osemdesiaty m<sup>2</sup> už produkuje menej ako 50 kWh/rok,
- Nad 100 m<sup>2</sup>, kolektory neprodukujú v podstate nič podstatné.

Zmeny vo veľkosti akumuláčného zásobníka majú pri objeme nad 2 000 litrov malý vplyv. Avšak ak je objem akumuláčného zásobníka príliš malý, produktivita klesá:

- Objem 2 000 litrov umožňuje produktivitu približne 500 kWh/rok,
- Objem 1 000 litrov umožňuje produktivitu približne 475 kWh/rok (-5%),
- Objem 500 litrov umožňuje produktivitu približne 400 kWh/rok (-25%),

Údaje budú samozrejme v iných situáciách rozdielne, ale trendy budú rovnaké.

### 3.2.2 Odhad výkonnosti solárneho systému

#### 3.2.2.1 Odhad energie dodávanej okamžite solárnym kolektorom

##### *Základná rovnica*

Energiu dodávanú okamžite solárnym kolektorom je možné definovať jednoduchou rovnicou, v ktorej je kolektor charakterizovaný jeho povrchovou plochou a dvomi koeficientmi.

Táto rovnica môže byť v rôznych obmenách vo vzťahu k referenčnej teplote kvapaliny.

Na Slovensku sa používa priemerná teplota kvapaliny v kolektoroch. Pre medzinárodné normy sa uprednostňuje teplota kvapaliny vstupujúca do kolektora.

Preto je možné rovnicu napísať dvomi rôznymi spôsobmi:

$$P_u = S (B I - K (T_{fm} - T_e)) \quad \text{alebo:} \quad P_u = S (F_{\tau\alpha} I - F_{rUI}(T_{fe} - T_e))$$

Kde:

$P_u$  : užitočný výkon ( $W/m^2$ )

$I$  : žiarenia dopadajúce na povrch kolektora ( $W/m^2$ )

$T_e$  : teplota okolia ( $^{\circ}C$ )

$T_{fe}$  : teplota kvapaliny vstupujúcej do kolektora ( $^{\circ}C$ )

$T_{fm}$  : priemerná teplota kvapaliny v kolektoroch ( $^{\circ}C$ )

$S$  : plocha povrchu kolektorov ( $m^2$ )

$B, F_{\tau\alpha}$  : koeficient ziskov kolektora (-)

$K, F_{rUI}$  : koeficient strát kolektora ( $W/m^2/^{\circ}C$ )

##### *Definícia koeficientov*

Aby sme boli presní, koeficienty sú premenné, ktoré sú závislé na podmienkach v danom okamihu. V praxi je možné charakterizovať daný kolektor unikátnym párom koeficientov ( $B, K$ ) alebo ( $F_{\tau\alpha}, F_{rUI}$ ) stanovených meraním v štandardizovaných podmienkach. Výkonnosť solárneho systému, ktorý používa takýto typ kolektora, je možné odhadnúť zo štandardných údajov, ktoré sa uvádzajú napríklad v technických informáciách pre kolektory predávané na Slovensku.

Hodnota koeficientu  $B$  pre ploché kolektory je vo všeobecnosti medzi 0,7 a 0,8, a medzi 0,5 a 0,8 pre kolektory s vákuovými trubicami (normálny dopad žiarenia).

Hodnota koeficientu  $K$  pre ploché kolektory je vo všeobecnosti medzi 4 a 10  $W/m^2/^{\circ}C$ , a medzi 1,5 a 3  $W/m^2/^{\circ}C$  pre kolektory s vákuovými trubicami.

Hodnoty koeficientov  $F_{\tau\alpha}$  a  $F_{rUI}$  sú mierne nižšie ako v prípade  $B$  a  $K$ . Hodnotu jedného koeficientu je možné vypočítať z druhého koeficientu. Tu môžeme použiť  $B$  a  $K$ , keďže sú jedinými koeficientmi, ktoré sú uznávané vo Francúzsku, pri čakaní na aplikáciu európskych noriem.

##### *Plocha povrchu kolektorov*

Na definovanie povrchovej plochy kolektora existuje niekoľko spôsobov. Najčastejšie používané výrazy sú „celková povrchová plocha“ a „užitočná povrchová plocha“.

- Celková plocha ( $S_{ht}$ ) je plocha puzdra kolektora,

- Užitočná plocha je menšia a je to plocha, ktorou dopadá slnečné žiarenie (zasklenie)  $S_e$ .

Celková povrchová plocha umožňuje odhadnúť priestorové požiadavky, pričom užitočná povrchová plocha je významnejšia v zmysle tepelnej účinnosti.

Rozdiel medzi týmito dvomi údajmi je v prípade plochých kolektorov pomerne malý (5% až 10%), významnejší je v prípade kolektorov s vákuovými trubicami (10% až 20%).

Špecifikácie uvádzané výrobcami sa vzťahujú buď na jeden, druhý alebo oba údaje.

Technické informácie z CSTB uvádza vstupnú aj celkovú plochu. V praxi je možné použiť jeden ukazovateľ ak všetky špecifikácie sa vzťahujú na povrchovú plochu definovanú rovnakým spôsobom. Ak tomu tak nie je, vzniká riziko významných chýb vo výpočtoch technickej a finančnej výkonnosti. Najmä:

- Pri výpočte výkonnosti sa použité špecifikácie kolektora (koeficienty B a K) určujú pre danú referenčnú povrchovú plochu
- V ekonomických výpočtoch sú jednotkové náklady (na  $m^2$ ) definované vo vzťahu k rovnakej referenčnej povrchovej plochy.

Napríklad: ak uvažujeme o kolektore X a slnečnom žiarení 800 W pri vonkajšej teplote 20 °C. Priemerná teplota kvapaliny v kolektore môže byť odhadnutá na 60°C. Užitočný výkon je možné vypočítať 4 spôsobmi, podľa referenčnej plochy (celkovej alebo užitočnej) použitej pre S v jednom prípade; B a K v druhom.

	S/B & K	S	B	K	Vzorec	Pu
<b>Prípad 1</b>	užitočná/užitočná	2,0	0,77	4,49	$2,0(0,77*800-4,49*40)=1232-359=$	873 W
<b>Prípad 2</b>	celková/celková	2,1	0,74	4,28	$2,1(0,74*800-4,28*40)=1243-359=$	884 W
<b>Prípad 3</b>	užitočná/celková	2,0	0,74	4,28	$2,0(0,74*800-4,28*40)=1184-342=$	842 W
<b>Prípad 4</b>	celková/užitočná	2,1	0,77	4,49	$2,1(0,77*800-4,49*40)=1294-377=$	917 W

#### Vplyv chybné definovaných charakteristík kolektorov

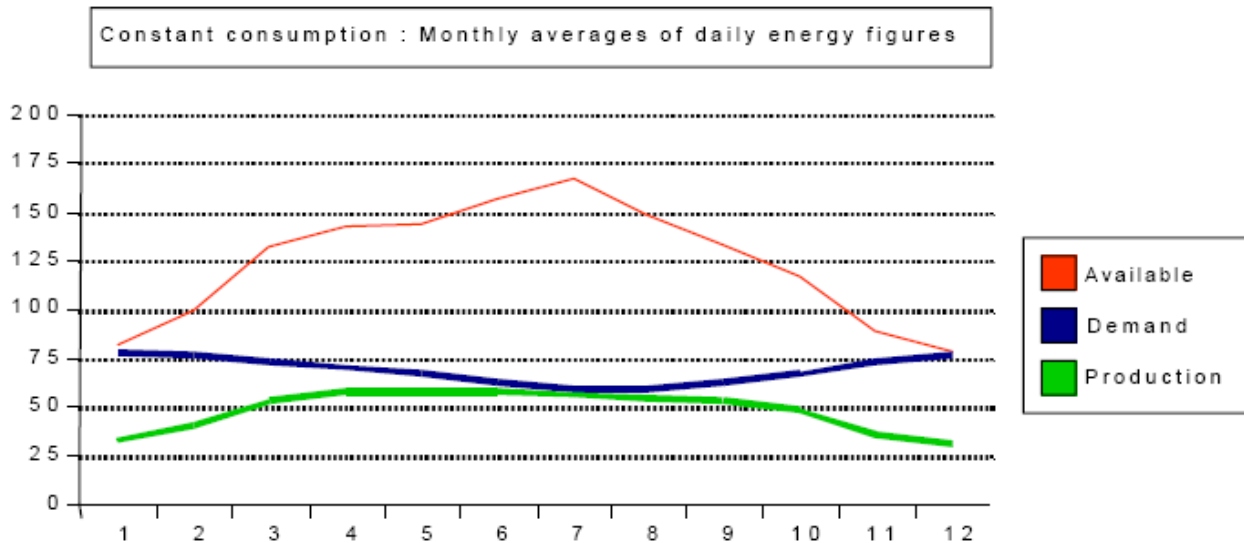
Obe prvé metódy výpočtu sú správne, dávajú takmer rovnaký výsledok: 880 W  $\pm$ 1%, čo je normálne, ak berieme do úvahy presnosť údajov pre B, K a S. Posledné dve metódy sú nesprávne, dávajú výsledky, ktoré sú 4% pod alebo nad 880 W.

Preto sa produkcia podhodnotí alebo nadhodnotí o 4%, podľa prípadu, a to už nie je zanedbateľné.

*(Pri zvolení akejkoľvek referenčnej plochy ( $S_{ht}$  alebo  $S_e$ ) sú hodnoty  $S_{ht}.B$  a  $S_{ht}.K$  konštantnými hodnotami pre kolektor. To vedie k závislosti B a K na celkovej povrchovej ploche a  $B'$  a  $K'$  na užitočnej povrchovej plochy, so vzťahom  $S_{ht}.B = S_e.B'$  a  $S_{ht}.K = S_e.K'$ )*

### 3.2.2.2 Vzájomný vzťah medzi spotrebou, produkciou a uskladnením

Nasledovný graf znázorňuje základný vzťah: solárna produkcia je limitovaná dopytom.



Tieto dva parametre sa v priebehu času menia nezávisle. Vzhľadom na tepelnú zotrvačnosť, nie je tento nesúlad príliš dôležitý počas obdobia niekoľkých minút, ale to neplatí v prípade niekoľkých hodín, dní alebo mesiacov.

Hodinová produkcia je preto obmedzená hodinovou potrebou.

Použitie vhodne dimenzovaného akumuláčného zásobníka umožňuje zvýšiť rozsah vyrovnáním rozdielov počas dňa. Nesúlad medzi denným slnečným žiarením a profilom spotreby teplej vody má malý vplyv, avšak denná produkcia je obmedzená denným dopytom.

Je v podstate nemožné kompenzovať nesúlad počas dlhších časových období, najmä keď sú závislé na významných sezónnych rozdieloch v slnečnom žiarení.

### 3.2.2.3 Vzájomný vzťah medzi definíciou systému a stavom produkcie.

Použitie akumuláčnych zásobníkov predchádza prechodnej nadprodukcii, ale neeliminuje dôležitosť rozdielov v solárnych ziskoch vo vzťahu k spotrebe.

Je to možné vidieť v základnej rovnici uvedenej vyššie, výrazy  $S.K.(T_{fm}-T_e)$  alebo  $Fr_{UI}(T_{fe}-T_e)$  charakterizujú tepelné straty kolektora. Sú úmerné teplotným rozdielom medzi kvapalinou vnútri kolektora a teplotou okolitého vzduchu.

Preto závisí výkonnosť kolektora vo veľkej miere na teplote kvapaliny v kolektore.

Napríklad, ak uvažujeme o kolektore s povrchovou plochou  $1 \text{ m}^2$  a nasledovnými špecifikáciami ( $B = 0,8$ ;  $K = 5 \text{ W/m}^2/\text{°C}$ ) vystaveného solárnemu žiareniu „I“  $1000 \text{ W/m}^2$  pri vonkajšej teplote  $25 \text{ °C}$ .

Okamžitý výkon dodávaný kolektorom vo vzťahu k danej hodnote  $T_{fm}$  je:

- $T_{fm} = 25\text{°C}$  ( $T_{fe} = 17\text{°C}$ )  $P_{u1} = 0,8 \times 1000 - 5 \times (25-25) = 800 \text{ W}$
- $T_{fm} = 45\text{°C}$  ( $T_{fe} = 38\text{°C}$ )  $P_{u1} = 0,8 \times 1000 - 5 \times (45-25) = 700 \text{ W}$
- $T_{fm} = 65\text{°C}$  ( $T_{fe} = 49\text{°C}$ )  $P_{u3} = 0,8 \times 1000 - 5 \times (65-25) = 600 \text{ W}$  (=  $P_{u1} - 25\%$ )

Avšak pri použití akumuláčného zásobníka na teplú vodu nie je vstupná teplota  $T_{fe}$  známa.

Ak je teplota v zásobníku „TS“ jednotná bez výmenníka tepla, potom:  $T_{fe} = TS - \epsilon$ . ( $\epsilon$  predstavuje ochladenie kvapaliny medzi akumuláčným zásobníkom a kolektorom).

Aj v jednoduchom prípade sa Tfe mení nepretržite, ako sa TS mení vo vzťahu k solárnemu zisku a spotrebe teplej vody. Prípadná stratifikácia teploty v akumuláčnom zásobníku, použitie výmenníka tepla a ovládacích prvkov čerpadiel taktiež ovplyvňujú hodnoty Tfe a preto užitočný výkon Pu v danom momente t závisí na:

- Špecifikáciách kolektora,
- Iných parametroch systému: pláne rozmiestnenia, výmenníku tepla, skladovaniu, ovládacích prvkoch,
- Profile solárneho zisku,
- Profile spotreby teplej vody.

#### **3.2.2.4 Vplyv na definíciu a odhad systému.**

Užitočná produkcia solárneho systému na prípravu teplej vody závisí komplikovaným spôsobom na rôznych parametroch: meteorologické údaje, dopyt, usporiadanie a veľkosť systému.

Preto nie je možné definovať dennú, mesačnú a ročnú produkciu jednoduchým vzorcom.

Dimenzovanie sa vo všeobecnosti zameriava na akceptovateľný kompromis medzi dvomi protichodnými cieľmi:

- Vysoký solárny faktor "Cs",
- Vysoká účinnosť,

Zvýšením „Cs“ sa zvyšujú hlavné zdroje tepelných strát:

- Prechodná nadprodukcia,
- Teplotné špičky v kolektoroch.

Dobré dimenzovanie závisí na troch faktoroch:

- Použitie primeraných nástrojov na výpočet výkonnosti
- Jasná definícia potrieb, kritérií dimenzovania a obmedzení
- Metodickým a usporiadanom prístupe k dimenzovaniu komponentov

Aké potreby?

- Úroveň teploty
- Denné objemy
- Ročný profil. Pravidelný profil

Aká klíma?

Aké obmedzenia?

Aké plány usporiadania?

- Aké princípy?
- S alebo bez výmenníkov tepla
- Typ ovládacích prvkov
- Typ záložného zdroja

Aká veľkosť

- Typ záložného zdroja
- Požadovaný solárny faktor
- Rozpočet
- Metóda výpočtu (SOLO, TRNSYS...)
- Meteorologické a klimatické údaje
- Varianty veľkosti
- Odhadované náklady

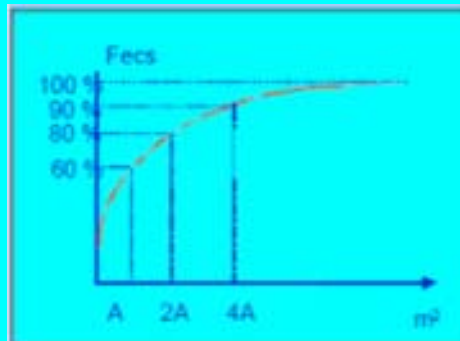
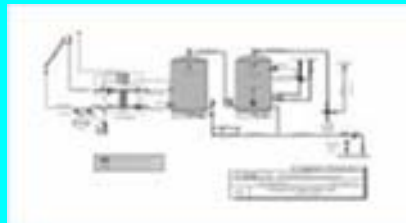
Aké materiály?

- Typ klímy (slnečná, vlhká, veterná, mrazivá...)
- Vlastnosti vody

Špecifikácie

Monitorovanie a ovládacie prvky

Garantované solárne výsledky



### 3.2.3 Nástroje na výpočet výkonnosti solárneho DHW systému

#### 3.2.3.1 Skupiny nástrojov

Všetky nástroje na výpočet výkonnosti solárneho systému používajú rovnaké základné rovnice, ktoré definujú okamžitú produkciu kolektora. Iné komponenty systému (priestorový model) a vývoj systému v čase (časový model) sa berú do úvahy, aby bolo možné odvodiť výkonnosť systému.

Existujú dve rôzne skupiny nástrojov:

- Detailné nástroje, ktoré vypočítavajú  $T_{fm}$ , a častejšie stav systému hodinu po hodine a deň po dni a potom odvodí výsledky za dané časové obdobie. (Príklad: TRNSYS). Detailné nástroje ponúkajú presné pochopenie fungovania systému.

Sú založené na presných fyzikálnych modeloch: je možné zistiť výstupnú teplotu z kolektora napríklad 13. júla o 13:30. Časový interval výpočtu sa môže pohybovať od 1 minúty do 1 hodiny. Simulácia pre rok zahŕňa tisíce výpočtov.

- Zjednodušené nástroje používajúce poloempirické rovnice, ktoré berú do úvahy údaje používané na definovanie dennej produkcie energie (príklad: SOLO). Zjednodušené nástroje ponúkajú len denné údaje o energie na základe mesačného priemeru. Sú založené na zjednodušených fyzikálnych modeloch, ktoré sú prispôsobené a overené z podrobných modelov a zo skúseností. Simulácia pre jeden rok zahŕňa len 12 výpočtov pre priemerný deň v každom mesiaci.

V minulosti bol nevýhodou detailných nástrojov dlhý čas výpočtu. Ale to už neplatí, keďže pri využití osobných počítačov trvá simulácia pre rok len niekoľko sekúnd.

Je možné si myslieť, že detailné nástroje by mali eliminovať zjednodušené nástroje, ktoré sú teoreticky menej presné. To však neplatí, pretože zvýšenie presnosti nie je v skutočnosti významné pre dimenzovanie, pretože použitie podrobných nástrojov je oveľa náročnejšie vzhľadom na množstvo a presnosť požadovaných údajov.

Napríklad, nástroje na podrobný výpočet si vyžadujú podrobné meteorologické údaje, prinajmenšom hodinu po hodine pre celý rok, čo znamená 8760 hodnôt pre každý parameter. Pri zjednodušenom nástroji sa používajú mesačné priemery denných údajov, čo znamená 12 hodnôt pre každý parameter. Detailné údaje sú zriedkavé a je náročné zhodnotiť ich relevantnosť. Takže ako je možné zmerať nárast presnosti alebo relevantnosti údajov?

Použitie podrobných výsledkov (za sebou idúce stavy systému) je veľmi užitočné pre kontrolu konkrétnych plánov usporiadania a pre analýzu správania sa riadiaceho systému, ale je to zdĺhavá a prehnane náročná úloha, keď sa to týka dimenzovania konvenčného solárneho systému.

Zjednodušené nástroje sú preto viac prispôsobené dimenzovaniu. Hoci sú podrobné nástroje zložitejšie a nákladnejšie, neponúkajú žiadnu výhodu, okrem špeciálnych prípadov. V tejto príručke sa im preto nevenuje priestor.

### 3.2.3.2 Zjednodušený nástroj: SOLO

Zjednodušené nástroje, ktoré sú v Európe dobre známe, sú f-Chart a SOLO. Sú k dispozícii v pomerne jednoducho použiteľnom počítačovom software. Tieto nástroje vypočítavajú dennú energetickú produkciu solárneho systému v zmysle mesačných priemerov. Americký pôvod f-Chart komplikuje jeho použitie v Európe, keďže súvisiaci počítačový software neobsahuje európske meteorologické údaje a používa ( $F_{r\alpha}$ ,  $F_{rU}$ ) namiesto (B,K). Okrem toho sa výsledky zdajú systematicky pesimistické v regiónoch Francúzska mimo najslnečnejších oblastí.

SOLO je metóda výpočtu, ktorá bola vyvinutá CSTB. Na metóde sú založené rôzne formy software (počítačový software alebo internetové služby). Všetky tieto nástroje používajú v podstate rovnakú metodológiu. Zahŕňajú všetky dôležité meteorologické údaje (viac ako 60 staníc v kontinentálnom Francúzsku) a zoznam komponentov (so špecifikáciami solárnych kolektorov bežne používaných vo Francúzsku).

Získanie údajov pre rôzne nástroje založené na SOLO trvá len niekoľko minút. Výpočty sú v podstate okamžité a v priebehu pol hodiny je možné otestovať niekoľko variantov.

Tento software je možné si stiahnuť z nasledovnej adresy (vo francúzštine):



<http://software.cstb.fr/soft/present.asp?langue=us&m=lpr&context=Solo2000&imprimer=&cd=n>

alebo priamo on-line (francúzsky alebo anglicky):

[http://www.tecsol.fr/st\\_uk/default-uk.htm](http://www.tecsol.fr/st_uk/default-uk.htm)

potom vyberte: „Výpočty teplej vody“ a „SOLO dimenzovanie“

SOLO vypočítava solárnu produkciu s využitím poloempirických rovníc, ktoré boli vytvorené testovaním prípadových štúdií podrobnou metódou.

Prístup je nasledovný. Požadované údaje sú uvedené nižšie.

a) Denný dopyt po energii je vypočítaný ako mesačný priemer:

- Mesačný priemer dennej spotreby a teploty studenej vody,
- Teplota pripravenej teplej vody, ktorá je považovaná za konštantnú počas celého roka.

b) Denné celkové žiarenie na plochu kolektora sa vypočítava konvenčnou metódou s využitím astronomických a geometrických údajov a taktiež štatistických údajov o slnečnom žiarení:

- Mesačné priemery denného celkového žiarenia na horizontálnu rovinu,
- Sklon kolektora a jeho orientácia.

c) Mesačný priemerný solárny podiel sa vypočítava empirickým spôsobom s využitím výsledkov bodov a) a b):

- Typ plánu usporiadania (zvyčajne sa vyberá medzi 5 štandardnými schémami usporiadania),
- Kolektory: celková povrchová plocha  $S$ , parametre  $B$  a  $K$ ,
- Uskladnenie: objem  $V$ , koeficient ochladzovania  $CR$ , vnútorný alebo vonkajší,
- Primárny okruh (koeficient tepelných strát  $K_t$ ) a výmenník tepla (výmenný koeficient  $K_{éch}$ ),
- Poznámka : hodnota  $K_t$  a  $K_{éch}$  je niekoľkými nástrojmi preddefinovaná.

d) Následne sa odvodí denné, mesačné a ročné energetické bilancie.

SOLO umožňuje rýchlo analyzovať výber návrhu systému, veľkosti alebo vývoja dopytu. Sezónne rozdiely sa zohľadnené. Výsledky sú overené praxou, najmä vzhľadom na používanie metódy počas posledných 10 rokov pre zmluvy Garantovaných slnečných výsledkov.

The screenshot shows the SOLO2000 software interface. The main window is titled 'C:\Program Files\Solo2000\Projet0001.s2k'. It is divided into several sections:

- METEO:** Station (France, 01-Ain, Ambérieu) and Site (Altitude: 300m, Distance mer: >= 10km, Millions d'hab.: < 0.5).
- BESOINS:** Consommation/jours [V] moy.: 1000; Temp. eau chaude [°C] moy.: 50.
- SYSTEME CAPTEUR BALLON:**
  - Capteurs:** Catégorie: Capteurs vitrés; Type: Buderus Logasol SKS; Kc [W/(m².K)]: 489.00; Bc: 79.00; Ac [m²]: 2.22; Inclinaison [°]: 45; Orientation [°]: 0; Nombre: 1; Surf.totale [m²]: 2.22.
  - Boucle de captage:** Déperdition thermique [W/(m².K)]: 4917523; Calorifugeage: Avec; Efficacité: 7.00.
  - Ballon:** Type: 100\_Vertical; Lieu: Extérieur; Vn [l]: 100; Vc [l]: 85; Dc [W/K]: 85.00.
- RESULTATS:** A table showing monthly and annual values for coverage, needs, and production.

The status bar at the bottom shows 'État', '6/15/01', and '8:05 AM'.

*Predbežné výpočty výkonnosti: metóda SOLO (Zdroj CSTB)*

### 3.2.4 Metódy na definíciu a dimenzovanie

Uvedené metódy na definovanie a dimenzovanie sú založené na odhadoch výkonnosti s využitím metódy SOLO rozdelené do 5 krokov:

- Krok 1 – Získanie požadovaných údajov
- Krok 2 – Definícia systému
- Krok 3 – Predbežné dimenzovanie hlavných súčastí
- Krok 4 – Optimalizácia dimenzovania prostredníctvom výpočtu výsledkov prvotných variantov systému
- Krok 5 – Finalizácia definície a veľkosti všetkých súčastí

#### 3.2.4.1 Získanie požadovaných údajov

Neurčitosť týkajúca sa dopytu je hlavným zdrojom závažných chýb dimenzovania, vplyv ostatných údajov je menej dôležitý.

*Požadované údaje týkajúce sa dopytu po teplej vode (SOLO)*

Toto zahŕňa:

- Výstupnú teplotu teplej vody, ktorá je považovaná za konštantnú počas celého roka,
- Dennú spotrebu ako mesačný priemer.

Dobrá znalosť dopytu po teplej vode je nevyhnutná. Najmä odhad, ktorý je väčší ako reálne potreby, bude viesť k predimenzovaniu systému, ktorý zníži produktivitu a ekonomickú výhodnosť, vzhľadom na už uvedený fakt, že produktivita kolektorov klesá, ak stúpa solárny podiel.

V praxi:

- Ak je solárny systém pridávaný k existujúcej inštalácii, reálna spotreba sa meria v rámci významného obdobia,
- V prípade novej budovy je spotreba založená na známych výsledkoch pre podobné použitie, s preferenciou nízkej hypotézy.

#### Kritériá a obmedzenia

Kritériá rozhodovania je potrebné definovať spolu s klientom. Klient vo všeobecnosti uprednostňuje najlepšie ekonomické výsledky investície, ale toto kritérium môže byť doplnené rôznymi obmedzeniami, ktoré je potrebné zobrať do úvahy:

- Zabezpečiť, že solárny podiel je počas celého roka minimálny,
- Zabezpečiť, že solárny podiel je minimálny počas určitých období,
- Zabezpečiť, že investícia neprekročí určitý limit,

Iné obmedzenia môžu vyplývať z výsledku praktických okolností na mieste:

- Maximálna povrchová plocha, ktoré je k dispozícii pre kolektory,
- Limitovaný výber orientácie a sklonu pre kolektory, tienenie
- Priestor, ktorý je k dispozícii pre akumulčný zásobník(y).

Napokon, problém dimenzovania by mal byť riešený vo vzťahu k energii a finančným výsledkom.

#### Požadované meteorologické údaje (SOLO)

*Požadované meteorologické údaje pre SOLO sú nasledovné:*

- Priemerná mesačná teplota,
- Mesačné priemery denného celkového žiarenia na horizontálnu rovinu,
- Priemerná mesačná teplota prívodu studenej vody.

Údaje sa berú z miesta, ak sú známe (to je však zriedkavé, najmä pre slnečné žiarenie) alebo z najbližšej meteorologickej stanice obsiahnutej v nástroji SOLO. V určitých prípadoch (pohoria), je možné definovať virtuálnu stanicu použitím údajov o slnečnom žiarení z najbližšej stanice a údajov o teplote na mieste.

Približnú hodnotu pre teplotu studenej vody  $T_{ef}$  je možné vypočítať pre mesiac  $i$  z vonkajšej teploty, s využitím nasledovnej rovnice:

$$T_{ef}(i) = (T_e(i) + T_{em})/2$$

Kde sú  $T_e(i)$  a  $T_{em}$  mesačné (pre mesiac  $i$ ) a ročné vonkajšie teploty.

Približnú hodnotu pre celkové denné horizontálne celkové žiarenie je možné vypočítať z počtu hodín denného slnečného svitu.

Pre mesiac  $i$  máme:

- $RGJ(i) = RJE(i) \times (0,19 + 0,62 \cdot HI(i)/DJ(i))$ ,
- $RJE(i)$  : denné slnečné žiarenie mimo atmosféry pre dané miesto počas mesiaca  $i$ ,
- $HI(i)$  : priemerný počet hodín slnečného svitu počas dňa pre mesiac  $i$ ,

- DJ(i) : priemerné trvanie dňa na danom mieste pre mesiac i.

RJE a DJ závisia na zemepisnej šírke a mesiaci. Je možné ich vypočítať z jednoduchých astronomických rovníc alebo je ich možné vyhľadať v tabuľkách.

Požadované údaje pre špecifikácie komponentov (SOLO)

Požiadavky:

- Jednotková povrchová plocha a koeficienty B a K pre kolektory,
- Objem a konštanta ochladzovania pre akumulčné zásobníky.

Používaný nástroj môže zahŕňať databázu so špecifikáciami kolektorov a akumulčných zásobníkov. Ak nie, informácie týkajúce sa kolektorov akumulčných zásobníkov je potrebné zistiť z technických informácií a údajov výrobcov.

Inak je možné použiť nasledovnú rovnicu:

$$CR = \frac{24}{Vb} \left( 1,1 + \frac{0,05}{Vb} \right) \times h \times Sb \text{ avec } \frac{1}{h} = \frac{1}{10} + \frac{e_{iso}}{k_{iso}}$$

Kde:

Vb : objem akumulčného zásobníka (m<sup>3</sup>);

Sb : plocha vonkajšieho povrchu akumulčného zásobníka (m<sup>2</sup>);

e<sub>iso</sub> : hrúbka izolácie (m);

k<sub>iso</sub> : vodivosť izolácie (W/m/K)

Ekonomické údaje:

Ekonomické údaje zahŕňajú:

- Investičné náklady I vo vzťahu k ploche Sc a objemu Vs,
- Náklady na záložný zdroj energie (v mesačných alebo ročných údajoch).

Akonáhle je určená približná veľkosť Sc a Vs (predbežné dimenzovanie), je možné určiť hodnotu I lineárnou rovnicou, ktorá je správna pre obmedzenú sadu hodnôt pre Sc a Vs:

$$I = I_0 + a \cdot Sc + b \cdot Vs \quad (\text{a a b sú dva koeficienty, ktoré musia byť určené}).$$

## Kritériá rozhodovania a obmedzenia

### Kritériá a obmedzenia definované s klientom:

- Ekonomická výhodnosť investície,
- Minimálny solárny podiel pre rok,
- Minimálny solárny podiel počas určitých období
- Investičné limity

### Iné obmedzenia vzhľadom na praktické okolnosti:

- Maximálna plocha k dispozícii pre inštaláciu kolektorov,
- Obmedzenia vo výbere orientácie kolektorov a ich sklonu, tienenie,
- Priestor k dispozícii pre akumulčný zásobník(y)

Napokon je potrebné nájsť riešenie problému maximalizácie (alebo minimalizácie) vo vzťahu k funkcii založenej na dodávanej energii a ekonomickej výhodnosti.

### Ekonomické údaje zahŕňajú:

- Investičné náklady  $I$  vo vzťahu k povrchu  $Sc$  a objemu zásobníka  $Vs$ ,  
Akonáhle je určená približná veľkosť  $Sc$  a  $Vs$  (predbežné dimenzovanie), je možné určiť hodnotu  $I$  lineárnou rovnicou, ktorá je správna pre obmedzenú sadu hodnôt pre  $Sc$  a  $Vs$ :

- $I = I_0 + a \cdot Sc + b \cdot Vs$  (a a b sú dva koeficienty, ktoré musia byť určené).
- Náklady na záložný zdroj energie (v mesačných alebo ročných údajoch).

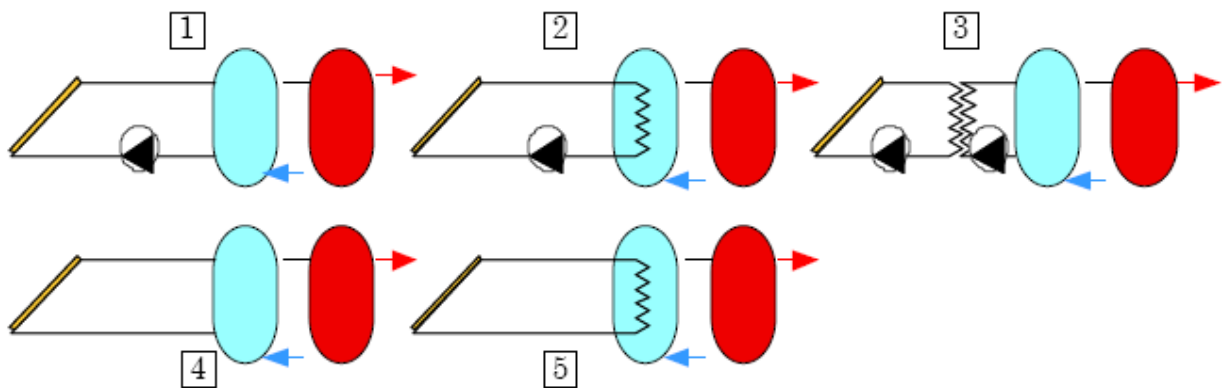
### 3.2.4.2 Definovanie princípov systému

#### Výber princípov systému

Tento výber by sa mal urobiť z 5 jednoduchých plánov usporiadania uznávaných SOLO. Výber je dostatočný, keďže komplexnejšie plány usporiadania sú málokedy v praxi efektívne vzhľadom na problémy s ovládaním a spoľahlivosťou. Všetky plány zahŕňajú záložný systém v sérii po solárnom systéme.

Dve kritériá robia rozdiel:

- Existencia a typ výmenníka tepla medzi kolektormi a akumulacným zásobníkom,
- Cirkulačný motor primárneho okruhu : termo-sifón alebo čerpadlo.



Plány usporiadania uznávané SOLO

Plán usporiadania 1 – Okruh kolektor-akumulačný zásobník: priamy; cirkulácia: nútená

Plán usporiadania 2 – Okruh kolektor-akumulačný zásobník: externý výmenník tepla; cirkulácia: nútená, 1 čerpadlo

Plán usporiadania 3 – Okruh kolektor-akumulačný zásobník: externý výmenník tepla; cirkulácia: nútená, 2 čerpadlá

Plán usporiadania 4 – Okruh kolektor-akumulačný zásobník: priamy; cirkulácia: termo-sifón

Plán usporiadania 5 – Okruh kolektor-akumulačný zásobník: interný výmenník tepla; cirkulácia: termo-sifón

Pre skupinové inštalácie v kontinentálnom Francúzsku sa používajú len plány usporiadania 2 a 3. Priame okruhy nie sú kompatibilné s rizikom zamrznutia a hygienickými predpismi; okrem toho obmedzenia inštalácie vzhľadom na cirkuláciu termo-sifónom (umiestnenie kolektorov a akumulacného zásobníka) limitujú ich použitie len na malé systémy. Tieto 2 plány usporiadania zahŕňajú nasledovné komponenty, ktoré musia byť definované a dimenzované:

### **Plán usporiadania 2 Interný výmenník tepla**

Kolektory  
Primárne rúrkové rozvody  
Primárne čerpadlo  
Interný výmenník tepla  
Solárny akumuláčny zásobník  
Záloha a distribúcia

### **Plán usporiadania 3 Externý výmenník tepla**

Kolektory  
Primárne rúrkové rozvody  
Primárne čerpadlo  
Externý výmenník tepla  
Sekundárne rúrkové rozvody  
Sekundárne čerpadlo  
Solárny akumuláčny zásobník  
Záloha a distribúcia

Výber sa robí vo vzťahu k veľkosti systému. Pre plochu kolektorov menej ako 20 m<sup>2</sup> je vhodnejší plán usporiadania 2, a pre väčšie systémy je vhodnejší plán usporiadania 3.

#### **3.2.4.3 Definovanie typov komponentov**

Po výbere plánu usporiadania je možné limitovať výber komponentov tým, že sa definuje ich typ. V metodológii, ktorá sa tu uvádza, nič nebráni zmenám v neskorších štádiách. Avšak zmeny sú zvyčajne príčinou časových strát.

##### *Kolektory*

Na Slovensku sa na prípravu teplej vody pre domácnosť používajú ploché kolektory. Použitie kolektorov s vákuovými trubicami je kvôli ich vyššej cene v súčasnosti odôvodniteľné len v dvoch prípadoch:

- Limitovaný priestor, ktorý je k dispozícii a potreba vysokého solárneho podielu,
- Dopyt po vode s vysokou teplotou a potreba vysokého solárneho podielu.

Okolnosti na mieste môžu vplývať na výber typu kolektorov. Napríklad v prípadoch popísaných vyššie sa žiadajú vysokovýkonné ploché kolektory (vysoké B a nízke K). Ak do úvahy prichádza niekoľko modelov, je možné nadimenzovať najlepší systém pre každý z modelov a potom urobiť konečný výber porovnaním získanej energie a ekonomickou výhodnosťou rôznych riešení.

##### *Výmenník tepla*

Externé výmenníky tepla sú ploché výmenníky tepla. Interné výmenníky tepla sú špirálového typu.

##### *Akumulačné zásobníky*

Teplá voda bude uskladnená v jednom alebo niekoľkých zásobníkoch, ktoré sú tepelne izolované.

### 3.2.5 Predbežné dimenzovanie systému

Vybrali sme metódu dimenzovania v dvoch krokoch:

- Jednoduché predbežné dimenzovanie zohľadňujúce obmedzenia,
  - Prispôsobenie riešenia predbežného dimenzovania vo vzťahu k výsledkom daným SOLO
- Prispôsobenia sa urobia po niekoľkých rôznych simuláciách s využitím SOLO. Cieľom je postupne znížiť rozsah možných volieb pre rôzne parametre veľkosti.

### 3.2.5 Problémy predbežného dimenzovania

Na základe princípov (plány usporiadania a komponenty) určených v predchádzajúcom kroku je teraz možné definovať všetky základné parametre, ktoré musia byť následne overené s využitím SOLO pre výpočty výkonnosti. Dobré predbežné dimenzovanie podstatne zníži počet potrebných výpočtov. Parametre, ktorých sa to týka, sú plocha kolektorov ( $Sc$ ) a objem zásobníka ( $Vs$ ).

Takže najskôr sa definuje centrálny pár ( $SC0$ ,  $VS0$ ). Okrem špeciálnych prípadov je možné sa spoľahnúť, že optimálne hodnoty pre  $SC$  a  $VS$  sa budú vždy nachádzať v rozsahu [ $SC0-50\%$ ,  $SC0+50\%$ ], [ $VS0-50\%$ ,  $VS0+50\%$ ].

Rozsah je možné podstatne znížiť vo vzťahu k rôznym kritériám a obmedzeniam. Pri zvážení obmedzených cieľov predbežného dimenzovania je možné dimenzovať veľkosť plochy kolektorov a objem zásobníka samostatne. V prípade finálnej štúdie dimenzovania to však už tak nebude.

#### 3.2.5.2 Predbežné dimenzovanie plochy kolektorov

##### *Oblasť mediánu*

Plocha povrchu kolektorov  $Sc$  je základnou premennou, keďže podmieňuje náklady a užitočnú produkciu systému. V našom prístupe je predbežné dimenzovanie  $Sc$  založené na dennom objeme teplej vody  $Vj$ .

Príklad:  $Sc0$  je definovaný tak, že pomer  $Vj/Sc0$  sa rovná 75 litrom/ $m^2$ .

To znamená 2000 litrov/deň =>  $Sc0 = Vj/75 = 2000/75 = 26,66 m^2$  zaokrúhlené na  $27 m^2$

Tento problém je zjednodušený ak je limitovaný len na spotrebu teplej vody. Predchádzajúci príklad sa môže týkať dopytu po vode teplej  $60\text{ }^\circ\text{C}$  v Nancy alebo dopytu po vode teplej  $45\text{ }^\circ\text{C}$  v Perpignane. V prvom prípade bude potreba o 70% vyššia ako v druhom, a solárna energia k dispozícii bude o 30% menšia.

##### *Povolený rozsah*

Cieľom predbežného dimenzovania je definovať rozsah variácií, ktorý zahŕňa správne čísla. Ak sa má optimálna plocha precízne definovať za účelom zníženia rozsahu premenných, výpočty budú komplikovanejšie bez toho, aby sa zabezpečilo, že rôzne parametre sú uvažované vyčerpávajúcim spôsobom.



Preto je jednoduchšie brať do úvahy približnú hodnotu pre centrálnu čísla s väčším rozsahom premenných. Taktiež je potrebné poznamenať, že v tomto štádiu nie je rozdiel medzi užitočnou a celkovou povrchovou plochou dôležitý.

Povolený rozsah bude ohraničený  $[Sc_{Min}, Sc_{Max}] = [SC0-50\%, SC0+50\%]$ .  
Z údajov v predchádzajúcom príklade dostaneme  $[13 \text{ m}^2, 40 \text{ m}^2]$ .

Tento rozsah je veľmi veľký (od 1 do 3) ale pokrýva v podstate všetky rôzne požiadavky na teplú vodu pre domácnosť vo Francúzsku. Jediným problémom pri dimenzovaní je dopyt po veľmi vysokých alebo nízkych teplotách.

#### *Aplikácia obmedzení*

#### **Obmedzenie 1: Maximálne povolené investičné náklady $I_{Max}$ .**

Je možné predpokladať, že investičné náklady sú dané nasledovnou rovnicou:

$$I = I_0 + a \cdot Sc + b \cdot V_s$$

Kde  $Sc$  a  $V_s$  sú plocha povrchu kolektorov a objem zásobníka.  
Pre predbežné dimenzovanie je možné náklady na uskladnenie ignorovať, čím je výsledok obmedzenia znížený.

$$Sc_{MaxInv} = (I_{Max} - I_0) / a \quad Sc_{Max} = \min(Sc_{Max}, Sc_{MaxInv})$$

#### **Obmedzenie 2: Plocha k dispozícii pre kolektory $S_{dispo}$ .**

Maximálna plocha poľa kolektorov s  $N$  radmi kolektorov pri sklone  $\beta$  od horizontálnej roviny vo vzťahu k  $S_{dispo}$  je:

$$Sc_{MaxSite} = S_{dispo} / (R_s - \text{tg}(\beta) / N)$$

Kde  $R_s = 2 \cos(|\beta - 60^\circ|)$

Minimálna vzdialenosť  $C$  medzi dvomi radmi je daná vzťahom:  $\Delta C = 2\sqrt{3} \cdot \sin(\beta)$

Sklon od horizontálnej roviny ( $^\circ$ )	0	15	30	45	60	75	90
Pomer $R_s$ (S na zemi/S)	1,00	1,41	1,73	1,93	2,00	1,93	1,73
Priestor medzi kolektormi dĺžky $L$	0	0,45 L	0,87 L	1,22 L	1,5 L	1,67 L	1,73 L

Pri takejto konfigurácii a orientácii smerom k rovníku je tienenie veľmi malé. Napríklad kolektory si netienia ak je slnko na juhu vo výške  $30^\circ$  nad horizontom.

Ak je priestor medzi radmi kolektorov znížený, je potrebné brať do úvahy aj tienenie.

$$Sc_{Max} = \min(Sc_{Max}, Sc_{MaxSite})$$

#### *Výber sklonu*

Výber sklonu závisí hlavne na dvoch parametroch:

- Zemepisná šírka,
- Sezónne potreby.

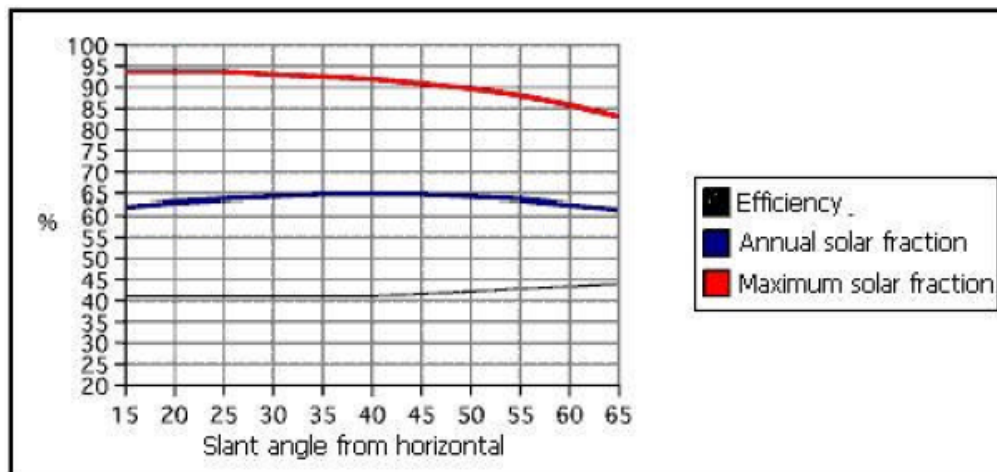
V praxi sa používa len niekoľko štandardných uhlov sklonu (30°, 45°, 60°). To zjednodušuje projektovanie a konštrukciu nosných podpôr a rozdiel niekoľkých stupňov od optimálneho uhla sklonu má len veľmi malý vplyv na výsledky.

Následne je možné aplikovať nasledovné pravidlá predbežného dimenzovania:

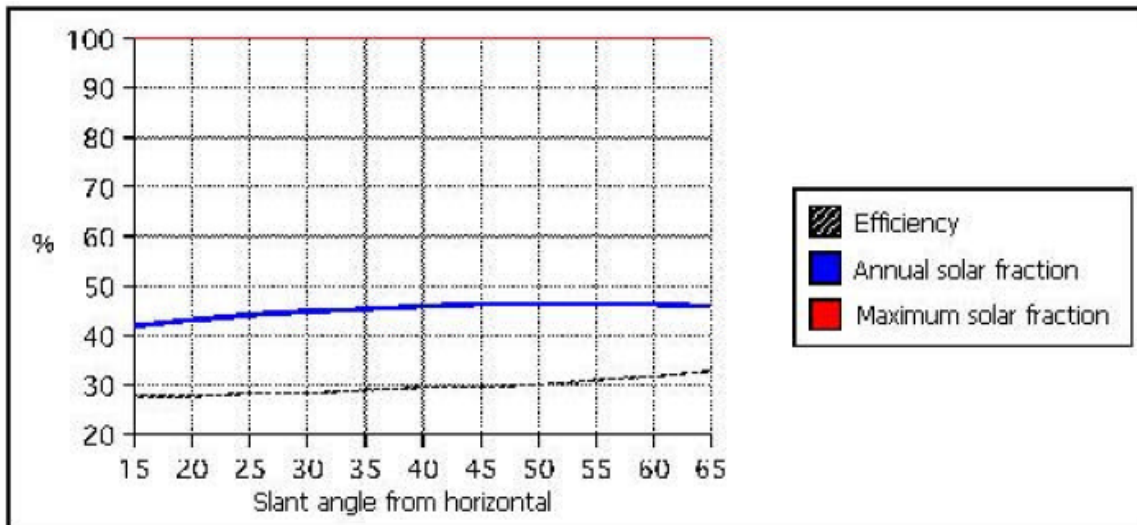
- Ak sú potreby teplej vody konštantné alebo takmer konštantné počas celého roka, uhol sklonu voči horizontu bude podobný zemepisnej šírke: na Slovensku je táto hodnota blízka 45°, takže počas rovnodennosti je dopadajúce slnečné žiarenie počas poludnia kolmé na kolektor.
- Ak je dopyt hlavne počas zimy, sklon je možné zvýšiť o 15° (to znamená 60° na Slovensku), takže dopadajúce slnečné žiarenie v zime je takmer kolmé na kolektor.
- Ak je dopyt hlavne počas leta, sklon môže byť znížený o 15° (to znamená 30° na Slovensku) takže dopadajúce slnečné žiarenie v lete je takmer kolmé na kolektor.

Voľba 45° sklonu má len veľmi malé negatívne efekty (1% až 3%) dokonca aj pri sezónnej potrebe.

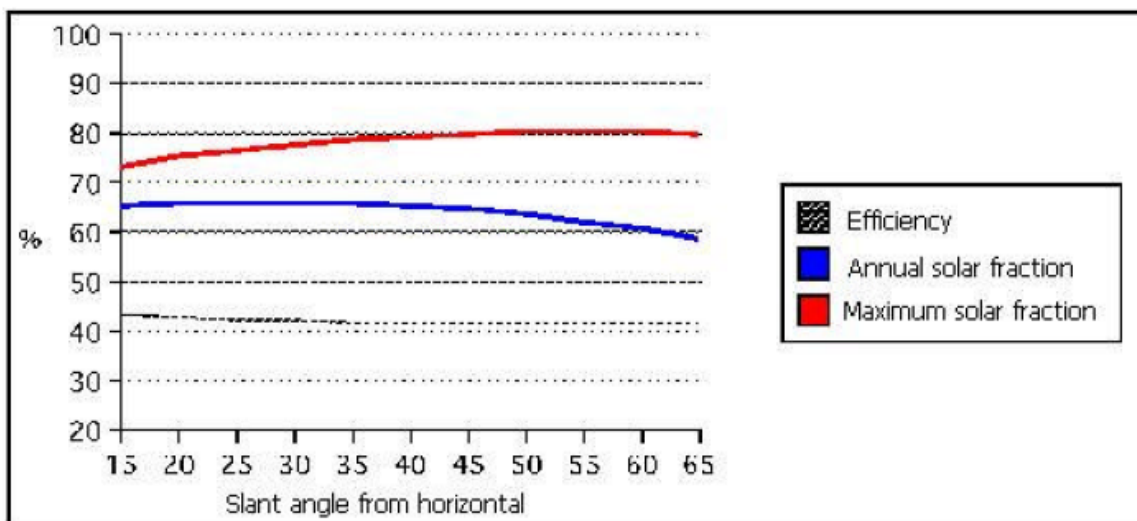
Avšak rozdelenie potreby teplej vody (napríklad: 30% pre zimnú potrebu a 60% pre letnú potrebu) vedie k stratám približne 10%. Ak je dopyt konštantný, efekt sklonu s uhlom medzi 30° a 60° je malý.



Konštantná spotreba: Vplyv sklonu na účinnosť a priemerný a maximálny solárny podiel



*Spotreba v zime: Vplyv sklonu na účinnosť a priemerný a maximálny solárny podiel*



*Spotreba v lete: Vplyv sklonu na účinnosť a priemerný a maximálny solárny podiel*

## Predbežné dimenzovanie plochy solárnych kolektorov

Plocha povrchu kolektorov A je základným parametrom, keďže ovplyvňuje náklady a užitočnú produkciu systému.

- Prieskum pre oblasť mediánu
- - Predbežné dimenzovanie A sa robí na základe objemu teplej vody používanej denne  $V_j$ .  $A_0$  je definovaná takým spôsobom, že pomer  $V_j/A_0$  je rovný 50 litrom/m<sup>2</sup>.
  - Napríklad pri spotrebe 2000 litrov/deň =>  $A_0 = V_j/50 = 2000/50$ , čo je 40 m<sup>2</sup>
- Definovanie povoleného rozsahu možných variantov { $A_0 - 50\%$ ,  $A_0 + 50\%$ }
- Aplikácia obmedzení
  - Obmedzenie 1: Maximálne povolené investičné náklady  $I_{Max}$ .
  - Obmedzenie 2: Priestor k dispozícii pre kolektory na danom mieste.
- Výber uhla sklonu
  - Závisí na dvoch hlavných parametroch: zemepisnej šírke a sezónnosti potreby. V praxi sa zvyčajne používajú uhly 30°, 45° alebo 60°

### 3.2.5.3 Predbežné dimenzovanie akumuláčného zásobníka

#### Optimálny objem

Objem zásobníka na teplú vodu sa stanoví vo vzťahu k dennej spotrebe:

$$V_{s0} = \max(V_{ja}, V_{j\acute{e}t\acute{e}})$$

Kde:

- $V_{ja}$ : priemerná denná spotreba počas obdobia prevádzky.
- $V_{j\acute{e}t\acute{e}}$ : priemerná denná spotreba počas obdobia máj - august.

Spotreba v lete by mala byť považovaná za prioritu, keďže jednou z funkcií objemu zásobníka je obmedziť prechodnú nadprodukciu, ktorá sa vyskytuje zvyčajne v lete.

#### Povolený rozsah

Povolený rozsah sa stanoví podobným spôsobom ako v prípade dimenzovania plochy povrchu kolektorov:

$$[V_{SMin}, V_{SMax}] = [V_{s0}-50\%, V_{s0}+50\%]$$

čo znamená v prípade nášho príkladu: [1000 l, 3000 l].

#### Aplikácia obmedzení

Veľkosť technických priestorov, kde by sa mali nachádzať akumuláčné zásobníky, môže byť príčinou pre zníženie maximálneho objemu zásobníkov  $V_{SMax}$ . Toto je potrebné zvážiť prípad od prípadu.

#### Obmedzenia týkajúce sa metódy

SOLO metóda platí len pre určité typy použitia (plocha povrchu a objem). Nástroje založené na SOLO to zvyčajne kontrolujú automaticky. Pozornosť treba venovať tomu, či je skontrolovaná nasledovná podmienka, aby sa zabezpečilo, že metóda výpočtu spadá do rozsahu platnosti:

$$20 < V_s / S_c < 300$$

V praxi sa tento pomer vždy rešpektuje navrhovanými metódami predbežného dimenzovania. Avšak je potrebné venovať pozornosť tomu, ak musia byť aplikované veľmi limitujúce inštaláčné obmedzenia na objem akumuláčného zásobníka alebo na plochu povrchu kolektorov.

Objem akumuláčného zásobníka sa stanoví nasledovným spôsobom:

- Prieskum objemu mediánu: Objem akumuláčného zásobníka sa stanoví vo vzťahu k dennej spotrebe:  $V_0 = \max(V_{ja}, V_{j\acute{e}t\acute{e}})$ 
  - $V_j$ : priemerná denná spotreby počas obdobia prevádzky
  - $V_{j\acute{e}t\acute{e}}$ : priemerná denná spotreby počas obdobia máj - august
- Definovanie povoleného rozsahu možných variantov  $\{A_0 - 50\%, A_0 + 50\%\}$
- Aplikácia obmedzení
  - Obmedzenie 1: Maximálne povolené investičné náklady  $I_{Max}$
  - Obmedzenie 2: Priestor k dispozícii pre akumuláčné zásobníky

- **Obmedzenie 3: Obmedzenia týkajúce sa SOLO metódy ( $20 < V/A < 300$ )**

### 3.2.5.4 Predbežné dimenzovanie primárneho okruhu a výmenníka tepla

#### *Tepelné otázky*

Z tepelného pohľadu existujú dva charakteristické parametre, ktoré sa týkajú primárneho okruhu a výmenníka tepla vo vzťahu k ploche povrchu kolektorov:

- Koeficient tepelných strát primárneho okruhu na štvorcový meter plochy kolektorov ( $kt_1$  v  $W/°C/m^2$ ). *Týka sa to  $m^2$  kolektorov a nie povrchovej plochy rúrok,*
- Koeficient výmeny výmenníka tepla na štvorcový meter plochy kolektorov ( $Kéch_1$  v  $W/°C/m^2$ ). *Týka sa to  $m^2$  kolektorov a nie povrchovej plochy výmenníka tepla.*

Ciele, ktoré by sa mali dosiahnuť, sú stanovené pre 2 parametre, tak že sa upraví hrúbka tepelnej izolácie na okruhu vo vzťahu k dĺžke rúrkových rozvodov, typ výmenníka tepla a povrchová plocha výmenníka.

Predbežné dimenzovanie určuje rozsah hodnôt, ktoré by sa mali použiť pri využití SOLO pre výpočty veľkosti, pri využití nasledovných referenčných údajov:

- Rúrkové rozvody primárneho okruhu:  $Kt_1 = 1W/°C/m^2$
- Výmenník tepla:  $Kéch_1 = 50W/°C/m^2$ .

Je potrebné uviesť, že toto sa vzťahuje na minimálne teoretické charakteristiky. V praxi by sa mal vždy používať výmenník tepla, kde je  $Kéch_1 \geq 100W/°C/m^2$ .

#### *Hydraulické otázky*

V priebehu procesu predbežného dimenzovania nie je potrebné špecifikovať podrobnosti hydraulického systému, keďže sa netýkajú simulácií, s výnimkou prietokov v primárnom a sekundárnom okruhu, ktoré sú preddefinované v zjednodušenej verzii SOLO. Tento bod je potrebné zvážiť po tom, ako bude nadimenzovaná plocha povrchu kolektorov a objem akumuláčného zásobníka.

### 3.2.5.5 Dimenzovanie plochy povrchu kolektorov a objemu akumuláčného zásobníka

Akonáhle sa zhromaždili požadované údaje a urobilo sa predbežné dimenzovanie, použije sa metóda SOLO na precíznejšiu štúdiu veľkosti a výpočet výkonnosti vybraného systému.

Plocha kolektorov  $Sc$  a objem akumuláčného zásobníka  $Vs$  sú stále najdôležitejšie parametre dimenzovania. Nie je však možné o nich uvažovať samostatne. Takže by mali byť otestované rôzne páry ( $Sc$ ,  $Vs$ ) a je potrebné porovnať výsledky založené na kritériách projektu a obmedzeniach. Štúdia predbežného dimenzovania určila pár mediánu ( $Sc0$ ,  $Vs0$ ) a extrémne hodnoty ( $Scmin$ ,  $Scmax$ ) a ( $Vsmin$ ,  $Vsmax$ ).

Je možné vyskúšať nasledovné páry: ( $Sc0$ ,  $Vs0$ ), ( $Sc0$ ,  $Vsmin$ ), ( $Sc0$ ,  $Vsmax$ ), ( $Scmin$ ,  $Vs0$ ), ( $Scmax$ ,  $Vs0$ ) aby sa určili rôzne možnosti dimenzovania.

Dobré pochopenie vzájomného vzťahu medzi parametrami a výkonnosťou systému pomôže obmedziť počet výpočtov. Tu ukážeme analýzu príslušného vplyvu plochy povrchu kolektorov a potom objemu zásobníka na výkonnosť.

#### Užitočné princípy pre kolektory

##### *Interpretácia a príklad*

V prípade ak je denná spotreba teplej vody konštantná. Vplyv plochy povrchu kolektorov je možné analyzovať pri zohľadnení 4 charakteristík:

- $V_j$  : denná spotreba (údaje o dopyte: l/j)
- $Sc$  : Plocha povrchu kolektorov (parameter veľkosti:  $m^2$ )
- $R$  : Priemerná účinnosť systému (výsledky výpočtu)
- $CS$  : Solárny podiel (výsledky výpočtu)

Z týchto 4 charakteristík je možné odvodiť dva jednoduché podiely, ktoré charakterizujú veľkosť systému:  $V_j/Sc$  a  $R/CS$ .

Štúdia predbežného dimenzovania určila hodnotu prvého pomeru  $V_j/Sc$  ( $75l/m^2$ ) a je možné ukázať, že určuje taktiež druhý pomer ( $R/CS$ ) pre problém, ktorý je nastolený.

Napríklad: Ak predpokladáme, že údaje (meteorologické a o dopyte) sú v tomto prípade pevné:

- $I_1$  : Ročné slnečné žiarenie na  $m^2$  povrchu kolektora ( $kWh/m^2/rok$ )
- $I_{j1}$  : Priemerné denné celkové žiarenie na  $m^2$  ( $kWh/m^2/j$ ).

Potom:

- $I_1 = 365 \cdot I_{j1}$
- $V_j$  : denná spotreba teplej vody (litre/j)
- $\Delta T$  : priemerný nárast teploty vody:  $T_{ec} - T_{ef} = T_{ec} - T_e$  ( $^{\circ}C$ )
- $T_{ec}$  : Teplota pripravenej teplej vody ( $^{\circ}C$ )
- $T_{ef}$  : Priemerná teplota studenej vody, ktorá sa rovná  $T_e$  ( $^{\circ}C$ )
- $T_e$  : Priemerná vonkajšia teplota ( $^{\circ}C$ )

Priemerný denný dopyt po energii  $B_j$  (kWh/deň) a ročná potreba  $B$  (kWh/rok) sa stanovujú vo vzťahu k  $V_j$  a  $\Delta T$ , pri tepelnej kapacite vody  $1,16 \text{ Wh/liter/}^\circ\text{C}$ :

$$B_j = C_p \cdot V_j \cdot \Delta T = 1,16 \cdot V_j \cdot \Delta T / 1000 \quad B = 365 B_j = 0,423 \cdot V_j \cdot \Delta T$$

Ročnú solárnu produkciu  $E$  (kWh/rok) a ročnú produktivitu  $E_1$  (kWh/m<sup>2</sup>/rok) je možné vyjadriť nasledovne:

$$E = C_S \cdot B = S_c \cdot R \cdot I_1 \quad E_1 = R \cdot I_1 = B \cdot C_S / S_c$$

Priemernú dennú solárnu produkciu  $E_j$  (kWh/deň) a priemernú dennú produktivitu  $E_{1j}$  (kWh/m<sup>2</sup>/deň) je možné vyjadriť nasledovne:

$$E_j = C_S \cdot B_j = S_c \cdot R \cdot I_{1j} \quad E_{1j} = R \cdot I_{1j} = B_j \cdot C_S / S_c$$

Je možné urobiť nasledovné odvodenia:

$$R / C_S = (B_j / I_{1j}) / S_c \quad \text{alebo} : R / C_S = (1,16 \cdot V_j \cdot \Delta T / I_{1j}) / S_c / 1000$$

Je možné vidieť, že  $R / C_S$  a  $V_j / S_c$  sú úmerné pomeru  $k$ :

$$k = (R / C_S) / (V_j / S_c) = (1,16 \cdot \Delta T) / I_{1j} / 1000$$

Rovnakým spôsobom, pomery  $E_{1j} / C_S$  a  $V_j / S_c$  sú úmerné pomeru  $k'$ :

$$k' = (E_{1j} / C_S) / (V_j / S_c) = 1,16 \cdot \Delta T / 1000$$

A pomery  $E_1 / C_S$  a  $V_j / S_c$  sú úmerné pomeru  $k''$ :

$$k'' = (E_1 / C_S) / (V_j / S_c) = 0,423 \cdot \Delta T \quad \text{ako } E_1 = 365 E_{1j}$$

Koeficienty, ktoré definujú úmeru  $k'$  a  $k''$  závisia len na náraste priemernej teploty vody, keďže vplyv slnečného žiarenia je zahrnutý do hodnoty  $E_1$  a  $E_{1j}$ . Koeficient  $k$  závisí len na  $\Delta T$  a slnečnom žiarení. V každom prípade, meteorologické podmienky na mieste a požadovaná teplota teplej vody sú pre definovanie týchto koeficientov dostatočné.

V prípade prípadovej štúdie, ktorú sme uviedli pre Perpignan, je možné odvodiť nasledovné hodnoty:

$$I_1 = 4,7 \text{ kWh/deň};$$

$$T_e = T = 15,5^\circ\text{C}$$

$$T_{ec} = 45^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 29,5^\circ\text{C}$$

$$k = 0,00728 = 1/137 \quad k' = 0,0342 = 1/29 \quad k'' = 12,48$$

Pomer  $V_j/S_c$  na úrovni  $75 \text{ l/m}^2$  tu zodpovedá pomeru  $R/C_S = 75/137$ , ktorý je  $0,55$ .

Kalkulácie robené SOLO pre  $26,7 \text{ m}^2$  dávajú solárny podiel  $68\%$  a účinnosť  $37,7\%$ , čo je pomer  $R / C_S$  rovný  $0,55$ .

Ak uvažujeme o ročnej produktivite, dospejeme k rovnakému typu výsledku. Pomer  $V_j/S_c$  na úrovni  $75 \text{ l/m}^2$  zodpovedá pomeru  $E_1/C_S = 75 \times 12,48 = 936$ . Kalkulácie robené SOLO pre  $26,7 \text{ m}^2$  dávajú solárny podiel  $68\%$  a ročnú produktivitu  $636 \text{ kWh/rok}$ , čo je pomer  $R/C_S$  rovný  $936$ .

Táto závislosť medzi pomermi  $R/C_S$ ,  $E_{1j}/C_S$  a  $V_j/S_c$  ukazuje, že výber špecifického pomeru veľkosti  $V_j/S_c$  má rovnaký efekt ako využitie konkrétnych hodnôt pre pomery výkonnosti  $R/C_S$  a  $E_{1j}/C_S$ .

Najmä:

- Ak sa pomer  $V_j/S_c$  zníži, solárny podiel sa zvýši, a zároveň klesne účinnosť, preto sa pomer  $R/C_S$  zníži (rýchlejšie ako solárny podiel).



- Ak sa pomer  $V_j/Sc$  zvýši, solárny podiel sa zníži, a zároveň sa zvýši účinnosť, preto sa pomer  $R/CS$  zvýši (rýchlejšie ako solárny podiel). Je možné vidieť, že účinnosť (alebo produktivita) a solárny podiel sú dva parametre veľkosti, ktoré sú v protiklade. Je potrebné nájsť medzi nimi kompromis. Napokon je potrebné uviesť, že keďže  $C_s$  a  $R$  nie sú nezávislé, existuje jeden a len jeden pár ( $C_s$ ,  $R$ ), ktorý dokáže dosiahnuť daný pomer  $R/CS$ .

V našom príklade pre Perpignan, pomer  $R/CS = 0,55$  sa dosiahne párom ( $R = 37,7\%$ ;  $CS = 68\%$ ). Pár ( $44\%$ ;  $80\%$ ), ktorý ponúka rovnaký pomer, nie je možné dosiahnuť, pretože ak solárny podiel vzrastie z  $68\%$  na  $80\%$ , účinnosť klesne.

### Komplementárne príklady

Pomery  $k$ ,  $k'$ ,  $k''$  sú vysoko závislé na požiadavkách na mieste; to vyjadruje rozdiel vo výkonnosti solárnych systémov vo vzťahu ku konkrétnej lokalite a dopytu. Výber pevného pomeru  $V_j/C_s = 75 \text{ l/m}^2$  pre predbežné dimenzovanie, v prípade absencie akéhokoľvek iného kritéria, znamená, že nárast v solárnom podiele vo vzťahu k účinnosti je podporený pri posune z menej priaznivých do priaznivejších podmienok.

Tu je niekoľko príkladov výsledkov dosiahnutých rôznymi konfiguráciami:

Miesto	Te °C	Vj l	Sc m <sup>2</sup>	Bj kWh	B MWh	I kWh/m <sup>2</sup> /rok	Vj/Sc l/m <sup>2</sup>	R/CS	Cs	R	E1 kWh/m <sup>2</sup> /rok
Perpignan	45	2000	26,7	25,0	1697	75,0	0,55	67,9%	37,5%	636	
Perpignan	60	2000	26,7	37,8	1702	75,0	0,83	49,0%	40,8%	694	
Perpignan	60	1325	26,7	25,0	1699	49,7	0,55	62,0%	34,2%	581	
Perpignan	60	1325	17,7	25,0	1702	75,0	0,83	48,4%	40,2%	684	
Paríž-Trappes	45	2000	26,7	29,6	1233	75,0	0,90	47,9%	43,1%	532	

Príklady 1 a 5 zodpovedajú štandardným potrebám: 2 000 l/deň vody pri teplote 45 °C v Perpignane (1) alebo v Paríži (5). Je možné vidieť, že solárny podiel je oveľa nižší v Trappes, pričom účinnosť je mierne vyššia.

- Solárny podiel je oveľa nižší v Trappes, pretože potreby sú väčšie (chladnejšia voda) a slnečné žiarenie je menej významné.
- Účinnosť je mierne vyššia v Trappes, pretože kolektory fungujú pri nižšej teplote a je tu menej prebytku energie v lete.

Prípady 2, 3 a 4 sú vytvorené pre prípravu vody teplej 60 °C. V prípade 2 zostáva  $V_j$  na úrovni 2 000 l/deň, čo je ekvivalentom zvýšenia potrieb. V prípade 3 a 4 je  $V_j$  znížené, aby sa zabezpečili rovnaké energetické potreby. V prípade 3 je plocha povrchu kolektorov  $Sc$  zachovaná, v prípade 4 je  $Sc$  prepočítaná, aby sa zabezpečilo, že pomer  $V_j/Sc = 75$ .

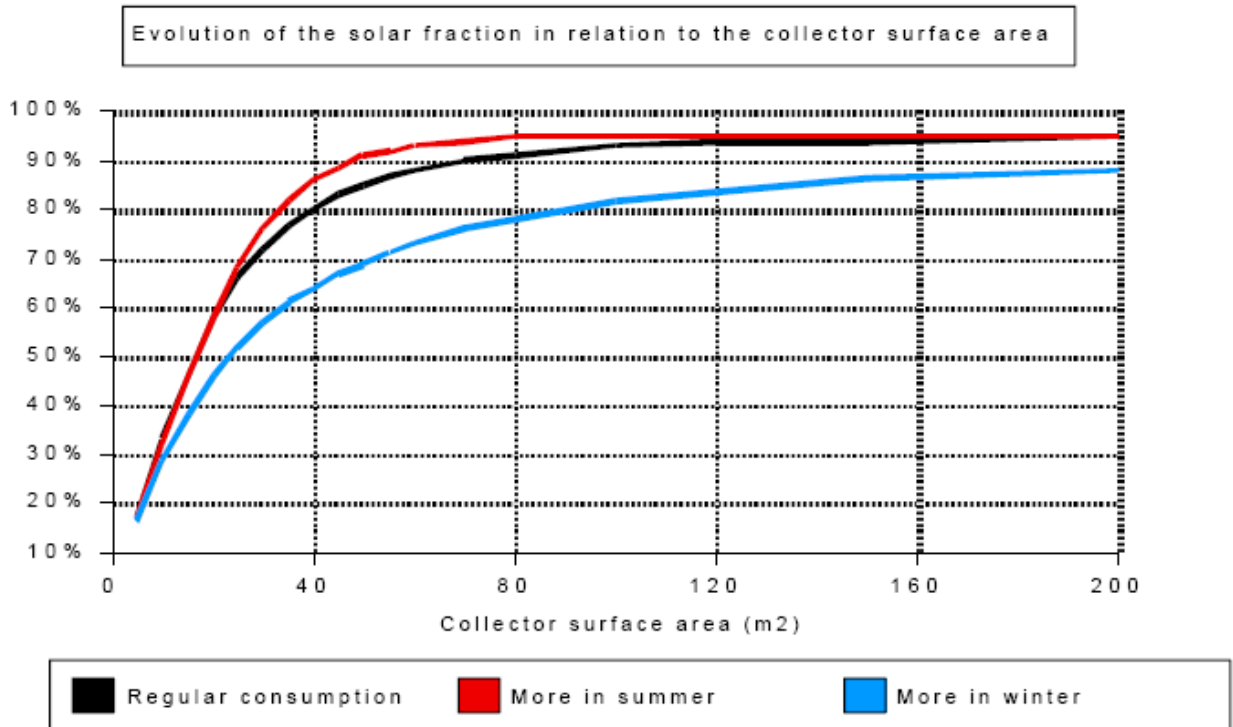
### Sezónne vplyvy

Sezónne vplyvy zosilňujú pozorované fenomény. Aby sme to objasnili, zoberieme príklad uvádzaný v 3.2.1.2. Z našej prípadovej štúdie sme videli, že nad 100 m<sup>2</sup> sa nezíska nič podstatné navyše. Detailná štúdia ukazuje, že 120. m<sup>2</sup> produkuje počas roka menej ako 10 kWh užitočnej energie. To znamená 3 kWh za mesiace od novembra do januára, a celkove 1 kWh pre 9 mesiacov od februára do októbra.

Vysvetlenie: okrem zimy je solárny podiel vyšší ako 100% takmer každý deň (posledný m<sup>2</sup> nemá žiadne užitočnosť). Avšak v prípade zlého počasia je produkcia nízka alebo žiadna.

120. m<sup>2</sup> sa používa len pri zlom počasí a tak produkuje len veľmi málo a súhrn počas 9 mesiacov je zanedbateľný.

Tento vplyv je zvýraznený alebo znížený, ak sa spotreba a dopyt menia počas roka. Ak zoberieme do úvahy rovnaký príklad s rovnakou priemernou dennou spotrebou, ale s odchýlkami počas roka; je možné zobrazíť tri rôzne krivky podľa rozdelenia obdobia spotreby:



Vyššia spotreba v lete mierne vylepšuje výkonnosť.

Vyššia spotreba v zime má dramatický efekt, keďže nadprodukcia v lete je veľmi vysoká.

Podľa sezónnych potrieb, rovnaký systém (40 m<sup>2</sup>) dodáva: 64%, 80% alebo 86% rovnakej ročnej požiadavky na energiu.

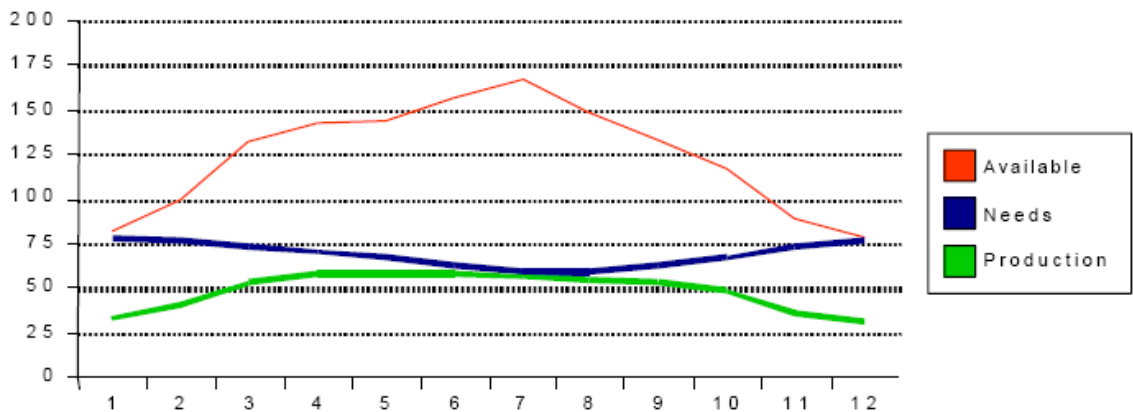
Produktivita kolektorov je 400, 500 alebo 540 kWh/m<sup>2</sup>/rok. V prípade 30 m<sup>2</sup>, hodnoty sú hodnoty na úrovni 475, 600 alebo 635 kWh/m<sup>2</sup>/rok pre solárny podiel 57%, 72% alebo 76%.

Preto by mal byť pomer (plocha povrchu kolektorov/spotreba) znížený, aby sa udržala dobrá produktivita, ak je spotreba v zásade v zime.

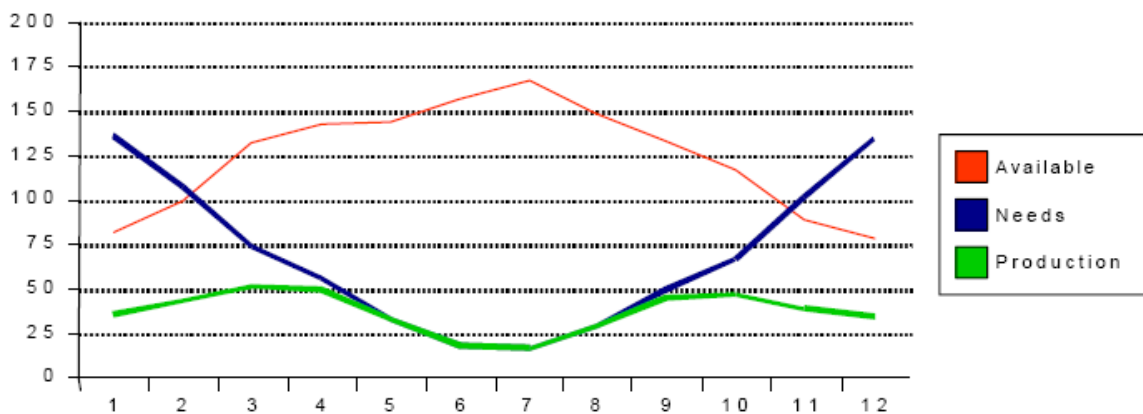
Je možné vidieť, že tieto charakteristiky by sa mali brať do úvahy, aby sa zlepšilo predbežné dimenzovanie.

Sezónne vplyvy sú jasne prepojené s problémom nadprodukcie v lete, ako je znázornené na grafe nižšie, ktorý znázorňuje vývoj produkcie po jednotlivých mesiacoch, vo vzťahu k solárnej energii, ktorá je k dispozícii a potrebe teplej vody (prípadová štúdia: 2 000 l/deň pre stabilnú spotrebu, Perpignan, 30 m<sup>2</sup>).

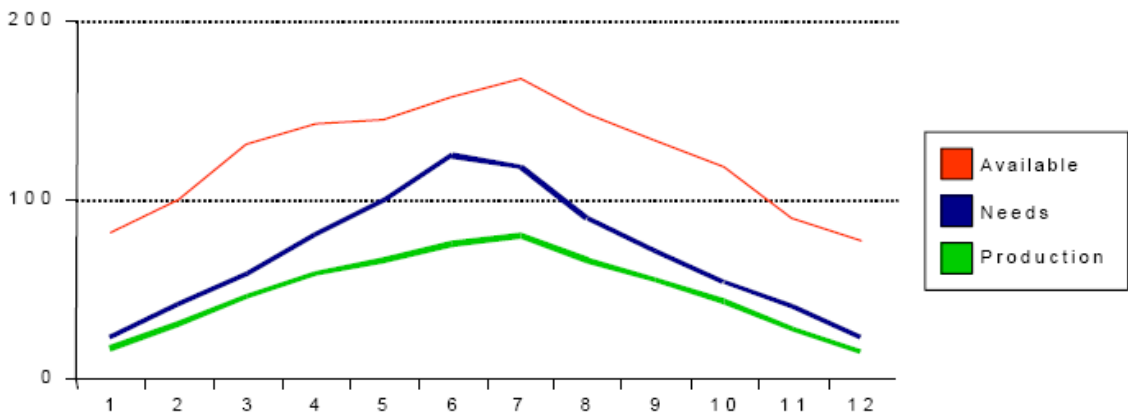
Regular consumption : Daily energy figures as a monthly average (kWh)



Consumption in winter : Daily energy figures as a monthly average (kWh)



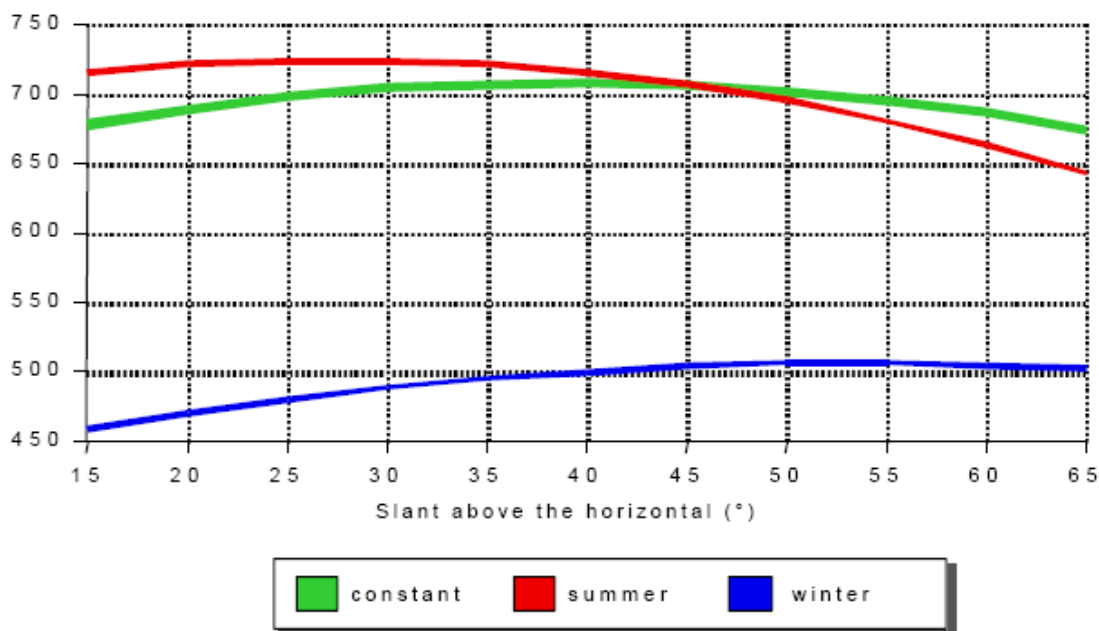
Consumption in summer : Daily energy figures as a monthly average (kWh)



Sezónne vplyvy na solárnu produkciu

## Vplyv sklonu

Graf nižšie znázorňuje relatívny vplyv sklonu a sezónnej spotreby na produktivitu kolektorov ( $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{rok}$ ) pre solárny systém v Perpignane a predbežné dimenzovanie na úrovni  $75 \text{ l}/\text{m}^2$ .



Produktivita vo vzťahu k sklonu a sezónnej spotrebe

## Užitočné princípy pre objem zásobníka

### Úloha dennej zásoby

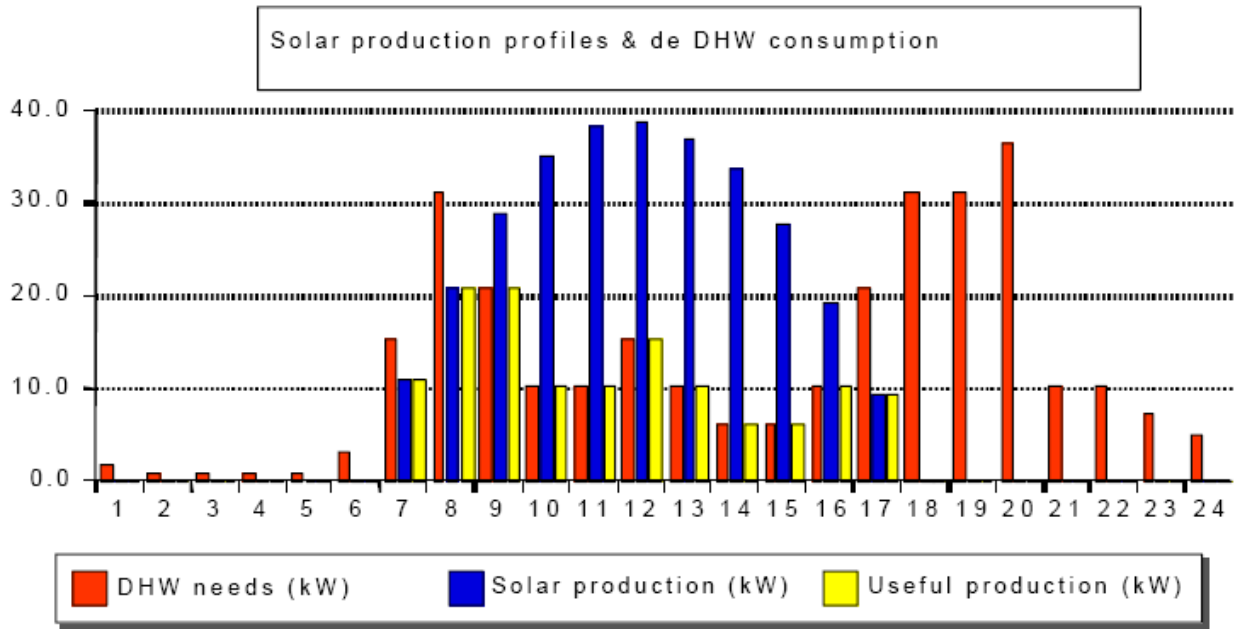
Dimenzovanie objemu zásobníka je menej dôležité ako dimenzovanie plochy povrchu kolektorov, ale nemalo by sa zanedbávať. Vplyv na výkonnosť sa prejaví len v prípade, ak je objem zásobníka príliš poddimenzovaný. Definícia pre predbežné dimenzovanie: objem zásobníka sa rovná spotreba počas jedného dňa zostáva stále prijateľným kompromisom. Prípadne je možné objem mierne znížiť, aby sa znížili náklady.

Analýza úlohy zásoby odôvodňuje základný odhad a naznačuje podmienky, za ktorých môže byť potrebná úprava.

Objem zásobníka limituje vplyv vyrovnania produkcie na vyhovenie potrebám tým, že ponúka čiastočné odďazovanie medzi profilmi produkcie a spotreby, ktoré najviac zodpovedajú dennému cyklu.

- Solárne žiarenie, ktoré počas noci nie je, kopíruje graf v tvare zvona,
- Spotreba sa zvyčajne sústreďuje do 2 alebo 3 špičkových hodín. Najčastejšie špičkové obdobia sú okolo 7 až 8 hodiny ráno, okolo 18-20 hodiny večer, a niekedy okolo poludnia. Dve špičkové obdobia sú často veľmi jasne označené: spotreba môže vzrásť z 1 na 10 medzi obdobia nízkej a vysokej spotreby.

Ak zoberieme do úvahy systém vo veľkosti hotela tak, že denná produkcia len pokrýva potreby, ktoré sú 300 kWh pre slnečný deň v marci. Hodinové profily sú znázornené na grafe nižšie (hodnoty v kWh).



Teoretická solárna produkcia je približne 300 kWh, ale užitočná produkcia, bez zásobníka, je len 132 kWh, čo je menej ako 50% potenciálneho výkonu.

Pri objeme zásobníka, ktorý sa rovná dennej spotrebe sa dá vyhnúť efektu nadprodukcie počas dňa a nárast teploty v kolektoroch, ktorý by mohol ovplyvniť ich účinnosť, je obmedzený.

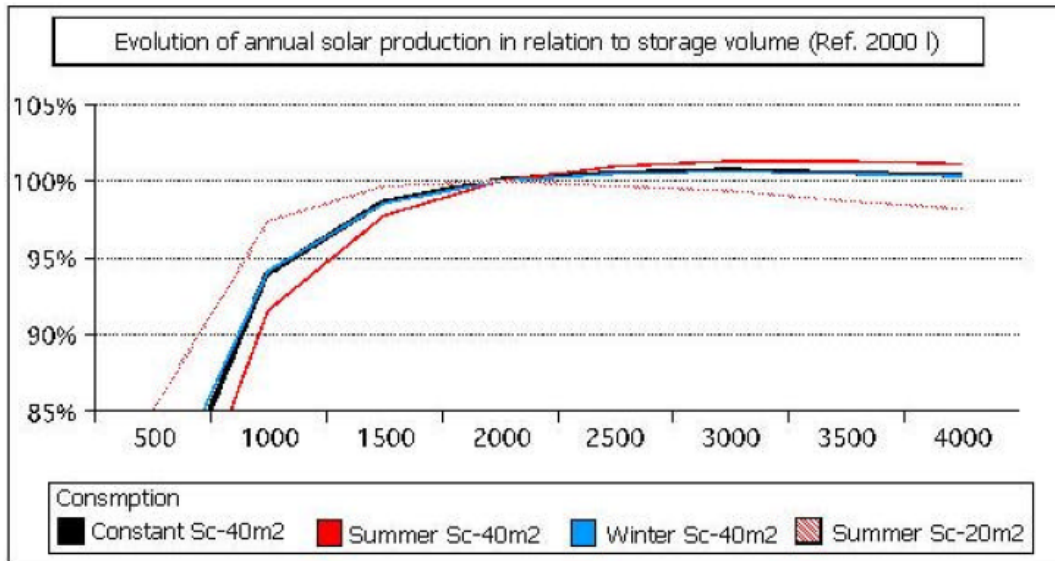
#### Vplyv variácií na denný objem zásobníka

V prípade prípravy teplej vody pre domácnosť nie je možné kompenzovať odľazovanie v priebehu dlhších časových úsekov (viac ako deň). Aby to bolo možné, objem zásobníka by musel byť podstatne zvýšený, a to by spôsobilo:

- podstatný nárast investičných nákladov pre pomerne malý zisk;
- pokles priemernej teploty v zásobníku a preto v kvalite dodávanej solárnej energie: ak má studená voda teplotu 10 °C, akumulačný zásobník 40 °C a požadovaná teplota vody je 50 °C, potom musí záložný zdroj dodávať 25% potreby (ohriatie zo 40°C na 50°C) pri akomkoľvek množstve naakumulovanej energie.

Pre nasledovný graf je možné uviesť dva podstatné faktory veľkosti:

- Sezónne odchýlky majú vplyv. Užitočnosť objemu zásobníka závisí viac na spotrebe v lete ako v zime.
- Veľkosť objemu zásobníka závisí na veľkosti povrchovej plochy kolektorov: z rovnakých dôvodov je možné zvýšiť objem zásobníka, ak sa tiež zvýši plocha povrchu kolektorov a zníženie objemu zásobníka si vyžaduje zníženie plochy kolektorov.



### 3.2.6 Prispôsobenie údajov týkajúcich sa plochy kolektorov a objemu zásobníka

Je možné otestovať rôzne techniky, v závislosti na skúsenostiach projektanta a zložitosti problému. Avšak prístup, ktorý bol popísaný, dáva vo všeobecnosti uspokojivé výsledky:

#### a) Definovanie teoreticky optimálnej plochy povrchu

- Použijú sa hodnoty z predbežného dimenzovania pre uhol sklonu kolektora „Incl0“ a objem zásobníka  $V_0$ . Na výpočet výkonnosti pre tri rôzne predbežne dimenzované plochy povrchu sa následne použije metóda SOLO:  $S_{min}$ ,  $S_0$ ,  $S_{max}$ . Získajú sa podrobné výkonnosti týchto systémov (potreby energie, solárny podiel, produktivita...).
- Následne sa vypočítajú ostatné parametre, ktoré sa týkajú kritérií a obmedzení projektu, najmä náklady (investícia a energia).
- Odvodí sa buď nízky rozsah ( $S_{min}$ ,  $S_0$ ) alebo vysoký rozsah ( $S_{max}-S_{min}$ )/2 so stredom na  $S_0$ . (Pri určitej skúsenosti s projektovaním môže byť rozdiel vo rozsahu veľkosti vydelený 2).
- Táto operácia sa opakuje, pokiaľ sa nenájde teoreticky optimálny výsledok  $S'_0$ . Presnosť bude obmedzená na veľkosť kolektora.

#### b) Úprava uhlu a objemu zásobníka

- Potom sa urobia simulácie pre tri parametre ( $S'_0, Incl_0, V_{min}$ ), ( $S'_0, Incl_0, V_{max}$ ), ( $S'_0, Incl_{Min}, V_0$ ), ( $S'_0, Incl_{Max}, V_0$ ).
- Následne sa vypočítajú ostatné parametre, ktoré sa týkajú kritérií a obmedzení projektu, najmä náklady (investícia a energia).
- Najlepší uhol sklonu sa vo všeobecnosti vyberie priamo. Pre objem zásobníka sa rozsah veľkosti zníži opakovanými výpočtami, ako pre plochu povrchu zásobníka.

#### c) optimalizácia plochy povrchu kolektora

Ak je medzi hodnotami z predbežného dimenzovania pre uhol kolektora a objem zásobníka veľký rozdiel, je možné plochu povrchu kolektorov presnejšie upraviť s využitím konečných čísel pre uhol sklonu kolektora a objem zásobníka. Oveľa znížený rozsah so stredom na

teoretickom optime  $S'0$ : potom sa otestuje buď [ $S'0-10\%$ ,  $S'0+10\%$ ], alebo častejšie [ $S'0-5\%$ ,  $S'0+5\%$ ] vo vzťahu na rozdiel, ktorý je možné pozorovať v dosiahnutých výsledkoch.

*Príklady: základ: 7500 l/deň voda pri teplote 50°C ( $S0 = 100$ ,  $V0 = 7500$ )*

*Príklad 1: Perpignan, kritérium TR obmedzenie  $CS > 50\%$*

*Príklad 1': Perpignan, kritérium TR obmedzenie  $CS > 50\%$ , letná spotreba*

*Príklad 1: Perpignan, kritérium TR obmedzenie  $CS > 50\%$ , zimná spotreba*

*Príklad 2: Trappes, kritérium TR obmedzenie  $CS > 50\%$*

*Príklad 2': Trappes, kritérium TR obmedzenie  $CS > 50\%$ , limitovaná plocha povrchu*

### 3.2.7 Dimenzovanie tepelného výmenníka

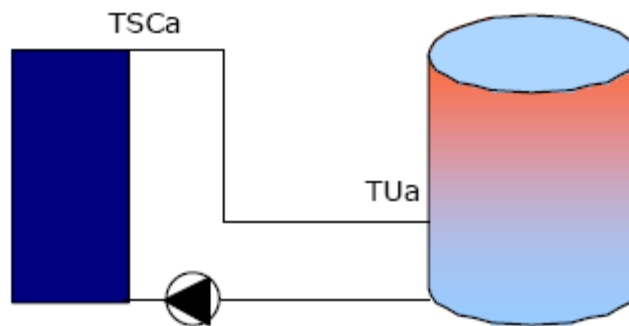
Najčastejšie používané systémy využívajú tepelný výmenník medzi primárnym okruhom (okruh kolektora) a sekundárnym okruhom (okruh solárneho zásobníka), najmä kvôli použitiu nemrznúcej kvapaliny v kolektoroch, ktorá je v Európe nevyhnutnosťou, ak nie je prevádzka systému obmedzená len na leto.

Výmenník tepla znižuje celkovú účinnosť systému, keďže je príčinou nárastu teploty vody v kolektoroch a preto nárastu ich tepelných strát.

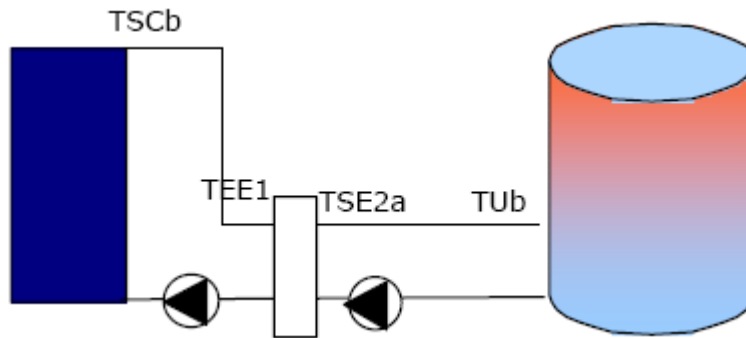
Užitočný výkon systému  $P_u$  je možné odhadnúť v dvoch prípadoch (s a bez výmenníka tepla) počas slnečného dňa:

- Kolektor: špecifikácie  $B = 0,8$ ;  $K = 5 \text{ W/m}^2/\text{°C}$ ,
- Zanedbateľné straty primárneho a sekundárneho okruhu,
- Izolácia:  $I = 1000 \text{ W/m}^2$  a vonkajšia teplota =  $20\text{°C}$ ,
- Priemerná teplota vody v kolektore:  $T_m = 60\text{°C}$ ,
- Výmenník tepla: jednotkový koeficient výmeny  $K_{\text{éch1}} = 100 \text{ W/°C na m}^2$  kolektora.

a) Bez výmenníka tepla: Teplota vstupu do zásobníka  $T_{Ua} = T_{SCa}$  (výstup zo zásobníka)  
 $P_{ua} = B I - K (T_{ma} - T_{\text{ext}}) = 0,8 \times 1000 - 5 (60 - 20) = 600 \text{ W/m}^2$



b) S výmenníkom tepla: Teplota vstupu do výmenníka  $T_{Ub} = T_{SE2a}$  (sekundárny výstup).  
Prenos užitočnej produkcie cez výmenník tepla si vyžaduje rozdiel teploty  $\Delta T_{\text{éch}} = T_{EE1} - T_{SE2}$  medzi vstupom na primárnu stranu a výstupom na sekundárnej strane.



Kedže straty na primárnom okruhu sú zanedbateľné, platí nasledovné:

$$TSCb - TUb = TSCb - TSE2 = TEE1 - TSE2 = \Delta T_{éch} = P_u / K_{éch1} = 700 / 100 = 7^\circ\text{C}$$

Aby sme mali rovnakú teplotu vstupu do zásobníka:  $TUb = TUa$ , potom platí:

$$TSCb - TSCa = TSCb - TUa = TSCb - TUb = 7^\circ\text{C}$$

Ako predbežný odhad,  $Tmb - Tma = TSCb - TSCa$ .

Zvýšenie teploty kolektora znižuje užitočný výkon v závislosti na koeficiente K pre kolektor:

$$P_{ub} = B \cdot I - K (Tmb - T_{ext}) = 0,8 \times 1000 - 5 (60 + 7 - 20) = 565 \text{ W/m}^2$$

35 W a 5% účinnosti sú stratené. Je možné uviesť číslo:  $5 \text{ W/m}^2$  straty na stupeň rozdielu teploty vo výmenníku tepla.

Stratu účinnosti  $\Delta r$  počas slnečného dňa je možné odhadnúť nasledovne:

$$\Delta r = K / K_{éch1} \text{ (v našom príklade, } \Delta r = 5 / 100 = 5 \%)$$

$\Delta r$  je približne 3% ak  $K_{éch1} = 150 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}$  a 10% ak  $K_{éch1} = 50 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}$ . To je číslo zvolené pre výpočty SOLO. V praxi sa nejde nižšie ako  $100 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}$ , ktoré limituje stratu účinnosti na 5% ak je K kolektora = 5.

V prípade vnútorného výmenníka tepla, je potrebné skontrolovať, či je koeficient výmeny, zvyčajne špecifikovaný výrobcom akumuláčného zásobníka, podobný  $100 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}$ .

### 3.2.8 Dimenzovanie primárneho okruhu: rúrkové rozvody a čerpadlá

Úlohou primárneho okruhu je zabezpečiť prietok vody medzi kolektormi a výmenníkom tepla.

Okruh zahŕňa:

- Izolované cirkulačné rúrky,
- Čerpadlo,
- Nemrznúce teplotnosné médium,
- Bezpečnostné doplnky (obmedzovacie ventily, nevratné ventily, ventily regulácie prietoku, vypúšťacie ventily, vyrovnávaciu nádrž)

*Hydraulické dimenzovanie*



Parametre dimenzovania sú: prietok, priemer rúrok, výkon čerpadla.

Prietok je úmerný ploche povrchu kolektorov. Zvyčajne sa používa prietok blízky 50 litrom na štvorcový meter plochy kolektorov.

Dimenzovanie rúrok a čerpadiel sú vzájomne prepojené. Je potrebné zabezpečiť plánovaný prietok cez kolektory. Najmä je potrebné zabezpečiť, že celková strata tlaku v okruhu (vrátane kolektorov) je nižšia ako strata tlaku, ktorá je povolená pre čerpadlo pri plánovanom prietoku.

Rúrky sa dimenzujú za účelom dodržania tohto obmedzenia straty tlaku. Keďže rozmiestnenie a dĺžka rúrok sú zvyčajne dané, je možné meniť priemer rúrok a výkon čerpadla.

Vo všeobecnosti je potrebné zabezpečiť, že prietok v rúrkach by nemal prekročiť 1 m/s.

Ak budeme uvažovať o prietoku 50 l/m<sup>2</sup>/h, vnútorný prierez rúrok vyjadrený v mm<sup>2</sup> by mal byť približne 14 krát plocha povrchu kolektorov (vyjadrená v m<sup>2</sup>).

Napríklad, v prípade plochy kolektorov 100 m<sup>2</sup>, vnútorný priemer hlavného potrubia by mal byť 42 mm (1 400 mm<sup>2</sup>).

Straty tlaku v okruhu, ktorý obsahuje nemrznúci roztok (vodný roztok propylénglykolu) bude vyšší ako v okruhu obsahujúcom vodu, a zvyšuje sa v závislosti na koncentrácii nemrznúceho roztoku.

Ak je koncentrácia menšia ako 45% hmotnosti, pokles tlaku v okruhu by sa mal zvýšiť nasledovnými priemernými koeficientmi:

- Medené rúrky: 1,2
- Oceľové rúrky: 1,1

Čerpadlá sa dimenzujú tak, aby sa prekonali straty tlaku v okruhu, keď je prietok rovný maximálnemu povolenému prietoku pre hydraulický okruh.

Celková strata tlaku závisí na konfigurácii systému. Priemerná lineárna strata tlaku bude zvyčajne okolo 10 mm vodného stĺpca na meter rúrok.

Výkon motora čerpadla (vo wattoch) sa určí z nasledovnej rovnice:

$$P = (K \cdot Q \cdot H \cdot \rho \cdot g) / R$$

Kde:

- Q je prietok v m<sup>3</sup>/s,
- H je údaj manometra v metroch vody, vypočítaný vo vzťahu k strate tlaku v okruhu a typu teplotného média,
- ρ je hustota teplotného média v kg/m<sup>3</sup>,
- g je zrýchlenie vzhľadom na gravitáciu v m/s<sup>2</sup>,
- R je účinnosť skupiny čerpadlo/motor, ktorý by mal byť vyšší ako 0,8.
- K je koeficient nadbytkového výkonu, od 1,15 do 1,25, ktorý je potrebný na prekonanie straty tlaku vzhľadom na ukladanie vodného kameňa v okruhu (sekundárny okruh) alebo na zmeny viskozity teplotného média kvôli zmenám teploty (primárny okruh).

### *Tepelná izolácia*

Zlá kvalita izolácie rúrok môže mať značný vplyv na výkonnosť solárneho systému.

Za účelom zníženia tepelných strát by mali byť rúrkové rozvody čo najkratšie. Ako všeobecné pravidlo by sa nemalo používať viac ako 3 až 5 dĺžkových metrov na m<sup>2</sup> plochy povrchu kolektorov.

Hrúbka tepelnej izolácie rúrok závisí na tepelných charakteristikách. Tepelný odpor izolačného materiálu by mal byť rovný materiálu s tepelnou vodivosťou  $\lambda = 0,04 \text{ W /m}^2 \cdot \text{°C}$ , pre ktorý je uvedená jeho hrúbka, bez poťahu, v nasledovnej tabuľke.

Priemer rúrky (mm)	Hrúbka izolácie $\lambda = 0,04 \text{ W /m}^2 \cdot \text{°C}$ (mm)
<60	30
70 až 114	40
139 až 250	50
> 250	60

Tepelnú izoláciu primárneho okruhu by mala byť zabezpečená izolačnými materiálmi, ktoré sú primerane chránené pred vonkajším opotrebením:

- Pre vnútorné použitie by mal byť ochranný poťah zosilnený kovovým alebo plastovým obloženie,
- V prípade vonkajšieho použitia by mala byť izolácia chránená pred vplyvmi počasia a vodotesná primeranou povrchovou úpravou (napríklad bituménovými páskami alebo vodotesnými izolačnými materiálmi).

Izolácia	Tepelná vodivosť (W/m <sup>2</sup> ·°C)
Korkové platne	$\lambda = 0,048$
Ľahčený korok	$\lambda = 0,043$
Sklená vlna	$\lambda = 0,041$
Polystyrén zodpovedajúci norme NF T 56-201 Trieda V	$\lambda = 0,037$
Izolácia s uzatvorenými bunkami (Typ Armaflex alebo podobný)	$\lambda = 0,035$
Pevná polyuretánová pena zodpovedajúca norme NFT 45-203, kontinuálna expanzia	$\lambda = 0,024$

Ak sa používa tvarovaná polkruhová izolácia rúrok, mala by sa inštalovať so spojmi umiestnenými striedavo a upevnená kruhovými úchytkami, šnúrkami alebo nehrdzavejúcim materiálom, v rozstupoch nie väčších ako 0,50 m, s najmenej 3 kusmi pre každú dĺžku tvarovanej izolácie.

### 3.2.9 Dimenzovanie bezpečnostného vybavenia

#### Vyrovňavacia (expanzná) nádrž

Bezpečnostné opatrenia, ktoré sa vzťahujú na solárne systémy sú špecifikované v DTU 65.11. Týkajú sa hlavne uzatvorených vyrovnávacích nádrží.

Expanzné rúrkové musia byť schopné zabezpečiť prietok teplotného média rýchlosťou menej ako 0,1 m/s, ak je expanzia na svojom maxime.

Nominálny priemer d (mm) expanzných rúrok je možné vypočítať prostredníctvom nasledovného vzorca:

$$d = 120 (\alpha \cdot P / \rho \cdot C_p)$$

Kde:

- $P$  : maximálny výkon poľa kolektorov (kW),
- $C_p$  : tepelná kapacita teplotnosného média (J/kg),
- $\alpha$  : koeficient priemernej expanzie objemu teplotnosného média z 0 °C na 110 °C,
- $\rho$  : hmotnosť teplotnosného média pri teplote 110 °C a príslušnom tlaku.

Užitočná kapacita vyrovnávacej nádrže by mala byť prinajmenšom taká, aký je nárast objemu spôsobený expanziou teplotnosného média v primárnom okruhu medzi teplotami 0 °C a 110 °C (čo je približne 10% objemu primárneho okruhu).

V prípade uzatvorených nádrží je potrebné dodržať túto podmienku s ohľadom na maximálny povolený tlak vo všetkých častiach okruhu.

Ak používa uzatvorené nádrž membránu, táto by mala byť kompatibilná s teplotnosným médiom.

Na rúrkových rozvodoch medzi vyrovnávacou nádržou a primárnym okruhom by nemali byť žiadne ventily.

Vyrovňavacia nádrž by mala kompenzovať expanziu teplotnosného média v systéme.

Objem nádrže  $V$  by mal byť mierne väčší ako expanzia kvapaliny.

Určí sa z celkového objemu okruhu prostredníctvom rovnice:

$$V = V_c \cdot K_d / \eta$$

Kde:

- $V_c$  je objem teplotnosného média (l),
- $K_d$  je koeficient expanzie pri maximálnej prevádzkovej teplote (teplota stagnácie kolektora) (%),
- $\eta$  je užitočný efekt vyrovnávacej nádrže [ $\eta = (P_2 - P_1) / P_1$  pri  $P_2$  : absolútny tlak, pri ktorom sa otvoria bezpečnostné ventily a  $P_1$  : absolútny tlak naplnenia vyrovnávacej nádrže].

### *Odvzdušňovací ventil*

Všetky najvyššie body primárneho okruhu by mali byť vybavené odvzdušňovacími ventilmi (automatické odvzdušňovacie ventily alebo odvzdušňovacie uzávery). Špeciálnu pozornosť treba venovať vysokým bodom na bojleroch. V prípade použitia automatických odvzdušňovacích ventilov je potrebné inštalovať čerpadlá, aby sa príslušný kompletný okruh udržal v stave vysokého tlaku.

### *Ventily*

Bezpečnostné ventily by mali byť v súlade s normou NFP 52-001 a mali by byť nastavené na tlak, ktorý je nižší ako maximálny prevádzkový tlak systému.

Mali by byť umiestnené priamo na výstupné vedenie z kolektora, bez akýchkoľvek prekážok medzi kolektormi a bezpečnostným ventilom.

Ak nie je žiadne iné bezpečnostné zariadenie proti prehriatiu, a za účelom predídenia akémukoľvek riziku pretlaku v uzatvorenom okruhu, je potrebné vybrať bezpečnostný ventil, tak aby vypustil tok pary vo vzťahu k maximálnemu tlaku dosiahnutému kolektormi, bez účinného pretlaku vyššieho ako 0,5 baru, s ohľadom na nominálny prevádzkový tlak v kolektoroch.

Minimálny vnútorný priemer bezpečnostnej rúrky je možné vypočítať vo vzťahu k maximálnemu výkonu poľa kolektorov P, prostredníctvom nasledovnej rovnice:

$$d \text{ (mm)} = 15 + 1,4P$$

Kde:  $d > 26 \text{ mm}$  a  $P$  v kW

### 3.3 Odhad projektu

#### 3.3.1 Technicko-ekonomické odhady

V štádiu predbežnej štúdie je potrebné urobiť technicko-ekonomické zhodnotenie s ohľadom na Garantované solárne výsledky (GSV).

Štúdia by mala obsahovať:

- Odhad konštrukčných nákladov na inštaláciu systému s cieľom globálnych nákladov,
- Odhad ročných variabilných nákladov, nákladov na údržbu zariadení a nákladov na monitorovanie (telemonitorovanie, tele-dohľad...),
- Hypotézu pre referenčné konvenčné náklady na energiu (náhradný zdroj energie pre záložný zdroj energie),
- Očakávanú dodanú energiu ročne,
- Dopad na životné prostredie (redukcia CO<sub>2</sub>)
- Hrubý čas návratnosti investície
- Celkové náklady na systém v rámci celej životnosti, prepočítané na súčasnú hodnotu.

#### Investícia

Investície zahŕňajú všetky náklady týkajúce sa projektovania systému, dodávku komponentov a ich inštaláciu, a taktiež náklady na vyškolenie personálu, ktorý bude riadiť a udržiavať systém.

#### Prevádzkové náklady

Prevádzkové náklady sú často ťažko odhadnuteľné, keďže závisia hlavne na výkonnosti systému a spôsobe, akým sa reálne používa teplá voda (potreby, typ a čas používania...).

Prevádzkové náklady sa vypočítajú z nákladov na energiu spotrebovanú záložným systémom a pomocným vybavením (čerpádlá, dohrievače...). Taktiež zahŕňajú náklady na údržbu a telemonitorovanie, a taktiež náklady na personál riadenia systému. V niektorých prípadoch môžu náklady na riadenie systému zahŕňať ročné náklady na bankový úver potrebný na financovanie investície.

$$Opc_0 = \sum_{M=1}^{12} (Enco)_M + Adopc_0$$

Kde:

- $Opc_0$  : náklady na riadenie systému v Euro
- $M$  : indikácia uvažovaných mesiacov
- $Enco$  : mesačné náklady na energiu v Euro
- $Adopc_0$  : dodatočné náklady v Euro

### Náklady na údržbu

Náklady na údržbu zahŕňajú všetky náklady súvisiace s údržbou, opravami alebo výmenou všetkých alebo časti zariadení v solárnom systéme prípravy teplej vody.

### Hrubý čas návratnosti investície

Hrubý čas návratnosti investície je časové obdobie na konci ktorého sa celkové finančné úspory vzhľadom na nahradenie konvenčnej energie slnečnou energiou rovnajú investícii. Obdobie je vo všeobecnosti počet rokov vyjadrených nasledovnou rovnicou:

$$\sum_{i=1}^n Sav_i = Invco$$

Kde:

- $Sav_i$  : úspory v riadení systému a údržbe pre rok  $i$ , v Euro
- $i$  : indikácia uvažovaného roku
- $Invco$  : hodnota investície v Euro

Hrubý čas návratnosti investície je kritérium, ktorá sa často používa finančníkmi v prvej analýze pre zhodnotenie zaujímavosti solárneho systému.

### Celkové náklady prepočítané na súčasnú hodnotu

Analýza rôznych riešení v zmysle celkových nákladov ponúka odhad všetkých prvotných investícií a nákladov na riadenie systému: prevádzku, údržbu, platenie úveru a bankové náklady, v danom ekonomickom horizonte pre dané časové obdobie. Vo všeobecnosti sa používa pre ovplyvnenie rozpočtu na prevádzku alebo pre zhodnotenie ekonomickej zaujímavosti rôznych riešení.

Celkové náklady prepočítané na súčasnú hodnotu (Coût Global Actualisé CGA) je možné formulovať niekoľkými rôznymi spôsobmi; vybrali sme nasledovný vzorec:

$$CGA = CI + na \cdot CE$$

$$na = \sum_{i=1}^{nH} \frac{1}{(1 + \tau a)^i}$$

kde:

- $CI$  : Investičné náklady
- $CE$  : Náklady na riadenie systému
- $\tau a$  : Ročné miera prepočtu na súčasnú hodnotu
- $nH$  : Obdobie, počas ktorého sa celkové náklady prepočítavajú na súčasnú hodnotu

### 3.3.2 Garantované solárne výsledky

Zmluva Garantovaných solárnych výsledkov je záväzok výrobcu solárnych kolektorov, dodávateľa a manažéra systému podporovaného technickým konzultantom, ktorá sa týka ročnej produkcie energie plánovaného solárneho systému.

Solárny systém je vybavený mechanizmom telemonitorovania, ktorý umožňuje zaznamenávať dodanú energiu mesiac po mesiaci.

Po roku prevádzky sa zhodnotí výkonnosť systému:

a) Ak sa rovná energia dodávaná solárnym systémom najmenej 90% vypočítaného odhadu, monitorovanie bude pokračovať počas ďalších štyroch rokov.

b) Ak je dodávaná energia nižšia, zainteresované spoločnosti majú na výber z dvoch možností:

- Zlepšiť inštaláciu na svoje vlastné náklady tak, aby systém dosahoval stanovené ciele
- Odškodniť klienta za chýbajúcu solárnu energiu.

Vo všetkých prípadoch a počas nasledovných piatich rokov by mala byť nameraná produkcia solárneho systému najmenej 90 % vypočítanej produkcie.

Výkonnosť solárneho systému sa vypočíta s využitím „Metódy mesačného odhadu pre výkonnosť tepelného solárneho systému“ (Metóda Solo).

Požadovaná produkcia energie vedie k potrebe konštantného dohľadu dobrého prevádzkového stavu systému a meraniach výkonnosti počas trvania zmluvy.

Preto musí byť solárny systém vybavený telemonitorom pripojeným k telefónnej sieti (jednoduchá telefónna linka na náklady klienta).

Vybavenie telemonitorovania komunikuje na diaľku a má dve funkcie:

- Zabezpečenie trvalej kontroly solárneho systému a prevádzkového stavu všetkých jeho súčastí,
- Okamžité informovanie manažéra systému v prípade poruchy alebo v zvyčajnom pracovnom stave jedného z komponentov systému.

Preto je to nevyhnutný nástroj na získanie „garantovaných“ výsledkov.

#### *Typický plán štúdie uskutočniteľnosti*

V rámci postupu **GRS<sub>Thermique</sub>** by mali byť všetky štúdie uskutočniteľnosti pre solárne systémy na prípravu teplej vody pre domácnosť pozostávať z nasledovných prvkov:

#### 1. Úvod - Prezentácia

- Prezentácie klienta a motivácií projektu
- Typ inštalácie, situácia a veľkosť
- Typ projektu: nový alebo renovácia

#### 2. Popis inštalácie, ktorá má byť dodaná (nová alebo existujúca)

- Typ potrieb, frekvencia, sezónnosť
- Denná spotreba a ročné, mesačné a týždenné profily

- Energetický systém: Existujúci alebo plánovaný, výmena alebo použitie ako doplnkový záložný zdroj.

- Objem akumulčných zásobníkov, existujúci alebo plánovaný.

### 3. Prevádzkové princípy bez solárneho systému

- Funkcie zabezpečované bojlerom. Ovládacie prvky

- Popis zariadení na mieste (alebo plánovaných)

### 4. Plánované práce

- Popis nových prevádzkových princípov

- Technický popis navrhovaných prác:

- Solárne kolektory, primárny okruh, vrátane stavebných úprav

- Konštrukcia technických priestorov: hydraulika, stavebná konštrukcia

- Elektrická energia a ovládacie prvky

- Testovanie a spustenie

- Telemonitorovanie

### 5. Náklady na prácu

- Odhad nákladov, položka po položke

- Celkový cieľ nákladov

- Ročné prevádzkové náklady: údržba a telemonitorovanie na rok.

- Ekonomické hypotézy:

- Referenčné náklady konvenčnú energiu (náhradný alebo záložný zdroj energie),

- Očakávaná ročné energia, dopad na životné prostredie (CO<sub>2</sub>).

- Hrubý čas návratnosti investície, Celkové náklady prepočítané na súčasnú hodnotu

### 6. Prílohy

- Plánované výsledky ročnej energetickej výkonnosti v mesačných číslach (metóda SOLO)

- Schematický plán usporiadania všetkých existujúcich alebo plánovaných inštalácií

- Schematický plán usporiadania plánovaného solárneho systému

- Schematický plán usporiadania konštrukcie (kolektory, akumulčné zásobníky, záložný systém).

### 3.3.3 Vplyv na životné prostredie

Priemerná teplota na zemeguli je výsledkom rovnováhy medzi dopadajúcim slnečným žiarením a toku infračerveného žiarenia vyžiareného do vesmíru.

Teploty na úrovni zeme závisia na množstve plynov spôsobujúcich skleníkový efekt (GES), ktoré sú prítomné v atmosfére.

Bez nich by bola priemerná teplota  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  a zemeguľa by bola neobývateľná. Prítomnosť týchto plynov udržiava teplotu na úrovni  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Plyny, ktoré sú zodpovedné za skleníkový efekt sú oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), metán ( $\text{CH}_4$ ), oxid dusíka ( $\text{N}_2\text{O}$ ), ozón v troposfére ( $\text{O}_3$ ) syntetické CFC a HFCF plyny, ktoré ničia ozónovú vrstvu ako aj náhrady CFC: HFC, PFC a SF6.

Skleníkové plyny nie sú prirodzene veľmi rozšírené. Avšak koncentrácia týchto plynov v atmosfére sa významne zmenila činnosťou človeka: koncentrácia  $\text{CO}_2$ , hlavného skleníkového plynu, vzrástla o 30% od predpriemyselnej éry.

V súčasnosti je kombinovaný vplyv všetkých skleníkových plynov rovný zvýšeniu  $\text{CO}_2$  od predpriemyselnej éry.

Konverzia existujúcich systémov na využitie slnečnej energie umožňuje znížiť emisie oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) do atmosféry.

Množstvo  $\text{CO}_2$ , ktorému sa vyhne pre každý ušetrený kWh od výroby k finálnemu použitiu (po transformácii zariadení DHW zdrojov) v kontinentálnom Francúzsku je zobrazený nižšie:

Energetický zdroj (mm)	Ušetrený $\text{CO}_2$ (kg/kWh)
Palivový olej	0,35
Zemný plyn	0,28
Uhlie	0,36
Elektrina	0,12

(Priemerná hodnota v kontinentálnom Francúzsku. Európsky priemer je približne dvojnásobný)

(Zdroj: *Inestene/Mission Interministérielle de l'Effet de Serre*)

Aby bolo možné ilustrovať pozitívny vplyv solárneho ohrievača vody, je možné množstvo  $\text{CO}_2$  prirovnať k emisiám malého auta.

Solárny kolektor s plochou povrchu  $1\text{ m}^2$ , ktorý nahradí bojler na palivový olej, ušetrí emisie  $350\text{ kg CO}_2$  na rok, čo je rovnaké množstvo  $\text{CO}_2$ , ktoré vyprodukuje malé auto na vzdialenosti  $2\ 500\text{ km}$ .



## 4. Riadenie a údržba systému

### 4.1 Plnenie

Pred naplnením inštalácie, a okrem prípadu špeciálnych pravidiel inštalácie, je potrebné niekoľkokrát prepláchnuť primárny okruh.

Ak sú kolektory nainštalované, je potrebné venovať pozornosť tomu, aby sa predišlo kontaktu s akýmikoľvek kvapalinami, ktoré by mohli poškodiť vodotesný poťah alebo krycie materiály. Postup plnenia by mal byť chránený bezpečnostnou skupinou s nastavením obmedzenia tlaku, ktorý je menší ako maximálny prevádzkový tlak, vyznačený na identifikačnom štítku kolektora.

Systém by mal zahŕňať zariadenie na odpojenie slúžiace na plnenie teplotným médium. Toto plniace zariadenie by malo zabezpečiť, že teplotné médium alebo voda na prepláchnutie primárneho okruhu sa nemôže vrátiť do prívodu pitnej vody.

Vodomer umiestnený pred plniacim miestom umožňuje merať jednak frekvenciu doplňovania a doplňovaný objem do primárneho okruhu.

Každá operácia plnenia primárneho okruhu by mala byť zaznamenaná do denníka kotolne (Článok 16.7 Sanitárnych predpisov)

### 4.2 Spustenie

Pred procesom spustenia je potrebné skontrolovať vodotesnosť systému.

Test vodotesnosti je potrebné urobiť pri normálnom prevádzkovom tlaku. Počas prvého nárastu teploty je potrebné kontrolovať nárast tlaku a prevádzkový stav ochranných a bezpečnostných zariadení.

Je potrebné skontrolovať všetky komponenty, či nie sú poškodené, že sú pevne upevnené na svojich nosníkoch a že expanzia sa deje bez zvukov alebo abnormálnych deformácií.

Ovládacie prvky regulačného zariadenia by mali byť nastavené v súlade s inštrukciami výrobcu.

Ak sú nainštalované prostriedky regulácie prietoku, je potrebné ich nastaviť medzi 40 a 80 kg/h na m<sub>2</sub> plochy kolektora, pokiaľ nie sú v správe štúdie špecifické indikácie.

### 4.3 Uvedenie do prevádzky

Príklad prepisu postupu uvedenia solárneho systému do prevádzky

**COMISSIONING REPORT**

Installation type: Address:  Installer:	Client / owner: Engineering: Date 1: Date 2:
--	---

<i>ITEM / FUNCTION</i>	<i>OBSERVATIONS</i>	<i>Values</i>	<i>Decision</i>	
		<i>Measures</i>	<i>Visit 1</i>	<i>Visit 2</i>
<b>COLLECTORS</b>				
type      number make aspect access connections installation    orientation tilt angle shadows  supports      corrosion mechanical resistance dismanteling  fixtures      foundations others				
<b>MAIN PIPINGS</b>	length                      diameter                      insulation			
between collectors collectors >> batteries				

batteries >> main pipings pipings >> exchanger			
<b>CONTROL</b>			
situation type, make access  position of sensors access for maintenance lights thresholds settings electro-valves  tests			
<b>PROTECTIONS</b>			
earthing main casing			
<b>SOLAR TANK</b>			
type, make volume/unit number situation insulation  connections			
<b>EXCHANGER</b>			

type/make internal/external size / power pipings insulation situation			
<b>TELEMONITORING</b> situation temperature sensors  irradiation sensor flow-meter      type make diameter pulses ratio  logical inputs  power phone line electric protections			
<b>DOCUMENTATION</b> piping layouts electric schemes spare parts list tests results safety instructions maintenance instructions			

<b>MISCELLANEOUS</b>				
insurances				
<b>GENERAL REMARKS, RECOMMENDATIONS, CONCLUSIONS</b>				
<b>SIGNATURES</b>				
Client / Owner	Engineering Co.	Installer		

#### 4.4 Pravidelná údržba

Každý systém by mal byť pokrytý zmluvou na údržbu typu P2 pre solárnu inštaláciu prípravy teplej vody, ktorá je exkluzívne solárny a prepojená na ustanovenie zmluvy Garantovaných solárnych výsledkov. Mala by vstúpiť do platnosti k dátumu uvedenia do prevádzky.

##### 4.4.1 Periodicita a obsah zásahov údržby

Osoba zodpovedná za údržbu môže zasahovať ako často si myslí, že je to potrebné. Avšak celková inšpekcia inštalácie by sa mala robiť každý štvrtrok a zaznamenať v denníku údržby, ktorý by mal byť uložený v elektrickej riadiacej skrinke v technických priestoroch,

V rámci každej z týchto inšpekcií sa robia nasledovné kontroly:

a) v technických priestoroch:

- Kontrola tlaku v primárnom okruhu na manometri nainštalovanom v blízkosti vyrovnávacej nádrže, (normálny tlak > 2 bary pri studenom okruhu),
- Fungovanie bezpečnostného kohútikového ventilu na primárnom okruhu (rýchly pohyb určený na otvorenie ventilu, aby sa predišlo strate tlaku okruhu),
- Obrátenie dvojitéch čerpadiel na primárnom okruhu (P1/P2) a na sekundárnom okruhu (P3/P4) s prípadným vypustením čerpadiel.
- Zmeranie rozdielu tlaku v primárnom okruhu,
- Zmeranie prietoku primárneho okruhu s využitím prietokometra a stopiek,
- Hodnoty teploty výmenníka tepla (vstupy a výstupy pre primárny a sekundárny okruh) a teploty akumuláčného zásobníka,
- Kontrola automatických odzdušňovacích ventilov,
- Fungovanie všetkých ventilov bez výnimky s uvedením do pôvodného stavu,
- Fungovanie 7 barových ventilov na vstupe do každého zásobníka,
- Skontrolovanie prevádzkového stavu vodomeroch (či sa pri prietoku vody točia),
- Celková neunikanie kvapaliny, dobrý prevádzkový stav všetkých komponentov a najmä, žiadne nenormálne zvuky (hluk čerpadla).

b) Týkajúce sa kolektorov:

- Celková kontrola kolektorov a najmä stavu čistoty zasklenia a absorbérov.
- Kontrola automatických odzdušňovacích ventilov,
- Kontrola výstupnej teploty pre každé kolektorové pole počas slnečného obdobia, s využitím kontaktného teplomera alebo jednoducho dotykcom,
- Skontrolovanie správnej pozície regulačných ventilov a ich pohybu o ¼ otáčky.

POZNÁMKA: Automatické odzdušňovacie ventily sú vybavené ventilom, ktorý umožňuje ich vybratie a prípadné vyčistenie bez vypúšťania systému (ak nepretržite prepúšťajú).

##### 4.4.2 Zdôvodnenie ovládacích prvkov a úkonov údržby

Nasledovné body sa zaznamenávajú do denníka po každej štvrtročnej návšteve:

- Meno pracovníka údržby,
- Dátum, hodina, čas, počasie (slnečné, oblačno, zamračené),
- Tlak primárneho okruhu,

- Stav čerpadiel primárneho a sekundárneho okruhu,
- Umiestnenie čerpadiel v prevádzke (primárne a sekundárne),
- Výsledky merania rozdielu tlaku primárneho okruhu,
- Prietok primárnym okruhom,
- Vstupná a výstupná teplota pre primárny a sekundárny výmenník tepla.
- Teplota každého akumuláčného zásobníka.
- Index dvoch vodomerov,

A akákoľvek anomália, ktorá bola spozorovaná a všetky vykonané zásahy (čistenie kolektorov, demontáž a čistenie odvzdušňovacieho ventilu...)

V prípade, ak sa objaví akékoľvek anomália, je potrebné okamžite informovať klienta alebo jeho zástupcu.

#### 4.4.3 Limity služieb údržby

Služby údržby by mali pokrývať:

- Výmenu (dodanie a inštaláciu) všetkého spotrebného tovaru (vodotesné spoje, poistky, kontrolky),
- Opravy prípadných netesností hydraulického okruhu,
- Prípadné doplnenie kvapaliny v primárnom okruhu,
- Plniaci tlak: 2,5 baru pri chladnom okruhu,
- Minimálny tlak: 1,5 baru pri chladnom okruhu,
- Prípadná výmena komponentov na sklade (zasklenie kolektora),
- Kontroly, iné ako sú popísané, ktoré sú požadované inštalátorom alebo klientom.

Výmenu dôležitých komponentov je možné vykonať len po tom, ako všetci zainteresovaní súhlasili s kalkuláciou.

#### 4.5 Telemonitorovanie

Telemonitorovanie solárneho systému má dva hlavné ciele:

- Umožniť prípravu hodnotenia energetickej výkonnosti
- Uľahčiť zistenie a diagnostiku prípadných porúch, zlepšiť účinnosť systému a jeho lepšie zabezpečenie.

Telemonitorovanie je nevyhnutnosťou pre systémy so zmluvami Garantovaných solárnych výsledkov, keďže je potrebné vyhovieť dvom funkciám:

- Určenie energetickej výkonnosti za účelom overenia vzťahu ku garancii,
- Zistenie prevádzkových porúch, ktoré môžu viesť k nerešpektovaniu garancie.

Náklady na telemonitorovanie zahŕňajú:

- Úvodnú investíciu (zariadenie na telemonitorovanie a meracie senzory),
- Prevádzkové náklady (prenos údajov a ich spracovanie).

Tieto náklady sú viac alebo menej nezávislé na veľkosti solárneho systému. Preto sú akceptovateľnejšie pre skupinové inštalácie ale príliš vysoké pre individuálne solárne ohrievače vody.

V súčasnosti je telemonitorovanie opodstatnené pre systémy s viac ako 40 m<sup>2</sup> plochy povrchu kolektorov. Automatické spracovanie údajov a vývoj potrebných zariadení by mal umožniť znížiť hranicu rentability.

## Popis telemonitorovania

Proces telemonitorovania vo všeobecnosti pozostáva z troch súčastí:

- Meranie nevyhnutných prevádzkových parametrov,
- Získavanie, spracovanie a prenos údajov,
- Analýza výsledkov.

Lokálna stanica pripojená k meracím senzorum a vybavená procesorom, pamäťou a systémom prenosu (modem alebo iné), riadi merania, krátkodobé uchovávanie údajov, časť výpočtov a prenos.

Centrálna stanica a odborník zaručia dlhodobé uchovanie údajov, dodatočné výpočty a analýzu výsledkov.

Výber meraní a ich spracovanie by mali byť prispôsobené cieľom telemonitorovania. Vo všeobecnosti to zahŕňa zabezpečenie dobrého prevádzkového stavu systému a stanovenie energetickej výkonnosti.

V tomto prípade by mal systém telemonitorovania rešpektovať nasledovné minimálne požiadavky:

a) Merané parametre (maximálne časové obdobie: 1 minúta)

- Spotreba teplej vody domácnosťou,
- Teplota na vstupe do výmenníka (primárny okruh),
- Teplota na vstupe do zásobníka (sekundárny okruh),
- Teplota na výstupe zo zásobníka (distribučný okruh),
- Teplota na výstupe z doplnkového akumuláčného zásobníka (distribučný okruh),
- Stav čerpadla P1,
- Stav čerpadla P2.

b) Parametre, ktoré sú vypočítané, ale neukladajú sa (Časové obdobie: 1 minúta).

- Potreba energie,
- Vyrobená solárna energia,
- Záložná energia,
- Prevádzkový čas pre čerpadlo P1,
- Prevádzkový čas pre čerpadlo P2.

Časové obdobie medzi meraniami a výpočtami energie by malo byť krátke, keďže odchýlky v teplote vody a spotrebe teplej vody si vyžadujú súhrnné výpočty, ktoré nie sú založené len na priemeroch. Pri zvážení tepelnej zotrvačnosti je rozumným kompromisom časový interval 1 minúty.

c) Uložené parametre, podrobné údaje (odporúčaný časový interval  $\Delta t = 10$  minút)

- Spotreba teplej vody pre domácnosť (prírastok v rámci  $\Delta t$ ),
- Prevádzkový čas pre čerpadlo P1 (prírastok v rámci  $\Delta t$ ),
- Prevádzkový čas pre čerpadlo P2 (prírastok v rámci  $\Delta t$ ),
- Teplota na vstupe do výmenníka tepla (primárny okruh) (priemer počas  $\Delta t$ ),
- Teplota na vstupe do akumuláčného zásobníka (sekundárny okruh) (priemer počas  $\Delta t$ ),
- Teplota na výstupe z akumuláčného zásobníka (distribučný okruh) (priemer počas  $\Delta t$ ),
- Teplota na výstupe z doplnkového zásobníka (distribučný okruh) (priemer počas  $\Delta t$ ),

c) Uložené parametre, denné údaje (časový interval  $\Delta t = 1$  deň)

- Spotreba teplej vody pre domácnosť (denný prírastok),
- Prevádzkový čas pre čerpadlo P1 (denný prírastok),



- Prevádzkový čas pre čerpadlo P2 (denný prírastok),
  - Potreby energie (denný prírastok),
  - Produkcia solárnej energie (denný prírastok),
  - Spotreba doplnkovej energie (denný prírastok).
- e) Uložené parametre, štatistické údaje a dlhodobé prírastky (mesiac, rok)
- Denná spotreba teplej vody pre domácnosť (mesačný priemer),
  - Denné potreby energie (mesačný priemer),
  - Denná produkcia solárnej energie (mesačný priemer),
  - Solárny podiel (mesačný a ročný priemer),
  - Produkcia solárnej energie (ročný prírastok),
  - Ročná produktivita systému na m<sup>2</sup> plochy kolektorov.

Dlhodobé údaje poskytujú výsledky energetickej výkonnosti systému. Tieto údaje sú vypočítané a uložené v centrálnej stanici a potom sa pravidelne distribuujú, hlavne používateľom (mesačne, ročná frekvencia).

Denné údaje poskytujú spôsob, ako zistiť prípadné poruchy. Údaje sa prenášajú a analyzujú v pravidelných intervaloch (napríklad raz za týždeň).

Detailné údaje ponúkajú pohľad na komponenty systému: profily spotreby a produkcie, prevádzkový stav a regulácia ... a pomáhajú urobiť diagnostiku v prípade porúch. Tieto údaje sa pravidelne prenášajú vo fáze spustenia systému, potom príležitostne, a akonáhle analýza zistí poruchu.

## 5. Ďalšie informácie

Hlavní dodávateľia a výrobcovia solárnych zariadení na Slovensku:

[www.thermosolar.sk](http://www.thermosolar.sk)

[www.herz-sk.sk](http://www.herz-sk.sk)

Ďalší výrobcovia, dodávateľia a montážnici sú najditeľní na internete.

Univerzity so solárnymi laboratóriami a testovacie inštitúcie:

Slovenská technická univerzita Bratislava

Ilkovičova 3

812 19 Bratislava, Slovakia

E-mail: [katarina.knezikova@stuba.sk](mailto:katarina.knezikova@stuba.sk)

Tel: +421-2-602 91 306

Fax: +421-2-654 25 826

Technická univerzita Košice

Letná 9

042 00 Košice, Slovakia

Tel.: +421 55 63 224 83

Fax: +421 55 63 301 15

Technický skúšobný ústav Piešťany

Krajinská cesta 2929-9

921 24 Piešťany, Slovakia

e-mail: [tsu@tsu.sk](mailto:tsu@tsu.sk)

Inštitúcie a ďalšie spoločnosti:

[www.economy.gov.sk](http://www.economy.gov.sk)

[www.siea.gov.sk](http://www.siea.gov.sk)

[www.enviro.gov.sk](http://www.enviro.gov.sk)

[www.urso.gov.sk](http://www.urso.gov.sk)

[www.ecb.sk](http://www.ecb.sk)

[www.seas.sk](http://www.seas.sk)

[www.zse.sk](http://www.zse.sk)

[www.sse.sk](http://www.sse.sk)

[www.vse.sk](http://www.vse.sk)

[www.envirofond.sk](http://www.envirofond.sk)

Ďalšie kontakty:

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

[www.tecsol.fr](http://www.tecsol.fr)

[www.sigma-consultants.fr](http://www.sigma-consultants.fr)

[www.europa.eu.int/en/comm/dg17/programs.htm](http://www.europa.eu.int/en/comm/dg17/programs.htm)

[www.agores.org](http://www.agores.org)  
[www.unecso.org](http://www.unecso.org)  
[www.worldbank.org/html/extdr/thematic.htm](http://www.worldbank.org/html/extdr/thematic.htm)  
<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>

## 6. Príklady skupinových solárnych systémov

Čís.	Druh budovy	Lokalita	Rok inštalácie	Povrch m <sup>2</sup>	Typ kolektorov	Zabratý priestor m <sup>3</sup>	Prídavne vykurovanie
1.	Nájomný dom	Šaľa 1 - Veča	2005	50 m <sup>2</sup>		2 m <sup>3</sup>	zemný plyn
2.	Nájomný dom	Šaľa 2	2006	70 m <sup>2</sup>	Ploché typ	0.5 m <sup>3</sup>	zemný plyn
3.	Hotel	Teplý Vrch	2003	98 m <sup>2</sup>	Ploché hliníkový, vákuový	4 m <sup>3</sup>	zemný plyn
4.	Zámok / hotel	Mojmírovce	2005	70 m <sup>2</sup>	Ploché hliníkový, vákuový	0.5 m <sup>3</sup>	zemný plyn
5.	Priemyslová budova	Žiar nad Hronom	1995	182 m <sup>2</sup>	Ploché hliníkový, vákuový	2 m <sup>3</sup>	zemný plyn
6.	Nájomný dom	Komárno	2006		Ploché hliníkový, vákuový		zemný plyn
7.	Nájomný dom, materská škôlka, obchod a práčovňa	Žilina	2004	264 m <sup>2</sup>		10 m <sup>3</sup>	zemný plyn
8.	Stredná škola	Banská Štiavnica	2006	73 m <sup>2</sup>	Ploché hliníkový, vákuový	6,6 m <sup>3</sup>	zemný plyn
9.	Priemyslová budova	Bratislava	1989	144 m <sup>2</sup>			
10.	Plavecký bazén	Mošovce	2001	363 m <sup>2</sup>			
11.	Priemyslová budova	Nováky	1986	200 m <sup>2</sup>	Ploché hliníkový	6,3 m <sup>3</sup>	Uhlie

Ďalšie informácie z iných krajín:

- <http://www.ademe.fr>
- <http://www.cstb.fr>
- <http://www.tecsol.fr>
- <http://www.costic.asso.fr>
- <http://www.sigma-consultants.fr>
- <http://www.outilssolaires.com>
- <http://europa.eu.int/en/comm/dg17/programs.htm>

- <http://www.agores.org/>
- [http://www.greentie.org/iea\\_coll.htm](http://www.greentie.org/iea_coll.htm)
- <http://www.unesco.org/science/wsp/>
- <http://www.worldbank.org/html/extdr/thematic.htm>
- <http://www.satel-light.com>
- <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
- [http://wrdcngo.nrel.gov/html/get\\_data-ap.html](http://wrdcngo.nrel.gov/html/get_data-ap.html)

#### Slovinsko

<http://www.ee.uni-lj.si/>

<http://www.sonnikolektorji.si/>

#### Bulharsko

- <http://www.sec.bg>
- <http://www.meteo.bg/meteorology>
- <http://www.bas.bg>
- <http://www.erato.bg>
- <http://www.apexperts.com>
- <http://www.kovex.biz>
- <http://www.ecothermal-bg.com>
- <http://www.nes-bg.com>