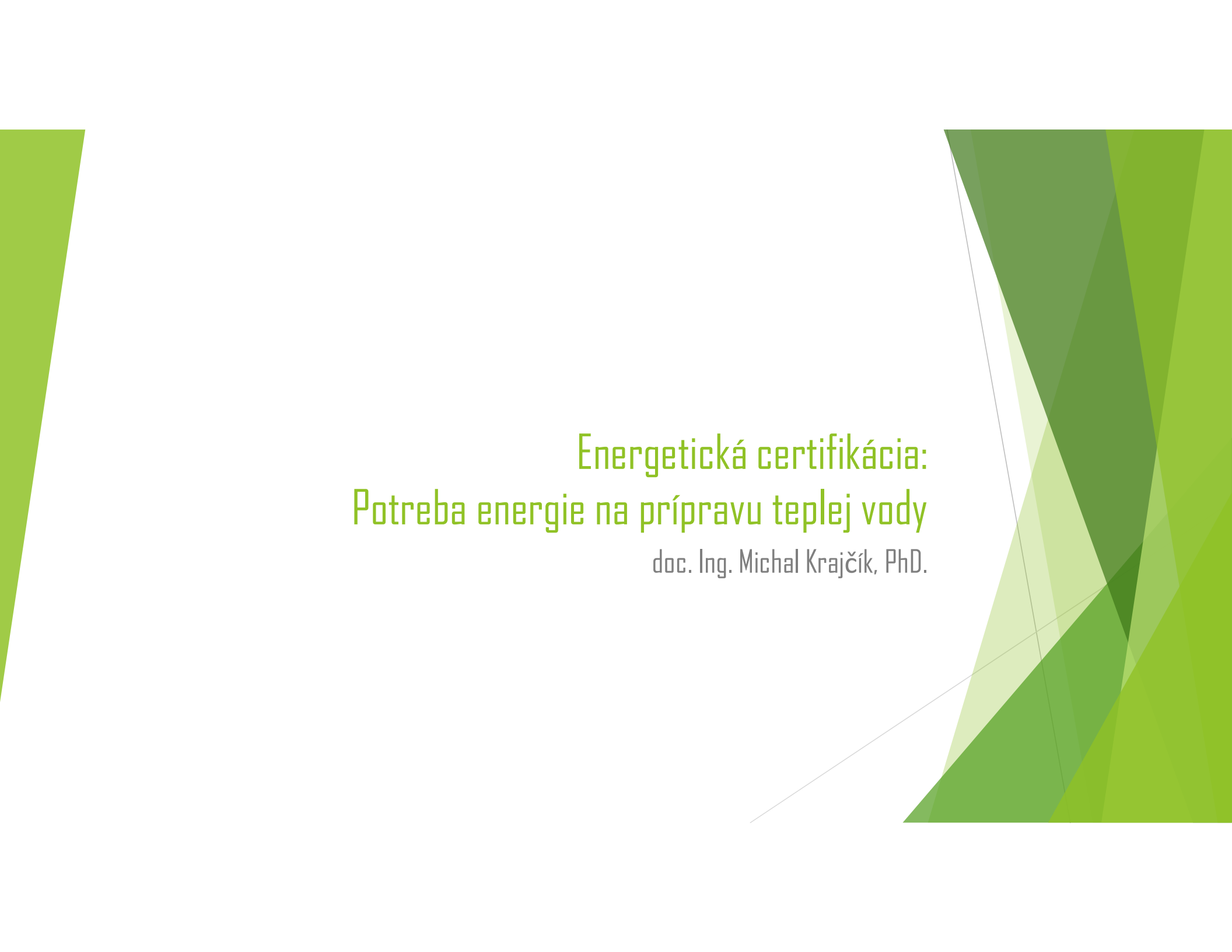




Deutsch-Slowakische
Industrie- und Handelskammer
Slovensko-nemecká
obchodná a priemyselná komora



Energetický audit a certifikácia budov

The background features abstract green geometric shapes. On the left, a solid green trapezoid points upwards. On the right, a complex arrangement of overlapping translucent green triangles and polygons creates a dynamic, layered effect. The text is centered in the white space between these elements.

Energetická certifikácia: Potreba energie na prípravu teplej vody

doc. Ing. Michal Krajčík, PhD.

Obsah prednášky

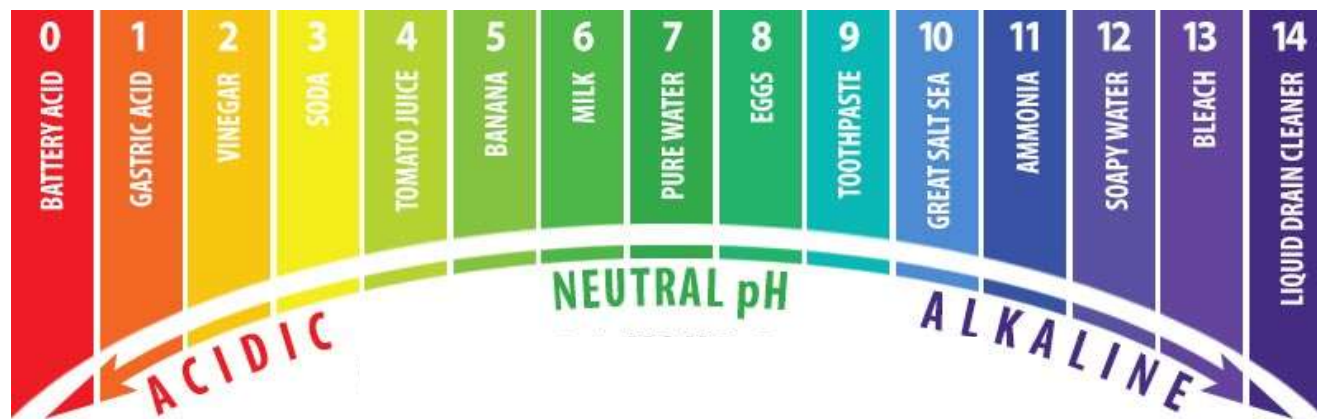
1. Princíp výpočtu
2. Potreba tepla na prípravu teplej vody
3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody
4. Tepelné straty pri uskladnení teplej vody
5. Tepelné straty pri výrobe teplej vody
6. Solárny termálny systém na prípravu teplej vody
7. Zatriedenie systému prípravy teplej vody do energetickej triedy
8. Test

1. Princíp výpočtu

Chemické vlastnosti teplej vody

Jedným zo základných ukazovateľov vyváženosti vody je hodnota pH

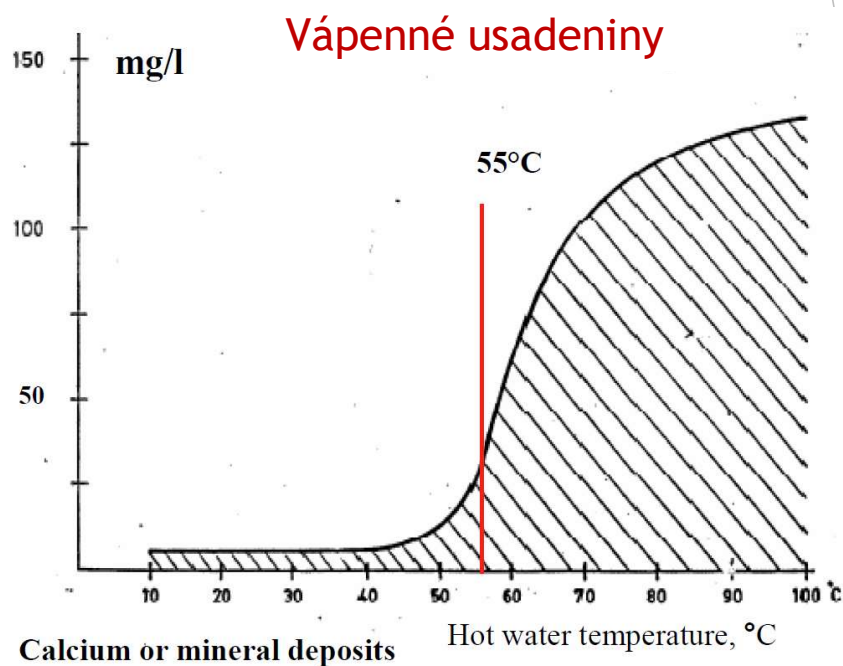
- Neutrálna voda pri teplote 25°C má pH = 7.
- Hodnota pH závisí aj od teploty vody. Čistá voda má pri teplote 0°C pH = 7,472, pri teplote 100°C pH = 6,12.



1. Princíp výpočtu

Chemické vlastnosti teplej vody

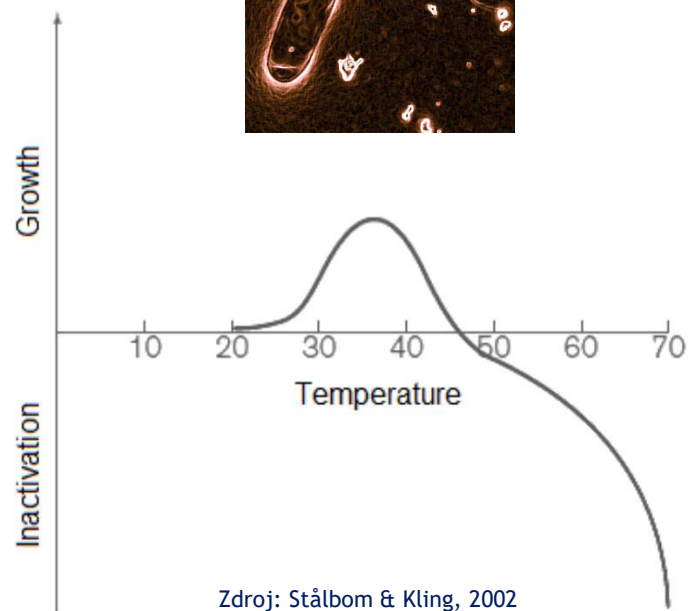
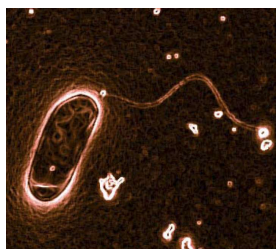
- S vyššou teplotou vody sa zvyšuje agresivita TV hlavne voči kovovým potrubným materiálom
- Na umývanie riadu a sprchovanie potrebujeme 35-40°C
- Prečo treba vodu ohrievať na 55-60°C ?



1. Princíp výpočtu

Biologické vlastnosti teplej vody

- Pri nízkej teplote množenie baktérie *Legionella pneumophila*



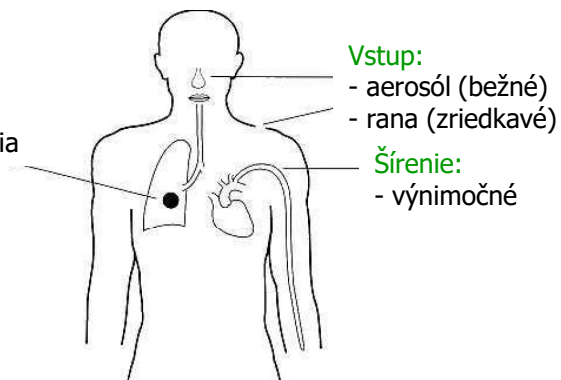
Zdroj: Stålbom & Kling, 2002

- 20 - 45°C množenie legionely
- 35 - 42°C optimálny rozmnožovací proces
- 45 - 55°C rozmnožovanie sa zastavuje, baktérie prežívajú niekoľko hodín.
- 60 - 65°C úhyn baktérií v priebehu minút
- 70°C baktérie hynú okamžite.

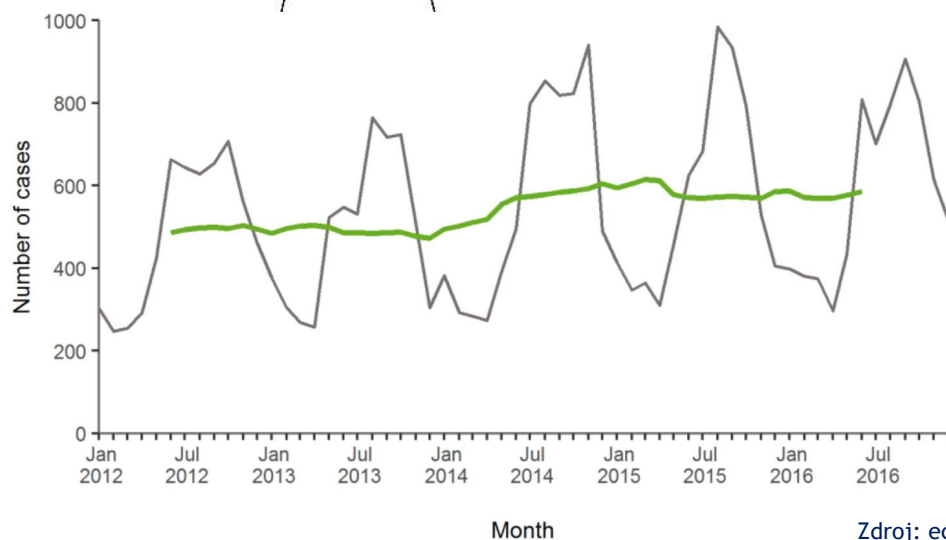
1. Princíp výpočtu

Biologické vlastnosti teplej vody

Choroba:
- pneumónia



- Infikovanie vdýchnutím kontaminovaných častí vody (aerosólov)
- Infekcia sa môže šíriť aj pri prehltnutí kontaminovanej vody



- Počet zaznamenaných prípadov nákazy v krajinách EU/EEA (2012-2016)

Zdroj: ecdc, Epidemiological Report for 2016

1. Princíp výpočtu

Teplota teplej vody

Požiadavky podľa vyhlášky MH SR č. 152/2005 Z.z.

Vyhláška MH SR č. 152/2005 Z.z. o určenom čase a o určenej kvalite dodávky tepla pre konečného spotrebiteľa:

- Teplá voda na výtok u konečného spotrebiteľa musí mať teplotu najviac 55 °C a najmenej 50 °C s výnimkou odbernej špičky, kedy smie poklesnúť na 45 °C.
- TV sa musí dodávať denne od 5:00 do 23:00

1. Princíp výpočtu

Teplota teplej vody

Požiadavky podľa vyhlášky MDVRR SR č. 364/2012 Z.z.

Distribučnú sústavu novej budovy alebo významne obnovenej budovy pri výmene systému prípravy teplej vody treba navrhnuť tak, aby:

- výpočtová teplota TV s možnosťou termickej dezinfekcie bola **60 °C**,
- výpočtová teplota TV bez možnosti termickej dezinfekcie bola **70 °C**,
- maximálny rozdiel teploty TV medzi výstupným a vratným otvorom zásobníka bol najviac **5 K**,
- z výtoku TV vytekala do **30 sekúnd** voda s výpočtovou teplotou **50 °C**,
- tepelná strata potrubia neprekročila hodnotu **10 W/(m.K)**
(V panelových domoch rúry obalené plstenými pásmi: 30-40 W/(m.K)),

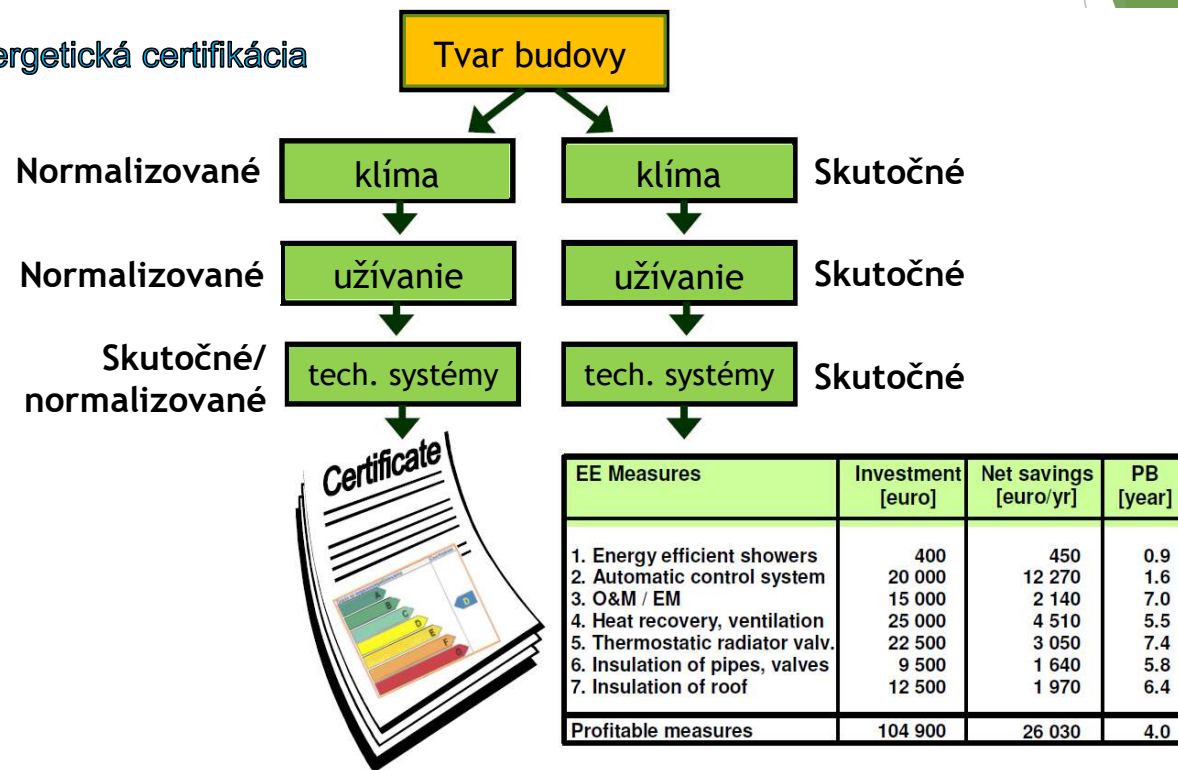
1. Princíp výpočtu

Súvisiace predpisy

- Vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z.z. (úplné znenie) - postup EC a vstupné hodnoty
- Vyhláška MH SR č. 14/2016 Z.z. - tepelná izolácia rozvodov TV
- STN EN 12831-3 - potreba tepla na prípravu TV
- STN EN 15316-3 - tepelné straty pri rozvode TV
- STN EN 15316-4-X - tepelné straty pri výrobe tepla
- STN EN 15316-5 - tepelné straty pri akumulácii TV
- STN EN 12897 - stanovenie tepelnej straty zásobníka meraním

1. Princíp výpočtu

Energetický audit vs. Energetická certifikácia



- Pri EC je vždy potrebný podrobný výpočet en. bilancie pre prípravu TV
- Pri energetickom audite podrobný výpočet nemusí byť potrebný

1. Princíp výpočtu

Potreba tepla vs. Potreba energie

Slovensky:

- Potreba energie

Nemecky:

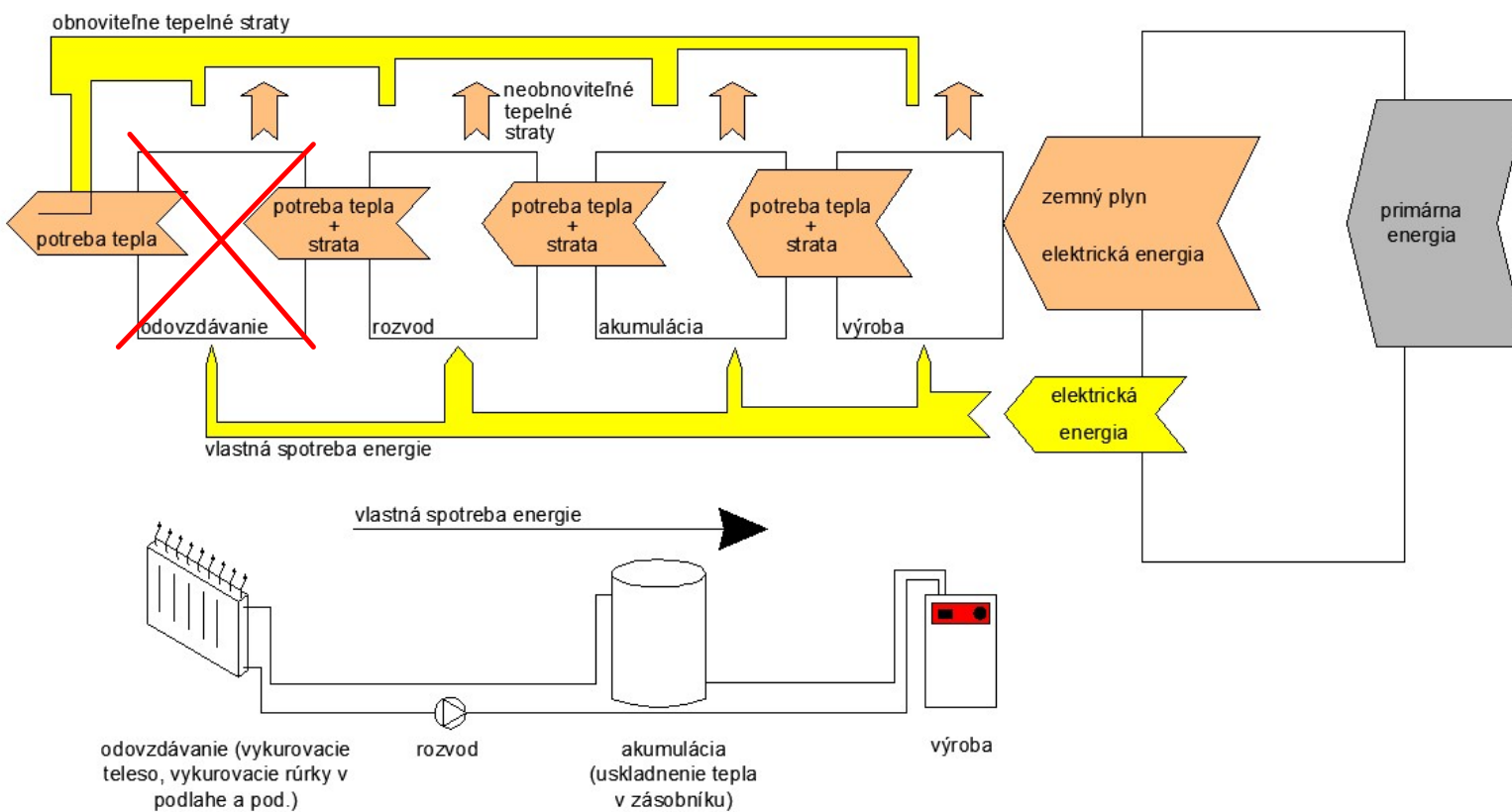
- Energiebedarf

Anglicky:

- Energy use; Energy demand
- ENERGIA = potreba tepla + tepelné straty zo systémov + vlastná energia
- POTREBA ENERGIE = vypočítané množstvo v kWh alebo GJ
- SPOTREBA ENERGIE = namerané množstvo v kWh alebo GJ

1. Princíp výpočtu

Smer výpočtu



1. Princíp výpočtu

- Prechádzajúci súbor noriem vydaný v roku 2007
- Nové EN normy vydané v roku 2017
- Normy umožňujú ročný, mesačný, hodinový krok
- Sú prispôsobené na hodinové výpočty
- Najvýraznejšia zmena nastala pri systémoch odovzdávania tepla
- Pribudla norma zameraná na zásobníky tepla

2. Potreba tepla na prípravu teplej vody (TV)

Potreba tepla na prípravu TV podľa STN EN 12831-3 (nahradila STN EN 15316-3-1)

1) Metóda založená na požadovanom objeme:

$$Q_{W,nd} = V_t * c_w * \rho_w (\theta_{W,draw} - \theta_{W,c}) / 1000 \quad (\text{kWh/h})$$

$$V_t = V_{w,day} * x_h \quad (\text{l/h})$$

Objem je neznámy

V_t je objem TV odobranej počas časového kroku, v l/h

$\theta_{W,draw}$ je teplota odoberanej TV, v °C

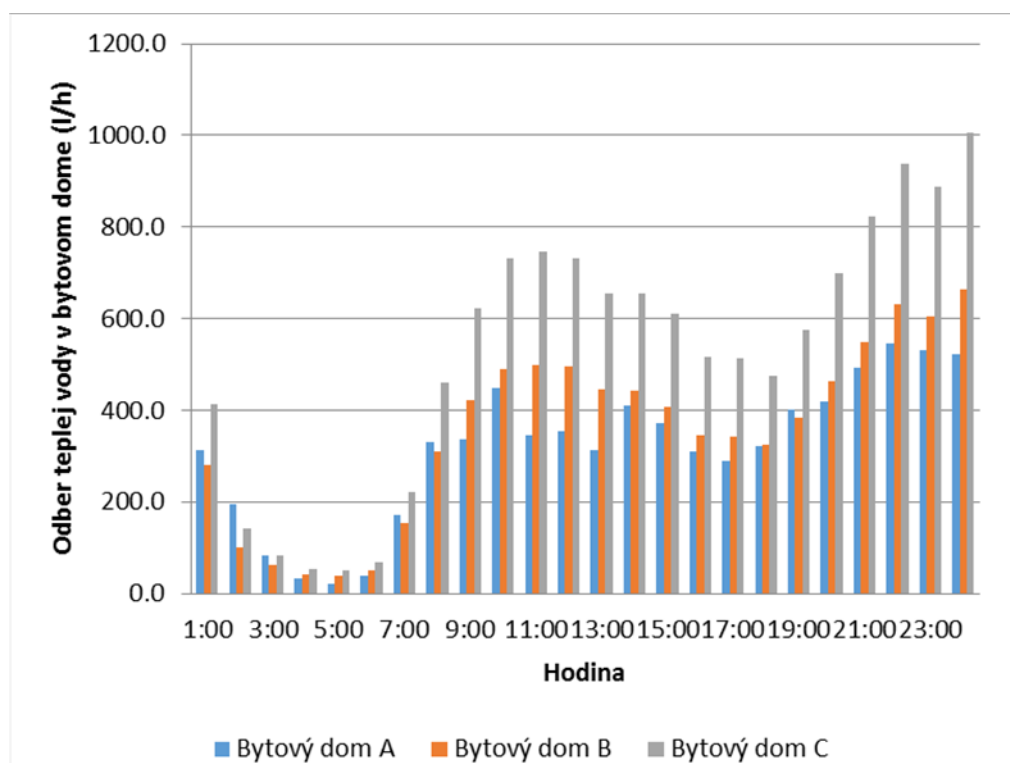
$\theta_{W,c}$ je teplota studenej vody, v °C

x_h je časť objemu TV odobraná počas danej hodiny

2. Potreba tepla na prípravu teplej vody (TV)

Metóda založená na požadovanom objeme podľa STN EN 15316-2-1 (zrušená)

Priemerný hodinový odber TV v troch bytových domoch v lete



Zdroj: Zuzana Čermanová, 2015

2. Potreba tepla na prípravu teplej vody (TV)

Potreba tepla na prípravu TV podľa STN EN 12831-3 (nahradila STN EN 15316-3-1)

1) Metóda založená na požadovanom objeme:

$$V_t = V_{w,day} * x_h \quad (\text{l/h})$$

$$V_{w,day} = V_{w,P,day} * n_p \rightarrow \text{Možnosť výpočtu pre rodinné a bytové domy}$$

Príklad výpočtu ekvivalentných osôb $n_{p,eq}$ pre rodinné domy:

$$1 \quad \text{ak } A_h < 30 \text{ m}^2$$

$$n_{p,eq,max} = \{1,75 - 0,01875 * (70 - A_h) \quad \text{ak } 30 \text{ m}^2 \leq A_h < 70 \text{ m}^2$$

$$0,025 * A_h \quad \text{ak } A_h \geq 70 \text{ m}^2$$

$$n_{p,eq,max} \quad \text{ak } n_{max} < 1,75$$

$$n_{p,eq} = \{1,75 + 0,3 * (n_{p,eq,max} - 1,75) \quad \text{ak } n_{max} \geq 1,75$$

2. Potreba tepla na prípravu teplej vody (TV)

Potreba tepla na prípravu TV podľa STN EN 12831-3 (nahradila STN EN 15316-3-1)

1) Metóda založená na požadovanom objeme:

$$V_t = V_{w,day} * x_h \quad (\text{l/h})$$

$$V_{w,day} = V_{w,f,day} * f$$

Typ aktivity	$V_{w,f,day}$ (l/d)	f
Obydlia	vid'. predch. snímka	Podlahová plocha (m ²)
Ubytovacie zariadenia	30	Počet postelí
Zdravotnícke zariadenia bez ubytovania	10	Počet postelí
Zdravotnícke zariadenia s ubytovaním	57	Počet postelí
Zdravotnícke zariadenia s ubytovaním – s práčovňou	90	Počet postelí
Vzdelávacie zariadenia	Príprava teplej vody sa neberie do úvahy	
Kancelárie		
...	...	

2. Potreba tepla na prípravu teplej vody (TV)

Potreba tepla na prípravu TV podľa STN EN 12831-3 (nahradila STN EN 15316-3-1)

2) *Metóda založená priamo na podlahovej ploche:*

$$Q_W = Q_{W,A,\text{day}} * A_h * n \quad (\text{kWh})$$

$Q_{W,A,\text{day}}$ potreba tepla na prípravu TV, v kWh/m²

A_h je podlahová plocha vykurovaného priestoru, v m²

- Túto metódu možno použiť pre všetky typy budov
- Hodnoty $Q_{W,A,\text{day}}$ sú vo vyhláske MDVRR SR č. 364/2012 Z.z.:

Kategória budovy	Typ budovy										Jednotka	
	Rodinné domy	Bytové domy	Administratívne budovy	Budovy škôl a školských zariadení	Budovy nemocníc	Reštaurácie	Športové haly a iné budovy určené na šport	Budovy pre veľkoobchodné a maloobchodné služby	Zhromažďovacie haly	Obchodné domy		Kryté plavárne
Potreba tepla na prípravu teplej vody na plochu priestoru s upravenými vnútornými podmienkami ^{a)}	10 ^{b)}	20	6	10	30	50	8	6	10	1,4	80	kWh/m ²

3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Straty a výpočtové postupy podľa STN EN 15316-3 (nahradila STN EN 15316-2-3)

2 typy strát:

- Tepelné straty prechodom cez stenu rúrky
- Vlastná spotreba elektrickej energie, napr. obehové čerpadlá

2 metódy výpočtu pre straty prechodom tepla:

- Podrobná
- Zjednodušená

1 metóda výpočtu pre vlastnú spotrebu elektrickej energie

- Rovnaká pre vykurovanie, chladenie, aj prípravu TV

3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Tepelné straty prechodom tepla cez stenu rúrky

Výpočtové metódy:

* **Podrobná metóda**

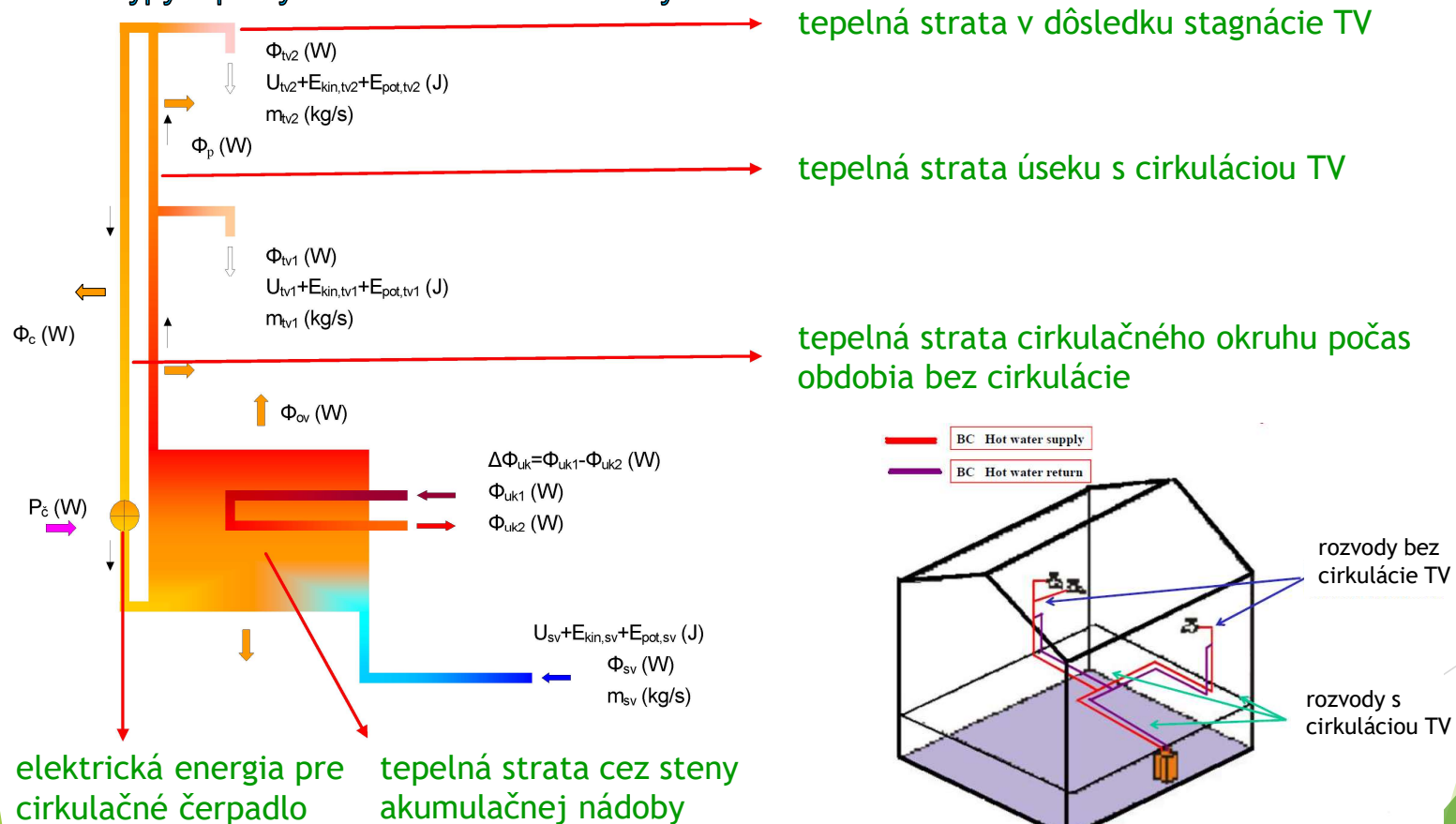
- Podrobný výpočet dĺžky rozvodov
- Podrobný výpočet tepelných strát z distribučných potrubí
- Podrobný výpočet vlastnej spotreby energie

* **Zjednodušená metóda**

- Ak nie sú dostupné všetky údaje
- Zjednodušený výpočet dĺžok potrubí
- Zjednodušený výpočet prevádzkového energetického faktora...

3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Typy tepelných strát z distribučného systému



Zdroj obrázku vľavo: Valášek J, Kapalo P. Odborný seminár Energetická hospodárnosť budov (2007)

3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Tepelné straty z rozvodov TV

Tepelné straty potrubia o dĺžke 1 m môžeme označiť ako stratový lineárny tepelný tok (q , ψ , U).

- Pri neizolovaných stúpacích potrubíach v panelových domoch

$$q = 30 - 40 \text{ W/m,}$$

- Pre nekvalitné tepelné izolácie ležatých potrubí majú hodnotu

$$q = 15 \text{ až } 25 \text{ W/m.}$$

- V zjednodušenom výpočte pre panelové domy sa počíta s hodnotami 34, resp. 20 W/m.
- Podľa vyhlášky MDVRR SR č. 364/2012 Z.z., $q \leq 10 \text{ W/m}$.
- Podľa vyhlášky MH SR 14/2016 Z.z., hodnoty q vychádzajú prísnejšie

3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Tepelná strata z úseku s cirkuláciou TV

$$Q_{W,d,i} = 1/1000 \cdot U_i \cdot L_i \cdot (\theta_{W,d,i} - \theta_{amb}) \cdot t_W \quad (\text{kWh})$$

U_i lineárny stratový súčiniteľ, vo W/(m.K)

L_i dĺžka úseku potrubia TV, v m

$\theta_{W,d,i}$ teplota vody v úseku potrubia TV, v °C

θ_{amb} teplota okolia, v °C

t_W čas cirkulácie TV, v h

$$Q_{W,dis,ls} = 1/1000 \sum_0^{t_{op}} \sum_j \psi_j \cdot (\theta_{W,mean} - \theta_{W,amb,j}) \cdot (L + L_{equi})_j \cdot t_{ci}$$

ψ_j lineárny stratový súčiniteľ, W/(m.K)

$\theta_{W,mean}$ priemerná teplota vody v rozvode TV, °C

$\theta_{W,amb,j}$ teplota okolia, °C

L dĺžka úseku potrubia TV, m

L_{equi} ekvivalentná dĺžka potrubia zohľadňujúca armatúry, m

t_{ci} výpočtový krok

**STN EN 15316-3-2
(zrušená)**

**STN EN 15316-3
(nahradila STN EN
15316-3-2)**

3. Tepelné straty při rozvode teplej vody (TV)

Tepelná strata z úseku so stagnáciou TV

$$Q_{W,d,i} = 365/3600 * c_W * V_W * (\theta_{W,d} - \theta_{amb}) * N_{tap} \quad (\text{kWh})$$

c_W merná tepelná kapacita vody, v kJ/(kg.K)

V_W objem vody v úseku potrubia so stagnáciou TV, v m³

$\theta_{W,d}$ teplota vody v úseku potrubia so stagnáciou TV, v °C

θ_{amb} teplota okolia, v °C

N_{tap} počet odberov teplej vody za deň

**STN EN 15316-3-2
(zrušená)**

$$Q_{W,di,nom} = 1/1000 \sum_0^{t_{op}} \sum_j \psi_j * (\theta_{W,avg} - \theta_{W,amb,j}) * (L + L_{equi})_j * t_{ci}$$

*teplota vody v potrubí so
stagnáciou TV - výpočet v norme*

**STN EN 15316-3
(nahradila STN EN
15316-3-2)**

3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Príklad

Predpokladajme systém, ktorý spĺňa požiadavky:

- Výpočtová teplota TV s možnosťou termickej dezinfekcie je 60°C
- Maximálny rozdiel teploty TV medzi výstupným a vratným otvorom zásobníka je najviac 5 K
- Z výtoku TV vyteká do 30 sekúnd voda s výpočtovou teplotou 50°C
- Tepelná izolácia rozvodov podľa vyhlášky MH SR č. 14/2016 Z.z.

vyhláška
364/2012

3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Príklad

Požiadavky na tepelnú izoláciu rozvodov TV

- Minimálna hrúbka tepelnej izolácie pre rozvody vykurovania a teplej vody
- Tepelná vodivosť izolácie $0,035 \text{ W/(m.K)}$ pri výpočtovej teplote 0°C , ocelové rúrky
- Pre rozdeľovače, križovania a spoje možno hrúbku znížiť o 50 %

Požiadavky na tepelnú izoláciu rozvodov tepla (vyhláška MH SR č. 14/2016 Z.z.)

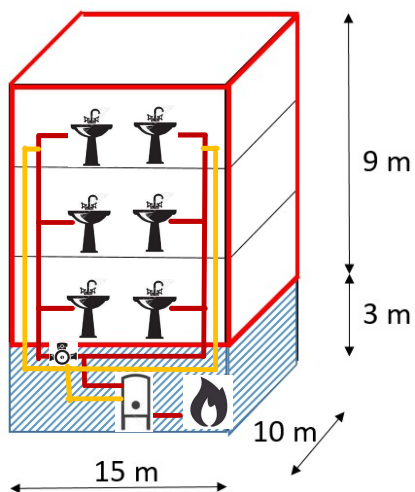
P. č.	Vnútorný priemer potrubia alebo armatúry	Minimálna hrúbka izolácie
1	do 22 mm vrátane	20 mm
2	nad 22 mm do 35 mm vrátane	30 mm
3	nad 35 mm do 100 mm vrátane	rovnaká ako vnútorný priemer potrubia
4	nad 100 mm	100 mm

3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Príklad

DN (mm)	Hrúbka izolácie (mm)	Lineárny stratový súčiniteľ ψ (W/(m.K))	Dĺžka úseku rozvodu L (m)	Priemerná teplota vody v rozvode θ_m (°C)	Teplota okolia θ_i (°C)
25	20	0,28	30	57	20
20	20	0,24	15	57	20

<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubu-s-izolaci-kruhoveho-prurezu>



— distribučné potrubie

— cirkulačné potrubie



zdroj tepla



zariadení predmet



cirkulačné čerpadlo

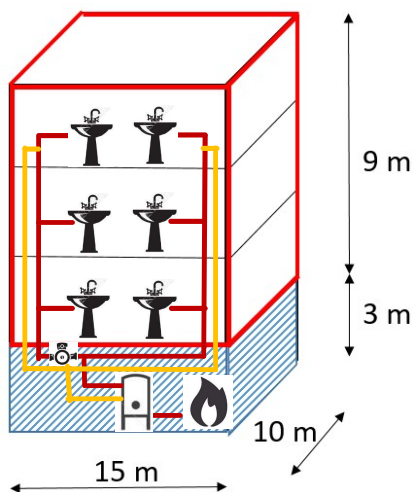


zásobník TV

3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Príklad

DN (mm)	Hrúbka izolácie (mm)	Lineárny stratový súčiniteľ ψ (W/(m.K))	Dĺžka úseku rozvodu L (m)	Priemerná teplota vody v rozvode θ_m (°C)	Teplota okolia θ_i (°C)
25	20	0,28	30	57	20
20	20	0,24	15	57	20



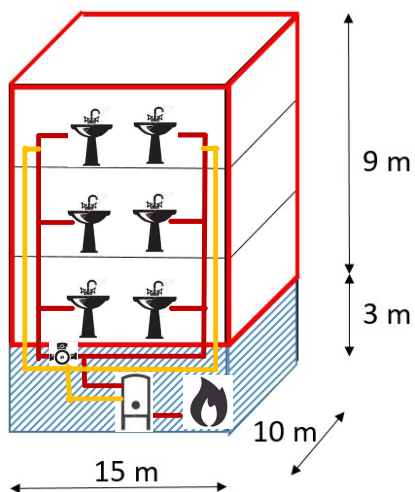
$$Q_{w,d,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_i \cdot (\theta_{w,d,i} - \theta_{amb}) \cdot t_w \quad (\text{kWh})$$

- distribučné potrubie
- cirkulačné potrubie
- zdroj tepla
- zariadení
- cirkulačné čerpadlo
- zásobník TV

3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Príklad

DN (mm)	Hrúbka izolácie (mm)	Lineárny stratový súčiniteľ ψ (W/(m.K))	Dĺžka úseku rozvodu L (m)	Priemerná teplota vody v rozvode θ_m (°C)	Teplota okolia θ_i (°C)
25	20	0,28	30	57	20
20	20	0,24	15	57	20



$$Q_{W,d,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_i \cdot (\theta_{W,d,i} - \theta_{amb}) \cdot t_W \quad (\text{kWh})$$

- Prevádzka: 365 dní * 24 hodín = 8760 hodín

$$Q_{W,d,i} = \frac{1}{1000} * 0,28 * 30 * 37 * 8760 + \frac{1}{1000} * 0,24 * 15 * 37 * 8760$$

$$Q_{W,d,i} = 3899 \text{ kWh}$$

3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Príklad

$$Q_{W,d,i} = \frac{365}{3600} * c_W * V_W * (\theta_{W,d} - \theta_{amb}) * N_{tap} \quad (\text{kWh})$$

c_W merná tepelná kapacita vody, v kJ/(kg.K)

V_W objem vody v úseku potrubia so stagnáciou TV, v m³

$\theta_{W,d}$ teplota vody v úseku potrubia so stagnáciou TV, v °C

θ_{amb} teplota okolia, v °C

N_{tap} počet odberov teplej vody za deň

- N_{tap} - počet odberov za deň, napr. 5

$$Q_{W,d,i} = \frac{365}{3600} * 4120 * 0,01 * (57 - 20) * 5 = 773 \text{ kWh}$$

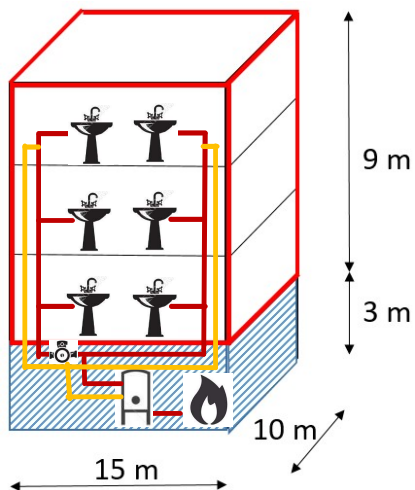
c_W

V_W

$\theta_{W,d}$

θ_{amb}

N_{tap}



3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Príklad

(kWh)

$$Q_{W,d,off} = \frac{365}{3600} * c_W * V_W * (\theta_{W,d} - \theta_{amb}) * N_{norm}$$

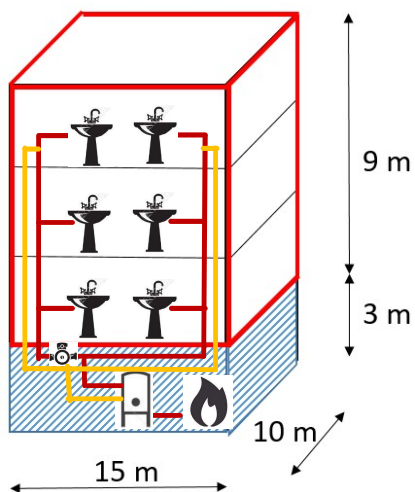
c_W merná tepelná kapacita vody, v kJ/(kg.K)

V_W objem vody v úseku potrubia so stagnáciou TV, v m³

$\theta_{W,d}$ teplota vody v úseku potrubia so stagnáciou TV, v °C

θ_{amb} teplota okolia, v °C

N_{norm} počet operačných cyklov cirkulačného čerpadla za deň



- Ak je čerpadlo v prevádzke nepretržite, $N_{norm} = 0$

$$Q_{W,d,off} = 0 \text{ kWh}$$

3. Tepelné straty pri rozvode teplej vody (TV)

Vlastná spotreba energie obehového čerpadla

Vlastná spotreba energie predstavuje energiu potrebnú na pohon cirkulačných čerpadiel:

$$W_{H,dis,aux,an} = W_{H,dis,hydr,an} \cdot e_{dis} \quad (\text{kWh/rok})$$

kde:

$W_{d,hydr}$ je ročná hydraulická potreba energie (kWh/rok)

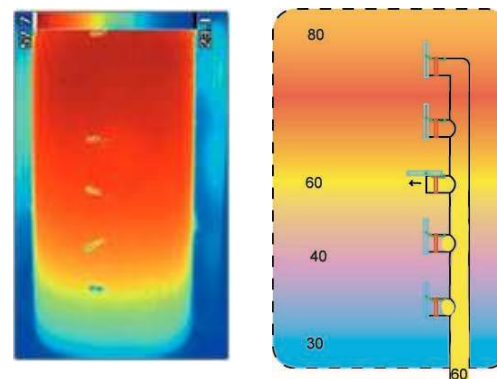
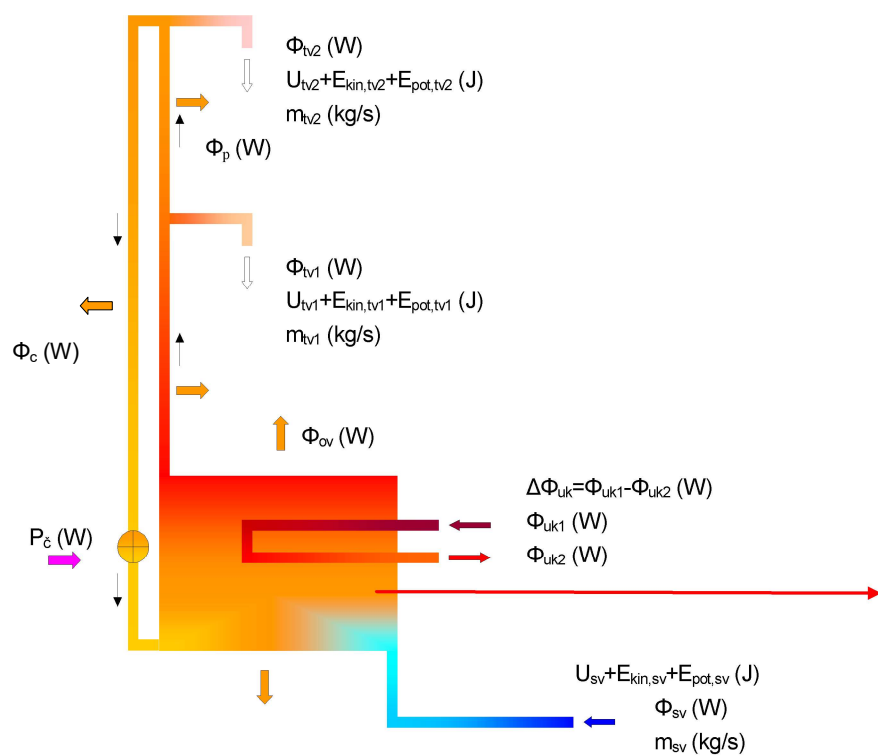
$e_{d,e}$ prevádzkový energetický faktor obehového čerpadla (-)

Obnoviteľná časť z vlastnej spotreby energie $f_{p,rec}$:

$f_{p,rec} = 0,75$ - pre neizolované čerpadlá

$f_{p,rec} = 0,90$ - pre izolované čerpadlá

4. Tepelné straty při uskladnění teplej vody (TV)



tepelné straty cez steny
akumulačnej nádoby

4. Tepelné straty pri uskladnení teplej vody (TV)

Typy systémov na prípravu TV

- Zásobníky na zníženie špičkových odberov
- Tepelné straty cez steny nádoby
- Prietokové výmenníky tepla - najčastejšie doskové výmenníky
- Vyšší špičkový výkon. Výkon musí byť dostupný počas celého dňa
- Kombinácia - výmenníky tepla kombinované s menším zásobníkom



Foto: Zuzana Čermanová

4. Tepelné straty při uskladnění teplej vody (TV)

Analytický výpočet

Stena:

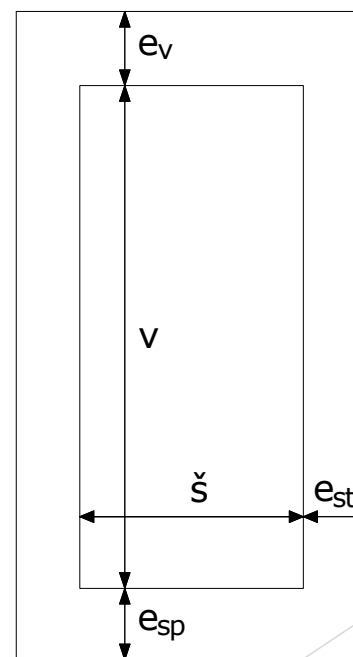
$$q_{z,stena} = \frac{\pi}{\frac{1}{\lambda \cdot 2} \cdot \ln\left(\frac{\check{s} + 2e_{st}}{\check{s}}\right) + \frac{0,13}{\check{s} + 2e_{st}}} \cdot v \quad (\text{W/K})$$

Vrch:

$$q_{z,vrch} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot (\check{s} + e_{st})^2}{\frac{e_v}{\lambda} + 0,13} \quad (\text{W/K})$$

Spodok:

$$q_{z,spodok} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot (\check{s} + e_{st})^2}{\frac{e_{sp}}{\lambda} + 0,13} \quad (\text{W/K})$$



Cylindrický zásobník

4. Tepelné straty pri uskladnení teplej vody (TV)

Výpočet tepelných strát pri uskladnení tepla a TV podľa STN EN 15316-5

určí sa meraním alebo pomocou predvolených koeficientov

$$Q_{\text{sto;ls;tot}} = f_{\text{sto;bac;acc}} * f_{\text{sto;dis;ls}} * H_{\text{sto;ls}} / 1000 * (\theta_{\text{sto;set}} - \theta_{\text{sto;amb}}) * t_{\text{ci}}$$

$f_{\text{sto;bac;acc}}$ váhový faktor, závisí od typu regulácie a zásobníka

$f_{\text{sto;dis;ls}}$ faktor zohľadňujúci tepelné straty v dôsledku pripájacích potrubí

$H_{\text{sto;ls}}$ merná tepelná strata zásobníka vo W/K

$\theta_{\text{sto;set}}$ nastavená teplota v zásobníku v ° C

$\theta_{\text{sto;amb}}$ okolitá teplota v ° C

5. Tepelné straty pri výrobe teplej vody (TV)

Normy

STN EN 15316-4-1 Energetická hospodárnosť budov. Metóda výpočtu energetických požiadaviek systému a účinnosti systému. Časť 4-1: **Systémy výroby tepla a prípravy úžitkovej teplej vody, spaľovacie systémy (kotly, biomasa)**

STN EN 15316-4-2 Energetická hospodárnosť budov. Metóda výpočtu energetických požiadaviek systému a účinnosti systému. Časť 4-2: **Systémy výroby tepla, systémy tepelného čerpadla**

STN EN 15316-4-3 Energetická hospodárnosť budov. Metóda výpočtu energetických požiadaviek systému a účinnosti systému. Časť 4-3: **Systémy výroby tepla, tepelné solárne a fotovoltické systémy**

STN EN 15316-4-4 Energetická hospodárnosť budov. Metóda výpočtu energetických požiadaviek systému a účinnosti systému. Časť 4-4: **Systémy výroby tepla, systémy kombinovanej výroby elektriny a tepla integrované v budovách**

STN EN 15316-4-5 Energetická hospodárnosť budov. Metóda výpočtu energetických požiadaviek systému a účinnosti systému. Časť 4-5: **Centralizované zásobovanie teplom a chladom, moduly M3-8-5, M4-8-5, M8-8-5, M11-8-5**

5. Tepelné straty pri výrobe teplej vody (TV)

Faktory transformácie a distribúcie energie

- Pre výsledné energetické hodnotenie je kľúčový zdroj tepla
- Ak nie sú dostupné bližšie informácie o účinnosti výroby a distribúcie tepla, možno použiť hodnoty zo stĺpca „Faktor transformácie a distribúcie energie“

Energetický nosič	Spôsob transformácie	Faktor transformácie a distribúcie energie
Zemný plyn	Štandardný kotol	0,89 - 0,90
	Kondenzačný kotol	0,97 - 1,05
Čierne uhlie	Kotol na tuhé palivo	0,69 - 0,78
Kusové drevo	Kotol na biomasu	0,7
Zemný plyn	Diaľkové vykurovanie	0,84
Čierne uhlie	Diaľkové vykurovanie	0,80
El. energia	Vykurovanie	0,99
	TČ vzduch-voda/radiátory	2,6
	TČ vzduch-voda/sálavý syst.	2,9
	TČ zem-voda/radiátory	2,9
	TČ zem-voda/sálavý systém	3,4
	fotovoltaika	1,00
...	...	...

Zdroj: Vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z.z. (úplné znenie)

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Typy solárnych kolektorov



Zdroj: https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_thermal_collector



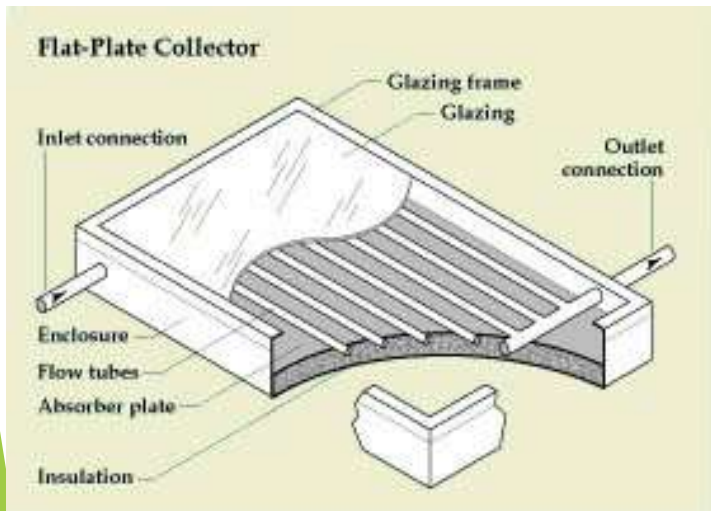
Zdroj: <http://www.bestsolarpoolheater.com/types-of-solar-collectors/>



Zdroj: <http://www.bestsolarpoolheater.com/types-of-solar-collectors/>

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Plochý kolektor

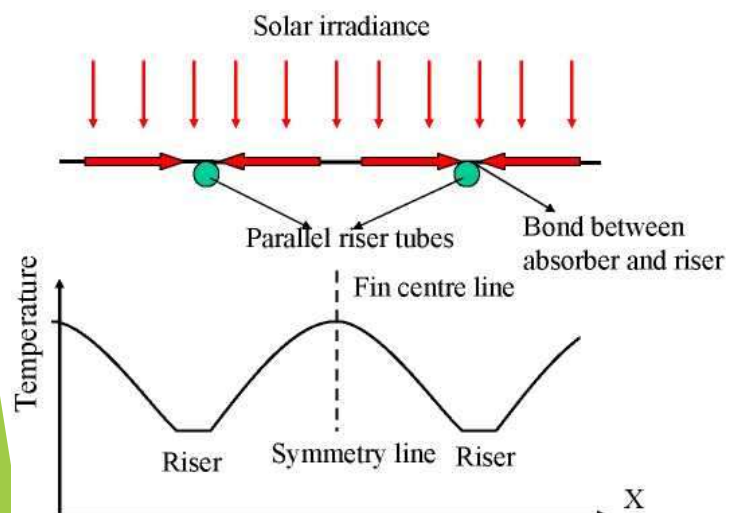


6. Solárny termálny systém na p

Plochý kolektor



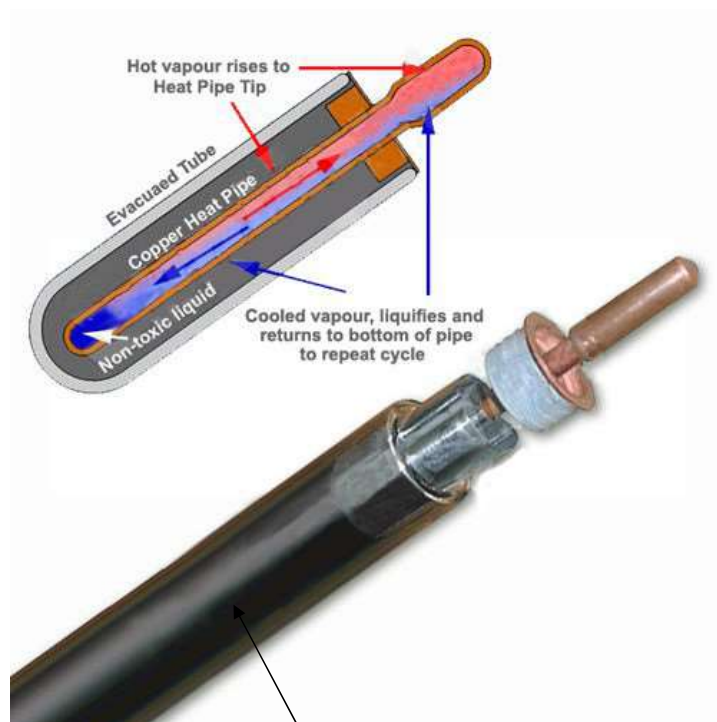
Rozloženie teploty absorbéra



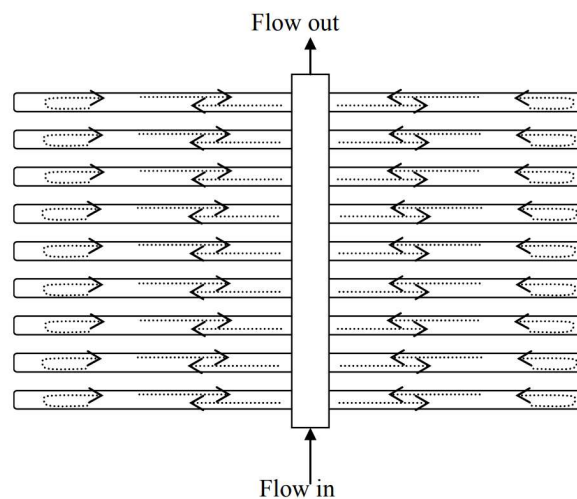
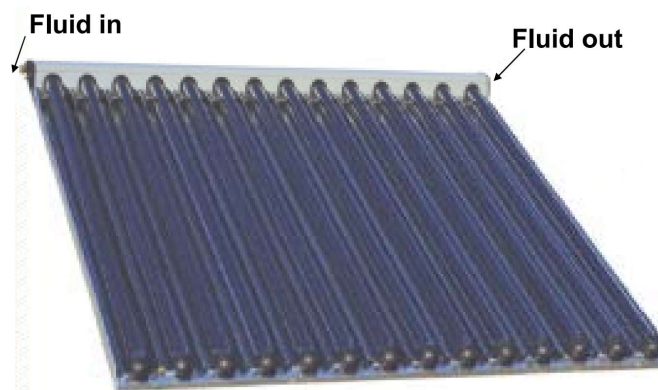
Zdroj: <http://www.bestsolarpoolheater.com/types-of-solar-collectors/>

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Vákuový trubicový kolektor

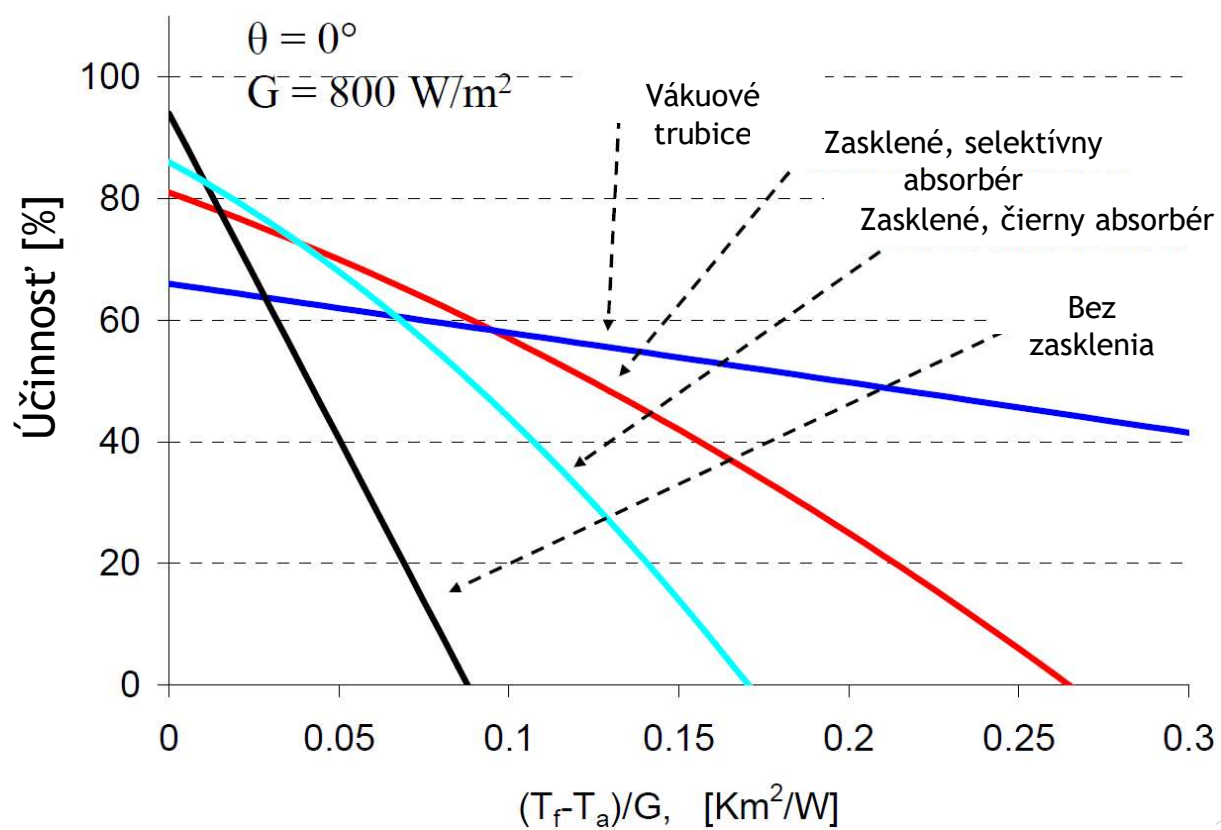


Absorbér



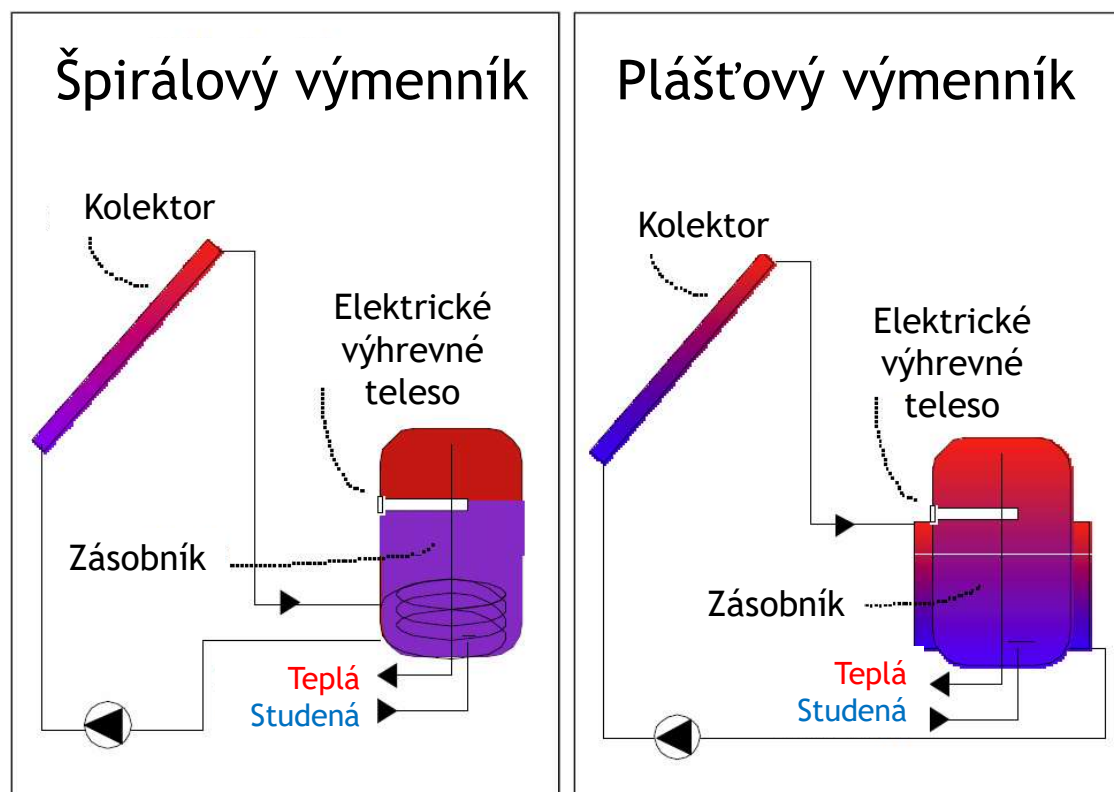
6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Porovnanie rôznych typov kolektorov



6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Typický solárny systém pre strednú a severnú Európu



6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Energetická bilancia solárneho systému

- + $Q_{\text{sol,out,m}}$ (výstup tepelného solárneho systému)
- $W_{\text{sol,aux,m}}$ (vlastná spotreba energie obehových čerpadiel)
- $Q_{\text{sol,st,ls,m}}$ (tepelné straty zásobníka)
- $Q_{\text{bu,dis,ls,m}}$ (tepelné straty rozvodov medzi zásobníkom a špičkovým zdrojom)
- + Spätne získateľné tepelné straty

= Mesačná energetická bilancia solárneho systému

Ročná energetická bilancia = $\sum_{i=1}^{12}$ mesačná energetická bilancia

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Mesačný výstup solárneho systému

$$Q_{\text{sol,out,m}} = (aY + bX + cY^2 + dX^2 + eY^3 + fX^3) \cdot Q_{\text{sol,us,m}} \text{ (kWh)}$$

- a, b, c, d, e, f sú korelačné faktory z tabuľky
- X, Y sú bezrozmerné faktory (vypočítané)

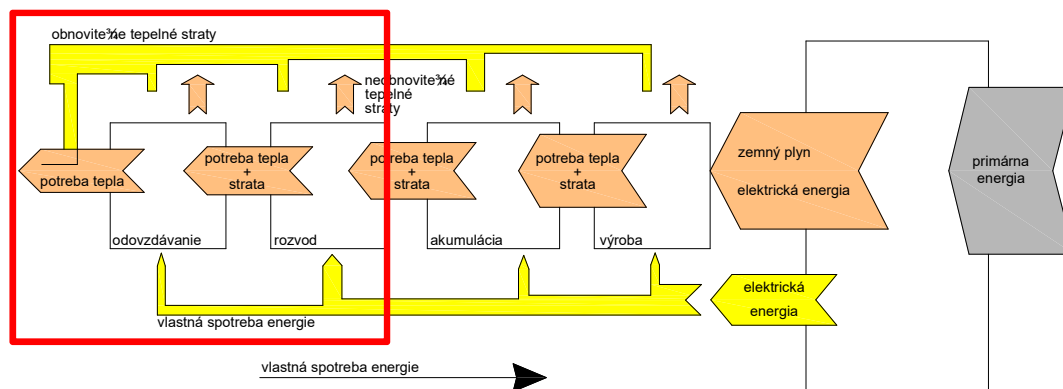
Korelačné faktory	Typ systému	
	Akumulácia vody ^a	Priame solárne podlahové vykurovanie ^b
a	1,029	0,863
b	-0,065	- 0,147
c	-0,245	-0,263
d	0,0018	0,008
e	0,0215	0,029
f ^c	0	0,025

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Faktor X

$$Q_{\text{sol,out,m}} = (AY + BX + CY^2 + DX^2 + EY^3 + FX^3) \cdot Q_{\text{sol,us,m}} \quad (\text{kWh})$$

- Mesačná potreba tepla tepelného solárneho systému $Q_{\text{sol,us,m}}$:
 - potreba tepla + tepelná strata pri rozvode tepla
 - straty medzi solárnym systémom a záložným zdrojom sa nezapočítavajú
 - straty zo zásobníkového ohrievača a kolektorového okruhu sa nezapočítavajú



6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Faktor X

$$Q_{\text{sol,out,m}} = (AY + \textcircled{BX} + CY^2 + \textcircled{DX^2} + EY^3 + \textcircled{FX^3}) \cdot Q_{\text{sol,us,m}} \quad (\text{kWh})$$

- Bezrozmerný faktor X sa vypočíta takto:

$$X = A \cdot U_{\text{loop}} \cdot \eta_{\text{loop}} \cdot \Delta T \cdot f_{\text{st}} \cdot t_{\text{m}} / (Q_{\text{sol,us,m}} \cdot 1\,000) \quad (-)$$

A apertúrna plocha kolektora (m^2)

U_{loop} súčiniteľ prechodu tepla kolektorového okruhu ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

η_{loop} účinnosť kolektorového okruhu vrátane vplyvu výmenníka.

ΔT referenčný rozdiel teplôt (K)

f_{st} korekčný faktor kapacity zásobníka (-)

t_{m} dĺžka mesiaca (h)

$Q_{\text{sol,us,m}}$ mesačná potreba tepla tepelného solárneho systému (kWh)

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Apertúrna plocha

- Bezrozmerný faktor X sa vypočíta takto:

$$X = A \cdot U_{\text{loop}} \cdot \eta_{\text{loop}} \cdot \Delta T \cdot f_{\text{st}} \cdot t_{\text{m}} / (Q_{\text{sol,us,m}} \cdot 1\,000) \quad (-)$$

A apertúrna plocha kolektora (m^2)

U_{loop} súčiniteľ prechodu tepla kolektorového okruhu ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

η_{loop} účinnosť kolektorového okruhu vrátane vplyvu výmenníka.

ΔT referenčný rozdiel teplôt (K)

f_{st} korekčný faktor kapacity zásobníka (-)

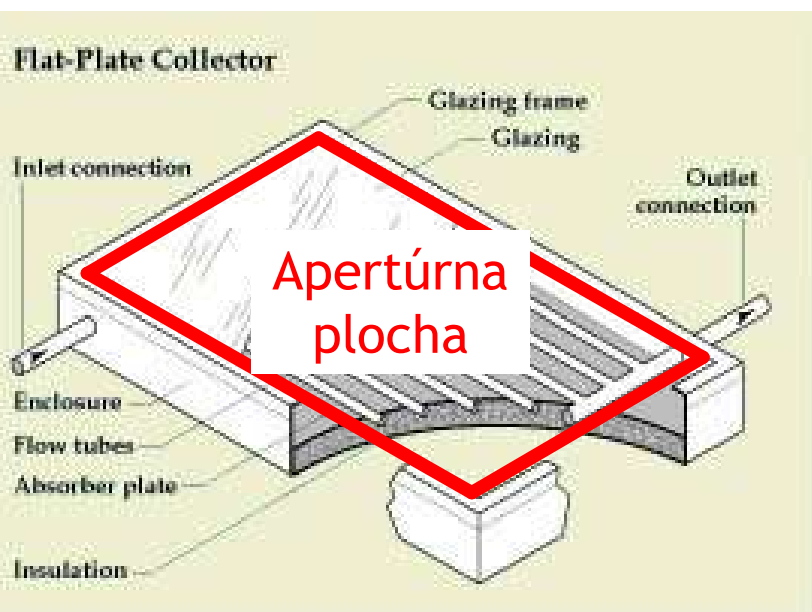
t_{m} dĺžka mesiaca (h)

$Q_{\text{sol,us,m}}$ mesačná potreba tepla tepelného solárneho systému (kWh)

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

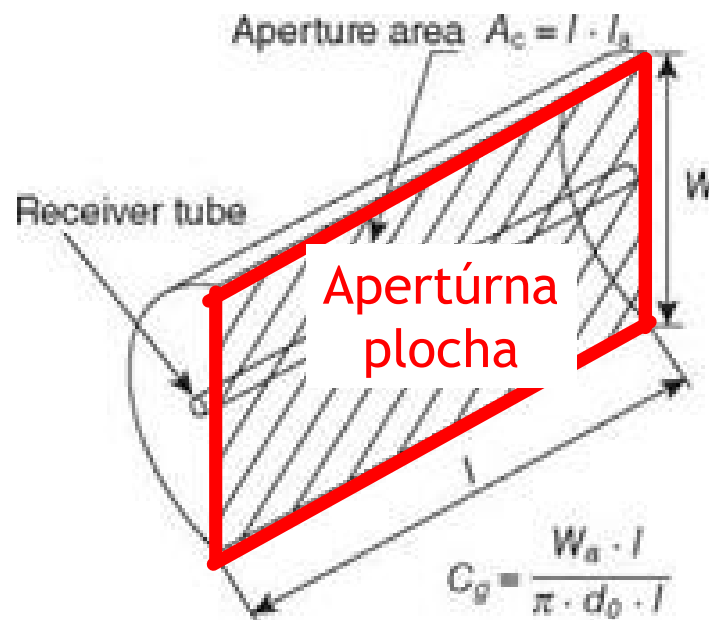
Apertúrna plocha

Plochý kolektor



Source: <http://www.bestsolarpoolheater.com/types-of-solar-collectors/>

Vákuové trubice



Source: <http://energyprofessionalsymposium.com/?p=12828>

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

U-hodnota kolektorového okruhu

- Bezrozmerný faktor X sa vypočíta takto:

$$X = A \cdot U_{\text{loop}} \cdot \eta_{\text{loop}} \cdot \Delta T \cdot f_{\text{st}} \cdot t_{\text{m}} / (Q_{\text{sol,us,m}} \cdot 1\,000) \quad (-)$$

A apertúrna plocha kolektora (m^2)

U_{loop} súčiniteľ prechodu tepla kolektorového okruhu ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

η_{loop} účinnosť kolektorového okruhu vrátane vplyvu výmenníka.

ΔT referenčný rozdiel teplôt (K)

f_{st} korekčný faktor kapacity zásobníka (-)

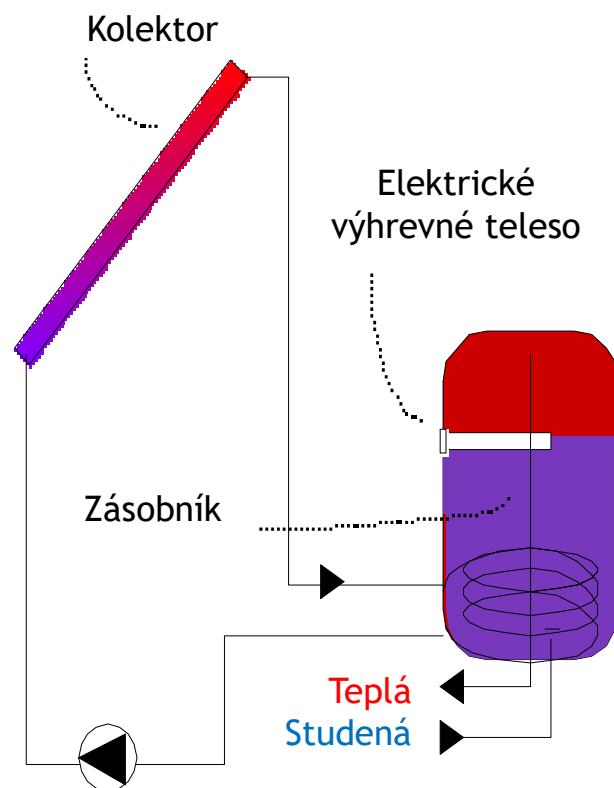
t_{m} dĺžka mesiaca (h)

$Q_{\text{sol,us,m}}$ mesačná potreba tepla tepelného solárneho systému (kWh)

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

U-hodnota kolektorového okruhu

- Kolektorový okruh



6. Solárny termálny systém na prípravu TV

U-hodnota kolektorového okruhu

- Bezrozmerný faktor X sa vypočíta takto:

$$X = A \cdot U_{\text{loop}} \cdot \eta_{\text{loop}} \cdot \Delta T \cdot f_{\text{st}} \cdot t_{\text{m}} / (Q_{\text{sol,us,m}} \cdot 1\,000) \quad (-)$$

A apertúrna plocha kolektora (m^2)

U_{loop} súčiniteľ prechodu tepla kolektorového okruhu ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

η_{loop} účinnosť kolektorového okruhu vrátane vplyvu výmenníka.

ΔT referenčný rozdiel teplôt (K)

f_{st} korekčný faktor kapacity zásobníka (-)

t_{m} dĺžka mesiaca (h)

$Q_{\text{sol,us,m}}$ mesačná potreba tepla tepelného solárneho systému (kWh)

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Účinnosť kolektorového okruhu

η_{loop} možno vypočítať takto:

$$\eta_{\text{loop}} = 1 - \Delta\eta$$

kde:

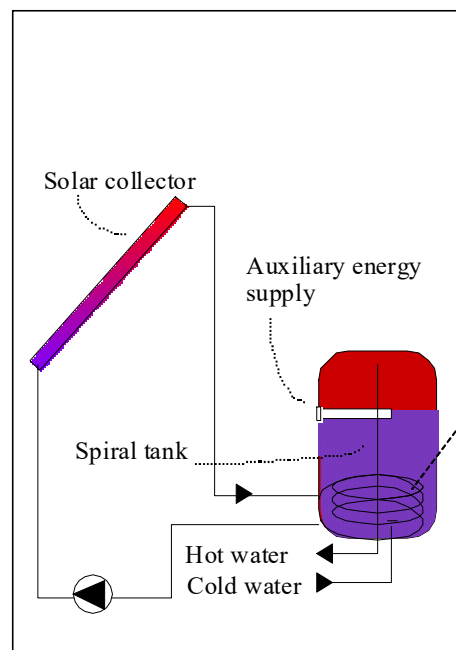
$$\Delta\eta = (\eta_0 * A * a_1) / (UA)_{\text{hx}}$$

η_0 optická účinnosť kolektora (-)

A apertúrna plocha kolektora (m²)

a_1 koeficient tepelnej straty prvého rádu solárneho kolektora (-)

$(UA)_{\text{hx}}$ hodnota prechodu tepla výmenníkom tepla (W/K)



η_{loop} zohľadňuje vplyv výmenníka tepla

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Referenčný teplotný rozdiel

- Bezrozmerný faktor X sa vypočíta takto:

$$X = A \cdot U_{\text{loop}} \cdot \eta_{\text{loop}} \cdot \Delta T \cdot f_{\text{st}} \cdot t_{\text{m}} / (Q_{\text{sol,us,m}} \cdot 1\,000) \quad (-)$$

A apertúrna plocha kolektora (m^2)

U_{loop} súčiniteľ prechodu tepla kolektorového okruhu ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

η_{loop} účinnosť kolektorového okruhu vrátane vplyvu výmenníka.

ΔT referenčný rozdiel teplôt (K)

f_{st} korekčný faktor kapacity zásobníka (-)

t_{m} dĺžka mesiaca (h)

$Q_{\text{sol,us,m}}$ mesačná potreba tepla tepelného solárneho systému (kWh)

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Referenčný teplotný rozdiel

- Referenčný rozdiel teplôt ΔT sa vypočíta takto:

$$\Delta T = \theta_{\text{ref}} - \theta_{\text{e,avg}} \quad (-)$$

$\theta_{\text{e,avg}}$ priemerná vonkajšia teplota počas výpočtového obdobia (°C)

- Pre **NORMALIZOVANÉ** klimatické podmienky $\theta_{\text{e,avg}}$ definované v STN 73 0540-3

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Referenčný teplotný rozdiel

- Pre **NORMALIZOVANÉ** klimatické podmienky $\theta_{e,avg}$ definované v STN 73 0540-3

Priemerná vonkajšia teplota počas vykurovacieho obdobia/priemerná vonkajšia teplota podľa mesiacov θ_e , v °C	3,86	Október	+9,8
		November	+4,3
		December	−0,3
		Január	−1,8
		Február	+0,4
		Marec	+4,6
		Apríl	+9,9
Priemerná vonkajšia teplota počas letného obdobia/priemerná vonkajšia teplota podľa mesiacov θ_e , v °C	17,4	Máj	+14,9
		Jún	+17,9
		Júl	+19,6
		August	+19,2
		September	+15,2

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Korekčný faktor kapacity zásobníka

$$Q_{\text{sol,out,m}} = (AY + BX + CY^2 + DX^2 + EY^3 + FX^3) \cdot Q_{\text{sol,us,m}} \quad (\text{kWh})$$

- Bezrozmerný faktor Y sa vypočíta takto:

$$Y = A \cdot \text{IAM} \cdot \eta_0 \cdot \eta_{\text{loop}} \cdot I_m \cdot t_m / (Q_{\text{sol,us,m}} \cdot 1\,000) \quad (-)$$

A apertúrna plocha kolektora (m^2)

IAM modifikátor uhla dopadu (-)

η_0 účinnosť kolektora pri nulových tepelných stratách (-)
(optická účinnosť kolektora). Typická hodnota je 0.8 pre ploché kolektory

η_{loop} účinnosť kolektorového okruhu (-)

I_m priemerná intenzita slnečného žiarenia na rovine kolektora (W/m^2)

t_m dĺžka mesiaca (h)

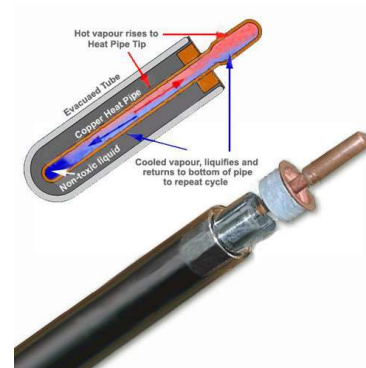
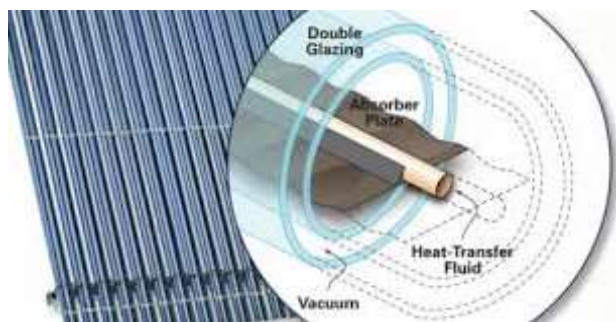
$Q_{\text{sol,us,m}}$ mesačná potreba tepla tepelného solárneho systému (kWh)

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Modifikátor uhla dopadu (IAM)

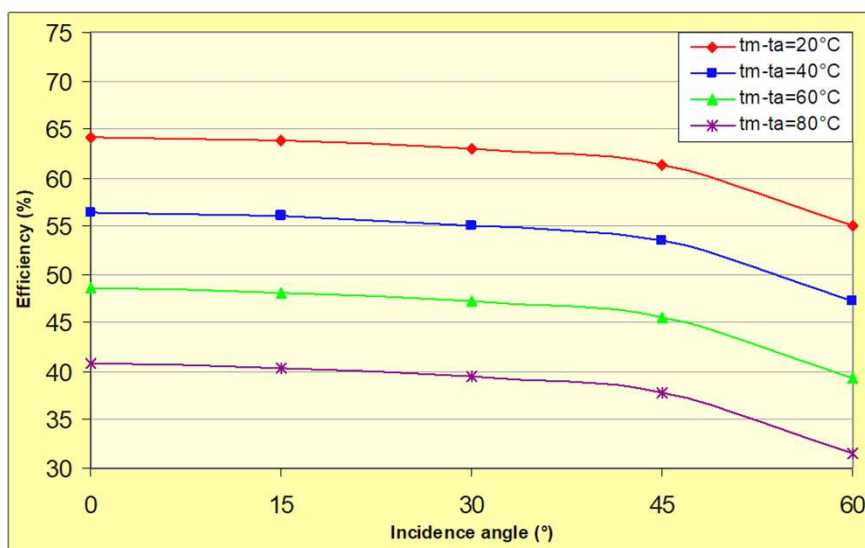
Modifikátor uhla dopadu kolektora. Predvolené hodnoty:

- 0.94 pre ploché zasklené kolektory
- 1.00 pre kolektory bez zasklenia
- 0.97 pre vákuové trubicové kolektory s plochým absorbérom
- 1.00 pre vákuové trubicové kolektory s kruhovým absorbérom



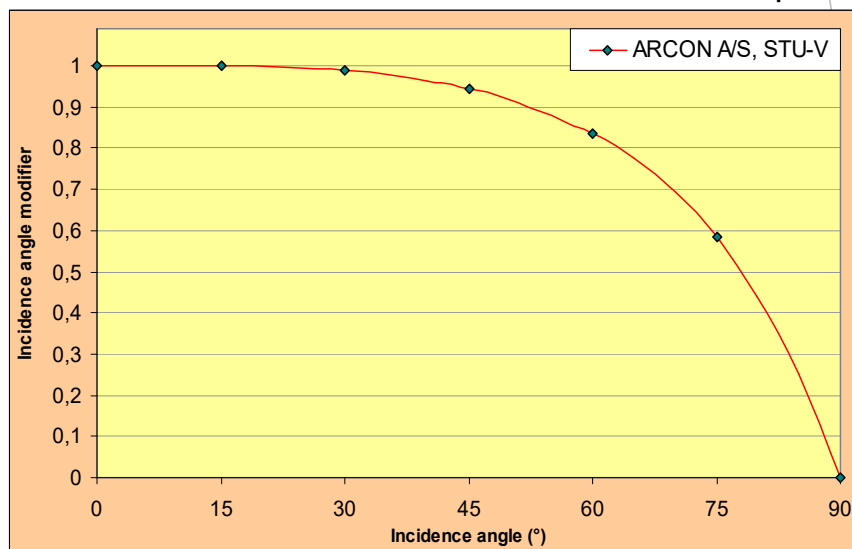
6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Modifikátor uhla dopadu (IAM)



Účinnosť kolektora ako funkcia
uhla dopadu

Modifikátor uhla dopadu ako
funkcia uhla dopadu



6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Mesačný výstup solárneho systému

- Bezrozmerný faktor Y sa vypočíta takto:

$$Y = A \cdot IAM \cdot \eta_0 \cdot \eta_{\text{loop}} \cdot I_m \cdot t_m / (Q_{\text{sol,us,m}} \cdot 1\,000) \quad (-)$$

A apertúrna plocha kolektora (m^2)

IAM modifikátor uhla dopadu (-)

η_0 účinnosť kolektora pri nulových tepelných stratách (-)
(optická účinnosť kolektora). Typická hodnota je 0.8 pre ploché kolektory

η_{loop} účinnosť kolektorového okruhu (-)

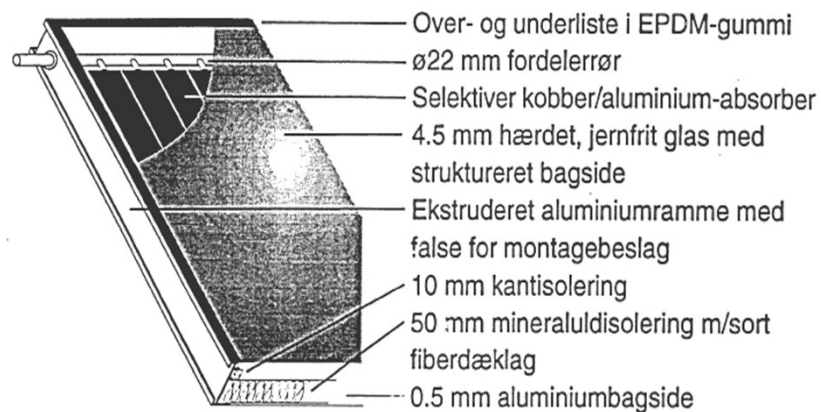
I_m priemerná intenzita slnečného žiarenia na rovine kolektora (W/m^2)

t_m dĺžka mesiaca (h)

$Q_{\text{sol,us,m}}$ mesačná potreba tepla tepelného solárneho systému (kWh)

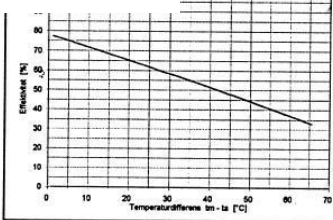
6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Účinnosť kolektora

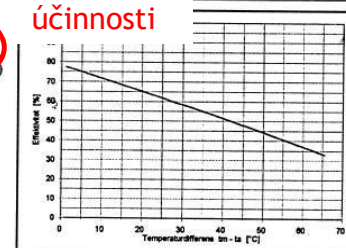


<http://www.solarkeymark.nl/DBF/>

Bilag 4: Datablad

Datablad for solfanger – effektivitet		 DANAK Reg.nr. 300	D2128 A
Fabrikant/forhandler: ARCON Solvarme A/S, Jyttevej 18, 9520 Skørping Tlf: 98 39 14 77			Type: STU-V
Data for solfanger – fabrikantoplysninger			
Snit i solfanger: OPBYGNING  Udvendige dimensioner 2.27 x 1.23 x 0.11 m Areal Udvendigt 2.78 m ² Transparent 2.50 m ²	Vægt 53 kg Væskeindhold 2.2 kg Dæklag Type Enkelt lag Materiale Jernfrit hærdet glas Tykkelse 4 mm Absorber Type Sunstrip Materiale Aluminium/kobberør Belægning Selektiv sort nikkel Kanalsystem 8 parallelle på højkant m. manifold	Tilslutning 2 x ø22 mm Isolering Bagside 50 mm Glasuld Sider 10 mm Glasuld Solfangerkasse Aluminiumsprofiler Tætning T-formet profil EPDM-gummi Anbef. max. driftstryk 4 bar Prøvetryk 8 bar	
Prøvning og result		Parametre	účinnosti
Prøvning Metode ISO 9806-1 Periode Juni 1998 Prøvningsbetingelser Væske 40% glycol Vind 2 - 4 m/s Væskestrøm 0.02 kg/s/m ² Bestråling >800 W/m ² Tryktab (ved 20°C) P _d = 115 m ^{1,83} kPa Tryktab ved 0.02 kg/s/m² (Fabrikant anbefalet flow) P _d = 0.48 kPa	Effektivitet η ₀ = 0.782 a ₁ = 5.08 W/(m ² K) a ₂ = 0.007 W/(m ² K ²) Indfaldsvinkelkorrektion a = 3.2 Tidskonstant τ = 75 s Termisk kapacitet C = 13.4 kJ/K G = 800 W/m ² Areal = Transparent areal	 Effektivitetskurve	
Formler og symboler			
Effektivitet: $\eta = \eta_0 - a_1(t_m - t_a)/G - a_2(t_m - t_a)^2/G$ Indfaldsvinkelkorrektion: $K_\theta = 1 - \tan^2(\theta/2)$ Måleusikkerhed for effektivitet: ±2.5%		t_a Lufttemperatur [°C] t_m Middelvæsketem. [°C] m Massestrøm [kg/s] θ Indfaldsvinkel [°] G Bestrålingsstyrke [W/m ²]	
Bemærkninger til prøvning:		Rovnica účinnosti Dato 1998.10.05 Prøvestationens underskrift  Inge Lise Clausen	

Parametre účinnosti



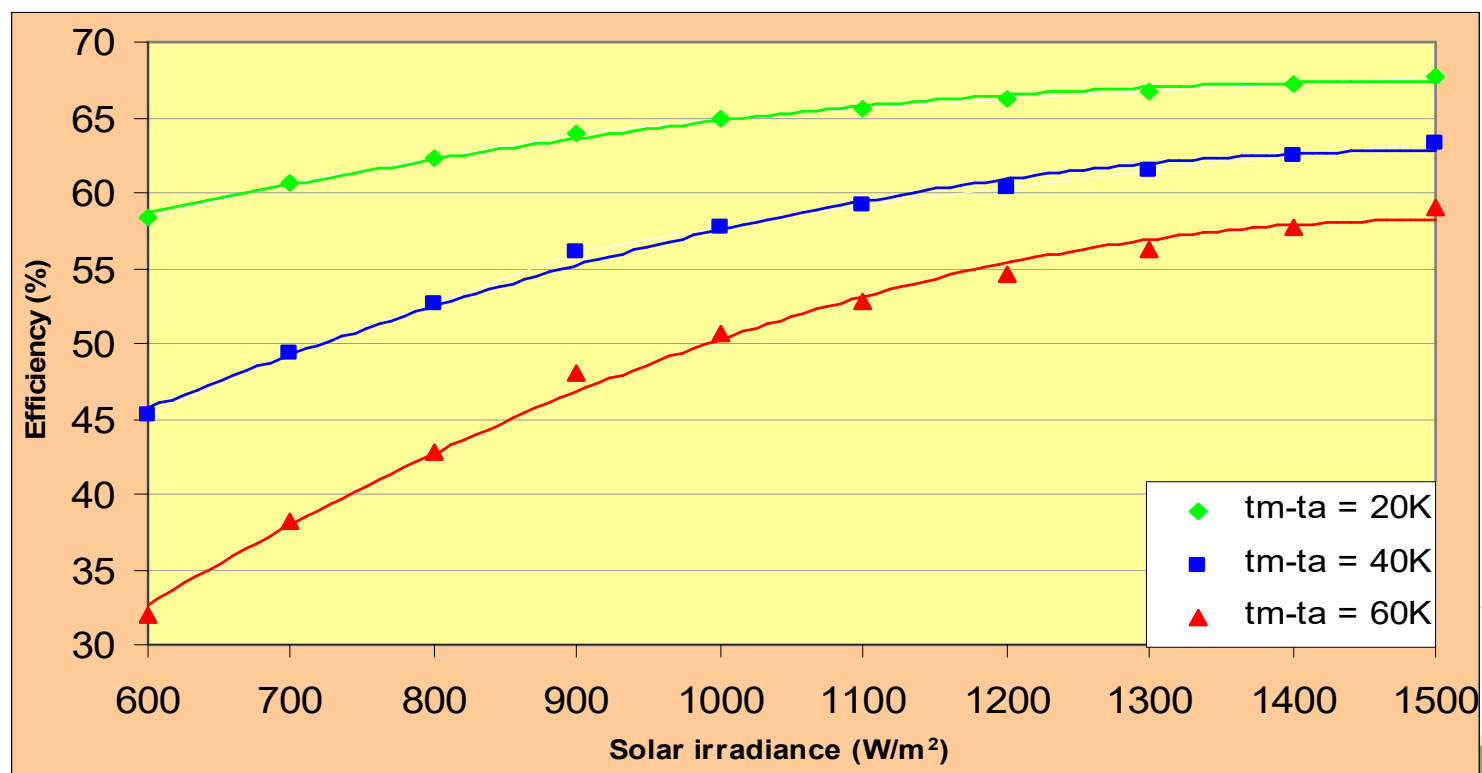
Effektivitetskurve

Rovnica účinnosti

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Účinnosť kolektora

Plochý kolektor



6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Priemerná intenzita slnečného žiarenia na rovine kolektora

- Bezrozmerný faktor Y sa vypočíta takto:

$$Y = A \cdot IAM \cdot \eta_0 \cdot \eta_{\text{loop}} \cdot I_m \cdot t_m / (Q_{\text{sol,us,m}} \cdot 1\,000) \quad (-)$$

A apertúrna plocha kolektora (m^2)

IAM modifikátor uhla dopadu (-)

η_0 účinnosť kolektora pri nulových tepelných stratách (-)
(optická účinnosť kolektora). Typická hodnota je 0.8 pre ploché kolektory

η_{loop} účinnosť kolektorového okruhu (-)

I_m priemerná intenzita slnečného žiarenia na rovine kolektora (W/m^2)

t_m dĺžka mesiaca (h)

$Q_{\text{sol,us,m}}$ mesačná potreba tepla tepelného solárneho systému (kWh)

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Priemerná intenzita slnečného žiarenia na rovine kolektora

- Priemerná intenzita slnečného žiarenia na rovine kolektora I_m
- Pre **NORMALIZOVANÉ** klimatické podmienky I_m v STN 73 0540-3
- Pre **ZIMNÚ SEZÓNU**:

Hodnoty pre stenu, t.j. sklon 90°

Orientácia	Mesiace							Spolu X-IV
	I	II	III	IV	X	XI	XII	
Juh	30,2	43,6	61,2	66,3	57,2	33,1	28,4	320
Sever	9,1	13,8	20,1	27,2	14,5	8,4	6,8	100
Východ, západ	14,9	24,5	42,0	59,1	32,2	15,4	11,8	200
Juhovýchod, juhozápad	22,7	33,8	50,9	62,0	44,8	24,9	20,8	260
Severovýchod, severozápad	10,2	16,1	26,8	41,6	18,3	9,6	7,4	130
Horizontálna rovina	22,2	38,6	71,4	108,2	55,0	26,2	18,4	340

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Priemerná intenzita slnečného žiarenia na rovine kolektora

- Priemerná intenzita slnečného žiarenia na rovine kolektora I_m
- Pre **NORMALIZOVANÉ** klimatické podmienky I_m v STN 73 0540-3
- Pre **LETNÚ SEZÓNU**:

Hodnoty pre stenu, t.j. sklon 90°

Orientácia	Mesiace				
	V	VI	VII	VIII	IX
Juh	92,4	88,7	90,3	95,5	95,2
Sever	50,4	56,1	53,1	44,7	30,2
Východ, západ	95,8	99,6	97,4	89,3	67,2
Juhovýchod, juhozápad	100,8	99,6	100,9	100,1	89,6
Severovýchod, severozápad	72,2	79,6	76,1	63,1	41,4
Horizontálna rovina	168,0	181,0	177,0	154,0	112,0

6. Solárny termálny systém na prípravu TV

Energetická bilancia solárneho systému

- + $Q_{\text{sol,out,m}}$ (výstup tepelného solárneho systému)
- $W_{\text{sol,aux,m}}$ (vlastná spotreba energie obehových čerpadiel)
- $Q_{\text{sol,st,ls,m}}$ (tepelné straty zásobníka)
- $Q_{\text{bu,dis,ls,m}}$ (tepelné straty rozvodov medzi zásobníkom a špičkovým zdrojom)
- + Spätne získateľné tepelné straty

= Mesačná energetická bilancia solárneho systému

Ročná energetická bilancia = $\sum_{i=1}^{12}$ mesačná energetická bilancia

7. Zatriedenie systému prípravy TV do energetickej triedy

Započítanie tepelných strát pri výrobe tepla

- Tepelné straty pri výrobe tepla treba tiež započítať
- Pri energetickej certifikácii sa rozlišuje potreba energie a dodaná energia
- Podľa vyhl. 364/2012 Z. z. sa straty pri výrobe nezapočítajú do potreby energie
- Podľa vyhlášky sa ani obnoviteľné zdroje nezapočítajú do potreby energie
- Započítajú sa až do dodanej energie
- Z dodanej energie sa vypočíta primárna energia - globálny ukazovateľ

Tento spôsob výpočtu je predmetom diskusie

7. Zatriedenie systému prípravy TV do energetickej triedy

Požiadavka na potrebu energie na prípravu TV

Príprava TV:

B. Škála energetických tried pre potrebu energie na prípravu teplej vody v kWh/(m ² · a)								
Miesto spotreby	Kategorie budov	Triedy energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
Príprava teplej vody	rodinné domy	≤ 12	13-24	25-36	37-48	49-60	61-72	> 72
	bytové domy	≤ 13	14-26	27-39	40-52	53-65	66-78	> 78
	administratívne budovy	≤ 4	5-8	9-12	13-16	17-20	21-24	> 24
	budovy škôl a školských zariadení	≤ 6	7-12	13-18	19-24	25-30	31-36	> 36
	budovy nemocníc	≤ 26	27-52	53-78	79-104	105-130	131-156	> 156
	budovy hotelov a reštaurácií	≤ 32	33-64	65-96	97-128	129-160	161-192	> 192
	športové haly a iné budovy určené na šport	≤ 6	7-12	13-18	19-24	25-30	31-36	> 36
	budovy pre veľkoobchodné služby a maloobchodné služby	≤ 5	6-9	10-14	15-18	19-23	24-27	> 27

Celková potreba energie pre rodinný dom = vykurovanie + príprava TV

- Energetická trieda A pre miesta spotreby
- Energetická trieda A pre celkovú potrebu energie

Podstatná je však primárna energia

7. Zatriedenie systému prípravy TV do energetickej triedy

Položky energetickej bilancie

Váha jednotlivých položiek:

- Potreba tepla na vykurovanie/prípravu TV: **obvykle najväčšia položka**
- Straty pri odovzdávaní: **podstatné pre vykurovanie, nie pre TV**
- Straty pri rozvode tepla a TV: **dôležité, obzvlášť v prípade cirkulácie TV**
- Straty pri akumulácii tepla: **v závislosti od úrovne izolácie zásobníka**
- Straty pri výrobe tepla: **dôležité pre vykurovanie aj prípravu TV**
- Elektrina pre obehové čerpadlá: **malá položka, no vysoký faktor primárnej energie**
- Obnoviteľné zdroje energie: **dokážu výrazne znížiť primárnu energiu**

Test

- Z ktorých podsystémov pozostáva systém prípravy teplej vody?
- Ktorá položka obvykle najviac prispieva k potrebe energie na prípravu teplej vody?
- Akým spôsobom dochádza k tepelným stratám pri rozvode teplej vody?
- Vymenujte 4 faktory, ktoré ovplyvňujú výstup zo solárneho kolektora
- Do koľkých sekúnd má v odbernom mieste vytekať voda s výpočtovou teplotou 50°C
- Podľa ktorej vyhlášky sa postupuje pri výpočte energetickej hospodárnosti budov?

ĎAKUJEM ZA POZORNOST

