



SLOVENSKÁ INOVAČNÁ A ENERGETICKÁ AGENTÚRA

ENERGETICKÁ EFEKTÍVNOSŤ A VYUŽÍVANIE OZE PODĽA
TECHNICKÝCH NORIEM

24 – 25.9.2012 JASNÁ



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
STAVEBNÁ FAKULTA

Sústavy centralizovaného zásobovania teplom

**STN EN 15316-4-5 - Vykurovacie systémy v budovách.
Metóda výpočtu energetických požiadaviek systému
a účinnosti systému.**

*Časť 4-5: Systémy výroby tepla, vlastnosti a kvalita
centralizovaného zásobovania teplom
a veľkoobjemových systémov.*

Ing. Marek Bukoviansky
doc. Ing. Ján Takács, PhD.

Obsah

Predhovor	5
Úvod	7
1 Predmet normy	8
2 Normatívne odkazy	8
3 Termíny a definície	8
4 Značky a jednotky	11
5 Princíp metódy	12
5.1 Všeobecne	12
5.2 SCZT nachádzajúca sa mimo budovy - faktor primárnej energie	13
5.3 Energetické požiadavky na OST v budovách	14
6 Výpočet sústavy centralizovaného zásobovania teplom	14
6.1 Faktor primárnej energie	14
6.1.1 Výpočet na základe meraní	14
6.1.2 Výpočet z návrhových hodnôt	16
6.1.3 Vlastná spotreba energie	18
6.1.4 Spätne získateľné tepelné straty	18
6.1.5 Výpočtové obdobie	19
6.2 Energetické požiadavky na odovzdávacie stanice tepla (OST) v budovách	19
6.2.1 Všeobecne	19
6.2.2 Tepelné straty systému	19
6.2.3 Vlastná spotreba energie	20
6.2.4 Spätne získateľné tepelné straty	20
Príloha A (informatívna) - Príklady výpočtu	21
A.1 Typická situácia verejného využívania v meste	21
A.2 Typický prípad priemyselnej teplárne zásobujúcej vnútorné prevádzky a neďaleké mesto	22
A.3 Typická situácia pre malý systém kombinovanej výroby tepla a elektrickej energie	23
Príloha B (informatívna) - Účinnosť domovej odovzdávacej stanice tepla	24
Literatúra	25

Úvod

Súbor noriem EN 15316 Vykurovacie systémy v budovách. Metóda výpočtu energetických požiadaviek systému a účinnosti systému sa skladá z týchto častí:

Časť 1: Všeobecne

Časť 2-1: Systémy odovzdávania tepla do vykurovaného priestoru

Časť 2-3: Systémy rozvodu tepla

Časť 3-1: Systém prípravy teplej vody, charakteristika požiadaviek na vodu vo výtokoch

Časť 3-2: Systém prípravy teplej vody, distribúcia

Časť 3-3: Systém prípravy teplej vody, výroba

Časť 4-1: Priestorové systémy výroby tepla, spaľovacie systémy (kotly)

Časť 4-2: Systémy výroby tepla, systémy s tepelnými čerpadlami

Časť 4-3: Systémy výroby tepla, tepelné solárne systémy

Časť 4-4: Systémy výroby tepla, systémy kombinovanej výroby elektriny a tepla integrované v budovách

Časť 4-5: Systémy výroby tepla, vlastnosti a kvalita centralizovaného zásobovania teplom a veľkoobjemových systémov

Časť 4-6: Systémy výroby tepla, fotoelektrické systémy

Časť 4-7: Systémy výroby tepla, systémy spaľovania biomasy

Úvod

Táto norma sa zaoberá výpočtovou metódou:

- na určovanie účinnosti sústav diaľkového resp. centralizovaného zásobovania teplom (SCZT)
- na určovanie účinnosti odovzdávacích staníc (OST)

Výsledkom výpočtu je:

- *faktor primárnej energie SCZT*
- *tepelné straty domových OST*

Výpočty sú založené na prevádzkových údajoch SCZT resp. OST, ktoré môžu byť

- *vypočítané*
- *namerané*

Úvod

Táto metóda sa môže použiť na tieto aplikácie:

- posudzovanie v súlade s pravidlami vyjadrenými ako energetické ciele;
- optimalizáciu energetickej hospodárnosti plánovaného SCZT a OST pri zmene vstupných parametrov;
- hodnotenie vplyvu možných energeticky úsporných opatrení na existujúce sústavy zmenou spôsobu prevádzky alebo výmenou časti systému.

1 Predmet normy

Táto európska norma je súčasťou súboru noriem pre metódu výpočtu energetických požiadaviek systému a účinnosti systému.

Rozsah pôsobnosti tejto špecifickej časti je normalizovať metódu hodnotenia energetického systému centralizovaného zásobovania teplom a chladom a definovať:

- hranice systému;
- požadované vstupy;
- metódu výpočtu;
- výsledné výstupy.

Metóda sa používa na diaľkové vykurovanie a chladenie a na akýkoľvek iný druh kombinovanej výroby na vykurovanie alebo chladenie, alebo na prípravu teplej vody.

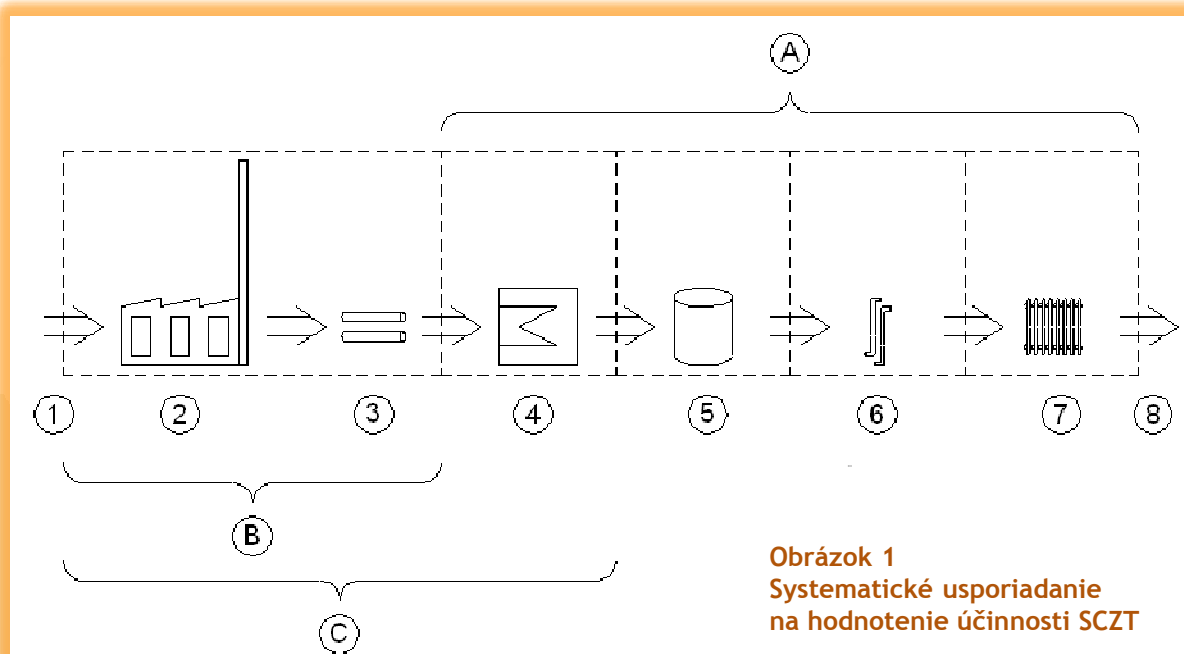
Úspory primárnej energie a CO₂, ktoré možno dosiahnuť pomocou systémov diaľkového vykurovania v porovnaní s inými systémami, sú vypočítané v súlade s EN 15603.

2 Princíp metódy

2.1 Všeobecne

Účinnosť sústavy centralizovaného zásobovania teplom (SCZT) sa hodnotí pri rozdelení tejto sústavy na dve časti podľa obrázka 1:

- vonkajšia časť, t. j. časti SCZT nachádzajúce sa mimo budovy (B);
- vnútorná časť, t. j. časti systému nachádzajúce sa vnútri budovy (A).



Obrázok 1
Systematické usporiadanie
na hodnotenie účinnosti SCZT

Legenda

- 1 - vstup paliva
- 2 - výroba tepla (a elektrickej energie)
- 3 - rozvodná tepelná sieť
- 4 - objektová OST
- 5 - akumulácia tepla
- 6 - distribúcia
- 7 - odovzdávanie tepla (vykurovacie teleso)
- 8 - potreba tepla na vykurovanie
- A - vykurovací systém budovy
- B - SCZT
- C - časť obsiahnutá v tejto norme

2 Princíp metódy

2.2 SCZT nachádzajúca sa mimo budovy - faktor primárnej energie

Účinnosť SCZT môže byť určená posúdením faktora primárnej energie $f_{P,dh}$.

Faktor primárnej energie sa vypočíta pomocou rovnice:

$$f_{P,dh} = \frac{E_{P,in}}{Q_{del}}$$

kde

$E_{P,in}$ je vstup primárnej energie vstupujúcej do SCZT;

Q_{del} je množstvo tepla dodaného po hranicu zásobovaných budov.

2 Princíp metódy

2.2 SCZT nachádzajúca sa mimo budovy - faktor primárnej energie

Principiálne možno energetickú bilanciu vyjadriť takto:

$$f_{P,dh} \cdot \sum_j Q_{del,j} + f_{p,el} \cdot E_{el,chp} = \sum_i f_{P,F,i} \cdot E_{F,i}$$

kde

$f_{P,dh}$ je faktor primárnej energie SCZT (-);

$f_{P,F,i}$ je faktor primárnej energie i-tého paliva alebo konečného energetického vstupu (-);

$f_{P,el}$ je faktor primárnej energie nahradenej elektrickej energie (-);

$\sum Q_{del,j}$ je súčet spotreby tepelnej energie nameranej na primárnej strane OST zásobovaných budov v rámci uvažovaného času (zvyčajne jeden rok) (MWh);

$E_{el,chp}$ je elektrická energia vyrobená združenou výrobou tepla a elektrickej energie (kogeneráciou), definovaná podľa prílohy II smernice č. 2004/08/EC v rámci rovnakého času (MWh);

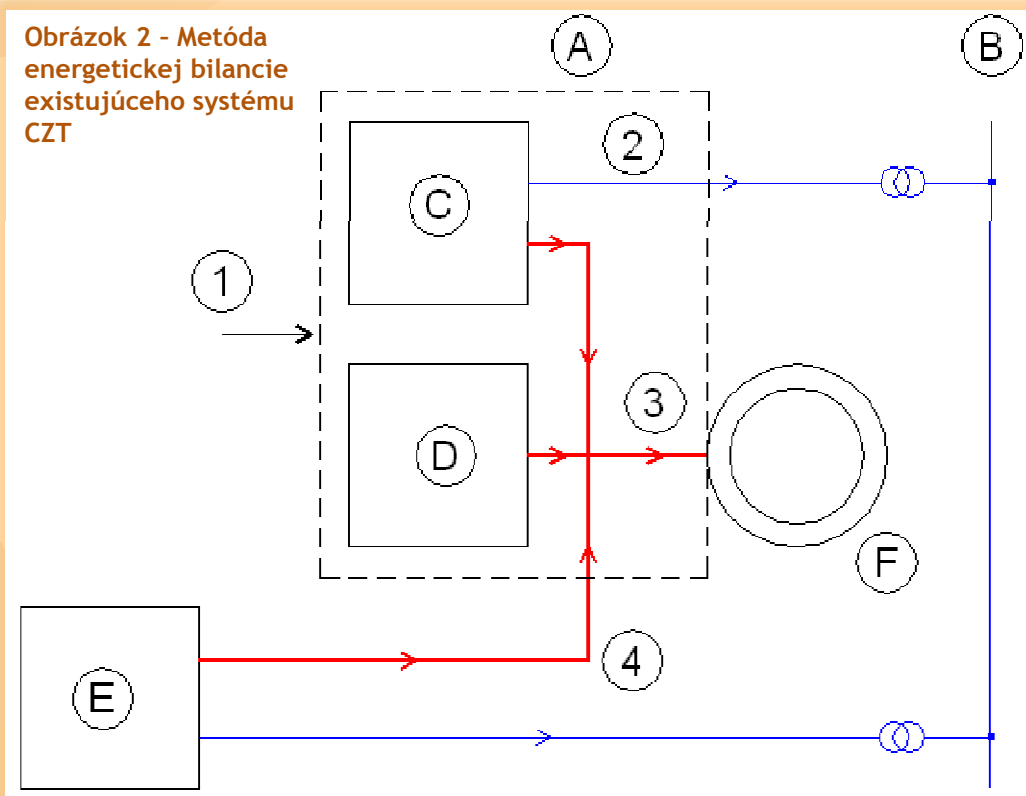
$E_{F,i}$ je výsledná spotreba energie i-tého paliva na účel produkcie tepla a elektrickej energie v rámci rovnakého času.

3 Výpočet SCZT

3.1 Faktor primárnej energie - výpočet na základe meraní

Pri jestvujúcich sústavách centralizovaného zásobovania teplom sú všetky vstupy zvyčajne známe z meraní. Metóda výpočtu je naznačená na obrázku 2.

Obrázok 2 - Metóda energetickej bilancie existujúceho systému CZT



Legenda

- A - hranica systému: SCZT
- B - elektrická sieť
- C - vnútorný kogeneračný zdroj
- D - zdroj tepla na vykurovanie (kotelňa)
- E - vonkajší kogeneračný zdroj
- F - odberateľ (spotrebič) tepla,

$$1 - \sum_j E_{F,j}$$

$$2 - E_{el, chp}$$

$$3 - \sum_j Q_{del,j}$$

$$4 - Q_{chp,e}$$

3 Výpočet SCZT

3.1 Faktor primárnej energie - výpočet na základe meraní

Výstupom výpočtu je faktor primárnej energie $f_{P,dh}$ posudzovanej SCZT, ktorý vychádza z rovnice

$$f_{P,dh} = \frac{\sum_i E_{F,i} \cdot f_{P,F,i} - E_{el,chp} \cdot f_{P,el}}{\sum_j Q_{del,j}}$$

kde požadované vstupy na výpočet sú:

- $E_{F,i}$ je vstup paliva (konečná energia) do zdroja tepla a kogeneračnej jednotky v rámci uvažovaného systému počas uvažovaného času (zvyčajne jeden rok); táto energia sa meria v bode dodávky;
- $f_{P,F,i}$ je faktor primárnej energie palivových vstupov (konečná energia); informatívne hodnoty týchto faktorov sa uvádzajú v norme STN EN 15603 alebo v národnej prílohe (-);
- $E_{el,chp}$ je elektrická energia vyrobená združenou výrobou tepla a elektrickej energie (kogeneráciou) uvažovaného systému v rámci uvažovaného času (MWh);
- $Q_{chp,e}$ je teplo dodané do posudzovanej sústavy z externej kogeneračnej jednotky v rámci uvažovaného času (MWh);
- $\Delta E_{el,chp,e}$ sú straty elektrickej energie externých kogeneračných jednotiek v dôsledku odberu tepla v posudzovanom čase (týka sa to iba prípadov, ak sa teplo dodáva do posudzovanej sústavy zvonka, a tento parameter sa používa len v prípade, ak nie je k dispozícii hodnota $f_{P,chp,e}$);
- $f_{p,el}$ faktor primárnej energie pre elektrickú energiu (-);
- $Q_{del,j}$ spotreba tepelnej energie meraná na primárnej strane OST budov v rámci uvažovaného času (MWh);
- η_{hn} účinnosť distribučnej tepelnej siete; hodnoty η_{hn} by sa mali uvádzať v národnej prílohe; hodnoty sa zvyčajne pohybujú v rozmedzí 0,70 až 0,95.

3 Výpočet SCZT

3.1 Faktor primárnej energie - výpočet na základe meraní

Tabuľka 1 -STN EN 15603 - príloha E.1 - Faktory primárnej energie a súčinitele emisií CO₂

	Faktory primárnej energie		Súčinitele emisií CO ₂
	f_p		K
	neobnoviteľné	spolu	kg/MWh
zemný plyn	1,36	1,36	277
koks	1,53	1,53	467
drevené hobliny	0,06	1,06	4
bukové brvná	0,07	1,07	13
elektrická energia z vodnej elektrárne	0,50	1,50	7
elektrická energia z atómovej elektrárne	2,80	2,80	16
elektrická energia z elektrárne na uhlie	4,05	4,05	1340
elektrická energia - energetický mix UCPT	3,14	3,31	617

3 Výpočet SCZT

3.1 Faktor primárnej energie - výpočet na základe meraní

Tabuľka 2 - Príloha č. 2 k vyhláške č. 311/2009 Z. z - Transformačné a prepočítavacie faktory

Energetický nosič	Spôsob transformácie	Merná jednotka (m.j.)	Výhrevnosť GJ/m.j.	Spalné teplo GJ / m.j.	Účinnosť výroby tepla v %	Súčiniteľ emisií CO ₂ K kg/kWh	Faktor primárnej energie <i>f_p</i>
Zemný plyn	diaľkové vykurovanie	kWh			88	0,2770	1,36
Čierne uhlie energetické	diaľkové vykurovanie	kWh			82	0,3940	1,30
Hnedé uhlie	diaľkové vykurovanie	kWh			73 - 78	0,3940	1,30
Drevná štiepka	diaľkové vykurovanie	kWh			75 - 85	0,0200	1,30
Ťažký vykurovací olej	diaľkové vykurovanie	kWh			85	0,3381	1,30
Zemný plyn	diaľkové vykurovanie -kombinovaná výroba elektriny a tepla	kWh			80 - 85	0,2365	1,30
Čierne uhlie	diaľkové vykurovanie -kombinovaná výroba elektriny a tepla	kWh			70 - 80	0,4478	1,30
Jadrová energia	diaľkové vykurovanie -kombinovaná výroba elektriny a tepla	kWh			80,5	0,0200	1,0

3 Výpočet SCZT

3.1 Faktor primárnej energie - výpočet na základe meraní

Ak je do uvažovanej SCZT dodané kogenerované teplo $Q_{chp,e}$ z externej kogeneračnej jednotky a jej faktor primárnej energie $f_{p,chpe}$ je neznámy, v dôsledku nedostatku informácií o niektorom zo vstupov potrebnom v uvedených výpočtoch, môžu sa namiesto toho použiť strata elektrickej energie $\Delta E_{el,chp,e}$ v dôsledku odoberania tepla z externých kogeneračných jednotiek, účinnosť $\eta_{hn,e}$ externej tepelnej distribučnej siete a faktor primárnej energie pre elektrickú energiu $f_{p,el}$ ako vhodné vstupné údaje do rovnice

$$f_{p,chp,e} \cdot Q_{chp,e} = f_{p,el} \cdot \frac{\Delta E_{el,chp,e}}{\eta_{hn,e}}$$

3 Výpočet SCZT

3.1 Faktor primárnej energie - výpočet na základe meraní

Straty elektrickej energie $\Delta E_{el, chp, e}$ externých kogeneračných jednotiek, ktoré dodávajú teplo do uvažovanej SCZT, mali by byť určené z celkových strát elektrickej energie z týchto kogeneračných jednotiek a pomerom medzi dodávkou tepla do uvažovanej SCZT k celkovej produkcii tepla týchto jednotiek:

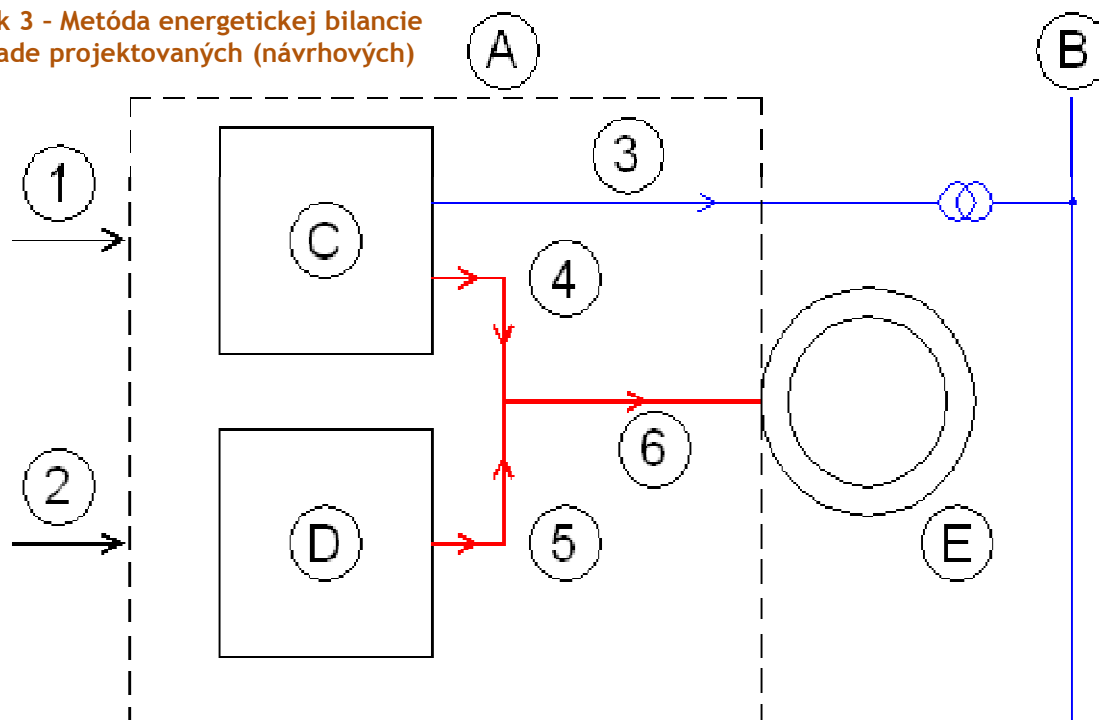
$$\Delta E_{el, chp, e} = \Delta E_{el, chp, e, tot} \cdot \frac{Q_{chp, e}}{Q_{chp, e, tot}}$$

3 Výpočet SCZT

3.2 Faktor primárnej energie - výpočet z návrhových hodnôt

Pre kogeneračné systémy sa ako vstup do výpočtu zvyčajne používajú návrhové (projektové) hodnoty. Metóda výpočtu je naznačená na obrázku 3.

Obrázok 3 - Metóda energetickej bilancie na základe projektovaných (návrhových) údajov



Legenda

- A - hranica systém: SCZT
- B - elektrická sieť
- C - kogeneračná jednotka
- D - zdroj tepla na vykurovanie
- E - odberateľ (spotrebič) tepla.

$$1 \quad E_{F, \text{chp}} = \frac{E_{\text{el, chp}} + Q_{\text{el, chp}}}{\eta_{\text{chp}}}$$

$$2 \quad E_{F, T, \text{gen}} = \frac{Q_{T, \text{gen}}}{\eta_{T, \text{gen}}}$$

$$3 \quad E_{\text{el, chp}} = \sigma \cdot Q_{\text{chp}}$$

$$4 \quad Q_{\text{chp}} = \beta \cdot Q_{\text{Gen}}$$

$$5 \quad Q_{T, \text{gen}} = (1 - \beta) \cdot Q_{\text{Gen}}$$

$$6 \quad Q_{\text{Gen}} = \frac{\sum_j Q_{\text{del}, j}}{\eta_{\text{hn}}}$$

3 Výpočet SCZT

3.2 Faktor primárnej energie - výpočet z návrhových hodnôt

Mala by sa použiť účinnosť určená v súlade s príslušnými európskymi normami:

spaľovací zdroj tepla: $\eta_{T,gen} = \frac{Q_{T,gen}}{E_{F,T,gen}}$

kogeneračná jednotka: $\eta_{chp} = \frac{E_{el,chp} + Q_{chp}}{E_{F,chp}}$

kde

$E_{F,T,gen}$ je spotreba paliva spaľovacieho zdroja tepla (kotla) počas sledovaného času (zvyčajne jeden rok);

$Q_{T,gen}$ je teplo vyprodukované spaľovacím zdrojom tepla (kotlom) namerané na výstupe zo zdroja počas rovnakého sledovaného času;

$E_{F,chp}$ je spotreba paliva kogeneračnej jednotky počas rovnakého sledovaného času;

$E_{el,chp}$ je elektrická energia vyprodukovaná kogeneračnou jednotkou nameraná na výstupe z jednotky počas rovnakého sledovaného času;

Q_{chp} je teplo vyprodukované kogeneračnou jednotkou namerané na výstupe z jednotky počas rovnakého sledovaného času.

3 Výpočet SCZT

3.2 Faktor primárnej energie - výpočet z návrhových hodnôt

Okrem účinnostných charakteristík produktov sú na výpočet nevyhnutné tieto projektové (návrhové) údaje:

- σ , podiel elektrickej a tepelnej energie, vzťah medzi produkciou elektrickej energie a produkciou tepla kogeneračnej jednotky:

$$\sigma = \frac{E_{el, chp}}{Q_{chp}}$$

- β , vzťah medzi produkciou tepla v kogeneračnej jednotke k celkovej produkcii tepla:

$$\beta = \frac{Q_{chp}}{Q_{chp} + Q_{T, gen}} = \frac{Q_{chp}}{Q_{Gen}}$$

3 Výpočet SCZT

3.2 Faktor primárnej energie - výpočet z návrhových hodnôt

Hodnota faktora účinnosti tepelnej siete η_{hn} by mala byť daná národnou prílohou. Zvyčajne sú hodnoty v rozsahu medzi 0,70 až 0,95.

Energetická bilancia je potom takáto:

$$f_{P,dh} \cdot \sum_j Q_{del,j} + f_{P,el} \cdot E_{el,chp} = f_{P,chp} \cdot E_{F,chp} + f_{P,T,gen} \cdot E_{F,T,gen}$$

Riešenie tejto rovnice pre $f_{P,dh}$ a nahradenie veličín návrhovými hodnotami, resp. účinnosťnými charakteristikami produktu je rovnica

$$f_{P,dh} = \frac{(1+\sigma) \cdot \beta}{\eta_{hn} \cdot \eta_{chp}} \cdot f_{P,chp} + \frac{1-\beta}{\eta_{hn} \cdot \eta_{T,gen}} \cdot f_{P,T,gen} - \frac{\sigma \cdot \beta}{\eta_{hn}} \cdot f_{P,el}$$

4 Energetické požiadavky OST v budovách

4.1 Všeobecne

OST v budove je charakterizovaná úrovňou tepelnej izolácie svojich komponentov.

Táto úroveň sa opisuje v norme STN EN ISO 12241 (73 0556) Tepelná izolácia technických zariadení budov a priemyselných inštalácií.

Energetická spotreba OST v budove zahŕňa tepelné straty zariadenia a spotrebu vlastnej energie OST.

4 Energetické požiadavky OST v budovách

4.2 Tepelné straty systému

Tepelné straty odovzdávacej stanice tepla v budove sa rátajú takto:

$$Q_{dh,gen,ls} = H_{dh,gen} \cdot (\Theta_{dh,gen} - \Theta_{amb}) \quad \text{v kWh za rok}$$

$E_{F,T,gen}$ je spotreba paliva spaľovacieho zdroja tepla (kotla) počas sledovaného času (zvyčajne jeden rok);

$Q_{dh,gen,ls}$ je tepelná strata pri výrobe tepla OST v budove;

$H_{dh,gen}$ je súčiniteľ mernej tepelnej straty OST v budove v kWh/(K za rok);

$\Theta_{dh,gen}$ je priemerná teplota OST v budove v °C;

Θ_{amb} je priemerná teplota v mieste odovzdávacej stanice tepla v °C.

4 Energetické požiadavky OST v budovách

4.2 Tepelné straty systému

$H_{dh,gen}$ je súčiniteľ mernej tepelnej straty OST v budove je daný rovnicou:

$$H_{dh,gen} = B_{dh,gen} - \Phi_{dh,gen}^{\frac{1}{3}} \quad \text{v kWh/K za rok}$$

$B_{dh,gen}$ je súčiniteľ závisiaci od typu OST v budove a úrovne jej izolácie; hodnoty pre $B_{dh,gen}$ by mali byť dané národnou prílohou, a ak národné hodnoty nie sú k dispozícii, informatívne hodnoty sa uvádzajú v prílohe B;

$\Phi_{dh,gen}$ je nominálny tepelný výkon OSTv budove v kW;

4 Energetické požiadavky OST v budovách

4.2 Tepelné straty systému

Tabuľka B.1 - Súčiniteľ $B_{dh,gen}$ ako funkcia triedy izolácie a typu distribučnej siete

Trieda izolácie komponentov odovzdávacej stanice vzhľadom na normu STN EN ISO 12241				
Izolácia sekundárneho okruhu	4	3	2	1
Izolácia primárneho okruhu	5	4	3	2
Typ distribučnej siete	Súčiniteľ $B_{dh,gen}$ [-]			
Teplovodná sústava	3,5	4,0	4,4	4,9
Horúcovodná sústava	3,1	3,5	3,9	4,3
Nízkotlaková para	2,8	3,2	3,5	3,9
Vysokotlaková para	2,6	3,0	3,3	3,7

4 Energetické požiadavky OST v budovách

4.2 Tepelné straty systému

$\Theta_{dh,gen}$ je priemerná teplota OST v budove a je daná rovnicou:

$$\Theta_{dh,gen} = D_{dh,gen} \cdot \Theta_{dh,gen,in} + (1 - D_{dh,gen}) \cdot \Theta_{dh,gen,out} \quad \text{v } ^\circ\text{C}$$

$D_{dh,gen}$ by mali byť dané národnou prílohou, a ak národné hodnoty nie sú dostupné, informatívne hodnoty sa uvádzajú v prílohe B;

$\Theta_{dh,gen,in}$ je priemerná teplota teplonosnej látky primárnej strany odovzdávacej stanice tepla v $^\circ\text{C}$; typické hodnoty by sa mali uvádzať v národnej prílohe, a ak národné hodnoty nie sú k dispozícii, informatívne hodnoty sa uvádzajú v prílohe B;

$\Theta_{dh,gen,out}$ je priemerná teplota teplonosnej látky na sekundárnej strane odovzdávacej stanice tepla v budove v $^\circ\text{C}$, ktorá sa počíta rovnakým spôsobom ako pri akomkoľvek inom type zdroja tepla (pozri STN EN 15316-4-1).

4 Energetické požiadavky OST v budovách

4.2 Tepelné straty systému

Tabuľka B.2 - Priemerná teplota primárneho vykurovacieho média $\Theta_{dh,gen,in}$ a súčiniteľ $D_{dh,gen}$ podľa typu odovzdávacej stanice tepla

Typ odovzdávacej stanice tepla	Priemerná teplota primárneho vykurovacieho média $\Theta_{dh,gen,in}$ (°C)	Súčiniteľ $D_{dh,gen}$ (-)
Horúcovod, nízka teplota	105	0,6
Horúcovod, vysoká teplota	150	0,4
Nízkotlaková para	110	0,5
Vysokotlaková para	180	0,4

4 Energetické požiadavky OST v budovách

4.3 Vlastná spotreba energie

Vlastná spotreba energie je zanedbateľná.

$$W_{dh,gen,aux} = 0$$

4 Energetické požiadavky OST v budovách

4.4 Spätne získateľné tepelné straty

Ak sa odovzdávacia stanica tepla budovy nachádza vo vykurovanom priestore, celkové tepelné straty odovzdávacej stanice tepla sú spätne získateľné.

$$Q_{dh,gen,ls,rbl} = Q_{dh,gen,ls}$$

Ak sa odovzdávacia stanica tepla budovy nachádza v nevykurovanej časti budovy, nijaká časť tepelných strát odovzdávacej stanice tepla nie je spätne získateľná.

$$Q_{dh,gen,ls,rbl} = 0$$

ĎAKUJEM ZA POZORNOSŤ