

METODOLOGIJA ZA IZRAČUN ENERGIJSKIH LASTNOSTI STAVBE

1. Uvod

Metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe podaja način izračuna:

- a) letne potrebne toplote za ogrevanja stavbe in letnega potrebnega hlada za hlajenje stavbe in
- b) dovedene energije za delovanje stavbe za naslednje sisteme v stavbi:
 - za ogrevanje na tekoča in plinasta goriva ter biomaso,
 - toplotne črpalke,
 - toplotno podpostajo daljinskega ogrevanja, kjer je nosilec toplote v sekundarnem sistemu voda,
 - za pripravo tople vode na tekoča in plinasta goriva, električno energijo, biomaso ali s sprejemniki sončne energije,
 - za hlajenje,
 - za prezračevanje,
 - za razsvetljavo.

2. Izračun letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe in letnega potrebnega hlada za hlajenje stavbe

2.1 Računska metoda

Letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe Q_{NH} in letni potrební hlad za hlajenje stavbe Q_{NC} določimo skladno s standardom SIST EN ISO 13790 in z nacionalno določenimi posebnostmi, opisanimi v tej prilogi.

Pri izračunu letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe in letnega potrebnega hlada za hlajenje se uporablja mesečna računská metoda.

Uporabiti je potrebno iterativni postopek, pri katerem upoštevamo vrnjeno energijo sistemov. Izvede se najmanj ena iteracija. Iteracijski postopek se zaključi, ko se rezultati posameznega iteracijskega koraka med seboj razlikujejo za manj kot 10%.

2.2 Standardni pogoji koriščenja stavbe

Letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe Q_{NH} in letni potrební hlad za hlajenje stavbe Q_{NC} , ki sta podlaga za ugotavljanje skladnosti stavbe z zahtevami pravilnika, izračunamo pri standardnih pogojih koriščenja stavbe.

Pri stanovanjskih stavbah se za določitev letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe upošteva notranja projektna temperatura 20°C in za določitev letnega potrebnega hlada za hlajenje notranja projektna temperatura v času hlajenja 26°C . Pri standardnih pogojih rabe stanovanjske stavbe prekinjeno ogrevanje ni predvideno.

2.3 Toplotne cone

Toplotne cone se določi po standardu SIST EN ISO 13790.

Posamezna cona obsega prostore oziroma delež tlorisa stavbe. Če cona obsega 80 % ali več celotne stavbe, se upošteva celotna stavba kot enotna cona. Kadar prostornina neogrevanih in manj ogrevanih prostorov (npr.: stopnišča, hodniki, avle) ne presega 20% ogrevane prostornine stavbe V_e , se lahko, ne glede na določila standarda SIST EN ISO 13790 o določitvi toplotnih con, privzame ena toplotna cona, ki vključuje omenjene manj ogrevane in neogrevane prostore.

Kadar je treba v stavbi upoštevati več toplotnih con, se na stiku toplotnih con upoštevajo adiabatne razmere.

Kadar je za izračun potrebne energije za delovanje stavbe potrebna delitev stavbe na cone, se potrebna energija za delovanje stavbe določi kot vsota potrebnih energij vseh con v stavbi.

2.4 Toplotni mostovi

Vpliv toplotnih mostov v računu potrebne toplote za ogrevanje se upošteva po standardih SIST EN ISO 13789, SIST EN ISO 14683, oSIST prEN ISO 10211.

Če imajo vsi toplotni mostovi v stavbi linijsko toplotno prehodnost $\Psi_e < 0,2 \text{ W/mK}$ (standard SIST EN ISO 14683, Tabela 2), se lahko njihov vpliv upošteva na poenostavljeni način, s povečanjem toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe za $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$.

2.5 Karakteristične površine in prostornine stavbe

Zunanja površina stavbe A (m^2), ki omejuje bruto ogrevano prostornino stavbe V_e , in skozi katero prehaja toplota v okolico, se določi z upoštevanjem zahteve standarda OSIST EN ISO 13790 za stavbe z eno toplotno cono, ki zajema najmanj vse ogrevane prostore. Pri določanju površine je treba upoštevati standard SIST EN ISO 13789, dodatek B, zunanji sistem določanja mer.

Uporabna površina stavbe A_u (m^2), ki predstavlja notranjo tlorisno površino ogrevanih prostorov po projektu, se določi po standardu SIST ISO 9836. Za stanovanjske stavbe se lahko uporablja poenostavljeni izraz:

$$A_u = 0,32 V_e$$

Neto ogrevana prostornina stavbe V (m^3), potrebna za izračun toplotnih izgub zaradi prezračevanja, oziroma potrebne stopnje pretoka zraka $\dot{V}$, po standardu SIST EN ISO 13790 (poglavje 9), se določi z upoštevanjem zahteve standardov SIST EN ISO 13790 in SIST EN ISO 9836, točka 5.2.5, oziroma po poenostavljenem izrazu:

$$V = 0,8 V_e$$

2.6 Toplotne izgube in pritoki skozi okna

Če faktor okvirja ni natančno poznan, se privzame vrednost 0,7.

Pri izračunu toplotnih izgub in pritokov skozi okna ne upoštevamo vpliva umazanosti šip in vpliva zaves, ki so del stanovanjske opreme.

Vpliv nočne toplotne zaščite na oknih je dovoljeno upoštevati, kadar je predvideno avtomatsko vodenje elementov za nočno toplotno zaščito.

2.7 Notranji toplotni viri

Prispevek notranjih toplotnih virov pri potrebni toploti za ogrevanje stavbe po poenostavljeni metodi znaša na enoto neto uporabne površine stavbe:

4 W/m² stanovanjske stavbe, šole in njim podobne stavbe,

6 W/m² nestanovanjske stavbe, kot so gostinske, upravne in pisarniške, trgovske in njim podobne stavbe z večjim številom naprav.

Prispevek notranjih virov zajema notranje toplotne vire zaradi ljudi, naprav, procesov, materialnih tokov in razsvetljave v stavbi.

Prispevek notranjih toplotnih virov je lahko pri nestanovanjskih stavbah tudi drugačen, če projektant zagotovi natančnejše podatke, na podlagi projektne naloge ali standarda SIST EN ISO 13790

2.8 Toplotna kapaciteta stavbe

Sodelujoča toplotna kapaciteta stavbe, za izračun izkoristka toplotnih dobitkov v stavbi, se lahko določi po naslednjem postopku:

a) standardu SIST EN ISO 13790 ali

b) po poenostavljenem izrazu, kjer je

$C = 15 \cdot V_e$ (Wh/K) za lahke stavbe,

$C = 50 \cdot V_e$ (Wh/K) za težke stavbe.

Med lahke stavbe sodijo lesene stavbe, montažne stavbe, brez bistvenih masivnih elementov v notranjosti, masivne stavbe z visečimi stropovi in pretežno lahkimi predelnimi stenami.

Med težke stavbe spadajo stavbe z masivnimi zunanjimi in notranjimi gradbenimi elementi, stavbe z velikim delom zunanjih in notranjih masivnih gradbenih elementov, s plavajočim estrihom in brez visečega stropa.

2.9 Prezračevanje

Za izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe se upošteva urna izmenjava notranjega zraka z zunanjim, računana na neto ogrevano prostornino stavbe, ki znaša za stanovanjske stavbe najmanj $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ oziroma se določi v skladu s tehničnim predpisom, ki ureja prezračevanje in klimatizacijo stavb.

3. Letna dovedena energija za delovanje stavbe

Simboli, enote in indeksi

Oznaka	Opis	Enota
A	površina	m^2
B	širina	m
b	faktor	-
C	konstanta	-
d	čas	d/a, d/M
e	faktor (električni)	-
f	faktor	-
h	višina	m
L	dolžina	m
n	eksponent	-
P	moč	W, kW
p	tlak	Pa, kPa
q	specifična toplotna moč	W/m
Q	toplota	kWh
Q	toplotna moč	W, kW
t	čas, časovna perioda	h/d, h/M, h/a
U	toplotna prehodnost	W/(m ² K)
V	volumen	m ³
V	Volumski pretok	m ³ /h
β	obremenitev	-
Δ	razlika	-
η	izkoristek	.
θ	temperatura	°C

Indeks	pomen
0	obratovalna pripravljenost
100%	nazivni
<i>a</i>	leto
<i>A</i>	priključni vod
<i>aux</i>	pomožni
<i>col</i>	skupni
<i>cor</i>	korigiran
<i>d</i>	razdelilni
<i>design</i>	projektni
<i>e</i>	zunanj, električni
<i>em</i>	ogrevalo
<i>env</i>	ovoj
<i>f</i>	končna energija
<i>g</i>	generator toplote
<i>G</i>	nadstropje
<i>h</i>	ogrevanje
<i>h</i>	ure, ogrevanje
<i>H</i>	ogrevan
<i>hydr</i>	hidravlični
<i>i</i>	notranji, števec
<i>in</i>	doveden
<i>ind</i>	posamezni
<i>int</i>	vmesni, prekinjen
<i>j</i>	števec
<i>I</i>	izgube
<i>LH</i>	grelnik zraka
<i>M</i>	mesečni

<i>m</i>	povprečni
<i>max</i>	maksimalen
<i>min</i>	minimalen
<i>n</i>	nazivni
<i>N</i>	nazivni, namestitev
<i>nop</i>	normalni obratovalni pogoji
<i>out</i>	odveden
<i>P</i>	črpalka
<i>r</i>	izstop
<i>R</i>	regulacija
<i>ra</i>	izstopna temp.
<i>rod</i>	računski obratovalni dnevi
<i>s</i>	hranilnik
<i>S</i>	dvižni vod
<i>SL</i>	priključni vod
<i>test</i>	preizkusni
<i>U</i>	neogrevan
<i>v</i>	vstop
<i>V</i>	ventilator
<i>V</i>	Horizontalni vod
<i>va</i>	vstopna temp.
<i>w</i>	topla voda
<i>Z</i>	vertikalni
<i>zn</i>	znižan / prekinjen

Kadar je za izračun dovedene energije za delovanje stavbe potrebna delitev stavbe na cone, se dovedena energija za delovanje stavbe določi kot vsota dovedenih energij za delovanje vseh con v stavbi.

Dovedena energija za delovanje stavbe

$$Q_f = Q_{f,h,skupni} + Q_{f,c,skupni} + Q_{f,V} + Q_{f,st} + Q_{f,w} + Q_{f,l} + Q_{f,PV} + Q_{f,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (1)$$

$Q_{f,h,skupni}$ - dovedena energija za ogrevanje [kWh] (enačba 2)

$Q_{f,c,skupni}$ - dovedena energija za hlajenje [kWh] (enačba 3)

$Q_{f,V}$ - dovedena energija za prezračevanje [kWh] (enačba 4)

$Q_{f,st}$ - dovedena energija za ovlaževanje [kWh] (enačba 5)

$Q_{f,w}$ - dovedena energija za pripravo tople vode [kWh] (enačba 6)

$Q_{f,l}$ - dovedena energija za razsvetljavo [kWh] (enačba 20)

$Q_{f,PV}$ - dovedena energija fotonapetostnega sistema [kWh] (enačba 211)

$Q_{f,aux}$ - dovedena pomožna energija za delovanje sistemov [kWh] (enačba 21)

$$Q_{f,h,skupni} = Q_{h,f} + Q_{h^*,f} \quad [\text{kWh}] \quad (2)$$

$Q_{h,f}$ - dovedena energija za ogrevanje (vodni sistem) [kWh]

$Q_{h^*,f}$ - dovedena energija za ogrevanje - HVAC sistem [kWh]

$$Q_{h,f} = Q_{h,out,g} + Q_{h,g,l} - Q_{h,rev} \quad [\text{kWh}]$$

$$Q_{h^*,f} = Q_{h^*,out,g} + Q_{h^*,g,l} - Q_{h^*,rev} \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{h,out,g}$ - potrebna toplota generatorja toplote (kotla) [kWh] (enačba 7)

$Q_{h,g,l}$ - toplotne izgube ogrevalnega (vodnega) sistema [kWh] (enačba 99)

$Q_{h,rev}$ - vrnjene toplotne izgube ogrevalnega (vodnega) sistema [kWh] ($Q_{h,rev} = Q_{rhh}$ - enačba 30)

$Q_{h^*,out,g}$ - potrebna toplota generatorja toplote (HVAC sistem) [kWh] (enačba 8)

$Q_{h^*,g,l}$ - toplotne izgube ogrevalnega (HVAC) sistema [kWh] (enačba 99)

$Q_{h^*,rev}$ - vrnjene toplotne izgube ogrevalnega (HVAC) sistema [kWh] ($Q_{h,rev} = Q_{rhh}$ - enačba 30)

$$Q_{f,c,skupni} = Q_{c,f} + Q_{c^*,f} \quad [\text{kWh}] \quad (3)$$

$Q_{c,f}$ - dovedena energija za hlajenje (vodni sistem) [kWh]

$Q_{c^*,f}$ - dovedena energija za hlajenje (HVAC sistem) [kWh]

$$Q_{c,f} = Q_{c,out,g} + Q_{c,g,l} - Q_{c,rev} \quad [\text{kWh}]$$

$$Q_{c^*,f} = Q_{c^*,out,g} + Q_{c^*,g,l} - Q_{c^*,rev} \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{c,out,g}$ - potreben hlad generatorja hladu (vodni sistem) [kWh] (enačba 9)

$Q_{c,g,l}$ - toplotne izgube hladilnega sistema (vodni sistem) [kWh] ($Q_{c,g,l} = 0$)

$Q_{c,rev}$ - vrnjene toplotne izgube hladilnega sistema (vodni sistem) [kWh]

$Q_{c^*,out,g}$ - potreben hlad generatorja hladu (HVAC sistem) [kWh] (enačba 10)

$Q_{c^*,g,l}$ - toplotne izgube hladilnega sistema (HVAC sistem) [kWh] ($Q_{c^*,g,l} = 0$)

$Q_{c^*,rev}$ - vrnjene toplotne izgube hladilnega sistema (HVAC) [kWh] ($Q_{c^*,g,l} = 0$)

$$Q_{f,v} = Q_{v,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (4)$$

$Q_{v,aux}$ - potrebna energija za prezračevanje [kWh]

$$Q_{f,st} = Q_{st^*,f} \quad [\text{kWh}] \quad (5)$$

$Q_{st^*,f}$ - potrebna energija generatorja vlage [kWh]

$$Q_{f,w} = Q_{w,f} \quad [\text{kWh}] \quad (6)$$

$Q_{w,f}$ - dovedena energija za pripravo tople vode [kWh]

$$Q_{w,f} = Q_{w,out,g} + Q_{w,g,l} - Q_{w,reg} \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{w,out,g}$ - potrebna toplota generatorja za pripravo tople vode [kWh] (enačba 114)

$Q_{w,g,l}$ - toplotne izgube sistema tople vode [kWh] (enačba 131)

$Q_{w,reg}$ - vrnjene toplotne izgube sistema tople vode [kWh] (enačba 164)

$$Q_{h,out,g} = Q_{NH} + Q_{h,em,l} + Q_{h,d,l} + Q_{h,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (7)$$

Q_{NH} - potrebna standardna toplota za ogrevanje [kWh]

$Q_{h,em,l}$ - toplotne izgube končnega prenosnika [kWh] (enačba 52)

$Q_{h,d,l}$ - toplotne izgube razvodnega sistema [kWh] (enačba 75)

$Q_{h,s,l}$ - toplote izgube akumulatorja [kWh] (enačba 109)

$$Q_{h^*,out,g} = Q_{NH} + Q_{h^*,em,l} + Q_{h^*,d,l} + Q_{h^*,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (8)$$

Q_{NH} - potrebna standardna toplota za ogrevanje [kWh]

$Q_{h^*,em,l}$ - toplotne izgube končnega prenosnika HVAC sistema (grelni register) [kWh]

($Q_{h^*,em,l} = 0$)

$Q_{h^*,d,l}$ - toplotne izgube vodnega dela HVAC sistema [kWh] (točka 14.6.2)

$Q_{h^*,s,l}$ - toplote izgube akumulatorja HVAC sistema [kWh] (točka 14.6.2)

$$Q_{c,out,g} = Q_{NC} + Q_{c,em,l} + Q_{c,d,l} + Q_{c,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (9)$$

Q_{NC} - potrebna standardna toplota za hlajenje [kWh]

$Q_{c,em,l}$ - izgube hladu končnega prenosnika [kWh] (enačba 318)

$Q_{c,d,l}$ - izgube hladu razvodnega sistema vodnega hlajenja [kWh] (enačba 317)

$Q_{c,s,l}$ - izgube hladu akumulatorja [kWh] (enačba 316)

$$Q_{c^*,out,g} = Q_{NC} + Q_{c^*,em,l} + Q_{c^*,d,l} + Q_{c^*,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (10)$$

Q_{NC} - potrebna standardna toplota za hlajenje [kWh]

$Q_{c^*,em,l}$ - izgube hladu končnega prenosnika HVAC sistema (hladilni register) [kWh]

($Q_{c^*,em,l} = 0$)

$Q_{c^*,d,l}$ - izgube hladu vodnega dela HVAC sistema [kWh] (enačba 317)

$Q_{c^*,s,l}$ - izgube hladu akumulatorja [kWh] (enačba 316)

$$Q_{st^*,f} = Q_{st^*} \cdot f_{st^*,f} \quad [\text{kWh}] \quad (11)$$

Q_{st^*} - potrebna energija generatorja vlage [kWh] (enačba 396)

$f_{st^*,f}$ - faktor učinkovitosti generatorja [-] (Tabela 63)

$$Q_{w,out,g} = Q_w + Q_{w,d,l} + Q_{w,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (12)$$

Q_w - potrebna standardna toplota za toplo vodo [kWh] (enačba 116)

$Q_{w,d,l}$ - toplotne izgube razvodnega sistema [kWh] (enačba 119)

$Q_{w,s,l}$ - toplotne izgube hranilnika [kWh] (enačba 122 ali 125 ali 128)

Dovedena energija za ogrevanje

$$Q_{f,h} = Q_{h,f} + Q_{h,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (13)$$

$$Q_{f,h^*} = Q_{h^*,f} + Q_{h^*,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (14)$$

$Q_{h,f}$, $Q_{h^*,f}$ - dovedena energija v generator toplote [kWh] (enačba 28)

$Q_{h,aux}$, $Q_{h^*,aux}$ - pomožna energija ogrevalnega sistema [kWh] (enačba 22 in 25)

Dovedena energija za hlajenje

$$Q_{f,c} = Q_{c,f} + Q_{c,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (15)$$

$$Q_{f,c^*} = Q_{c^*,f} + Q_{c^*,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (16)$$

$Q_{c,f}$, $Q_{c^*,f}$ - dovedena energija v generator hladu [kWh] (enačba 32)

$Q_{c,aux}$, $Q_{c^*,aux}$ - pomožna energija hladilnega sistema [kWh] (enačba 23 in 26)

Dovedena energija za prezračevanje

$$Q_{f,v} = Q_{v,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (17)$$

$Q_{v,aux}$ - potrebna dodatna energija za prezračevanje [kWh] (enačba 24)

Potrebna energija za ovlaževanje

$$Q_{f,st} = Q_{st^*,f} + Q_{st,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (18)$$

$Q_{st^*,f}$ - potrebna energija generatorja vlage [kWh] (enačba 397)

$Q_{st,aux}$ - dodatna energija generatorja vlage [kWh] (enačba 398)

Potrebna energija za pripravo tople vode

$$Q_{f,w} = Q_{w,f} + Q_{w,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (19)$$

$Q_{w,f}$ - potrebna energija za pripravo tople vode [kWh] (enačba 34)

$Q_{w,aux}$ - dodatna energija sistema za pripravo tople vode [kWh] (enačba 139)

Potrebna energija za razsvetljavo

$$Q_{f,l} = Q_{l,f} + Q_{l,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (20)$$

$Q_{f,l} = W_{light}$ - po standardu oSIST prEN 15193-1 [kWh]

$Q_{l,f}$ - potrebna energija za razsvetljavo, ki je enaka deležu W_{light} zaradi svetil, po standardu oSIST prEN 15193-1 [kWh]

$Q_{l,aux}$ - dodatna energija sistema za razsvetljavo, ki je enaka deležu W_{light} zaradi parazitske razsvetljave, po standardu oSIST prEN 15193-1 [kWh]

Za stanovanjske stavbe se letna dovedena energija za razsvetljavo določi tako, da skupno vgrajeno moč fiksnih svetil pomnožimo s 1500 obratovalnimi urami letno, pri čemer lahko uporabimo naslednje privzete vrednosti oziroma sorazmerne vrednosti:

- za pretežno uporabo svetil na žarilno nitko 10 W/m^2
- za pretežno uporabo sijalk 2 W/m^2

Upošteva se, da je potrebna dodatna energija sistema za razsvetljavo $Q_{l,aux}$ [kWh] v stanovanjskih stavbah enaka nič.

Potrebna dodatna energija:

$$Q_{f,aux} = Q_{h,aux} + Q_{c,aux} + Q_{V,aux} + Q_{h^*,aux} + Q_{c^*,aux} + Q_{st^*,aux} + Q_{w,aux} + Q_{l,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (21)$$

$Q_{h,aux}$ - potrebna dodatna energija sistema za ogrevanje [kWh] (enačba 22)

$Q_{c,aux}$ - potrebna dodatna energija sistema za hlajenje [kWh] (enačba 23)

$Q_{V,aux}$ - potrebna dodatna energija sistema za prezračevanje [kWh] (enačba 24)

$Q_{h^*,aux}$ - potrebna dodatna energija HVAC sistema za ogrevanje [kWh] (enačba 25)

$Q_{c^*,aux}$ - potrebna dodatna energija HVAC sistema za hlajenje [kWh] (enačba 26)

$Q_{st^*,aux}$ - potrebna dodatna energija sistema za ovlaževanje [kWh] (enačba 27)

$Q_{w,aux}$ - potrebna dodatna energija sistema za pripravo in distribucijo tople vode [kWh] (enačba 139)

$Q_{l,aux}$ - potrebna dodatna energija sistema za razsvetljavo [kWh]

$$Q_{h,aux} = \sum_i W_{h,g,aux,i} + W_{h,d,aux} + W_{h,s,aux} + W_{h,em,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (22)$$

$\sum_i W_{h,g,aux,i}$ - potrebna dodatna energija generatorja toplote za ogrevanje [kWh]

$$\sum_i W_{h,g,aux,i} = W_{h,g,aux} + W_{p,sol} + W_{TC^*,aux} + W_{h,DO,aux} \quad [\text{kWh}]$$

$W_{h,g,aux}$ - potrebna dodatna energija kotla za ogrevanje [kWh] (enačba 102)

$W_{p,sol}$ - potrebna dodatna energija solarnega sistema za ogrevanje [kWh]
(enačba 175 ali 201)

$W_{TČ,aux}$ - potrebna dodatna energija toplotne črpalke za ogrevanje [kWh] (enačba 271)

$W_{h,DO,aux}$ - potrebna dodatna energija toplotne podpostaje [kWh]

($W_{h,DO,aux} = 0$)

$W_{h,d,aux}$ - potrebna dodatna energija razdelilnega sistema [kWh] (enačba 61)

$W_{h,s,aux}$ - potrebna dodatna energija akumulatorja toplote [kWh] (enačba 112)

$W_{h,em,aux}$ - potrebna dodatna energija končnih prenosnikov toplote – ogreval [kWh]
(enačba 54, 57 ali 58)

$$Q_{c,aux} = W_{c,primarni} + W_{c,f,R,e} + W_{c,d,aux} + W_{c,em,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (23)$$

$W_{c,primarni}$ - potrebna dodatna energija za primarni krogotok [kWh] (enačba 322a)

$W_{c,f,R,e}$ - potrebna dodatna energija za hlajenje kondenzatorja [kWh] (enačba 333)

$W_{c,d,aux}$ - potrebna dodatna energija za hidravlični krogotok [kWh] (enačba 322b)

$W_{c,em,aux}$ - potrebna dodatna energija za končne prenosnike [kWh] (enačba 321)

$$Q_{V,aux} = W_V \quad [\text{kWh}] \quad (24)$$

W_V - potrebna energija za delovanje ventilatorjev [kWh] (enačba 343 ali 345)

$$Q_{h^*,aux} = \sum_i W_{h^*,g,aux,i} + W_{h^*,d,aux} + W_{h^*,s,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (25)$$

$\sum_i W_{h^*,g,aux,i}$ - potrebna dodatna energija generatorja toplote za HVAC grelni register [kWh]

$$\sum_i W_{h^*,g,aux,i} = W_{h^*,g,aux} + W_{p,sol} + W_{TČ,aux} + W_{h^*,DO,aux} \quad [\text{kWh}]$$

$W_{h^*,g,aux}$ - potrebna dodatna energija kotla za ogrevanje [kWh] (enačba 102)

$W_{p,sol}$ - potrebna dodatna energija solarnega sistema za ogrevanje [kWh]
(enačba 175 ali 201)

$W_{TČ,aux}$ - potrebna dodatna energija toplotne črpalke za ogrevanje [kWh] (enačba 271)

$W_{h^*,DO,aux}$ - potrebna dodatna energija toplotne podpostaje [kWh]

($W_{h^*,DO,aux} = 0$)

$W_{h^*,d,aux}$ - potrebna dodatna energija razdelilnega sistema [kWh] (enačba 61)

$W_{h^*,s,aux}$ - potrebna dodatna energija akumulatorja toplote [kWh] (enačba 112)

$$Q_{c^*,aux}^* = W_{c^*,primarni}^* + W_{c^*,f,R,e}^* + W_{c^*,d,aux}^* \quad [\text{kWh}] \quad (26)$$

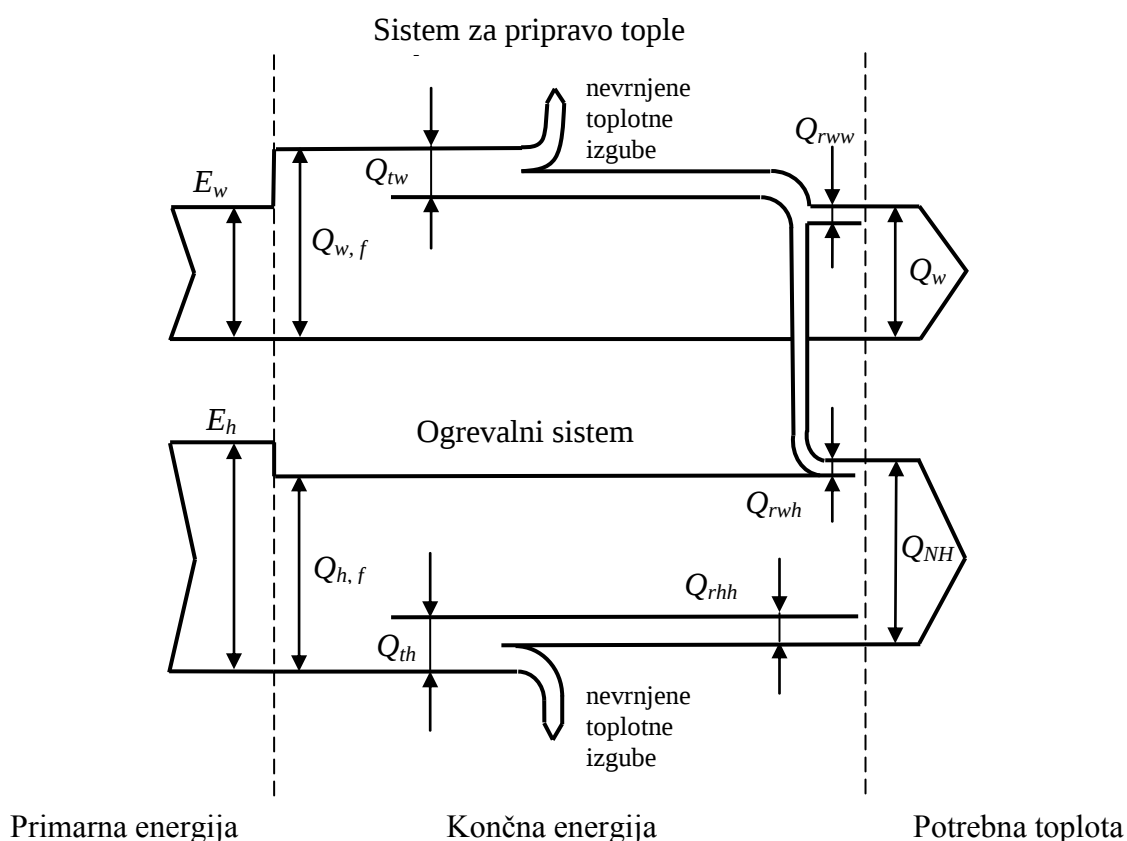
$W_{c^*,primarni}^*$ - potrebna dodatna energija za primarni krogotok [kWh] (enačba 322a)

$W_{c^*,f,R,e}^*$ - potrebna dodatna energija za hlajenje kondenzatorja [kWh] (enačba 333)

$W_{c^*,d,aux}^*$ - potrebna dodatna energija za hidravlični krogotok [kWh] (enačba 322b)

$$Q_{st^*,aux}^* = W_{st,aux}^* \quad [\text{kWh}] \quad (27)$$

$W_{st,aux}^*$ - potrebna dodatna energija sistema za ovlaževanje [kWh] (enačba 398)



Slika 1: Potek računanja energijskih tokov

Letna dovedena energija za ogrevanje

$$Q_{h,f} = (Q_{NH} - Q_{rhh} - Q_{rwh}) + Q_{th} \quad [\text{kWh}] \quad (28)$$

$Q_{h,f}$ – končna energija za ogrevanje [kWh]

Q_{NH} – potrebna toplota za ogrevanje, določena skladno s SIST EN 13790 [kWh]

Q_{rhh} – vrnjena toplotna energija ogrevalnega sistema (toplotna in električna) [kWh] (enačba 30)

Q_{rwh} – vrnjena toplotna energija sistema za toplo vodo (toplotna in električna) glede na potrebno toploto za ogrevanje [kWh] (enačba 31)

Q_{th} – skupne toplotne izgube ogrevalnega sistema. Skupne toplotne izgube vključujejo tudi

vrnjene toplotne izgube [kWh] (enačba 29)

$$Q_{th} = (Q_{h,em,l} + Q_{h,d,l} + Q_{h,s,l} + Q_{h,g,l}) + (Q_{h^*,d,l} + Q_{h^*,s,l} + Q_{h^*,g,l}) \quad [\text{kWh}] \quad (29)$$

$Q_{h,em,l}$ - toplotne izgube zaradi neidealnega sistema oddaje toplote ogreval [kWh] (enačba 52)

$Q_{h,d,l}$ - toplotne izgube razvodnega sistema [kWh] (enačba 75)

$Q_{h,s,l}$ - toplotne izgube akumulatorja [kWh] (enačba 109)

$Q_{h,g,l}$ - toplotne izgube generatorja toplote za ogrevanje med delovanjem, v stanju obratovalne

pripravljenosti in zaradi neidealne regulacije [kWh] (enačba 99)

$Q_{h^*,d,l}$ - toplotne izgube razdelilnega sistema HVAC [kWh] (enačba 75)

$Q_{h^*,s,l}$ - toplotne izgube akumulatorja toplote za HVAC sistem [kWh] (enačba 109)

$Q_{h^*,g,l}$ - toplotne izgube generatorja toplote [kWh] (enačba 99)

$$Q_{rhh} = Q_{rhh,em} + Q_{rhh,d} + Q_{rhh,s} + Q_{rhh,g} \quad [\text{kWh}] \quad (30)$$

$Q_{rhh,em}$ – vrnjena toplota potrebne dodatne energije ogreval [kWh] (enačba 59)

$Q_{rhh,d}$ - vrnjena toplota razvodnega sistema za ogrevanje [kWh] (enačba 81)

$Q_{rhh,s}$ - vrnjena toplota hranilnika za ogrevanje [kWh] (enačba 111)

$Q_{rhh,g}$ – vrnjena toplota generatorja toplote za ogrevanje [kWh] (enačba 107)

$$Q_{rwh} = Q_{rwh,d} + Q_{rwh,s} + Q_{rwh,g} \quad [\text{kWh}] \quad (31)$$

$Q_{rwh,d}$ - vrnjena toplota razvodnega sistema za toplo vodo [kWh] (enačba 161)

$Q_{rwh,s}$ - vrnjena toplota hranilnika za toplo vodo [kWh] (enačba 162)

$Q_{rwh,g}$ – vrnjena toplota generatorja toplote za toplo vodo [kWh] (enačba 163)

Letna dovedena energija za hlajenje

$$Q_{c,f} = (Q_{NC} + Q_{rwh}) + Q_{tc} \quad (32)$$

$Q_{c,f}$ - končna energija za hlajenje [kWh]

Q_{NC} - potreben hlad za hlajenje, določen skladno s OSOST EN 13790 [kWh]

Q_{rwh} - vrnjene toplotne izgube sistema za toplo vodo [kWh] (enačba 31)

Q_{tc} - toplotne izgube hladilnega sistema [kWh]

$$Q_{tc} = (Q_{c,em,l} + Q_{c,d,l} + Q_{c,s,l} + Q_{c,g,l}) + (Q_{c^*,d,l} + Q_{c^*,s,l} + Q_{c^*,g,l}) \quad [\text{kWh}] \quad (33)$$

$Q_{c,em,l}$ - toplotne izgube zaradi neidealnega hlajenja končnega prenosnika [kWh] (enačba 318)

$Q_{c,d,l}$ - toplotne izgube razvodnega sistema [kWh] (enačba 317)

$Q_{c,s,l}$ - toplotne izgube akumulatorja [kWh] (enačba 316)

$Q_{c,g,l}$ - toplotne izgube generatorja hlada [kWh] ($Q_{c,g,l} = 0$)

$Q_{c^*,d,l}$ - toplotne izgube vodnega dela HVAC sistema za hlajenje [kWh] (enačba 317)

$Q_{c^*,s,l}$ - toplotne izgube akumulatorja hladu [kWh] (enačba 316)

$Q_{c^*,g,l}$ - toplotne izgube generatorja hladu [kWh] ($Q_{c^*,g,l}=0$)

Letna dovedena energija za pripravo tople vode

$$Q_{w,f} = Q_w - Q_{rww} + Q_{tw} \quad [\text{kWh}] \quad (34)$$

$Q_{w,f}$ - končna energija za pripravo tople vode [kWh]

Q_w - potrebna toplota za toplo vodo [kWh] (enačba 116 ali 117)

Q_{rww} - vrnjena toplotna energija sistema za toplo vodo (toplotna in električna) glede na toplo vodo (del pomožne energije prenesene neposredno na toplo vodo) [kWh] (enačba 36)

Q_{tw} - skupne toplotne izgube sistema za toplo vodo. Skupne toplotne izgube vključujejo tudi vrnjene toplotne izgube [kWh] (enačba 35)

$$Q_{tw} = Q_{w,d,l} + Q_{w,s,l} + Q_{w,g,l} \quad [\text{kWh}] \quad (35)$$

$Q_{w,d,l}$ - toplotne izgube zaradi razvodnega sistema za toplo vodo [kWh] (enačba 119)

$Q_{w,s,l}$ - toplotne izgube hranilnika za toplo vodo [kWh] (enačba 122 ali 125 ali 128)

$Q_{w,g,l}$ - toplotne izgube generatorja toplote za toplo vodo med delovanjem, v stanju obratovalne pripravljenosti in zaradi neidealne regulacije [kWh] (enačba 131 ali 136)

$$Q_{rww} = Q_{rww,d} + Q_{rww,s} + Q_{rww,g} \quad [\text{kWh}] \quad (36)$$

$Q_{rww,d}$ - vrnjena toplota razvodnega sistema za toplo vodo na toplo vodo [kWh] (enačba 149)

$Q_{rww,s}$ - vrnjena toplota hranilnika za toplo vodo na toplo vodo [kWh] (enačba 155)

$Q_{rww,g}$ - vrnjena toplota generatorja toplote za toplo vodo na toplo vodo [kWh] (enačba 160)

4. Izhodiščni parametri

V nadaljevanju so podane lastnosti ogrevalnega sistema, ki jih pogojuje stavba, ter nekateri robni pogoji, potrebni za izračun v nadaljevanju.

4.1 Povprečna temperatura in nadtemperatura ogrevnega medija

$$\Delta\theta_a = \frac{\theta_{va} + \theta_{ra}}{2} - \theta_i \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (37)$$

$\Delta\theta_a$ - nadtemperatura ogrevala [$^{\circ}\text{C}$]

θ_{va} - standardna temperatura ogrevnega medija – vstop [°C]

θ_{ra} - standardna temperatura ogrevnega medija – izstop [°C]

θ_i - standardna temperatura prostora (= notranja temperatura) [°C]

4.2 Standardni temperaturni režim ogrevalnega sistema

Tabela 1: Standardni temperaturni režim ogrevalnega sistema

Vrsta ogreval	θ_{va} [°C]	θ_{ra} [°C]
Radiatorji, konvektorji	90	70
	70	55
	55	45
	40	30
Ploskovna ogrevala	40	30
	35	28

Temperaturna razlika ogrevnega medija $\Delta\theta_{HK}$ [°C]:

$$\Delta\theta_{HK} = \theta_{va} - \theta_{ra} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (38)$$

4.3 Povprečna temperatura ogrevnega medija pri spremenljivi temperaturi

$$\theta_m(\beta_i) = \Delta\theta_a \cdot \beta_i^{\frac{1}{n}} + \theta_i \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (39)$$

$$\theta_v(\beta_i) = (\theta_{va} - \theta_i) \cdot \beta_i^{\frac{1}{n}} + \theta_i \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (40)$$

$$\theta_r(\beta_i) = (\theta_{ra} - \theta_i) \cdot \beta_i^{\frac{1}{n}} + \theta_i \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (41)$$

θ_m - povprečna temperatura ogrevnega medija pri delni obremenitvi β_i [°C]

θ_v - temperatura ogrevnega medija – vstop – pri delni obremenitvi [°C]

θ_r - temperatura ogrevnega medija – izstop – pri delni obremenitvi [°C]

β_i – povprečna obremenitev i -tega podsistema

n – eksponent ogrevala: radiator: $n = 1,33$
ploskovna ogrevala: $n = 1,1$

4.4 Izračun povprečnih obremenitev podsistemov

$$\beta_i = \frac{Q_{in,i}}{\dot{Q}_N \cdot t_h} \quad [-] \quad (42)$$

β_i - delna obremenitev i - tega podsistema [-]

$Q_{in,i}$ – potrebna energija, dovedena v i - ti podsistem [kWh]

$\dot{Q}_N$ – standardna potrebna toplotna moč za ogrevanje (cone) skladno s SIST EN 12831 ali z drugimi enakovrednimi, v stroki priznanimi računskimi metodami [kW]

t_h – mesečne obratovalne ure – mesečni čas ogrevanja [h]

• OGREVANJE

$$t_{h,M} = d_{noh} \cdot t_{h,d} \quad [h]$$

d_{nop} – mesečno število dni z normalnim ogrevanjem [d]

$t_{h,d}$ – dnevno število ur z normalnim ogrevanjem [h]

$$t_h = t_{h,M} \cdot \frac{\beta_h}{0,05} \quad \text{za } \beta_h \leq 0,05 \quad [h] \quad (43a)$$

$$t_h = t_{h,M} \quad \text{za } \beta_h > 0,05 \quad [h] \quad (43b)$$

β_h - delna obremenitev [-]

$$\beta_h = \frac{Q_{NH}}{\dot{Q}_N \cdot t_{h,M}} \quad [-]$$

ali

$$\beta_{h,nop} = \frac{Q_{NH}}{\dot{Q}_{h,max,res} \cdot t_{h,M}} \quad [-]$$

$\dot{Q}_{h,max,res}$ - potrebna toplotna moč za ogrevanje [kW] (enačba 309)

• HLAJENJE

$$t_{c,M} = d_{noc} \cdot t_{c,d} \quad [h]$$

d_{noc} – mesečno število dni z normalnim hlajenjem [d]

$t_{c,d}$ – dnevno število ur z normalnim ogrevanjem [h]

$$t_c = t_{c,M} \cdot \frac{\beta_c}{0,15} \quad [h] \quad \text{za } \beta_c \leq 0,15 \quad (44a)$$

$$t_c = t_{c,M} \quad [h] \quad \text{za } \beta_c > 0,15 \quad (44b)$$

$$\beta_c = \frac{Q_{NC}}{Q_{c,max,res} \cdot t_{c,M}} \quad [-] \quad (45)$$

Q_{NC} - potrebna toplotna energija za hlajenje [kWh] (OSIST EN 13790)

$\dot{Q}_{c,max,res}$ - potrebna toplotna moč za ogrevanje [kW] (enačba 313)

4.5 Mesečni računski obratovalni dnevi

$$d_{h,rod} = d_M \cdot \frac{365 - f_{zn} \cdot (365 - d_a)}{365} \cdot \frac{t}{d_M \cdot 24} \quad [d] \quad (46)$$

$d_{h,rod}$ – mesečni računski obratovalni dnevi [d]

d_M – število dni v mesecu [d]

f_{zn} – faktor znižanja temperature ogrevanja ob koncu tedna [-] (enačba 47)

d_a – število dni koriščenja cone v letu (čas trajanja ogrevanja) [d]

t – mesečni čas delovanja (ogrevanja t_h ali hlajenja t_c) [h] (enačba 43a ali 43b ali 44a ali 44b)

Faktor znižanja temperature – konec tedna:

- brez znižanja: $f_{zn} = 0$

- ob izklopu: $f_{zn} = 1$

- ob znižanju temperature ogrevanja:

$$f_{zn} = 1 - \frac{\theta_{zn,min} - \theta_e}{\theta_{zn,min} - \theta_{e,min}} \quad [-] \quad (47)$$

$\theta_{zn,min}$ – mejna temperatura znižanja [°C] – primer: predpostavitev 15 °C

θ_z – povprečna mesečna zunanja temperatura [°C]

$\theta_{e,min}$ – srednja dnevna projektna temperatura [°C]

4.6 Izračun mesečnih računskih obratovalnih ur ogrevalnega in/ali hladilnega sistema

$$t_{x,roh} = t_{x,rod} \cdot d_{x,rod} \quad [h] \quad (48)$$

$t_{x,roh}$ – mesečne računske obratovalne ure [h]

$t_{h,roh}$ - mesečne računske obratovalne ure ogrevanja [h]

$t_{c,roh}$ - mesečne računske obratovalne ure hlajenja [h]

$t_{x,rod}$ – dnevne računske obratovalne ure [h] (enačba 49)

$t_{h,rod}$ - dnevne računske obratovalne ure ogrevanja [h]

$t_{c,rod}$ - dnevne računske obratovalne ure hlajenja [h]

$d_{x,rod}$ - mesečni računski obratovalni dnevi [d] (enačba 46)

$d_{h,rod}$ - mesečni računski obratovalni dnevi ogrevanja [d]

$d_{c,rod}$ - mesečni računski obratovalni dnevi hlajenja [d]

$$t_{h,rod} = 24 - f_{zn,d} \cdot (24 - t_{h,nop}) \quad [\text{h}] \quad (49)$$

$f_{zn,d}$ – faktor dnevnega znižanja temperature ogrevanja [-] (enačba 50)

$t_{h,nop}$ – mesečne obratovalne ure pri normalnem ogrevanju [h] (enačba 43a ali 43b)

$$f_{zn,d} = 1 - \frac{\theta_{zn,min} - \theta_e}{\theta_{zn,min} - \theta_{e,min}} \quad [-] \quad (50)$$

$\theta_{zn,min}$ – mejna temperatura znižanja [°C] – primer: predpostavitev 10 °C

θ_e – povprečna mesečna zunanja temperatura [°C]

$\theta_{e,min}$ – srednja dnevna projektna temperatura [°C]

4.7 Temperatura neogrevanega prostora

V okviru te metodologije se za temperaturo neogrevanega prostora privzame temperatura 13 C.

5. Podsystem ogrevala

5.1 Potrebna toplota za ogrevala

$$Q_{h,in,em} = Q_{h,out,em} - k \cdot W_{e,em} + Q_{h,em} \quad [\text{kWh}] \quad (51)$$

$Q_{h,out,em}$ – potrebna toplotna oddaja ogreval [kWh]

Je enaka potrebni toploti za ogrevanje Q_{NH} .

k – delež vračljive potrebne električne energije [-]

$W_{e,em}$ – dodatna potrebna električna energija (npr. zaradi pogona ventilatorja pri ventilatorskem konvektorju) [kWh] (točka 5.3.)

$Q_{h,em}$ – dodatne toplotne izgube podsistema ogrevala [kWh] (točka 5.2.)

5.2 Dodatne toplotne izgube podsistema ogrevala

$$Q_{h,em,l} = \left(\frac{f_{int} \cdot f_r}{\eta_{h,em}} - 1 \right) \cdot Q_{NH} \quad [\text{kWh}] \quad (52)$$

$Q_{h,em,l}$ – dodatne toplotne izgube ogreval [kWh]

f_{int} – faktor zaradi prekinjenega delovanja [-]

neprekinjeno delovanje: $f_{int} = 1$

prekinjeno delovanje: $f_{\text{int}} = 0,97$

f_r – faktor vpliva sevanja – samo pri ogrevanju prostorov z $h > 4\text{ m}$

višina prostora $h \leq 4\text{ m}$: $f_r = 1$

višina prostora $h > 4\text{ m}$: glej točko 5.2.3. ali 5.2.4.

$\eta_{h,em}$ – skupni faktor učinkovitosti prenosa toplote

$$\eta_{h,em} = \frac{1}{[4 - (\eta_Z + \eta_R + \eta_N)]} \quad [-] \quad (53)$$

η_Z – faktor učinkovitosti zaradi vpliva vertikalnega temperaturnega profila

η_R – faktor učinkovitosti zaradi vpliva regulacije temperature prostora

η_N – faktor učinkovitosti zaradi vpliva namestitve ogrevala – specifične izgube skozi zunanje površine

5.2.1 Faktor učinkovitosti za prosto stoječa ogrevala; višina prostora $h \leq 4\text{ m}$

Faktorji učinkovitosti so podani v Tabela 2.

Faktor vpliva vertikalnega temperaturnega profila je določen kot aritmetična sredina med faktorjem učinkovitosti zaradi nadtemperature ogrevala in faktorjem učinkovitosti zaradi specifičnih toplotnih izgub skozi zunanje stene:

$$\eta_Z = \frac{\eta_{Z1} + \eta_{Z2}}{2} \quad [-]$$

Tabela 2: Faktorji učinkovitosti za prostostoječa ogrevala ; višina prostora $h \leq 4\text{ m}$

		η_Z		η_R	η_N
Regulacija temperature prostora	neregulirana, samo centralna regulacija vstopne vode			0,80	
	preko referenčnega prostora			0,88	
	P-regulator (2 K)			0,93	
	P-regulator (1 K)			0,95	
	PI-regulator			0,97	
	PI-regulator s funkcijo optimiranja			0,99	
Nadtemperatura ($\theta_i = 20\text{ °C}$)	60 K (npr: 90/70) 42,5 K (npr: 70/55) 30 K (npr: 55/45)	η_{Z1}	η_{Z2}		
		0,88			
		0,93			
		0,95			
Specifične toplotne izgube skozi zunanje stene	ogrevala ob notranji steni		0,87		1
	ogrevala ob zunanji steni:				
	- razdeljena površina brez sevalne zaščite		0,83		1
	- zastekljena površina s sevalno zaščito		0,88		1
	- normalna zunanja okna		0,95		1

Primer:

Ogrevalo nameščeno ob zunanji steni, ogrevalni sistem 70/55 (nadtemperatura 42,5 K), na ogrevalu nameščen termostadni ventil (P-regulator, proporcionalno področje 2 K)

$$\eta_Z = \frac{\eta_{Z1} + \eta_{Z2}}{2} = \frac{0,93 + 0,95}{2} = 0,94$$

$$\eta_R = 0,93$$

$$\eta_N = 1$$

$$\eta_{h,em} = \frac{1}{4 - (0,94 + 0,93 + 1)} = 0,88$$

5.2.2 Faktorji učinkovitosti za vgrajena površinska ogrevala; višina prostora $h \leq 4$ m

Faktorji učinkovitosti so podani v

Tabela 3.

Faktor vpliva učinkovitosti zaradi vpliva namestitve ogrevala je določen glede na sistem izvedbe ploskovnega ogrevala in specifične toplotne izgube konstrukcije ogrevala kot aritmetična sredina obeh faktorjev:

$$\eta_N = \frac{\eta_{N1} + \eta_{N2}}{2} \quad [-]$$

Tabela 3: Faktorji učinkovitosti za vgrajena površinska ogrevala ; višina prostora $h \leq 4$ m

		η_Z	η_R	η_N	
Regulacija temperature prostora	neregulirana		0,75		
	neregulirana, samo centralna regulacija temperature vstopne vode		0,78		
	neregulirana z vzpostavitvijo ($\theta_V - \theta_R$)		0,83		
	preko referenčnega prostora		0,88		
	dvotočkovna / P-regulacija		0,93		
	PI-regulator		0,95		
Sistem	mokri sistem suhi sistem suhi sistem z majhno talno oblogo stenski sistem stropni sistem	1 1 1 0,96 0,93		η_{N1}	η_{N2}
				0,93	
				0,96	
				0,98	
				0,93	
				0,93	
Specifične toplotne izgube konstrukcije ogrevala	ploskovno ogrevanje brez toplotne izolacije po SIST EN 1264				0,86
	ploskovno ogrevanje s toplotno izolacijo skladno z SIST EN 1264				0,95
	ploskovno ogrevanje s povečano toplotno izolacijo glede na zahteve SIST EN 1264				0,99

Primer:

Talno ogrevanje (mokri sistem polaganja), dvotočkovna regulacija, sistem talnega ogrevanja s povečano toplotno izolacijo.

$$\eta_Z = 1$$

$$\eta_R = 0,93$$

$$\eta_N = \frac{\eta_{N1} + \eta_{N2}}{2} = \frac{0,93 + 0,95}{2} = 0,94$$

$$\eta_{h,em} = \frac{1}{4 - (1,0 + 0,93 + 0,94)} = 0,88$$

5.2.3 Faktor učinkovitosti ogrevalnega sistema za prostore, visoke od 4 m do 10 m

Faktorji učinkovitosti so podani v Tabela 4.

Tabela 4: Faktorji učinkovitosti za prostore, visoke od 4m do 10m

			η_Z				η_R	η_N
			4 m	6 m	8 m	10 m		
Regulacija temperature prostora	neregulirana						0,80	
	dvotočkovni regulator						0,93	
	P-regulator (2 K)						0,93	
	P-regulator (1 K)						0,95	
	PI-regulator						0,97	
	PI-regulator s funkcijo optimizacije						0,99	
Ogrevalni sistem	toplozračno ogrevanje	dovod zraka s strani	0,98	0,94	0,88	0,83		1
	razporeditev zraka z norm. indukcijskim razmerjem	dovod zraka od zgoraj	0,99	0,96	0,91	0,87		1
	toplozračno ogrevanje	dovod zraka s strani	0,99	0,97	0,94	0,91		1
	razporeditev zraka z regulirano navpično recirkulacijo	dovod zraka od zgoraj	0,99	0,98	0,96	0,93		1
	stropna sevala (vodni sistem)		1,00	0,99	0,97	0,96		1
	stropna sevala (cevna)		1,00	0,99	0,97	0,96		1
	sevala		1,00	0,99	0,97	0,96		1
	talno ogrevanje		1,00	0,99	0,97	0,96		
		integrirano v konstrukcijo						0,95
		toplotno ločeno						1

Faktor učinkovitosti za toplozračno ogrevanje s povečanim indukcijskim razmerjem je določeno z aritmetično sredino med vrednostmi za sistem z dovodom zraka s strani in od zgoraj.

Primer: Višina prostora $h = 8$ m, toplozračno ogrevanje z dovodom zraka od zgoraj, P – regulacija (1K)

$$\eta_Z = 0,91$$

$$\eta_R = 0,95$$

$$\eta_N = 1$$

$$\eta_{h,em} = \frac{1}{4 - (0,91 + 0,95 + 1)} = 0,88$$

Faktor za vpliv sevanja: $f_r = 0,85$ za stropna sevala – vodni sistem, cevna sevala, direktna sevala ter talno ogrevanje.

5.2.4 Faktor učinkovitosti ogrevalnega sistema za prostora višje od 10 m ($h > 10$ m)

Tabela 5: Faktorji učinkovitosti za prostore, višje od 10 m ($h > 10$ m)

			12m	η_Z 15m	20m	η_R	η_N
Regulacija temperature prostora	neregulirana					0,80	
	dvotočkovni regulator					0,93	
	P-regulator (2K)					0,93	
	P-regulator (1K)					0,95	
	PI-regulator					0,97	
	PI-regulator s funkcijo optimizacije					0,99	
Ogrevalni sistem	toplozračno ogrevanje	dovod zraka s strani	0,78	0,72	0,63		1
	razporeditev zraka z norm. indukcijskim razmerjem	dovod zraka od zgoraj	0,84	0,78	0,71		1
	toplozračno ogrevanje	dovod zraka s strani	0,88	0,84	0,77		1
	razporeditev zraka z regulirano navpično recirkulacijo	dovod zraka od zgoraj	0,91	0,88	0,83		1
	stropna sevala (vodni sistem)		0,94	0,92	0,89		1
	stropna sevala (cevna)		0,94	0,92	0,89		1
	sevala		0,94	0,92	0,89		1
	talno ogrevanje		0,94	0,92	0,89		
		integrirano v konstrukcijo toplotno ločeno					0,95
							1

Primer: Višina prostora 12 m, sevalno ogrevanje, P – regulacija (2K)

$$\eta_Z = 0,94$$

$$\eta_R = 0,93$$

$$\eta_N = 1$$

$$\eta_{h,em} = \frac{1}{4 - (0,94 + 0,93 + 1)} = 0,88$$

Faktor za vpliv sevanja: $f_r = 0,85$ za stropna sevala – vodni sistem, cevna sevala, direktna sevala ter talno ogrevanje.

5.3 Dodatna (pomožna) električna energija $W_{h,em}$

5.3.1 Višina prostora $h \leq 4$ m

Dodatna (pomožna) električna energija predstavlja del energije, ki je namenjena izboljšanju prenosa toplote v prostoru

$$W_{h,em} = Q_C + Q_{V,P} \quad [\text{kWh}] \quad (54)$$

$W_{h,em}$ – dodatna (pomožna) električna energija [kWh]

Q_C – dodatne električna energija za regulatorje [kWh]

$Q_{V,P}$ – dodatne električna energija za ventilatorje in dodatne črpalke [kWh]

$$Q_C = \frac{P_C \cdot d_M \cdot 24}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (55)$$

$$Q_{V,P} = \frac{(P_V \cdot n_V + P_P \cdot n_P) \cdot t_{h,roh}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (56)$$

P_C – nazivna električna moč regulatorja [W] – podatek proizvajalca ali vrednost iz Tabela 6

d_M – število dni v mesecu

P_V – nazivna električna moč ventilatorja [W] – podatek proizvajalca ali vrednost

Tabela 7

n_V – število ventilatorjev [-]

P_P – nazivna električna moč črpalke [W] – podatek proizvajalca ali po enačbi:

$$P_P = 50 \cdot \left[\dot{Q}_{LH} \right]^{0,08} \quad [\text{W}]$$

$\dot{Q}_{LH}$ – nazivna električna moč grelnika zraka [kW]

n_P – število črpalk

$t_{h,roh}$ – mesečne računske obratovalne ure [h] (enačba 48)

Tabela 6: Nazivna električna moč regulatorjev

	[W]
P_c	električni regulator z elektromotornim pogonom
	električni regulator z elektrotermičnim pogonom
	električni regulator z elektromagnetnim pogonom
	0,1 (na pogon)
	1,0 (na pogon)
	1,0 (na pogon)

Tabela 7: Nazivna moč ventilatorjev za prostore z višino $h \leq 4\text{m}$

	[W]
P_v	ventilatorski konvektor
	neposredno električno ogrevanje z ventilatorskim konvektorjem
	termoakumulacijsko ogrevanje z dinamičnim odjemom
	termoakumulacijsko ogrevanje s stopenjskim odjemom
	10
	10
	12
	12

5.3.2 Višina prostora $h > 4$ m

Pri prostorih z višino $h > 4$ m (npr. dvorane) so uporabljena predvsem ogrevala, pri katerih ni ločene proizvodnje in oddaje toplote ter so nameščena v ogrevanem prostoru (npr. plinski sevalni grelniki), zato je skupna dodatna električna energija dovedena v prostor. Dodatna električna energija je določena kot:

$$W_{h,em} = \frac{P_{h,aux} \cdot t_{h,roh}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (57)$$

ali

$$W_{h,em} = \frac{P_{h,em,aux} \cdot t_{h,roh}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (58)$$

$P_{h,aux}$ – nazivna električna moč ventilatorjev in regulatorjev – sistem z neposrednim ogrevanjem (podatek proizvajalca ali vrednost iz Tabela 8)

$P_{h,em,aux}$ – nazivna električna moč ventilatorjev in regulatorjev – sistem s posrednim ogrevanjem (podatek proizvajalca ali vrednost iz Tabela 8)

$t_{h,roh}$ – mesečne računske obratovalne ure [h] (enačba 48)

Tabela 8: Nazivna električna moč ventilatorjev in regulatorjev za prostore z višino $h > 4$ m

		[W]
Neposredno ogrevanje $P_{h,aux}$	neposredno sevalno ogrevanje	25 (za napravo)
	ceveni sevalni grelnik do 50kW (regulacija in ventilator za zgorevalni zrak)	80 (za napravo)
	ceveni sevalni grelnik nad 50kW (regulacija in ventilator za zgorevalni zrak)	100 (za napravo)
	grelnik zraka z atmosferskim grelnikom in aksialnim ventilatorjem za obtočni zrak (regulacija in ventilator za obtočni zrak)	$0,014 \cdot Q_{NH}$
	grelnik zraka z ventilatorskim grelnikom in aksialnim ventilatorjem za obtočni zrak (regulacija in ventilatorja za obtočni in zgorevalni zrak)	$0,022 \cdot Q_{NH}$
Posredno ogrevanje $P_{h,em,aux}$	grelnik zraka v prostoru ($h < 8$ m) (centralni grelnik s posrednim grelnikom zraka)	$0,012 \cdot Q_{NH}$
	grelnik zraka v prostoru ($h > 8$ m) (centralni grelnik s posrednim grelnikom zraka)	$0,016 \cdot Q_{NH}$
	navpični recirkulacijski ventilator ($h < 8$ m)	$0,002 \cdot Q_{NH}$
	navpični recirkulacijski ventilator ($h > 8$ m)	$0,013 \cdot Q_{NH}$

5.3.3 Vrnjena dodatna električna energija $Q_{rhh,em}$

Če so pomožne naprave (pogoni, regulacija) nameščeni v ogrevanih prostorih, je vrnjena toplota enaka električni energiji:

$$Q_{rhh,em} = W_{h,em} \quad [\text{kWh}] \quad (59)$$

$W_{h,em}$ – dodatna (pomožna) električna energija [kWh] (enačba 57, enačba 54 $h \leq 4$ m ali enačba 58 za $h > 4$ m)

V ogrevala vnesena toplota $Q_{h,in,em}$

$$Q_{h,in,em} = Q_{NH} + W_{h,em} - Q_{rhh,em} \quad [\text{kWh}] \quad (60)$$

Q_{NH} – potrebna toplota za ogrevanje, določena skladno s SIST EN 13790 [kWh]

$W_{h,em}$ – dodatna (pomožna) električna energija [kWh] (enačba 54 ali 57 ali 58)

$Q_{rhh,em}$ – vrnjena dodatna električna energija [kWh] (enačba 59)

6. Podsystem razvod ogrevalnega sistema

6.1 Potrebna električna energija za razvodni podsystem

6.1.1 Neprekinjeno obratovanje

$$W_{h,d,e} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,e} \quad [\text{kWh}] \quad (61)$$

$W_{h,d,e}$ – potrebna električna energija [kWh]. Če je znano število letnih obratovalnih ur ($t_{h,a}$) in letna obremenitev razvodnega omrežja $\beta_{h,d,a}$, uporabimo enačbo 62; če tega podatka ni, uporabimo enačbo 61 in postopek v nadaljevanju.

$W_{h,d,hydr}$ – potrebna hidravlična energija [kWh] (enačba 64)

$e_{h,d,e}$ – faktor rabe električne energije črpalke [-] (enačba 68)

Za mesečni interval:

$$W_{h,d,e,M} = W_{h,d,e,a} \cdot \frac{\beta_{h,d,M} \cdot t_h}{\beta_{h,d,a} \cdot t_{h,a}} \quad [-] \quad (62)$$

$\beta_{h,d,M}$ – povprečna mesečna obremenitev razvodnega omrežja ($= \beta_{h,d}$) [-] (enačba 39)

$\beta_{h,d,a}$ – povprečna letna obremenitev razvodnega omrežja [-]

t_h – mesečne obratovalne ure – čas [h/M] (enačba 43)

$t_{h,a}$ – letne obratovalne ure – čas [h/a]

$$\beta_{h,d,M} = \frac{Q_{h,in,em}}{\dot{Q}_N \cdot t_h} \quad [-] \quad (63)$$

$Q_{h,in,em}$ - potrebna dovedena toplota v ogrevala [kWh] (enačba 60)

t_h – mesečne obratovalne ure – čas [h/M] (enačba 43)

$$W_{h,d,hydr} = \frac{P_{hydr}}{1000} \cdot \beta_{h,d,M} \cdot t_h \cdot f_{sch} \cdot f_{abgl} \quad [\text{kWh}] \quad (64)$$

P_{hydr} – hidravlična moč v načrtovani obratovalni točki [W] (enačba 65)

f_{sch} – korekcijski faktor za hidravlično omrežje [-]
 za dvocevni sistem: $f_{sch} = 1$
 za enocevni sistem: $f_{sch} = 8,6 \cdot \bar{m} + 0,7$
 $\bar{m}$ – delež masnega pretoka skozi ogrevalo
 f_{abgl} – korekcijski faktor za hidravlično uravnoteženje [-]
 za hidravlično uravnotežene sisteme: 1
 za hidravlično neuravnotežene sisteme: 1,1

Hidravlična moč v načrtovani obratovalni točki

$$P_{hydr} = 0,2778 \cdot \Delta p \cdot \dot{V} \quad [W] \quad (65)$$

Δp – tlačni padec [kPa]

$\dot{V}$ – volumski pretok ogrevnega medija [m³/h]

Volumski pretok ogrevnega medija

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}_N}{1,15 \cdot \Delta \theta_{HK}} \quad [m^3/h] \quad (66)$$

$\dot{Q}_N$ – standardna potrebna toplotna moč za ogrevanje (cone) – moč ogreval, skladno s SIST

EN 12831 ali z drugimi enakovrednimi, v stroki priznanimi računskimi metodami [kW]

$\Delta \theta_{HK}$ – temperaturna razlika pri standardnem temperaturnem režimu ogrevalnega sistema [°C] (enačba 38)

Tlačni padec

$$\Delta p = 0,13 \cdot L_{max} + 2 + \Delta p_{FBH} + \Delta p_{WE} \quad [kPa] \quad (67)$$

$$L_{max} = 2 \cdot \left(L + \frac{B}{2} + n_G \cdot h_G + l_c \right)$$

L – dolžina cone (stavbe) [m]

B – širina cone (stavbe) [m]

n_G – število ogrevanih etaž v coni (delu stavbe) [-]

h_G – povprečna višina etaže v coni (delu stavbe) [m]

l_c : $l_c = 10$ za dvocevni sistem

$l_c = L+B$ za enocevni sistem

Δp_{FBH} – dodatek pri ploskovnem ogrevanju, če ni proizvajalčevega podatka je 25 kPa vključno z ventili in razvodom (kPa)

Δp_{WE} – tlačni padec generatorja toplote: standardni kotel: 1 kPa
 stenski kotel: 20 kPa
 kondenzacijski kotel: 20 kPa

Faktor rabe električne energije črpalke $e_{h,d,e}$

$$e_{h,d,e} = f_e \cdot \left(C_{P1} + \frac{C_{P2}}{\beta_{h,d,M}} \right) \quad [-] \quad (68)$$

$\beta_{h,d,M}$ – povprečna mesečna obremenitev razvodnega omrežja ($= \beta_{h,d}$) [-] (enačba 63 oz. 42)

neznana črpalka:
$$f_e = \left[1,25 + \left(\frac{200}{P_{hydr}} \right)^{0,5} \right] \cdot b$$

$b = 1$ – nova stavba

$b = 2$ – obstoječa stavba

pri P_{hydr} v W.

znana črpalka:
$$f_e = \frac{P_{pump}}{P_{hydr}}$$

C_{P1} , C_{P2} – regulacija črpalke:	C_{P1}	C_{P2}
ni regulacije:	0,25	0,75
$\Delta p_{konst.}$:	0,75	0,25
$\Delta p_{var.}$:	0,90	0,10

6.1.2 Prekinjeno obratovanje

$$W_{h,d,e} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,e} \cdot \frac{1,03 \cdot t_{h,nop} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,nop})}{t_h} \quad [\text{kWh}] \quad (69)$$

$W_{h,d,hydr}$ – potrebna hidravlična energija [kWh] (enačba 64)

$e_{h,d,e}$ – faktor rabe električne energije črpalke [-] (enačba 68)

$t_{h,nop}$ – mesečne obratovalne ure pri normalnem ogrevanju [h] (enačba 43a ali 43b)

t_h – mesečne ure ogrevanja [h] (enačba 43)

$f_{P,A}$ – korekturni faktor pri znižanju temp. ogrevanja ali prekinitvi ogrevanja [-]

znižanje temp. ogrevanja: $f_{P,A} = 0,6$ (prevzeta vrednost)

prekinitve ogrevanja: $f_{P,A} = 0$

6.2 Vračljiva in vrnjena električna energija

Vračljiva električna energija $Q_{h,d,rhh,aux}$

$$Q_{h,d,rhh,aux} = 0,5 \cdot W_{h,d,e} \quad [\text{kWh}] \quad (70)$$

$Q_{h,d,rhh,aux}$ - vračljiva električna energija [kWh]

$W_{h,d,e}$ – potrebna električna energija [kWh] (enačba 69)

Vrnjena električna energija v ogrevni medij $Q_{h,d,rhh,aux,d}$

$$Q_{h,d,rhh,aux,d} = 0,25 \cdot W_{h,d,e} \quad [\text{kWh}] \quad (71)$$

$Q_{h,d,rhh,aux,d}$ - vrnjena električna energija v ogrevni medij [kWh]

$W_{h,d,e}$ – potrebna električna energija [kWh] (enačba 69)

Vračljiva električna energija v okoliški zrak $Q_{h,d,rhh,aux,i}$

$$Q_{h,d,rhh,aux,i} = 0,25 \cdot W_{h,d,e} \quad [\text{kWh}] \quad (72)$$

$Q_{h,d,rhh,aux,i}$ - vračljiva električna energija v okolico [kWh]

$W_{h,d,e}$ – potrebna električna energija [kWh] (enačba 69)

6.3 Toplotne izgube razvodnega podsistema

6.3.1 Splošno

$$Q_{h,d} = Q_{h,d,rhh} + Q_{h,d,uhh} \quad [\text{kWh}] \quad (73)$$

$Q_{h,d}$ – celotne toplotne izgube [kWh]

$Q_{h,d,rhh}$ – vrnjene toplotne izgube [kWh]

$Q_{h,d,uhh}$ – nevrnjene toplotne izgube (toplotne izgube v neogrevanem prostoru) [kWh]

Aproksimacija dolžine razvodnega podsistema

L_V – horizontalni razvod [m]

L_S – dvizni vodi [m]

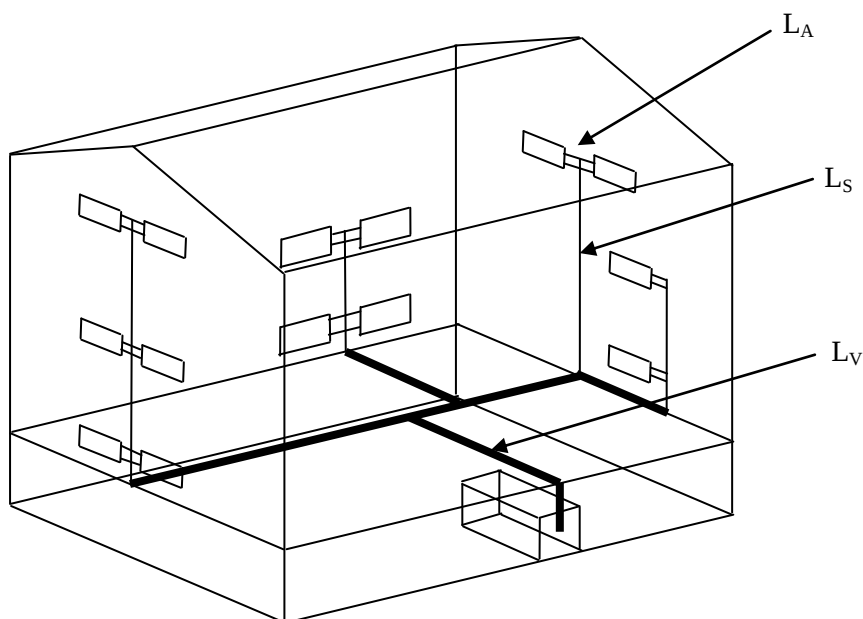
L_A – priključni vodi [m]

n_G – število nadstropij [-]

h_G – višina nadstropja [-]

L – dolžina cone (stavbe) [m]

B – širina cone (stavbe) [m]



Slika 2: Elementi razvodnega cevovoda

Dvocevni sistem:

Cevi v zunanjem zidu:

$$L_V = 2 \cdot L + 0,01625 \cdot L \cdot B^2 \text{ [m]}$$

$$L_S = 0,025 \cdot L \cdot B \cdot h_G \cdot n_G \text{ [m]}$$

$$L_A = 0,55 \cdot L \cdot B \cdot n_G \text{ [m]}$$

Cevi v notranjem zidu:

$$L_V = 2 \cdot L + 0,0325 \cdot L \cdot B + 6 \text{ [m]}$$

$$L_S = 0,025 \cdot L \cdot B \cdot h_G \cdot n_G \text{ [m]}$$

$$L_A = 0,55 \cdot L \cdot B \cdot n_G \text{ [m]}$$

Enocevni sistem:

$$L_V = 2 \cdot L + 0,01625 \cdot L \cdot B^2 \text{ [m]}$$

$$L_S = 0,025 \cdot L \cdot B \cdot h_G \cdot n_G + 2 \cdot (L + B) \cdot n_G \text{ [m]}$$

$$L_A = 0,1 \cdot L \cdot B \cdot n_G \text{ [m]}$$

6.3.2 Toplotna oddaja v časovnem intervalu

$$Q_{h,d,l} = \frac{\sum_i U'_i \cdot (\theta_m - \theta_{a,i}) \cdot L_i \cdot t_h}{1000} \text{ [kWh]} \quad (74)$$

U' – U -vrednost na dolžino [W/mK]

θ_m – povprečna temperatura ogrevnega medija [°C] (enačba 39)

$\theta_{a,i}$ – temperatura okolice v i -ti coni, kjer so nameščene cevi razreda V, S ali A [°C]

L_i – dolžina cevi v i -ti coni; indeks i se nanaša na indekse V, S in A [m]

i – indeks za cevi z enakimi robnimi pogoji

t_h – čas ogrevanja [h]

Za odseke razdelilnega podsistema z enakimi U -vrednostmi, enako temperaturo medija in okolice se enačba za toplotno oddajo poenostavi:

$$Q_{h,d,l} = \frac{\sum_i \dot{q}_{h,d,i} \cdot L_i \cdot t_h}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (75)$$

kjer je specifična toplotna oddaja:

$$\dot{q}_{h,d,i}(\beta_{h,d,i}) = U'_i \cdot (\theta_m(\beta_{h,d,i}) - \theta_{a,i}) \quad [\text{W/m}] \quad (76)$$

$\beta_{h,d,i}$ – povprečna mesečna obremenitev razvodnega omrežja v i -ti coni (enačba 63)

Toplotne izgube v neogrevanem prostoru

$$\dot{q}_{h,d,U}(\beta_{h,d}) = \dot{q}_{h,d}(\beta_{h,d}) \cdot \left(\frac{U'_U}{U'} + U'_U \cdot \frac{\Delta\theta_u}{\dot{q}_{h,d}(\beta_{h,d})} \right) \quad [\text{W/m}] \quad (77)$$

$\dot{q}_{h,d,U}$ - specifična toplotna oddaja cevi v neogrevanih prostorih [W/m]

$\Delta\theta_u$ - temperaturna razlika med ogrevanim in neogrevanim prostorom [K]

$$\Delta\theta_u = \theta_a - \theta_u$$

U' – U -vrednost na dolžino za cevi v ogrevanem prostoru [W/mK]

U'_U – U -vrednost na dolžino za cevi v neogrevanem prostoru [W/mK]

Tabela 9: Toplotna prehodnost U_j za posamezne odseke ogrevalnega sistema [W/(mK)]

	horizontalni L_V	V zunanjem zidu dvižni L_S	priključni L_{SL}	V notranji steni dvižni L_S	priključni L_{SL}
Izolirano	0,200	0,255	0,255	0,255	0,255
Neizolirano					
$L_G \cdot B_G \leq 200 \text{ m}^2$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$L_G \cdot B_G \leq 500 \text{ m}^2$	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
$L_G \cdot B_G > 1000 \text{ m}^2$	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
V zunanjem zidu (ZZ)		skupaj/koristno*			
ZZ neizoliran		1,35 / 0,80			
ZZ zunaj izoliran		1,00 / 0,90			
ZZ ($U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$)		0,75 / 0,55			

* skupno – celotna toplotna oddaja, koristno – v prostor koristno oddana toplota

Toplotna oddaja armatur in opreme

Kot približek se upošteva toplotno oddajo držal kot dodatno ekvivalentno dolžino 15%.

Ekvivalentna dolžina armatur in prirobnic je odvisna od izolacije in dimenzije cevi:

	ekvivalentna dolžina [m] $d \leq 100 \text{ mm}$	ekvivalentna dolžina [m] $d > 100 \text{ mm}$
ventili in prirobnice:		
neizolirano	4,0	6,0
izolirano	1,5	2,5

Vrnjena in nevrnjena toplotna oddaja

Vrnjena toplotna oddaja je enaka toplotnim izgubam v ogrevanih prostorih

$$Q_{h,d,rhh} = \frac{\sum_i \dot{q}_{h,d,H,i} \cdot L_{H,i} \cdot t_h}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (78)$$

$L_{H,i}$ – dolžina cevi v ogrevanih prostorih (i -ti coni) [m]

Nevrnjena toplotna oddaja $Q_{h,d,uhh}$ je določena z upoštevanjem dolžine cevi v neogrevanem prostoru.

$$Q_{h,d,uhh} = \frac{\sum_i \dot{q}_{h,d,U,i} \cdot L_{U,i} \cdot t_h}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (79)$$

$L_{U,i}$ – dolžina cevi v neogrevanih prostorih (i -ti coni) [m]

6.4 Vrnjena toplota

V razvodni sistem vrnjena toplota $Q_{d,rhh}$

$$Q_{d,rhh} = Q_{h,d,rhh,aux,d} \quad [\text{kWh}] \quad (80)$$

$Q_{d,rhh}$ - v razvodni sistem vrnjena toplota [kWh]

$Q_{h,d,rhh,aux,d}$ - vrnjena električna energija v ogrevni medij [kWh] (enačba 71)

V okolico koristno vrnjena toplota $Q_{rhh,d}$

$$Q_{rhh,d} = Q_{h,d,rhh} + Q_{h,d,rhh,aux,i} \quad [\text{kWh}] \quad (81)$$

$Q_{rhh,d}$ - v okolico koristno vrnjen del toplotnih izgub [kWh]

$Q_{h,d,rhh}$ - vrnjena toplotna oddaja razvodnega sistema [kWh] (enačba 78)

$Q_{h,d,rhh,aux,i}$ - vrnjena električna energija razvodnega sistema [kWh] (enačba 72)

V razvodni sistem vnesena toplota $Q_{h,in,d}$

$$Q_{h,in,d} = Q_{h,in,em} + Q_{h,d} - Q_{d,rhh} \quad [\text{kWh}] \quad (82)$$

$Q_{h,in,d}$ - v razvodni sistem vnesena toplota [kWh]

$Q_{h,in,em}$ - v ogrevala vnesena toplota [kWh] (enačba 60)

$Q_{h,d}$ - toplotne izgube razvodnega sistema [kWh] (enačba 73)

$Q_{d,rhh}$ - v razvodni sistem vrnjena toplota [kWh] (enačba 80)

7. Podsistem kurilna naprava

Pri izračunu energijske bilance kurilne naprave se upoštevajo naslednji parametri: potrebna toplota za ogrevalni sistem, v primeru kombiniranega kotla potrebna toplota za toplo vodo, dimnične izgube in toplotne izgube skozi ovoj kotla v času obratovanja in stanja obratovalne pripravljenosti ter pomožna električna energija.

Za izračun kurilne naprave potrebni podatki: vrsta in karakteristika kurilne naprave, regulacija kurilne naprave, potrebna toplota za ogrevalni sistem določena po metodologiji prSIST EN 13790 in po postopkih določenih v nadaljevanju.

Izračun rabe energije temelji na karakteristikah, ki so predpisane v Odredbi o zahtevanih izkoristkih za nove toplovodne ogrevalne kotle na tekoče ali plinasto gorivo, Pravilniku o energijski učinkovitosti kurilnih naprav za ogrevanje prostorov in pripravo tople vode v neindustrijskih stavbah in v SIST EN 304, SIST EN 303-5, SIST EN 297, SIST EN 483, SIST EN 656, SIST EN 625 in SIST EN 677.

Izračun podaja potrebno vneseno toploto z gorivom, celotne toplotne izgube kurilne naprave, potrebno električno energijo, vračljivo in vrnjeno potrebno električno energijo ter vračljivo toplotno izgubo kurilne naprave.

7.1 Obratovalna temperatura generatorja toplote

$$\theta_{h,g} = \max(\theta_{h,g,\min}, \theta_{h,em}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (83)$$

$\theta_{h,g}$ - obratovalna temperatura generatorja toplote [$^{\circ}\text{C}$]

$\theta_{h,g,\min}$ – omejitev obratovalne temperature posameznega generatorja toplote [$^{\circ}\text{C}$]. Vrednost v

nacionalnem dodatku standarda ali vrednosti iz Tabela 13.

$\theta_{h,em}$ – temperatura razvodnega podsistema v opazovanem časovnem intervalu [$^{\circ}\text{C}$].

Določena v odvisnosti od vrste regulacije

a) V odvisnosti od notranje temperature (v odvisnosti od vrste regulacije):

Toplotna moč ogreval:

$$\dot{Q}_{h,em} = \frac{Q_{h,out,d}}{t_h} \quad [\text{kW}] \quad (84)$$

$Q_{h,out,d}$ - povprečna potrebna dovedena energija v ogrevala [kWh]

$$Q_{h,out,d} = Q_{h,in,em} - \text{enačba 60}$$

t_h – mesečne obratovalne ure [h] (enačba 43)

Povprečna temperatura ogreval:

$$\theta_{h,em} = \theta_i + \left(\frac{\dot{Q}_{h,em}}{\dot{Q}_{h,em,n}} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \Delta\theta_{h,em,n} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (85)$$

$\theta_{h,em}$ – povprečna temperatura ogreval [$^{\circ}\text{C}$]

θ_i – notranja temperatura ogrevanega prostora (brez upoštevanja toplotnih dobitkov) [$^{\circ}\text{C}$]

$\dot{Q}_{h,em}$ – toplotna moč ogreval [kW] (enačba 84)

$\dot{Q}_{h,em,n}$ – nazivna toplotna moč ogreval (OSIST 12831) ($\dot{Q}_{h,em,n} = \dot{Q}_N$) [kW]

$\Delta\theta_{h,em,n}$ – nazivna nadtemperatura ogreval (50 K)

n – karakteristični eksponent toplotne oddaje ogreval – *Tabela 10*.

Tabela 10: Eksponent toplotne oddaje ogreval n .

Vrsta ogreval	n
Radiatorji	1,30
Konvektorji	1,40
Ploskovna ogrevala	1,13
Ventilatorski konvektorji	1,00

b) V odvisnosti od zunanje temperature in konstantne notranje temperature (v odvisnosti od vrste regulacije)

$$\theta_{h,em} = \theta_{h,d,n} + f_c \cdot (\theta_i - \theta_{h,d,n}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (86)$$

$\theta_{h,d,n}$ – standardna (projektna) temperatura razvodnega podsistema. Vrednosti so podane v

Tabela 11

θ_i – notranja temperatura ogrevanega prostora (brez upoštevanja toplotnih dobitkov) [$^{\circ}\text{C}$]

f_c – korekcijski faktor za upoštevanje vrste regulacije in vrednosti med časom delovanja.

Vrednosti so podane v

Tabela 12.

Tabela 11: Vrsta ogrevalnega sistema in pripadajoča standardna (projektna) temperatura razvodnega podsistema $\theta_{h,d,n}$.

Vrsta ogrevalnega sistema	$\theta_{h,d,n}$
Nizkotemperaturni	35 $^{\circ}\text{C}$
Srednetemperaturni	50 $^{\circ}\text{C}$
Visokotemperaturni	70 $^{\circ}\text{C}$

Tabela 12: Korekcijski faktor za upoštevanje vrste regulacije f_c .

Vrsta regulacije kotla	f_c
Konstantna temperatura	0
Spremenljiva temperatura	$\frac{(\theta_e - \theta_{e,design})}{(\theta_i - \theta_{e,design})}$

θ_e – zunanja temperatura [°C]

$\theta_{e,design}$ – projektna zunanja temperatura [°C]

7.2 Potrebna toplota za kurilno napravo

$$Q_{h,out,g} = \beta_{h,g} \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} \cdot t_h \quad [\text{kWh}] \quad (87)$$

$Q_{h,out,g}$ - iz kurilne naprave odvedena toplota [kWh]

$\beta_{h,g}$ - obremenitev kotla [-] (enačba 95)

$\dot{Q}_{h,g,Pn}$ – nazivna toplotna moč generatorja toplote [kW] (podatek ali enačba 98)

t_h - mesečne obratovalne ure [h] (enačba 43)

Večje število generatorjev toplote:

$$\sum_j Q_{h,out,g,j} = \sum_i Q_{h,in,d,i} + \sum_k Q_{h^*,out,g,k} \quad [\text{kWh}] \quad (88)$$

Števec: j – število generatorjev toplote,
 i – število zank razvodnega sistema,
 k – število zank grelnikov HVAC sistema.

$Q_{h,out,g,j}$ - iz j -tega generatorja odvedena toplota [kWh],

$Q_{h,in,d,i}$ - v i -to zanko razvodnega sistema vnesena toplota [kWh] (enačba 82),

$Q_{h^*,out,g,k}$ - v k -to zanko grelnika HVAC sistema dovedena toplota [kWh] (enačba 386)

V primeru različnih vrst generatorjev toplote (npr. kotel v kombinaciji s solarnim sistemom, toplotno črpalko), upoštevamo prioriteto posameznih sistemov. V tem primeru je potrebna dodatna toplotna moč kotla:

$$Q_{h,out,g} = Q_{bu} \quad [\text{kWh}] \quad (89)$$

Q_{bu} - potrebna toplota dodatnega grelnika:

- v primeru solarnega sistema: $Q_{bu} = Q_{bu,sol}$ (enačba 208)

$$Q_{bu} = Q_{bu,w,sol} \quad (\text{enačba 209})$$

$$Q_{bu} = Q_{bu,h,sol} \quad (\text{enačba 210})$$

- v primeru toplotne črpalke: $Q_{bu} = Q_{bu,TC}$ (enačba 268)
 $Q_{bu} = Q_{bu,TC,h}$ (enačba 271)
 $Q_{bu} = Q_{bu,TC,w}$ (enačba 272)

Toplotne izgube podsistema kurilne naprave

$\dot{Q}_{h,g,l,Pn}$ – toplotne izgube pri 100% obremenitvi [kW]

$\dot{Q}_{h,g,l,Pint}$ – toplotne izgube pri vmesni (običajno 30%) obremenitvi [kW]

$\dot{Q}_{h,g,l,P0}$ – toplotne izgube pri 0% obremenitvi [kW]

Toplotne izgube pri 100% obremenitvi

Izkoristek kotla pri 100% obremenitvi:

$$\eta_{h,g,Pn,cor} = \eta_{h,g,Pn} + f_{cor,Pn} \cdot (\theta_{h,g,test,Pn} - \theta_{h,g}) \quad [-] \quad (90)$$

$\eta_{h,g,Pn,cor}$ - korigiran izkoristek kotla pri 100% obremenitvi [-]

$\eta_{h,g,Pn}$ – izkoristek kotla pri 100% obremenitvi in testnih pogojih
če ni znane vrednosti upoštevamo vrednost iz Tabela 13.

$f_{cor,Pn}$ – korekcijski faktor zaradi spremembe izkoristka v odvisnosti od povprečne temperature ogrevnega medija. Nacionalni dodatek standarda ali vrednosti iz Tabela 14.

$\theta_{h,g,test,Pn}$ – povprečna temp. kotla pri testnih pogojih (100% obremenitvi) [°C] (Tabela 14)

$\theta_{h,g}$ - obratovalna temperatura generatorja toplote [°C] (enačba 83)

Tabela 13: Parametri za izračun izkoristka kotla in temperaturne omejitve

Vrsta kotla	$\eta_{h,g,Pn}$ [-]	$\eta_{h,g,Pint}$ [-]	$\theta_{h,g \min}$ [°C]
Standardni kotel	$(84 + 2 \cdot \log \dot{Q}_{h,g,Pn})/100$	$(80 + 3 \cdot \log \dot{Q}_{h,g,Pn})/100$	45
Nizkotemperaturni	$(87,5 + 1,5 \cdot \log \dot{Q}_{h,g,Pn})/100$	$(87,5 + 1,5 \cdot \log \dot{Q}_{h,g,Pn})/100$	35
Kondenzacijski	$(91 + 1 \cdot \log \dot{Q}_{h,g,Pn})/100$	$(97 + 1 \cdot \log \dot{Q}_{h,g,Pn})/100$	20

$\dot{Q}_{h,g,Pn}$ – nazivna moč kotla v kW, omejena na največ 400 kW. Če je moč večja od 400 kW, uporabimo vrednost 400 kW v ustrezni enačbi iz Tabela 13.

Tabela 14: Korekcijski faktor $f_{cor,Pn}$ pri 100% obremenitvi

Vrsta kotla	Povprečna temp. kotla pri testnih pogojih / 100% obremenitvi, $\theta_{h,g,test,Pn}$	$f_{cor,Pn}$ [-]
Standardni kotel	70 °C	0
Nizkotemperaturni	70 °C	0,0004
Kondenzacijski (plinasta g.)	70 °C	0,002
Kondenzacijski (tekoča g.)	70 °C	0,0004
Biomasa (standardni kotel)	70 °C	0

Toplotne izgube pri 100% obremenitvi:

$$\dot{Q}_{h,g,l,Pn,cor} = \frac{1 - \eta_{h,g,Pn,cor}}{\eta_{h,g,Pn,cor}} \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} \quad [\text{kW}] \quad (91)$$

$\dot{Q}_{h,g,Pn}$ – nazivna toplotna moč generatorja toplote [kW]

Toplotne izgube pri vmesni (30%) obremenitvi

Izkoristek kotla pri vmesni (30%) obremenitvi:

$$\eta_{h,g,Pint,cor} = \eta_{h,g,Pint} + f_{cor,Pint} \cdot (\theta_{h,g,test,Pint} - \theta_{h,g}) \quad [-] \quad (92)$$

$\eta_{h,g,Pint,cor}$ - korigiran izkoristek kotla pri vmesni (30%) obremenitvi [-]

$\eta_{h,g,Pint}$ – izkoristek kotla pri 30% obremenitvi in testnih pogojih
če ni znane vrednosti upoštevamo vrednost iz Tabela 13.

$f_{cor,Pint}$ – korekcijski faktor zaradi spremembe izkoristka v odvisnosti od povprečne temperature ogrevnega medija. Nacionalni dodatek standarda ali vrednosti iz Tabela 15.

$\theta_{h,g}$ - obratovalna temperatura generatorja toplote [°C] (enačba 83)

Tabela 15: Korekcijski faktor $f_{cor,Pint}$ pri vmesni obremenitvi

Vrsta kotla	Povprečna temp. kotla pri testnih pogojih / vmesni obremenitvi, $\theta_{h,g,test,Pint}$	$f_{cor,Pint}$ [-]
Standardni kotel	50 °C	0,0004
Nizkotemperaturni	40 °C	0,0004
Kondenzacijski (plinasta g.)	35 °C	0,002
Kondenzacijski (tekoča g.)	35 °C	0,001
Biomasa (standardni kotel)	70 °C	0,0004

Za kotle na plinasta in tekoča goriva: $\dot{Q}_{h,g,Pint} = 0,3 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}$

Toplotne izgube pri vmesni obremenitvi:

$$\dot{Q}_{h,g,l,Pint,cor} = \frac{1 - \eta_{h,g,Pint,cor}}{\eta_{h,g,Pint,cor}} \cdot \dot{Q}_{h,g,Pint} \quad [\text{kW}] \quad (93)$$

$\dot{Q}_{h,g,l,Pint}$ – toplotne izgube pri vmesni obremenitvi [kW]

Toplotne izgube pri 0% obremenitvi

Toplotne izgube pri 0% obremenitvi so določene za temperaturno razliko 30 K.

Korigirane toplotne izgube (upoštevajoč različno temperaturno razliko) so določene z:

$$\dot{Q}_{h,g,l,P0,cor} = \dot{Q}_{h,g,l,P0} \cdot \left(\frac{\theta_{h,g} - \theta_{i,g}}{30} \right)^{1,25} \quad [\text{kW}] \quad (94)$$

$\dot{Q}_{h,g,l,P0}$ – toplotne izgube v času obratovalne pripravljenosti (stand-by) [kW]. Če je proizvod certificiran, je ta podatek znan. Če vrednost ni znana, upoštevamo vrednosti Tabela 16.

$\theta_{h,g}$ - obratovalna temperatura generatorja toplote [°C] (enačba 83)

$\theta_{i,g}$ – temperatura prostora, v katerem je kotel nameščen [°C]

Tabela 16: Toplotne izgube kotla v času obratovalne pripravljenosti $\dot{Q}_{h,g,l,P0}$ [kW]

Vrsta kotla	
Standardni kotel	$\dot{Q}_{h,g,l,P0} = \frac{\dot{Q}_{h,g,Pn} \cdot (25 - 8 \cdot \log(\dot{Q}_{h,g,Pn}))}{1000}$
Nizkotemperaturni	$\dot{Q}_{h,g,l,P0} = \frac{\dot{Q}_{h,g,Pn} \cdot (17,5 - 5,5 \cdot \log(\dot{Q}_{h,g,Pn}))}{1000}$
Kondenzacijski	$\dot{Q}_{h,g,l,P0} = \frac{\dot{Q}_{h,g,Pn} \cdot (17,5 - 5,5 \cdot \log(\dot{Q}_{h,g,Pn}))}{1000}$

$\dot{Q}_{h,g,Pn}$ – nazivna moč kotla v kW.

Toplotne izgube pri vmesnem razmerju obremenitve $\beta_{h,g}$ in toplotna moč $\dot{Q}_{h,g,Pn}$

Razmerje toplotne obremenitve posameznega (*i*-tega) generatorja toplote $\beta_{h,g,i}$ pri paralelni priključitvi *j* generatorjev. Vsi generatorji delujejo istočasno: obremenitev posameznega generatorja ustreza razmerju skupne povprečne toplotne obremenitve:

$$\beta_{h,g,i} = \frac{\dot{Q}_{h,in,d}}{\sum_j \dot{Q}_{h,g,Pn,j}} \quad [-] \quad (95)$$

$\dot{Q}_{h,in,d}$ – povprečna toplotna moč oddana v razvodni ogrevalni podsistem [kW]

$$\dot{Q}_{h,in,d} = \frac{Q_{h,in,d}}{t_h} \quad [\text{kW}] \quad (96)$$

$Q_{h,in,d}$ - v razvodni sistem vnesena toplota [kWh] (glej točko 7.2)

t_h - mesečne obratovalne ure [h] (enačba 43)

$\dot{Q}_{h,g,Pn,j}$ – nazivna toplotna moč *j*-tega generatorja toplote [kW]

Če moč kotla ni znana, jo lahko ocenimo s pomočjo enačbe:

$$\dot{Q}_{h,g,Pn} = 1,3 \cdot \dot{Q}_{h,max,res} \quad [\text{kW}] \quad (97)$$

$\dot{Q}_{h,max,res}$ - potrebna toplotna moč za ogrevanje s funkcijo dogrevanja v primeru mehanskega prezračevanja [kW] (enačba 309)

Če je več generatorjev toplote priključeno zaporedno, je porazdelitev razmerja obremenitve med generatorji toplote odvisna od vrste regulacije:

a) brez prioritete:

$$\beta_{h,g,i} = \frac{\dot{Q}_{h,in,d}}{\sum (\dot{Q}_{h,g1,Pn} + \dot{Q}_{h,g2,Pn} + \dots)} \quad [-]$$

b) s prioriteto:

$$\beta_{h,g,i} = \frac{\dot{Q}_{h,in,d} - \sum_i \dot{Q}_{h,g,i-1,Pn}}{\dot{Q}_{h,g,i,Pn}} \quad [-]$$

$\dot{Q}_{h,g,i-1,Pn}$ – nazivna moč ($i-1$) generatorjev, ki obratujejo pri 100% obremenitvi [kW]

$\dot{Q}_{h,g,i,Pn}$ – nazivna moč i -tega generatorja, ki ne obratuje pri 100% obremenitvi [kW]

Toplotne izgube generatorja toplote v odvisnosti od razmerja obremenitve $\beta_{h,g}$:

$\beta_{h,g,test,Pint}$ - obremenitev kotla pri testnih pogojih za vmesno obremenitev. Za kotle na plinasta in tekoča goriva je $\beta_{h,g,test,Pint} = 0,3$ in za kotle na biomaso z avtomatskim podajanjem goriva je $0,3 < \beta_{h,g,test,Pint} < 0,5$.

$$\rightarrow 0 < \beta_{h,g} < \beta_{h,g,test,Pint} :$$

$$\dot{Q}_{h,g,l} = \frac{\beta_{h,g}}{\beta_{h,g,test,Pint}} \cdot (\dot{Q}_{h,g,l,Pint,cor} - \dot{Q}_{h,g,l,P0,cor}) + \dot{Q}_{h,g,l,P0,cor} \quad [\text{kW}] \quad (98a)$$

$\dot{Q}_{h,g,l,Pint,cor}$ – toplotne izgube pri vmesni obremenitvi [kW] (enačba 93)

$\dot{Q}_{h,g,l,P0,cor}$ – toplotne izgube pri stanju obratovalne pripravljenosti [kW] (enačba 94)

$$\rightarrow \beta_{h,g, test, P_{int}} < \beta_{h,g} < 1:$$

$$\dot{Q}_{h,g,l} = \frac{\beta_{h,g} - \beta_{h,g, test, P_{int}}}{1 - \beta_{h,g, test, P_{int}}} \cdot (\dot{Q}_{h,g,l, Pn, cor} - \dot{Q}_{h,g,l, P_{int}, cor}) + \dot{Q}_{h,g,l, P_{int}, cor} \quad [\text{kW}] \quad (98b)$$

$\dot{Q}_{h,g,l, Pn, cor}$ – toplotne izgube pri nazivni moči [kW] (enačba 91)

$\dot{Q}_{h,g,l, P_{int}, cor}$ – toplotne izgube pri vmesni obremenitvi [kW] (enačba 93)

→ Skupne toplotne izgube v času opazovanega časovnega intervala:

$$Q_{h,g,l} = \dot{Q}_{h,g,l} \cdot (t_{h, rod} - t_{w, 100\%}) \quad [\text{kWh}] \quad (99)$$

$t_{h, rod}$ – dnevne računske obratovalne ure ogrevanja [h] (enačba 49)

$t_{w, 100\%}$ – časovni interval potreben za pripravo tople vode [h] (enačba 158)

7.2.1 Generatorji toplote s funkcijo priprave tople vode:

$$\dot{Q}_{h,w,g} = \dot{Q}_{h,in,d} + \dot{Q}_{w,g} \quad [\text{kW}] \quad (100)$$

$$\dot{Q}_{w,g} = \frac{Q_{w,out,g}}{t_{w, 100\%}} \quad [\text{kW}] \quad (101)$$

$\dot{Q}_{h,in,d}$ – povprečna toplotna moč kotla oddana v razvodni ogrevalni podsystem [kW] (enačba 96)

$Q_{w,out,g}$ – potrebna toplota za pripravo tople vode [kWh] (enačba 114)

$t_{w, 100\%}$ – časovni interval potreben za pripravo tople vode [h] (enačba 158)

7.3 Pomožna električna energija

$$W_{h,g,aux} = \sum \left(P_{aux,g,i} \cdot \left(t_{h,roh} - \frac{t_{w,100\%} \cdot d_M \cdot d_a}{365[d]} \right) + P_{aux,g,P0} \cdot (24 \cdot d_M - t_{h,roh}) \right) \quad [\text{kWh}] \quad (102)$$

$P_{aux,g,i}$ – moč pomožnih električnih naprav za kotel pri delni obremenitvi [kW]. (enačba 103a ali 103b)

$P_{aux,g,P0}$ – moč pomožnih električnih naprav za kotel pri 0% obremenitvi – stanje obratovalne pripravljenosti [kW]. Če vrednosti niso znane upoštevamo vrednosti iz Tabela 17.

$t_{h,roh}$ – mesečne računske obratovalne ure ogrevanja [h] (enačba 48)

$t_{w,100\%}$ – časovni interval potreben za pripravo tople vode [h] (enačba 158)

d_M – število dni v mesecu [d]

d_a – število dni koriščenja cone v letu (čas trajanja ogrevanja) [d]

Moč pomožnih električnih naprav za kotel v odvisnosti od obremenitve kotla

$$0 < \beta_{h,g} < \beta_{h,g, \text{test}, P_{\text{int}}} :$$

$$P_{aux,g,i} = \frac{\beta_{h,g}}{\beta_{h,g, \text{test}, P_{\text{int}}}} \cdot (P_{aux,g, P_{\text{int}}} - P_{aux,g, P_0}) + P_{aux,g, P_0} \quad [\text{kW}] \quad (103a)$$

$P_{aux,g, P_{\text{int}}}$ – moč pomožnih električnih naprav pri vmesni obremenitvi [kW] (podatek proizvajalca ali Tabela 17)

P_{aux,g, P_0} – moč pomožnih električnih naprav pri stanju obratovalne pripravljenosti [kW] (podatek proizvajalca ali Tabela 17)

$$\beta_{h,g, \text{test}, P_{\text{int}}} < \beta_{h,g} < 1:$$

$$P_{aux,g,i} = \frac{\beta_{h,g} - \beta_{h,g, \text{test}, P_{\text{int}}}}{1 - \beta_{h,g, \text{test}, P_{\text{int}}}} \cdot (P_{aux,g, P_n} - P_{aux,g, P_{\text{int}}}) + P_{aux,g, P_{\text{int}}} \quad [\text{kW}] \quad (103b)$$

P_{aux,g, P_n} – moč pomožnih električnih naprav pri nazivni moči (100% obremenitvi) [kW] (podatek proizvajalca ali Tabela 17)

$P_{aux,g, P_{\text{int}}}$ – moč pomožnih električnih naprav pri vmesni obremenitvi [kW] (podatek proizvajalca ali Tabela 17)

Tabela 17: Moč pomožnih električnih naprav $P_{aux,g}$ [kW]

Vrsta kotla in gorilnika	P_{aux,g, P_n}	$P_{aux,g, P_{\text{int}}}$	P_{aux,g, P_0}
Kotel z ventilatorskim gorilnikom	$P_{aux,g, P_n} = \frac{(45 \cdot \dot{Q}_{h,g, P_n}^{0,48})}{1000}$	$P_{aux,g, P_{\text{int}}} = \frac{(15 \cdot \dot{Q}_{h,g, P_n}^{0,48})}{1000}$	$P_{aux,g, P_0} = 0,015$
Kotel z atmosferskim gorilnikom do 250 kW	$P_{aux,g, P_n} = \frac{(0,35 \cdot \dot{Q}_{h,g, P_n} + 40)}{1000}$	$P_{aux,g, P_{\text{int}}} = \frac{(0,1 \cdot \dot{Q}_{h,g, P_n} + 20)}{1000}$	$P_{aux,g, P_0} = 0,015$
Kotel z atmosferskim gorilnikom od 250 kW	$P_{aux,g, P_n} = \frac{(0,7 \cdot \dot{Q}_{h,g, P_n} + 80)}{1000}$	$P_{aux,g, P_{\text{int}}} = \frac{(0,2 \cdot \dot{Q}_{h,g, P_n} + 40)}{1000}$	$P_{aux,g, P_0} = 0,015$
Kotel na pelete z avtomatskim dodajanjem	$P_{aux,g, P_n} = \frac{(2,0 \cdot \dot{Q}_{h,g, P_n} + 40)}{1000}$	$P_{aux,g, P_{\text{int}}} = \frac{(1,8 \cdot \dot{Q}_{h,g, P_n} + 40)}{1000}$	$P_{aux,g, P_0} = 0,015$
Kotel na sekance	$P_{aux,g, P_n} = \frac{(2,6 \cdot \dot{Q}_{h,g, P_n} + 60)}{1000}$	$P_{aux,g, P_{\text{int}}} = \frac{(2,2 \cdot \dot{Q}_{h,g, P_n} + 70)}{1000}$	$P_{aux,g, P_0} = 0,015$

Standardni kotel:			
Specialni plinski kotel	$P_{aux,g,Pn} = \frac{(0,148 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 40)}{1000}$	$P_{aux,g,Pint} = \frac{(0,148 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 40)}{1000}$	
Ventilatorski kotel (olje/plin)	$P_{aux,g,Pn} = 0,045 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}^{0,48}$	$P_{aux,g,Pint} = 0,015 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}^{0,48}$	
Nizkotemperaturni kotel:			
Specialni plinski kotel	$P_{aux,g,Pn} = \frac{(0,148 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 40)}{1000}$	$P_{aux,g,Pint} = \frac{(0,148 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 40)}{1000}$	
Obtočni grelnik	$P_{aux,g,Pn} = 0,045 \cdot \dot{Q}_{Pn}^{0,48}$	$P_{aux,g,Pint} = 0,015 \cdot \dot{Q}_{Pn}^{0,48}$	
Ventilatorski kotel (olje/plin)	$P_{aux,g,Pn} = 0,045 \cdot \dot{Q}_{Pn}^{0,48}$	$P_{aux,g,Pint} = 0,015 \cdot \dot{Q}_{Pn}^{0,48}$	
Kondenzacijski kotel (olje/plin)	$P_{aux,g,Pn} = 0,045 \cdot \dot{Q}_{Pn}^{0,48}$	$P_{aux,g,Pint} = 0,015 \cdot \dot{Q}_{Pn}^{0,48}$	

7.4 Vračljive in vrnjene toplotne izgube

7.4.1 Potrebna dodatna električna energija

Vrnjena dodatna električna energija

$$W_{h,g,rhh} = W_{h,g} \cdot (1 - b_{h,aux,g}) \cdot p_{aux,g} \quad [\text{kWh}] \quad (104)$$

$p_{aux,g}$ – del nazivne električne moči prenesene v okolico. Vrednost v nacionalnem dodatku standarda ali po naslednji enačbi:

$$p_{aux,g} = 1 - \eta_{hydraulic} \quad [-]$$

Predpostavljena vrednost za hidravlični izkoristek je $\eta_{hydraulic} = 0,4$

$b_{h,aux,g}$ – faktor redukcije ki upošteva vpliv okolice. Vrednost v nacionalnem dodatku standarda ali predpostavljena vrednost $b_{h,aux,g} = 0$ (generator nameščen v ogrevanem prostoru), $b_{h,aux,g} = 0,3$ (generator nameščen v kotlovnici).

$$Q_{h,g,rhh,aux} = W_{h,g,rhh} \quad [\text{kWh}] \quad (105)$$

$Q_{h,g,rhh,aux}$ – vrnjena električna energija [kWh]

7.4.2 Toplotne izgube skozi ovoj generatorja toplote

$$Q_{h,g,rhh,env} = \dot{Q}_{h,g,l,P0,cor} \cdot (1 - k_g) \cdot p_{h,g,env} \cdot t_h \quad [\text{kWh}] \quad (106)$$

$\dot{Q}_{h,g,l,P0,cor}$ – Korigirane toplotne izgube [kW] (enačba 94)

$p_{h,g,env}$ – toplotne izgube skozi ovoj generatorja toplote kot del celotnih toplotnih izgub v času stanja obratovalne pripravljenosti. Vrednost v nacionalnem dodatku standarda ali vrednosti iz

Tabela 18.

k_g - delež vrnjenih toplotnih izgub skozi ovoj kotla [-]

$k_g = 0,1$ za kotel nameščen v ogrevanem prostoru

$k_g = 0,2$ za kotel z atmosferskim gorilnikom, nameščen v ogrevanem prostoru

$k_g = 0,7$ za kotel nameščen v kotlovnici

$k_g = 1$ za kotel nameščen v neogrevanem prostoru (okolici)

Tabela 18: Del toplotnih izgub skozi ovoj kotla v času obratovalne pripravljenosti $p_{gn,env}$

Vrsta kotla	$p_{h,g,env}$
Specialni plinski kotli	0,50
Vsi ostali kotli	0,75

7.4.3 Skupne vrnjene izgube $Q_{rhh,g}$

Skupne vrnjene izgube:

$$Q_{rhh,g} = Q_{h,g,rhh,env} + Q_{h,g,rhh,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (107)$$

$Q_{h,g,rhh,env}$ - delež vrnjenih toplotnih izgub skozi ovoj kotla [kWh] (enačba 106)

$Q_{h,g,rhh,aux}$ - vrnjena dodatna električna energija [kWh] (enačba 105)

V kotel z gorivom vnesena toplota

$$Q_{h,in,g} = Q_{h,out,g} + Q_{h,g,rhh,env} - Q_{h,g,rhh,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (108)$$

$Q_{h,out,g}$ - v razvodni ogrevalni podsistem dovedena toplota [kWh] (enačba 87)

$Q_{g,rhh,env}$ - delež vrnjenih toplotnih izgub skozi ovoj kotla [kWh] (enačba 106)

$Q_{h,g,rhh,aux}$ - vrnjena dodatna električna energija [kWh] (enačba 105)

7.5 Akumulator toplote

7.5.1 Toplotne izgube akumulatorja toplote $Q_{h,s}$

$$Q_{h,s,l} = q_s \cdot f_{povezave} \cdot \frac{\theta_{h,s} - \theta_i}{45} \cdot t_h \quad [\text{kWh}] \quad (109)$$

$Q_{h,s}$ - toplotne izgube akumulatorja toplote [kWh]

q_s - toplotne izgube akumulatorja pri pogojih preizkušanja [kWh/d]

Če ni podatka, toplotne izgube q_s izračunamo s pomočjo enačbe 110

$f_{povezave}$ - faktor toplotnih izgub cevne povezave med akumulatorjem in kotlom. Če sta kotel in akumulator nameščena v istem prostoru, je:

$$f_{povezave} = 1, 2$$

Če sta kotel in akumulator nameščena v različnih prostorih, določimo toplotne izgube povezave po postopku, opisanem v točki 6.3 .

$\theta_{h,s}$ - temperatura vode v akumulatorju [°C]; poenostavljeno $\theta_{h,s} = \theta_{h,g}$ (glej točko 7.1)

θ_i - temperatura okolice oz. prostora, v katerem je akumulator nameščen [°C]

t_h - število dni ogrevanja v mesecu [h] (enačba 43)

$$q_s = 0,4 + 0,14 \cdot V^{0,45} \quad [\text{kWh/d}] \quad (110)$$

q_s - toplotne izgube akumulatorja v 24 urah [kWh/d]

V - nazivni volumen akumulatorja [l]

- v kombinaciji s solarnim sistemom: glej točko 9.2.1, enačba 196, 197
- v kombinaciji s toplotno črpalko: $V = 9,5 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}$
- v kombinaciji s kotlom na biomaso: $V = 50 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}$

7.5.1.1 Vrnjene toplotne izgube akumulatorja toplote $Q_{h,s,rhh}$

Če je akumulator nameščen v ogrevanem prostoru, so toplotne izgube akumulatorja vrnjene:

$$Q_{h,s,rhh} = Q_{h,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (111)$$

7.5.2 Potrebna dodatna električna energija za polnjenje akumulatorja $W_{h,s,aux}$

$$W_{h,s,aux} = \frac{P_p \cdot t_p}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (112)$$

$W_{h,s,aux}$ - potrebna dodatna električna energija za polnjenje akumulatorja [kWh]

P_p - nazivna električna moč črpalke [W] (podatek ali izračun po enačbi 113)

t_p - čas delovanja črpalke [h] je enak času delovanja za ogrevanje (enačba 48): $t_p = t_{h,roh}$

$$P_p = 40 + 0,003 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G \quad [\text{W}] \quad (113)$$

P_p - nazivna električna moč črpalke [W]

L_G - dolžina stavbe (cone) [m]

B_G - širina stavbe (cone) [m]

n_G - število ogrevanih nadstropij [-]

8. Sistem / podsistem za pripravo tople vode

Potrebna energija za zagotovitev tople vode je razdeljena v štiri podsisteme:

- Iztočni podsistem,
- Razdelilni podsistem,
- Hranilnik,
- Pripravo tople vode (grelnik)

Potrebna toplota grelnika za toplo vodo je določena z enačbo:

$$Q_{w,out,g} = Q_w + Q_{w,l} - Q_{rww} \quad [\text{kWh}] \quad (114)$$

Q_w – potrebna toplota za pripravo tople vode [kWh] (enačba 116)

$Q_{w,l}$ – toplotne izgube sistema za toplo vodo [kWh] (enačba 118)

Q_{rww} – vrnjene toplotne izgube sistema za toplo vodo [kWh] (enačba 115)

$$Q_{rww} = Q_{rww,d,aux} + Q_{rww,s,aux} + Q_{rww,g,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (115)$$

$Q_{rww,d,aux}$ – vrnjena dodatna električna energija razvodnega omrežja [kWh] (enačba 149)

$Q_{rww,s,aux}$ – vrnjena dodatna električna energija hranilnika [kWh] (enačba 155)

$Q_{rww,g,aux}$ – vrnjena dodatna električna energija grelnika [kWh] (enačba 160)

8.1 Potrebna toplota za toplo vodo

Za stanovanjske stavbe:

$$Q_w = \frac{q_w}{365} \cdot d_{w,M} \cdot A_{u,stan} \quad [\text{kWh}] \quad (116)$$

Q_w – potrebna toplota za pripravo tople vode [kWh]

q_w – specifična letna raba energije za toplo vodo na iztočnem mestu [kWh/(m²a)]

prevzete vrednosti: enostanovanjska hiša: $q_w = 12 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

večstanovanjska hiša: $q_w = 16 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

$d_{w,M}$ – število dni zagotavljanja tople vode v določenem mesecu [d]

$A_{u,stan}$ – površina stanovanja (neto površina) [m²]

Za nestanovanjske stavbe se potrebna toplota za toplo vodo določi po enačbi:

$$Q_w = \frac{q_w}{365} \cdot \frac{d_{w,M} \cdot A_{referenčni}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (117)$$

Q_w – potrebna toplota za pripravo tople vode [kWh]

q_w – specifična dnevna raba energije za toplo vodo [Wh/m²d]

$d_{w,M}$ - število dni zagotavljanja tople vode v določenem mesecu [d]

$A_{referenčni}$ - referenčna površina [m²]

Tabela 19: Specifična dnevna raba energije za toplo vodo

stavba	q_w [Wh/(m ² d)]	$A_{referenčni}$
poslovna / pisarne	30	površina pisarn
bolnišnica	530	površina sob s posteljo
šola brez tušev	170	površina učilnic
šola s tuši	500	površina učilnic
trgovina	10	površina prodaje
industrijska stavba	75	površina proizvodnega dela
hotel / penzion	190	površina hotelskih sob
hotel – standardni	450	površina hotelskih sob
hotel – luksuzni	580	površina hotelskih sob
restavracija / kantina	1250	površina dela za goste

8.2 Toplotne izgube in potrebna električna energija

8.2.1 Toplotne izgube:

$$Q_{w,l} = Q_{w,d,l} + Q_{w,s,l} + \sum_i Q_{w,g,l} \quad [\text{kWh}] \quad (118)$$

$Q_{w,l}$ – toplotne izgube sistema za toplo vodo [kWh]

$Q_{w,d,l}$ – toplotne izgube razdelilnega sistema [kWh] (enačba 119)

$Q_{w,s,l}$ – toplotne izgube hranilnika [kWh] (enačba 122)

$Q_{w,g,l}$ – toplotne izgube podsistema za pripravo tople vode v času delovanja, mirovanja in zaradi neidealne kontrole [kWh] (poglavje 8.2.1.3 - enačba 131 ∨ 136)

8.2.1.1 Toplotne izgube razdelilnega sistema $Q_{w,d,l}$

Toplotne izgube razdelilnega sistema se lahko določi z upoštevanjem dejanskih dolžin cevi ali pa z oceno dolžin (Tabela 21)

Toplotne izgube razdelilnega omrežja:

$$Q_{w,d,l} = \sum_i Q_{w,d,l,ind,i} + Q_{w,d,l,col} \quad [\text{kWh}] \quad (119)$$

$Q_{w,d,l,ind}$ – toplotne izgube posameznega i -tega neodvisnega razdelilnega omrežja [kWh] (enačba 120)

$Q_{w,d,l,col}$ – toplotne izgube skupnega dela razdelilnega omrežja [kWh] (enačba 120)

$$Q_{w,d,l,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_i \cdot (\theta_{w,m} - \theta_i) \cdot t_{w,M} \cdot t_{w,d} \quad [\text{kWh}] \quad (120)$$

U_i – specifična toplotna prehodnost [W/mK] (

Tabela 22)

L_i – dolžina cevi v posameznem odseku [m] (Tabela 21)

$\theta_{w,m}$ – povprečna temperatura odseka [°C] (

Tabela 20)

θ_i – povprečna temperatura prostora [°C]

$t_{w,M}$ – čas rabe tople vode v mesecu [d/M]

$t_{w,d}$ – čas rabe tople vode v urah na dan [h/d]

sistem za toplo vodo brez cirkulacije: $t_{w,d} = 24 \text{ h}$

sistem za toplo vodo z cirkulacijo: $t_{w,d} = (24 - z) \text{ h}$

z – čas delovanja cirkulacijske črpalke [h/d] (znan čas ali enačba 142)

Tabela 20: Prevzete vrednosti

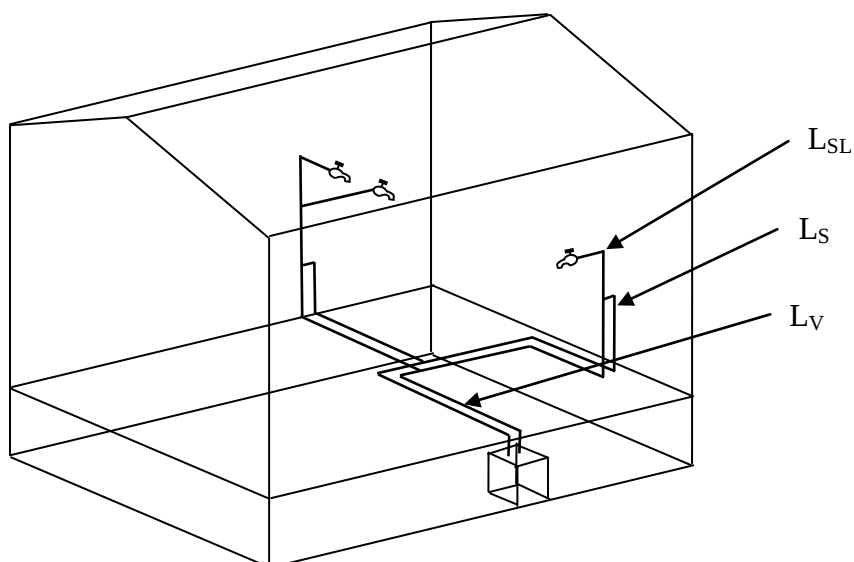
	oznaka	enota	vrednost
temperatura okolice - ogrevani prostori	θ_i	°C	20
temperatura okolice - izven ogrevanih prostorov	θ_i	°C	13
povprečna temperatura cevovoda brez oz. izklopljeni cirkulaciji	$\theta_{w,m}$	°C	$23 \cdot U^{-0,2}$
povprečna temperatura cevovoda s cirkulacijo in temp. hranilnika	$\theta_{w,m}$	°C	50
temperatura hladne vode	θ_k	°C	10
padec temperature v cirkulacijskem vodu	$\Delta\theta_z$	K	5

Določitev dolžine cevi v posameznem odseku

Ločimo tri različne odseke: - horizontalni razvod L_V ,

- dvizni vod L_S ,

- priključni vod L_{SL}



Slika 3: Vrste odsekov razvodnega omrežja za distribucijo tople vode

Tabela 21: Dolžine posameznih odsekov [m]

	horizontalni L_V	dvižni L_S	priključni L_{SL}
Dolžina cevovoda s cirkulacijo	$2 \cdot L_G + 0,0125 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G \cdot h_G$	-
Dolžina cevovoda brez cirkulacije	$L_G + 0,0625 \cdot L_G \cdot B_G$	$0,038 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G \cdot h_G$	-
Priključni vod na instalacijski steni	-	-	$0,05 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$
Priključni vod - standardni	-	-	$0,075 \cdot L_G \cdot B_G \cdot n_G$

n_G – število nadstropij [-]

h_G – višina nadstropja [-]

L_G – dolžina cone (stavbe) [m]

B_G – širina cone (stavbe) [m]

Tabela 22: Toplotna prehodnost U_i za posamezne odseke [W/(mK)]

	horizontalni L_V	V zunanjem zidu dvižni L_S	priključni L_{SL}	V notranji steni dvižni L_S	priključni L_{SL}
Izolirano	0,200	0,255	0,255	0,255	0,255
Neizolirano					
$L_G \cdot B_G \leq 200 \text{ m}^2$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$L_G \cdot B_G \leq 500 \text{ m}^2$	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
$L_G \cdot B_G > 1000 \text{ m}^2$	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
V zunanjem zidu (ZZ)		skupaj/koristno*			
ZZ neizoliran		1,35 / 0,80			
ZZ zunaj izoliran		1,00 / 0,90			
ZZ ($U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$)		0,75 / 0,55			

* skupno – celotna toplotna oddaja, koristno – v prostor koristno oddana toplota

Če je cevovod (ali i -ti del cevovoda) nameščen v ogrevanem prostoru (coni) je toplotna izguba cevovoda enaka vrnjeni toploti za ogrevanje:

$$Q_{w,rwh,d} = Q_{w,d,l} \quad [\text{kWh}] \quad (121)$$

8.2.1.2 Toplotne izgube hranilnika $Q_{w,s,l}$

8.2.1.2.1 Posredno ogrevan hranilnik

$$Q_{w,s,l} = f_{povezava} \cdot \frac{(50 - \theta_i)}{45} \cdot d_{w,M} \cdot q_{w,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (122)$$

$Q_{w,s,l}$ - toplotne izgube hranilnika [kWh]

$f_{povezava}$ - vpliv cevne povezave med hranilnikom in grelnikom in hranilnikom. Če sta nameščena v istem prostoru, je $f_{povezava} = 1,2$. V nasprotnem primeru je $f_{povezava} = 1$, toplotne izgube se izračunajo posebej po metodologiji opisani v poglavju 8.2.1.1. in se prištejejo enačbi 122.

θ_i - temperatura okolice hranilnika [$^{\circ}\text{C}$]

$d_{w,M}$ - čas rabe tople vode (v določenem mesecu) [d]

$q_{w,s,l}$ - dnevne toplotne izgube hranilnika v stanju obratovalne pripravljenosti [kWh]. Podatek proizvajalca ali enačba 123a ali 123b.

Prevzete vrednosti:

Hranilnik z nazivnim volumnom $V \leq 1000$ l

$$q_{w,s,l} = 0,8 + 0,02 \cdot V^{0,77} \quad [\text{kWh}] \quad (123a)$$

Hranilnik z nazivnim volumnom $V > 1000$ l

$$q_{w,s,l} = 0,39 \cdot V^{0,35} + 0,5 \quad [\text{kWh}] \quad (123b)$$

Če je hranilnik nameščen v ogrevanem prostoru (coni) so toplotne izgube hranilnika enake vrnjeni toploti za ogrevanje:

$$Q_{w,rwh,s} = Q_{w,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (124)$$

8.2.1.2.2 Neposredno ogrevan hranilnik

Hranilnik z električnim grelnikom

$$Q_{w,s,l} = \frac{(55 - \theta_i)}{45} \cdot d_{w,M} \cdot q_{w,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (125)$$

$Q_{w,s,l}$ - toplotne izgube hranilnika [kWh]

θ_i - temperatura okolice hranilnika [°C]

$d_{w,M}$ - čas rabe tople vode (v določenem mesecu) [d] (poenostavljeno: $d_{w,M} = d_M$)

$q_{w,s,l}$ - dnevne toplotne izgube hranilnika v stanju obratovalne pripravljenosti [kWh]. Podatek proizvajalca ali po enačbi 126.

Prevzete vrednosti:

$$q_{w,s,l} = 0,29 + 0,019 \cdot V^{0,8} \quad [\text{kWh}] \quad (126)$$

V – nazivni volumen hranilnika [l]

Če je hranilnik nameščen v ogrevanem prostoru (coni) je toplotna izguba hranilnika enaka vrnjeni toploti za ogrevanje:

$$Q_{w,rwh,s} = Q_{w,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (127)$$

Hranilnik s plinskim grelnikom

$$Q_{w,s,l} = \frac{(55 - \theta_i)}{50} \cdot d_{w,M} \cdot q_{w,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (128)$$

$Q_{w,s,l}$ - toplotne izgube hranilnika [kWh]

θ_i - temperatura okolice hranilnika [°C]

$d_{w,M}$ - čas rabe tople vode (v določenem mesecu) [d]

$q_{w,s,l}$ - dnevne toplotne izgube hranilnika v stanju obratovalne pripravljenosti [kWh]. Podatek proizvajalca ali po enačbi 129.

Prevzete vrednosti:

$$q_{w,s,l} = 2,0 + 0,033 \cdot V^{1,1} \quad [\text{kWh}] \quad (129)$$

V – nazivni volumen hranilnika [l]

Če je hranilnik nameščen v ogrevanem prostoru (coni) je toplotna izguba hranilnika enaka vrnjeni toploti za ogrevanje:

$$Q_{w,rwh,s} = Q_{w,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (130)$$

8.2.1.3 Toplotne izgube grelnika $Q_{w,g,l}$

Računanje enako kot za kotel (glej točko 7.2.1.). Razlika je v opazovanem času.

$$Q_{w,g,l} = Q_{w,g,l,100\%} \cdot d_{w,M} + Q_{w,g,l,P0} \cdot (d_{w,M} - d_{h,rod}) \quad [\text{kWh}] \quad (131)$$

Če je $d_{h,rod} > d_{w,M}$ potem je $(d_{w,M} - d_{h,rod}) = 0$

$Q_{w,g,l}$ - toplotne izgube grelnika (kotla) [kWh]

$Q_{w,g,l,100\%}$ - dnevne toplotne izgube grelnika (kotla) pri obratovanju z nazivno močjo [kWh]
(enačba 132)

$Q_{w,g,l,P0}$ - dnevne toplotne izgube grelnika (kotla) v stanju obratovalne pripravljenosti [kWh]
(enačba 133)

$d_{w,M}$ - čas rabe tople vode (v določenem mesecu) [d]

$d_{h,rod}$ - mesečni računski obratovalni dnevi [d] (enačba 46)

$$Q_{w,g,l,100\%} = \frac{(f_{Hs/Hi} - \eta_{w,g,Pn})}{\eta_{w,g,Pn}} \cdot \frac{Q_{w,out,g}}{d_{w,M}} \quad [\text{kWh}] \quad (132)$$

$f_{Hs/Hi}$ - razmerje zgorevalna toplota / kurilnost (Tabela 23)

$\eta_{w,g,Pn}$ - izkoristek grelnika (kotla) pri nazivni moči (100% obremenitvi). Če ni znane vrednosti upoštevamo vrednost iz Tabela 13.

$Q_{w,out,g}$ - potrebna toplota grelnika (kotla) za toplo vodo [kWh] (enačba 114)

Tabela 23: Razmerje zgorevalna toplota / kurilnost za različne energente

energent	$f_{Hs/Hi}$
ELKO	1,06
zemeljski plin	1,11
UNP	1,09
les	1,08

$$Q_{w,g,l,P0} = q_{w,g,\theta} \cdot \frac{\dot{Q}_{w,g,Pn}}{\eta_{w,g,Pn}} \cdot (t_{w,d} - t_{w,100\%}) \cdot f_{Hs/Hi} \quad [\text{kWh}] \quad (133)$$

$t_{w,d}$ - čas rabe tople vode v urah na dan [h/d] (glej 8.2.1.1.)

$t_{w,100\%}$ - časovni interval potreben za pripravo tople vode [h] (enačba 158)

$\dot{Q}_{w,g,Pn}$ - nazivna moč grelnika (kotla) za toplo vodo [kW]

$q_{w,g,\theta}$ - specifične toplotne izgube grelnika (kotla) pri temperaturi kotla θ [°C] [-]

$$q_{w,g,\theta} = q_{w,g,70} \cdot \frac{(\theta_{w,g,m} - \theta_i)}{(70 - 20)} \quad [\text{kWh}] \quad (134)$$

$q_{w,g,70}$ - specifične toplotne izgube kotla pri srednji temperaturi vode v kotlu 70°C [-]
(Tabela 24)

$\theta_{w,g,m}$ - srednja temperatura vode v kotlu [°C]. Za poenostavitev lahko prevzamemo za sisteme z delujočo cirkulacijo v stanju obratovalne pripravljenosti 50°C, za kombinirane kotle, obtočne grelnike in sisteme brez oziroma izklopljeno cirkulacijo 40°C.

θ_i - temperatura okolice [°C]

Tabela 24: Specifične toplotne izgube kotla $q_{w,g,70}$ [-] v odvisnosti od vrsta kotla in nazivne moči $\dot{Q}_{w,g,Pn}$ [kW]

Vrsta kotla	$q_{w,g,70}$
Standardni kotel	
Plinski kotel	$q_{w,g,70} = \frac{8,5 \cdot \dot{Q}_{w,g,Pn}^{-0,4}}{100}$
Plinski / oljni kotel z ventilatorskim gorilnikom	$q_{w,g,70} = \frac{8,5 \cdot \dot{Q}_{w,g,Pn}^{-0,4}}{100}$
Kotel na biomaso	$q_{w,g,70} = \frac{14 \cdot \dot{Q}_{w,g,Pn}^{-0,28}}{100}$
Nizkotemperaturni kotel	
Plinski kotel	$q_{w,g,70} = \frac{4,5 \cdot \dot{Q}_{w,g,Pn}^{-0,4}}{100}$
Obtočni grelnik (kombinirani kotel 11 kW, 18 kW in 24 kW)	$q_{w,g,70} = 0,022$
Kombinirani kotel z integriranim grelnikom vode po pretočnem principu in majhnim hranilnikom (2 < V 10 l)	$q_{w,g,70} = 0,022$
Kombinirani kotel z integriranim grelnikom vode po pretočnem principu (V < 2 l)	$q_{w,g,70} = 0,012$
Plinski / oljni kotel z ventilatorskim gorilnikom	$q_{w,g,70} = \frac{4,25 \cdot \dot{Q}_{w,g,Pn}^{-0,4}}{100}$
Kondenzacijski kotel (olje / plin)	
Kombinirani kotel z integriranim grelnikom vode po pretočnem principu in majhnim hranilnikom (2 < V 10 l) (11 kW, 18 kW in 24 kW)	$q_{w,g,70} = 0,022$
Kombinirani kotel z integriranim grelnikom vode po pretočnem principu (V < 2 l) (11 kW, 18 kW in 24 kW)	$q_{w,g,70} = 0,012$

Če je kotel nameščen v ogrevanem prostoru (coni) je toplotna izguba grelnika enaka vrnjeni toploti za ogrevanje:

$$Q_{w,rwh,g} = Q_{w,g,l} \quad [\text{kWh}] \quad (135)$$

Toplotne izgube plinskega grelnika z neposrednim ogrevanjem hranilnika

$$Q_{w,g,l} = Q_{w,g,l,Pn} \cdot d_{w,M} \quad [\text{kWh}] \quad (136)$$

$Q_{w,g,l}$ - toplotne izgube grelnika [kWh]

$Q_{w,g,l,Pn}$ - toplotne izgube grelnika pri nazivni moči [kWh]

$d_{w,M}$ - čas rabe tople vode (v določenem mesecu) [d]

$$Q_{w,g,l,Pn} = \frac{f - \eta_{w,g,Pn}}{\eta_{w,g,Pn}} \cdot \frac{Q_{w,out,g}}{d_{w,M}} \quad [\text{kWh}] \quad (137)$$

f – faktor za upoštevanje vrste goriva: UNP: $f = 1,09$

zemeljski plin: $f = 1,11$

$\eta_{w,g,Pn}$ - izkoristek gorilnika pri nazivni moči [-]. Podatek proizvajalca ali vrednost iz Tabela 13

Če je grelnik nameščen v ogrevanem prostoru (coni) je toplotna izguba grelnika enaka vrnjeni toploti za ogrevanje:

$$Q_{w,rwh,g} = Q_{w,g,l} \quad [\text{kWh}] \quad (138)$$

8.2.2 Potrebna električna energija

$$W_{w,aux} = W_{w,d,aux} + W_{w,s,aux} + \sum_i W_{w,g,aux,i} \quad [\text{kWh}] \quad (139)$$

$W_{w,d,aux}$ – potrebna električna energija za razdelilni sistem [kWh] (poglavje 8.2.2.1.)

$W_{w,s,aux}$ – potrebna električna energija za hranilnik [kWh] (poglavje 8.2.2.2.)

$W_{w,g,aux,i}$ – potrebna električna energija za i -ti generator toplote [kWh] (poglavje 8.2.2.3.)

8.2.2.1 Potrebna električna energija za cirkulacijsko črpalko $W_{w,d,aux}$

$$W_{w,d,aux} = W_{w,d,hydr} \cdot e_{w,d,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (140)$$

$W_{w,d,aux}$ – potrebna električna energija za cirkulacijsko črpalko [kWh]

$W_{w,d,hydr}$ - potrebna hidravlična energija [kWh] (enačba 141)

$e_{w,d,aux}$ – faktor rabe električne energije črpalke [-] (enačba 147)

$$W_{w,d,hydr} = \frac{P_{hydr} \cdot d_{w,M} \cdot z}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (141)$$

P_{hydr} – hidravlična moč črpalke [W] (enačba 143)

$d_{w,M}$ – število dni zagotavljanja tople vode v določenem mesecu [d]

z – čas delovanja črpalke (v urah na dan) [h]

$$z = 10 + \frac{1}{0,07 + \frac{50}{0,32 \cdot L \cdot B \cdot n_G \cdot h_g}} \quad [\text{h}] \quad (142)$$

n_G – število nadstropij [-]

h_G – višina nadstropja [-]

L – dolžina cone (stavbe) [m]

B – širina cone (stavbe) [m]

Pri uporabi zgornje enačbe za določitev časa delovanja cirkulacijske črpalke moramo paziti, da čas z ni večji od 24 ur.

$$P_{hydr} = 0,2778 \cdot \Delta p \cdot \dot{V} \quad [\text{W}] \quad (143)$$

Δp – tlačni padec [kPa] (enačba 146)

$\dot{V}$ – volumski pretok [m^3/h] (enačba 144)

Volumski pretok v cirkulacijski zanki je odvisen od toplotnih izgub v cirkulacijski zanki $\dot{Q}_{w,d}$ in maksimalne dopustne temperature razlike vode v cirkulacijski zanki $\Delta\theta_z$:

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}_{w,d}}{1,15 \cdot \Delta\theta_z \cdot 1000} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (144)$$

$$\dot{Q}_{w,d} = \sum U_{w,d,i} \cdot L_i \cdot (57,5 - \theta_{i,h}) \quad [\text{W}] \quad (145)$$

$$\Delta\theta_z = 5 \text{ K}$$

$U_{w,d,i}$ - toplotna prehodnost i -tega odseka V , S in SL [W/mK]

$\theta_{i,h}$ - standardna temperatura prostora [$^{\circ}\text{C}$]

$$\Delta p = 0,1 \cdot L_{\max} + \sum \Delta p_{RV,TH} + \Delta p_{App} \quad [\text{kPa}] \quad (146)$$

$L_{\max}$ – največja dolžina cevi [m]

Prezeta vrednost: $L_{\max} = 2 \cdot (L_G + 2,5 + n_G + h_g)$

L_G - največja dolžina stavbe [m]

$\Delta p_{RV,TH}$ – tlačni padec vgrajenih armature (npr. protipovratni ventil – indeks RV , termostadni ventil – indeks TH) [kPa]

$\Delta p_{RV,TH} = 12 \text{ kPa}$ prezeta vrednost

Δp_{App} – tlačni padec na generatorju toplote [kPa]

Prezeta vrednost: sistem s hranilnikom: $\Delta p_{App} = 1 \text{ kPa}$

 pretočni sistem: $\Delta p_{App} = 15 \text{ kPa}$

Faktor rabe električne energije črpalke $e_{w,d}$

$$e_{w,d,aux} = f_e \cdot C_{p1} + C_{p2} \quad [-] \quad (147)$$

f_e – faktor učinkovitosti črpalke [-]

C_{p1} , C_{p2} – konstanta (upošteva vrsto regulacije črpalke) [-]

neznana črpalka:
$$f_e = \left[1,25 + \left(\frac{200}{P_{hydr}} \right)^{0,5} \right] \cdot b$$

$b = 1$ – črpalka po projektu
 $b = 2$ – črpalka ni po projektu

znana črpalka:
$$f_e = \frac{P_{pump}}{P_{hydr}}$$

C_p – upošteva regulacijo črpalke:

ni regulacije: $C_{p1} = 0,25$, $C_{p2} = 0,94$

z regulacijo: $C_{p1} = 0,50$, $C_{p2} = 0,63$

Vrnjena električna energija

$$Q_{w,d,r} = 0,5 \cdot W_{w,d,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (148)$$

$Q_{w,d,r}$ - vračljiva električna energija [kWh]

$W_{h,d,aux}$ – potrebna električna energija [kWh] (enačba 140).

Delež vrnjene energije v ogrevni medij:

$$Q_{rww,d,aux} = 0,25 \cdot W_{w,d,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (149)$$

Delež vrnjene energije v okoliški zrak, če je črpalka nameščena v ogrevanem prostoru (coni):

$$Q_{w,rwh,d,aux} = 0,25 \cdot W_{h,d,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (150)$$

8.2.2.2 Potrebna električna energija za polnjenje posredno ogrevanega hranilnika $W_{w,s,aux}$

$$W_{w,s,aux} = 0,001 \cdot P_p \cdot t_p \quad [\text{kWh}] \quad (151)$$

$W_{w,s,aux}$ - potrebna električna energija za pogon črpalke [kWh]

P_p - nazivna moč črpalke [W]. Podatek proizvajalca ali prevzeta vrednost (enačba 152).

t_p - čas delovanja črpalke [h] (enačba 153)

Prevzete vrednosti:

$$P_p = 44 + 0,005 \cdot V_{hranilnika}^{1,43} \quad [\text{W}] \quad (152)$$

$$t_p = \frac{Q_{w,out,g} \cdot 1,1}{\dot{Q}_{w,g,Pn}} \quad [\text{h}] \quad (153)$$

$Q_{w,out,g}$ – potrebna toplota grelnika za pripravo tople vode [kWh] (enačba 114)

$\dot{Q}_{w,g,Pn}$ - nazivna moč grelnika [kW]

Vrnjena električna energija

$$Q_{w,s,r} = 0,5 \cdot W_{w,s,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (154)$$

$Q_{w,s,r}$ - vračljiva električna energija [kWh]

$W_{w,s,aux}$ – potrebna električna energija [kWh].

Delež vrnjene energije v ogrevni medij:

$$Q_{rww,s} = 0,25 \cdot W_{w,s,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (155)$$

Delež vrnjene energije v okoliški zrak, če je črpalka nameščena v ogrevanem prostoru (coni):

$$Q_{w,rwh,s} = 0,25 \cdot W_{w,s,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (156)$$

8.2.2.3 Potrebna električna energija za delovanje kotla $W_{w,g,aux}$

$$W_{w,g,aux} = P_{w,g,aux,Pn} \cdot t_{w,100\%} \cdot d_{w,M} + P_{w,g,aux,P0} \cdot (24 - t_{w,100\%}) \cdot (d_{w,M} - d_{h,rod}) \quad [\text{kWh}] \quad (157)$$

Če je $d_{h,rod} > d_{w,M}$ potem je $(d_{w,M} - d_{h,rod}) = 0$

$P_{w,g,aux,Pn}$ - moč pomožnih električnih naprav za kotel pri nazivni obremenitvi [kW]. Podatek proizvajalca ali prevzeta vrednost iz *Tabela 17*.

$P_{w,g,aux,P0}$ - toplotne izgube grelnika (kotla) pri nazivni moči [kW]. Glej točko 7.2.1.

$d_{w,M}$ - čas rabe tople vode (v določenem mesecu) [d]

$d_{h,rod}$ - mesečni računski obratovalni dnevi [d] (enačba 46)

$t_{w,100\%}$ - čas delovanja kotla pri nazivni moči za zagotavljanje toplote za toplo vodo [h]

$$t_{w,100\%} = \frac{Q_{w,out,g}}{\dot{Q}_{w,g,Pn} \cdot d_{w,M}} \quad [\text{h}] \quad (158)$$

$Q_{w,out,g}$ – potrebna toplota grelnika za pripravo tople vode [kWh] (enačba 114)

$\dot{Q}_{w,g,Pn}$ - nazivna moč kotla za pripravo tople vode [kW]

Vrnjena električna energija

$$Q_{w,rrw,g,aux} = W_{w,g,aux} \cdot (1 - b_{w,aux,g}) \cdot p_{aux,g} \quad [\text{kWh}] \quad (159)$$

$p_{aux,g}$ – del nazivne električne moči prenesene v okolico [-]. Vrednost v nacionalnem dodatku standarda ali po naslednji enačbi:

$$p_{aux,g} = 1 - \eta_{hydraulic} \quad [-]$$

Predpostavljena vrednost za hidravlični izkoristek je $\eta_{hydraulic} = 0,4$

$b_{w,aux,g}$ – faktor redukcije ki upošteva vpliv okolice. Vrednost v nacionalnem dodatku standarda ali predpostavljena vrednost $b_{w,aux,g} = 1$ (generator nameščen v ogrevanem prostoru), $b_{w,aux,g} = 0$ (generator nameščen v neogrevanem prostoru).

$$Q_{rrw,g} = Q_{w,rrw,g,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (160)$$

$Q_{w,rrw,g,aux}$ - na toplo vodo prenesena vrnjena električna energija generatorja toplote [kWh] (enačba 156)

Vrjene toplotne izgube sistema za toplo vodo, prenesene na ogrevalni del

Prenesene toplotne izgube razvodnega omrežja

$$Q_{rwh,d} = Q_{w,rwh,d} + Q_{rwh,d,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (161)$$

$Q_{w,rwh,d}$ - vrnjena toplota zaradi toplotnih izgub razvodnega omrežja [kWh] (enačba 121)

$Q_{rwh,d,aux}$ - vrnjena toplota zaradi cirkulacijskih črpalk razvodnega omrežja [kWh] (enačba 147)

Prenesene toplotne izgube hranilnika toplote

$$Q_{rwh,s} = Q_{w,rwh,s} + Q_{w,rwh,s,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (162)$$

$Q_{w,rwh,s}$ - vrnjena toplota zaradi toplotnih izgub hranilnika toplote [kWh] (enačba 124 ali 127 ali 130)

$Q_{w,rwh,s,aux}$ - vrnjena toplota zaradi cirkulacijskih črpalk hranilnika toplote [kWh] (enačba 156)

Prenesene toplotne izgube generatorja toplote

$$Q_{rwh,g} = Q_{w,rwh,g} \quad [\text{kWh}] \quad (163)$$

$Q_{w,rwh,g}$ - vrnjena toplota zaradi toplotnih izgub razvodnega omrežja generatorja toplote
[kWh] (enačba 135 ali 138)

Skupne vrnjene toplotne izgube:

$$Q_{w,reg} = Q_{rwh,d} + Q_{rwh,s} + Q_{rwh,g} \quad [\text{kWh}] \quad (164)$$

$Q_{rwh,d}$ - vrnjena toplota zaradi toplotnih izgub razvodnega omrežja [kWh] (enačba 161)

$Q_{rwh,s}$ - vrnjena toplota zaradi toplotnih izgub hranilnika toplote [kWh] (enačba 162)

$Q_{rwh,g}$ - vrnjena toplota zaradi toplotnih izgub razvodnega omrežja generatorja toplote [kWh]
(enačba 163)

9. Solarni toplotni sistemi

Za izračun toplotnih dobitkov solarnega toplotnega sistema, potrebne električne energije in vračljivih toplotnih izgub sta glede na razpoložljive podatke o sistemu možni dve metodi:

- metoda z upoštevanjem podatkov o sistemu, dobljenih eksperimentalno ali z meritvami po standardi OSIST EN 12976-2
- metoda z upoštevanjem podatkov o posameznih komponentah sistema

9.1 Metoda z upoštevanjem podatkov o solarnem toplotnem sistemu (po OSIST EN 12976 – 2)

9.1.1 Samostojni sistem in sistem s predgrevanjem

Letni toplotni dobitki solarnega sistema $Q_{out,sol,a}$ so:

$$Q_{out,sol,a} = f_{sol} \cdot Q_{load,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (165)$$

f_{sol} – faktor za upoštevanje dejanske letne toplote [-] (enačba 167)

$Q_{load,sol}$ – dejanska letna toplota dovedena v sistem [kWh] (enačba 166)

$$Q_{load,sol} = Q_{h,in,d} + Q_{w,out,g} \quad [\text{kWh}] \quad (166)$$

$Q_{h,in,d}$ - v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota [kWh] (enačba 82)

$Q_{w,out,g}$ - potrebna toplota grelnika za toplo vodo [kWh] (enačba 114)

V enačbi **165** je za toploto posameznih sistemov potrebno upoštevati, ali je solarni sistem namenjen ogrevanju prostorov, ogrevanju tople vode ali za oboje.

$$f_{sol} = f_{sol,i-1} + \frac{f_{sol,i+1} - f_{sol,i-1}}{Q_{d,i+1} - Q_{d,i-1}} \cdot (Q_d - Q_{d,i-1}) \quad [-] \quad (167)$$

Indeksa $i-1$ in $i+1$ ustrezata najbližjim vrednostim nad in pod dejansko vrednostjo Q_d .

Zaradi koherentnosti enot s standardom OSIS EN 12976-2 je

$$Q_d = Q_{load,sol} \cdot 3,6 \quad [\text{MJ}] \quad (168)$$

Mesečna toplota solarnega sistema $Q_{out,sol,M}$:

$$Q_{out,sol,M} = \frac{G_M \cdot t_M}{G_a \cdot t_a} \cdot Q_{out,sol,a} \quad [\text{kWh}] \quad (169)$$

G_M – povprečno urno sončno obsevanje na površino kolektorja v obravnavanem časovnem intervalu (mesecu) [W/m^2]

t_M – mesečni – časovni interval v urah

G_a – povprečno urno sončno obsevanje na površino kolektorja v letnem časovnem intervalu [W/m^2]

t_a – število ur v letu ($t_a = 8760 \text{ h}$)

$Q_{out,sol,a}$ - letni toplotni dobitki solarnega sistema [kWh] (enačba 165)

Omejitve: Toplota solarnega sistema ne more biti negativna. Če je negativna, potem je toplota enaka 0.

Toplota solarnega sistema ne more biti večja od potrebne toplotne obremenitve. Če je večja, potem je toplota solarnega sistema enaka potrebni toploti.

9.1.2 Solarni toplotni sistem v kombinaciji z dopolnilnim sistemom

Letni toplotni dobitki solarnega sistema z dopolnilnim (dodatnim) sistemom so:

$$Q_{out,sol,a} = Q_{load,sol} - Q_{bu,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (170)$$

$Q_{load,sol}$ – dejanska letna toplota dovedena v sistem [kWh] (enačba 171)

$$Q_{load,sol} = Q_{h,in,d} + Q_{w,out,g} \quad [\text{kWh}] \quad (171)$$

$Q_{h,in,d}$ - v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota [kWh] (enačba 75)

$Q_{w,out,g}$ - potrebna toplota grelnika za toplo vodo [kWh] (enačba 114)

$Q_{bu,sol}$ – potrebna dodatna toplota zaradi dodatnega grelnika [kWh] (enačba 172)

$$Q_{bu,sol} = Q_{bu,sol,i-1} + \frac{Q_{bu,sol,i+1} - Q_{bu,sol,i-1}}{Q_{d,i+1} - Q_{d,i-1}} \cdot (Q_d - Q_{d,i-1}) \quad [\text{kWh}] \quad (172)$$

Indeksa $i-1$ in $i+1$ ustrežata najbližjim vrednostim nad in pod dejansko vrednostjo Q_d . Zaradi koherentnosti enot s standardom OSIST EN 12976-2 je

$$Q_d = Q_{load,sol} \cdot 3,6 \quad [\text{MJ}] \quad (173)$$

Mesečna toplota solarnega sistema:

$$Q_{out,sol,M} = \frac{G_M \cdot t_M}{G_a \cdot t_a} \cdot Q_{out,sol,a} \quad [\text{kWh}] \quad (174)$$

G_M – povprečno urno sončno obsevanje na površino kolektorja v obravnavanem časovnem intervalu (meseču) [W/m^2]

t_M – mesečni časovni interval v urah [h]

G_a – povprečno urno sončno obsevanje na površino kolektorja v letnem časovnem intervalu [W/m^2]

t_a – število ur v letu ($t_a = 8760 \text{ h}$)

$Q_{out,sol,a}$ - letni toplotni dobitki solarnega sistema z dopolnilnim sistemom [kWh] (enačba 170)

Omejitev: Toplota solarnega sistema ne more biti negativna. Če je negativna, potem je toplota enaka 0.

Toplota solarnega sistema ne more biti večja od potrebne toplotne (obremenitve). Če je večja, potem je toplota solarnega sistema enaka potrebni toploti.

9.1.3 Dodatna potrebna energija

Če solarni toplotni sistem deluje termosifonsko, potem ni dodatne potrebne energije (električne).

Letna dodatna energija za delovanje solarnega sistema je določena glede na zahteve standarda OSIST EN 12976-2 kot Q_{par} [MJ]. Za določitev dejanske letne dodatne energije je potrebna interpolacija, kot je opisana v točki 9.1.1. Dobljen rezultat je zaradi koherentnosti enot potrebno pretvoriti :

$$W_{p,sol} = \frac{Q_{par,i}}{3,6} \quad [\text{kWh}] \quad (175)$$

$Q_{par,i}$ – interpolirana letna vrednost Q_{par} [MJ] (po OSIST EN 12976-2)

Mesečne vrednosti dodatne energije so določene s porazdelitvijo letne dodatne energije glede na mesečno porazdelitev sončnega obsevanja.

9.1.4 Izgube

9.1.4.1 Toplotne izgube solarnega hranilnika

Toplotne izgube solarnega hranilnika so določene s koeficientom toplotne prehodnosti UA [W/K]. Le-ta je v primeru znanega hranilnika določen v skladu s standardom OSIST EN 12977-3; v primeru neznanega hranilnika ga izračunamo s pomočjo enačbe:

$$UA = 0,16 \cdot V_s^{0,5} \quad [\text{W/K}] \quad (176)$$

V_s – volumen solarnega hranilnika [l]

Za solarni sistem, namenjen segrevanju tople vode, so toplotne izgube določene z enačbo:

$$Q_{s,sol,l} = UA \cdot (\theta_{\text{set point}} - \theta_i) \cdot \left(\frac{Q_{out,sol,M}}{Q_{w,out,g}} \right) \cdot \frac{t_M}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (177)$$

t_M – mesečni časovni interval v urah [h]

$\theta_{\text{set point}}$ – nastavljena temperatura tople vode ($\theta_{\text{set point}} = 60^\circ\text{C}$)

θ_i – povprečna temperatura prostora, v katerem je hranilnik [$^\circ\text{C}$]

$Q_{out,sol,M}$ – mesečna toplota solarnega sistema [kWh] (enačba 169 ali 174)

$Q_{w,out,g}$ – potrebna toplota za pripravo tople vode [kWh] (enačba 114)

Za solarni sistem namenjen ogrevanju prostorov za toplotne izgube določene z enačbo:

$$Q_{s,sol,l} = UA \cdot (\theta_{\text{set point}} - \theta_i) \cdot \left(\frac{Q_{out,sol,M}}{Q_{h,in,d}} \right) \cdot \frac{t_M}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (178)$$

$\theta_{\text{set point}}$ – povprečna temperatura ogrevnega medija (glej točko 4.1, 4.2 in 4.3)

$Q_{out,sol,M}$ – mesečna toplota solarnega sistema [kWh] (enačba 169 ali 174)

$Q_{h,in,d}$ – v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota [kWh] (enačba 75)

9.1.4.2 Toplotne izgube primarnega krogotoka

Toplotne izgube primarnega krogotoka so:

- v primeru izoliranih cevi:

$$Q_{d,sol,l} = 0,02 \cdot Q_{load,s} \cdot \left(\frac{Q_{out,sol}}{Q_{load,s}} \right) \quad [\text{kWh}] \quad (179)$$

- v primeru neizoliranih cevi:

$$Q_{d,sol,l} = 0,05 \cdot Q_{load,s} \cdot \left(\frac{Q_{out,sol}}{Q_{load,s}} \right) \quad [\text{kWh}] \quad (180)$$

9.1.4.3 Vrnjene toplotne izgube solarnega toplotnega sistema

Vračljive toplotne izgube primarne obtočne črpalke:

$$W_{p,rhh,sol} = 0,5 \cdot W_{p,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (181)$$

$W_{p,sol}$ - potrebna dodatna električna energija primarne obtočne črpalke solarnega sistema
[kWh] (enačba 175)

Vrnjene toplotne izgube obtočne črpalke

- v medij solarnega sistema

$$Q_{p,rhw,sol} = 0,25 \cdot W_{p,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (182)$$

- v okoliški zrak

$$Q_{p,rhh,sol} = 0,25 \cdot W_{p,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (183)$$

Skupne vrnjene toplotne izgube $Q_{rhh,sol}$ so določene z enačbo:

$$Q_{rhh,sol} = Q_{s,sol,l} \cdot b_i + Q_{d,sol,l} \cdot b_i + Q_{p,rhh,sol} \cdot b_i \quad [\text{kWh}] \quad (184)$$

$Q_{s,sol,l}$ - toplotne izgube solarnega hranilnika [kWh] (enačba 177 ali 178)

$Q_{d,sol,l}$ - toplotne izgube primarnega krogotoka [kWh] (enačba 179 ali 180)

$Q_{p,rhh,sol}$ - vrnjene toplotne izgube obtočne črpalke primarnega krogotoka [kWh]
(enačba 183)

Med ogrevalno sezono so vrnjeni deleži toplotnih izgub:

- 100 % , če je komponenta nameščena v ogrevalnem prostoru ($b_i = 1$),
- 50 % , če je komponenta nameščena v neogrevanemu prostoru ($b_i = 0,5$),
- 0 % , če je komponenta nameščena zunaj stavbe ($b_i = 0$)

9.2 Metoda z upoštevanjem podatkov o posameznih komponentah sistemov

9.2.1 Mesečni toplotni dobitki solarnega sistema

Mesečni toplotni dobitki solarnega sistema so določeni z enačbo:

$$Q_{out,sol} = (a \cdot Y + b \cdot X + c \cdot Y^2 + d \cdot X^2 + e \cdot Y^3 + f \cdot X^3) \cdot Q_{load,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (185)$$

$Q_{load,sol}$ – glej točko 9.1.1

Za sistem, namenjen pripravi tople vode:

$$Q_{out,w,sol} = (a \cdot Y + b \cdot X + c \cdot Y^2 + d \cdot X^2 + e \cdot Y^3 + f \cdot X^3) \cdot Q_{w,out,g} \quad [\text{kWh}] \quad (186a)$$

Za sistem, namenjen ogrevanju:

$$Q_{out,h,sol} = (a \cdot Y + b \cdot X + c \cdot Y^2 + d \cdot X^2 + e \cdot Y^3 + f \cdot X^3) \cdot Q_{h,in,d} \quad [\text{kWh}] \quad (186b)$$

$Q_{w,out,g}$ - potrebna toplota grelnika za toplo vodo [kWh] (enačba 114)

$Q_{h,in,d}$ - v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota [kWh] (enačba 75)

Za kombinirani solarni sistem, namenjen ogrevanju in pripravi tople vode, izračunamo delež toplotne obremenitve za ogrevanje in pripravo tople vode za posamezni mesec:

$$P_{w,sol} = \frac{Q_{load,w,sol}}{Q_{load,h,sol} + Q_{load,w,sol}} \quad [-] \quad (187)$$

$$P_{h,sol} = \frac{Q_{load,h,sol}}{Q_{load,h,sol} + Q_{load,w,sol}} \quad [-] \quad (188)$$

Mesečne toplotne dobitke določimo z enačbo 186a in 186b, pri čemer upoštevamo korigirano efektivno površino SSE glede na delež pokrivanja potrebne toplote za ogrevanje in pripravo tople vode za posamezni mesec:

- za ogrevanje: $A = A \cdot P_{h,sol} \quad [\text{m}^2]$
- za pripravo tople vode: $A = A \cdot P_{w,sol} \quad [\text{m}^2]$

S pomočjo korigirane efektivne površine SSE izračunamo tudi brezdimenzijska faktorja X (enačba 189) in Y (enačba 198).

a, b, c, d, e – korelacijski koeficienti, določeni v odvisnosti od vrste hranilnika ali sistema ogrevanja (Tabela 25)

X, Y – brezdimenzijski faktorji

Tabela 25 : Korelacijski koeficienti

korelacijski koeficient	vrsta sistema	
	vodni hranilnik	talno ogrevanje
<i>a</i>	1,029	0,863
<i>b</i>	-0,065	-0,147
<i>c</i>	-0,245	-0,263
<i>d</i>	0,0018	0,008
<i>e</i>	0,0215	0,029
<i>f</i>	0	0,025

$$X = A \cdot U_C \cdot \eta_{loop} \cdot \Delta T \cdot c_{cap} \cdot \frac{t_M}{Q_{load,sol} \cdot 1000} \quad [-] \quad (189)$$

A – efektivna (ali korigirana efektivna) površina SSE v skladu s OSIST EN 12975-2 [m²]
U_C – koeficient toplotnih izgub kolektorske zanke (SSE + cevi) [W/m²K]

$$U_C = a_1 + a_2 \cdot 40 + \frac{U \cdot L}{A} \quad [W/m^2K] \quad (190)$$

a₁, *a₂* – koeficient toplotnih izgub in temperaturna odvisnost le-teh. Oba parametra sta podana v rezultatih preizkušanja SSE po OSIST EN 12975-2. V kolikor teh podatkov ni, upoštevamo naslednje vrednosti:

$$a_1 = 1,8 \frac{W}{m^2K} \quad (\text{vakuumski SSE})$$

$$a_1 = 3,5 \frac{W}{m^2K} \quad (\text{zastekljen SSE})$$

$$a_1 = 15 \frac{W}{m^2K} \quad (\text{nezastekljen SSE})$$

$$a_2 = 0 \frac{W}{m^2K}$$

U · L - koeficient toplotnih izgub vseh cevi v kolektorski zanki. Če ta vrednost ni znana, upoštevamo enačbo:

$$U \cdot L = 5 + 0,5 \cdot A \left[\frac{W}{m^2K} \right] \quad (191)$$

η_{loop} - učinkovitost kolektorske zanke vključno s prenosnikom toplote

$$\eta_{loop} = 0,9$$

$$\text{ali izračunamo: } \eta_{loop} = 1 - \Delta \eta \quad (192)$$

$$\Delta \eta = \frac{\eta_0 \cdot A \cdot a_1}{(U \cdot A)_{hx}} \quad (\text{glej OSIST EN 12977-2}) \quad (193)$$

ΔT – referenčna temperaturna razlika

$$\Delta T = \theta_{ref} - \theta_{e,M} \quad (194)$$

$\theta_{e,M}$ – povprečna mesečna zunanja temperatura [°C]

θ_{ref} – referenčna temperatura, odvisna od uporabe sistema in vrste hranilnika toplote:

- ogrevanje: $\theta_{ref} = 100^{\circ}\text{C}$
- priprava tople vode: $\theta_{ref} = 11,6 + 1,18 \cdot \theta_{hw} + 3,86 \cdot \theta_{cw} - 1,32 \cdot \theta_{e,M} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (195)$

θ_{hw} – temperatura tople vode ($\theta_{hw} = 40^{\circ}\text{C}$)

θ_{cw} – temperatura hladne vode ($\theta_{cw} = 10^{\circ}\text{C}$)

c_{cap} - korekcijski koeficient kapacitete hranilnika [-]

$$c_{cap} = \left(\frac{V_{ref}}{V_s} \right)^{0,25} \quad [-] \quad (196)$$

V_{ref} – referenčni volumen (75 l/m² SSE) [l]

V_s – volumen hranilnika [l]

- V primeru solarnega sistema s predgrevanjem je $V_s = V_n$

V_n – nazivni volumen

- V primeru dodatnega sistema je

$$V_s = V_n \cdot (1 - f_{aux}) \quad (197)$$

V_n – nazivni volumen hranilnika

f_{aux} – delež volumna hranilnika, namenjen segrevanju z dodatnim sistemom

$f_{aux} = 0,5$ za vertikalne hranilnike

$f_{aux} = 0,66$ za horizontalne hranilnike

$$Y = A \cdot IAM \cdot \eta_0 \cdot \eta_{loop} \cdot \frac{G_M \cdot t_M}{Q_{load,sol} \cdot 1000} \quad [-] \quad (198)$$

A – efektivna površina SSE v skladu s OSIST EN 13975-2

IAM – korekcija vpadnega kota SSE (= $K_{50}(\tau\alpha)$) glede na vrednost pri preizkušanju SSE po standardu OSIST EN 12975-2

V kolikor podatek ni znan, upoštevamo naslednje vrednosti:

- za zastekljen SSE: $IAM = 0,94$
- za nezastekljen SSE: $IAM = 1,00$
- za vakuumski SSE s ploščatim absorberjem: $IAM = 0,97$
- za vakuumski SSE s cevnim absorberjem: $IAM = 1,00$

η_0 – učinkovitost SSE pri mrtvem teku. Podatek iz meritev po standardu OSIST EN 12975-2; v kolikor to ni možno, upoštevamo vrednost:

$$\eta_0 = 0,8$$

η_{loop} – učinkovitost kolektorske zanke vključno s prenosnikom toplote

$$\eta_{loop} = 0,9$$

$$\text{ali izračunamo: } \eta_{loop} = 1 - \Delta\eta \quad (199)$$

$$\Delta\eta = \frac{\eta_0 \cdot A \cdot a_1}{(U \cdot A)_{hx}} \quad (\text{glej OSIST EN 12977-2}) \quad (200)$$

G_M – povprečno urno sončno obsevanje na površino kolektorja v obravnavanem časovnem intervalu (meseču) [W/m²]

t_M – mesečni časovni interval v urah [h]

$Q_{load, sol}$ – dejanska letna toplota dovedena v sistem [kWh] - glej točko 9.1.1

Omejitev: Toplota solarnega sistema ne more biti negativna. Če je negativna, potem je toplota enaka 0.

Toplota solarnega sistema ne more biti večja od potrebne toplotne (obremenitve). Če je večja, potem je toplota solarnega sistema enaka potrebni toploti.

9.2.2 Dodatna potrebna energija

Če solarni toplotni sistem deluje termosifonsko, potem ni dodatne potrebne energije (električne).

Dodatna potrebna energija za delovanje obtočnih črpalk v solarnem toplotnem sistemu je določena z enačbo:

$$W_{p, sol} = \frac{P_p \cdot t_p}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (201)$$

P_p – vsota nazivnih priključnih moči obtočnih črpalk [W]. Če ta vrednost ni znana, upoštevamo:

$$P_p = 25 + 2 \cdot A \quad [\text{W}] \quad (202)$$

A – efektivna površina SSE [m²]

t_p – čas delovanja črpalke v urah [h]. V skladu s standardom OSIST EN 12976 je $t_p = 2000$ h. Mesečna vrednost časa delovanja je določena s porazdelitvijo letnega časa glede na mesečno porazdelitev sončnega obsevanja

9.2.3. Izgube

9.2.2.1 Toplotne izgube solarnega hranilnika

Toplotne izgube solarnega hranilnika so določene s koeficientom toplotne prehodnosti UA [W/K]. Le-ta je v primeru znanega hranilnika določen v skladu s standardom OSIST EN 12977-3; v primeru neznanega hranilnika ga izračunamo s pomočjo enačbe:

$$UA = 0,16 \cdot V_s^{0,5} \quad [\text{W/K}] \quad (203)$$

V_s – volumen solarnega hranilnika [l]

Za solarni sistem, namenjen segrevanju tople vode, so toplotne izgube določene z enačbo:

$$Q_{s,sol,l} = UA \cdot (\theta_{\text{set point}} - \theta_i) \cdot \left(\frac{Q_{out,sol}}{Q_{load,sol}} \right) \cdot \frac{t_M}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (204)$$

$Q_{out,sol}$ - mesečni toplotni dobitki solarnega sistema [kWh] (enačba 185)

$Q_{load,sol}$ - glej točko 9.1.1

t_M – mesečni časovni interval v urah [h]

$\theta_{\text{set point}}$ – nastavljena temperatura tople vode ($\theta_{\text{set point}} = 60^\circ\text{C}$)

θ_i – povprečna temperatura prostora, v katerem je hranilnik [$^\circ\text{C}$]

Za solarni sistem namenjen ogrevanju prostorov za toplotne izgube določene z enačbo:

$$Q_{s,sol,l} = UA \cdot (\theta_{\text{set point}} - \theta_i) \cdot \left(\frac{Q_{out,sol}}{Q_{load,sol}} \right) \cdot \frac{t_M}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (205)$$

$\theta_{\text{set point}}$ – povprečna temperatura ogrevnega medija (glej točko 4.1, 4.2 in 4.3)

$Q_{out,sol}$ - mesečni toplotni dobitki solarnega sistema [kWh] (enačba 185)

$Q_{load,sol}$ - glej točko 9.1.1

9.2.2.2 Toplotne izgube razvodnega sistema

Toplotne izgube razvodnega sistema so:

- v primeru izoliranih cevi:

$$Q_{d,sol,l} = 0,02 \cdot Q_{load,sol} \cdot \left(\frac{Q_{out,sol}}{Q_{load,sol}} \right) \quad [\text{kWh}] \quad (206)$$

- v primeru neizoliranih cevi:

$$Q_{d,sol,l} = 0,05 \cdot Q_{load,sol} \cdot \left(\frac{Q_{out,sol}}{Q_{load,sol}} \right) \quad [\text{kWh}] \quad (207)$$

$Q_{load,sol}$ – dejanska letna toplota dovedena v sistem [kWh] (enačba 171)

$Q_{out,sol}$ - mesečna toplota solarnega sistema [kWh] (enačba 185)

9.2.2.3 Vrnjene toplotne izgube solarnega toplotnega sistema

Izračunajo se po postopku, opisanem v točki 9.1.4.3 .

9.2.3 Potrebna toplota dodatnega vira toplote

$$Q_{bu,sol} = Q_{load,sol} - Q_{out,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (208)$$

$Q_{bu,sol}$ - potrebna toplota dodatnega generatorja toplote [kWh]

$Q_{load,sol}$ - potrebna toplota, dovedena v sistem [kWh] (enačba 166)

$Q_{out,sol}$ - toplotni dobitki solarnega sistema [kWh] (enačba 185)

- za solarni sistem, namenjen samo pripravi tople vode:

$$Q_{bu,w,sol} = Q_{w,out,g} - Q_{out,w,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (209)$$

$Q_{bu,w,sol}$ - potrebna toplota dodatnega generatorja toplote za pripravo tople vode [kWh]

$Q_{w,out,g}$ - potrebna toplota za pripravo tople vode [kWh] (enačba 114)

$Q_{out,w,sol}$ - toplota solarnega sistema za pripravo tople vode [kWh] (enačba 186a)

- za solarni sistem, namenjen samo ogrevanju

$$Q_{bu,h,sol} = Q_{h,in,d} - Q_{out,h,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (210)$$

$Q_{bu,h,sol}$ - potrebna toplota dodatnega generatorja toplote za ogrevanje [kWh]

$Q_{h,in,d}$ - v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota [kWh] (enačba 82)

$Q_{out,h,sol}$ - toplota solarnega sistema za ogrevanje [kWh] (enačba 186b)

10. Fotonapetostni sistem (PV)

Električna energija PV sistema je določena z enačbo:

$$Q_{PV} = \frac{H_i \cdot P_0 \cdot R_p}{G_{ref}} \quad [\text{kWh}] \quad (211)$$

H_i – letno sončno obsevanje PV sistema [$\text{kWh/m}^2\text{a}$]

P_0 – vršna moč pri standardnih preskusnih pogojih

($\theta = 25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, $G_{ref} = 1 \text{ kW/m}^2$)

R_p – faktor učinkovitosti PV sistema (Tabela 27)

G_{ref} – referenčno sončno sevanje ($G_{ref} = 1 \text{ kW/m}^2$)

- Letno sončno obsevanje PV sistema H_i

$$H_i = H_{hor} \cdot FT \quad (212)$$

H_{hor} – letno sončno obsevanje na horizontalno površino

Podatek po standardu OSIST EN ISO 15927-4

FT – korekcijski faktor za upoštevanje nagiba in smer PV modula glede na sončno obsevanje

Podatek po standardu OSIST EN ISO 15927-4

- Vršna moč PV modula P_0

Vršna moč PV modula je določena pri standardnih preizkusnih pogojih. V kolikor ta podatek ni dostopen, lahko upoštevamo naslednjo enačbo:

$$P_0 = RS \cdot A \quad [\text{kW}] \quad (213)$$

RS – faktor vršne moči, odvisen od vrste PV modula – Tabela 26

A – površina modula

Tabela 26: Vrednosti faktorja vršne moči

Tip PV modula	RS kW/m^2
monokristaliničen silicij	0,12 – 0,18
poliskristalni silicij	0,10 – 0,16
tankoplastni amorfni silicij	0,04 – 0,08
ostali tankoplastni	0,035
tankoplastni baker – indij – galij - diselenid	0,105
tankoplastni kadmijev telurid	0,095

- Faktor učinkovitosti PV sistema R_p

Faktor Učinkovitosti PV sistema upošteva način vgradne PV sistema.

Tabela 27: Vrednosti faktorja učinkovitosti PV sistema

način vgradnje PV modulov	R_p -
neprezračevani moduli	0,70
zmerno prezračevani moduli	0,75
zelo prezračevani moduli ali prisilno prezračevanje	0,80

11. Toplotna črpalka

Za izračun potrebne energije za delovanje toplotne črpalke (TČ) so potrebni naslednji meteorološki podatki:

- zunanja projektna temperatura
- pogostost zunanje povprečne urne temperature v mesečnem časovnem intervalu za temperaturni interval 1K

Za podatke o pogostosti zunanje povprečne urne temperature se lahko upošteva vrednosti iz standardnega meteorološkega leta. Pogostost zunanje povprečne letne urne vrednosti temperature se izračuna po naslednjih korakih:

- 1) Določitev letne pogostosti:
Povprečne urne temperature se razvrsti v temperaturne razrede s korakom po 1 K, z začetkom pri najnižji zunanji temperaturi
- 2) Določitev skupne lete pogostosti:
Letna pogostost zunanje temperature je določena kot vsota ur v posameznih temperaturnih intervalih:

$$N_k = \sum_{i=1}^k n_i \quad [\text{h}] \quad (214)$$

N – skupno (kumulativno) število ur

k – število razredov s temperaturnim korakom 1 K

n_i – število ur v posameznem (i – tem) razredu

i – števec razredov od 1 do k

- 3) Določitev stopinj – ur ogrevanja
Za vsak razred se določi stopinje – ure ogrevanja glede na temperaturno razliko med temperaturo i – tega razreda in notranjo projektno temperaturo:

$$HDH_i = n_i \cdot (\theta_i - \theta_{Oa,i}) \quad [\text{Kh}] \quad (215)$$

HDH_i – število stopinj – ur za i – ti temperaturni razred

n_i – število ur za i – ti temperaturni razred

θ_i – notranja projektna temperatura

$\theta_{Oa,i}$ – zunanja temperatura za i – ti razred

- 4) Določitev skupnega števila stopinj – ur ogrevanja:
 Skupno število stopinj – ur ogrevanja za določen temperaturni interval k je izračunano kot vsota stopinj – ur ogrevanja za vse temperaturne korake od 1 do k :

$$CHDH_{\theta_k} = \sum_{i=1}^k HDH_i \quad [\text{Kh}] \quad (216)$$

$CHDH_{\theta_k}$ - skupno število stopinj – ur do temperature θ_k

HDH_i – stopinje – ure za i – ti temperaturni razred

k – število razredov

i – števec razredov

Obratovalni pogoji za posamezni razred so določeni s srednjo temperaturo. Predpostavljeno je, da obratovalna točka določa obratovalne pogoje za cel razred.

Obratovalne točke izberemo tako, da ustrezajo pogojem preizkušanja po standardu OSIST EN 255 oziroma OSIST EN 14511. Temperaturne meje med dvema razredoma so določene s sredino med dvema obratovalnima točkama, zaokroženo na celoštevilčno vrednost.

Za vsak razred je določena toplotna moč in COP po metodi preizkušanja, določena po standardu OSIST EN 255 in OSIST EN 14511.

Tabela 28: Urne vrednosti zunanje temperature (Standardno meteorološko leto za Ljubljano)

zunanja temp. °C	januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	november	december	vsota Σ
-17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-13	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
-12	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
-11	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
-10	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
-9	24	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	35
-8	20	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	29
-7	39	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	58
-6	54	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	74
-5	42	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	30	87
-4	40	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	111	169
-3	49	35	17	0	0	0	0	0	0	0	6	82	189
-2	54	48	26	0	0	0	0	0	0	0	28	42	198
-1	33	58	34	0	0	0	0	0	0	0	36	49	210
0	46	92	29	0	0	0	0	0	0	0	49	50	266
1	80	91	57	0	0	0	0	0	0	5	38	96	367
2	83	73	58	16	0	0	0	0	0	8	72	74	384
3	48	66	46	25	0	0	0	0	1	5	58	50	299
4	41	23	47	27	0	0	0	0	3	26	34	19	220
5	23	16	65	40	1	0	0	0	1	36	44	34	260

6	16	24	61	50	6	0	0	0	4	51	52	44	308
7	9	21	72	56	14	0	0	0	10	84	43	19	328
8	7	24	66	64	22	0	0	0	15	64	54	13	329
9	3	26	38	59	56	7	0	0	20	66	42	2	319
10	4	1	37	65	83	15	5	0	45	67	24	0	346
11	1	6	24	59	76	26	11	5	44	42	27	0	321
12	0	2	26	40	71	55	10	2	51	62	33	0	352
13	0	0	24	46	57	34	9	6	55	57	38	0	326
14	0	0	6	40	51	42	33	31	83	47	21	0	354
15	0	0	2	29	42	51	59	63	69	48	10	0	373
16	0	0	2	21	45	51	86	100	55	27	11	0	398
17	0	0	0	22	42	45	59	101	45	19	0	0	333
18	0	0	0	23	32	45	68	77	33	14	0	0	292
19	0	0	0	13	23	45	41	60	27	6	0	0	215
20	0	0	0	10	23	49	54	44	31	7	0	0	218
21	0	0	0	7	22	46	38	44	30	2	0	0	189
22	0	0	0	4	34	40	26	35	19	1	0	0	159
23	0	0	0	2	16	37	39	34	14	0	0	0	142
24	0	0	0	2	17	32	24	29	19	0	0	0	123
25	0	0	0	0	9	26	37	47	27	0	0	0	146
26	0	0	0	0	1	19	46	27	9	0	0	0	102
27	0	0	0	0	1	22	48	23	8	0	0	0	102
28	0	0	0	0	0	22	22	16	2	0	0	0	62
29	0	0	0	0	0	8	10	0	0	0	0	0	18
30	0	0	0	0	0	3	11	0	0	0	0	0	14
31	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
32	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5

Tabela 29: Mesečna vsota ur za posamezne razrede v skladu s pogoji preizkušanja po OSIST

EN 255 oz. OSIST EN 14511 (Standardno meteorološko leto za Ljubljano) n_i

	temperaturni razred	W - 7	W2	W7	W10	W20	mesečna vsota
	temperature preizkušanja [°C]	-7	2	7	10	20	
	meje temperatur [°C]	-15 do -2	-2 do 4	4 do 8	8 do 15	15 do 32	
januar	ure	350	331	55	8	0	744
februar	ure	149	403	85	35	0	672
marec	ure	50	271	264	157	2	744
april	ure	0	68	210	338	104	720
maj	ure	0	0	43	436	265	744
junij	ure	0	0	0	230	490	720
julij	ure	0	0	0	127	617	744
avgust	ure	0	0	0	107	637	744
september	ure	0	4	30	367	319	720

oktober	ure	0	44	235	389	76	744
november	ure	34	287	193	195	11	720
december	ure	294	338	110	2	0	744
vsota Σ	ur	877	1746	1225	2391	2521	8760

11.1 Potrebna energija za ogrevanje in pripravo tople vode

11.1.1 Ogrevanje

Dovedena energija za ogrevanje je izračunana za posamezne temperaturne razrede s pomočjo utežnega faktorja:

$$w_{h,i} = \frac{Q_{h,in,d,i}}{Q_{h,in,d}} = \frac{CHDH_{\theta_{upper,i}} - CHDH_{\theta_{lower,i}}}{CHDH_i} \quad [-] \quad (217)$$

$w_{h,i}$ – utežni faktor TČ za ogrevanje za i – ti temperaturni razred

$Q_{h,in,d,i}$ – v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota za i – ti temperaturni razred (enačba 218)

$$Q_{h,in,d,i} = Q_{h,in,d} \cdot w_{h,i} \quad [\text{kWh}] \quad (218)$$

$Q_{h,in,d}$ – v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota [kWh] (enačba 82)

Če se TČ koristi v kombinaciji s solarnim sistemom za ogrevanje, je v razvodni sistem ogrevalnega sistema potrebna vnesena toplota enaka toploti dodatnega grelnika za solarni sistem:

$$Q_{h,in,d} = Q_{bu,h,sol} \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{bu,h,sol}$ – potrebna toplota dodatnega grelnika [kWh] (enačba 210)

$CHDH_{\theta_{upper,i}}$ – skupno število stopinj – ur do zgornje temperaturne meje i – tega temperaturnega razreda [Kh] (enačba 216)

$CHDH_{\theta_{lower,i}}$ – skupno število stopinj – ur do spodnje temperaturne meje i – tega temperaturnega razreda [Kh] (enačba 216)

$CHDH_i$ – skupno število stopinj – ur do zgornje meje zunanje temperature, do katere TČ deluje [Kh] (enačba 216, pri čemer je θ_k spodnja meja zunanje temperature, do katere TČ deluje)

Čas posameznega temperaturnega razreda se izračuna kot razlika skupnega časa pri zgornji in spodnji meji i – tega razreda:

$$t_i = (n_{hours,\theta_{upper,i}} - n_{hours,\theta_{lower,i}}) \quad [\text{h}] \quad (219)$$

t_i – časovni interval i – tega razreda [h]

$n_{hours, \theta_{upper}, i}$ – skupno število ur do zgornje temperaturne meje i – tega temperaturnega razreda [h]

$n_{hours, \theta_{lower}, i}$ – skupno število ur do spodnje meje i – tega temperaturnega razreda [h]

Opombe: Čas ogrevanja je enak vsoti časov t_i . Če je predvideno izklapljanje električnega napajanja TČ, npr. zaradi specifičnega tarifnega sistema, je efektivni čas v i – tem razredu določen z enačbo:

$$t_{i, eff} = t_i \cdot \frac{24h - t_{co}}{24h} \quad [h] \quad (220)$$

$t_{i, eff}$ – efektivni čas i – tega razreda [h]

t_i – čas i – tega razreda [h] (enačba 219)

t_{co} – potreben čas mirovanja TČ med posameznimi vklopi v 1 dnevu [h] (vhodni podatek – profil koriščenja TČ)

$$t_{eff} = \sum_i t_{i, eff} \quad [h] \quad (221)$$

11.1.2 Priprava tople vode

Dovedena energija za pripravo tople vode je izračunana za posamezne temperaturne razrede s pomočjo utežnega faktorja:

$$w_{w,i} = \frac{Q_{w,out,g,i}}{Q_{w,out,g}} = \frac{t_i}{t_t} \quad [-] \quad (222)$$

$w_{w,i}$ – utežni faktor TČ za pripravo tople vode za i – ti temperaturni razred [-]

$Q_{w,out,g,i}$ – potrebna toplota za pripravo tople vode za i – ti temperaturni razred [kWh] (enačba 223)

t_i – časovni interval i – tega razreda [h] (enačba 219)

t_t – čas delovanja TČ za pripravo tople vode, npr. celoletno delovanje [h]

$$Q_{w,out,g,i} = Q_{w,out,g} \cdot w_{w,i} \quad [kWh] \quad (223)$$

$Q_{w,out,g}$ – potrebna toplota za pripravo tople vode [kWh] (enačba 114)

Če se TČ koristi v kombinaciji s solarnim sistemom za pripravo tople vode, je potrebna toplota za pripravo tople vode enaka potrebni toploti dodatnega grelnika za pripravo tople vode za solarni sistem:

$$Q_{w,out,g} = Q_{bu,w,sol} \quad [kWh] \quad (224)$$

$Q_{bu,w,sol}$ – potrebna toplota dodatnega grelnika solarnega sistema za pripravo tople vode [kWh] (enačba 209)

t_i – časovni interval i – tega razreda [h] (enačba 219)

t_e – čas delovanja TČ za pripravo tople vode, npr. celoletno delovanje [h]

11.2 Toplotna moč TČ in COP pri nazivni obremenitvi

Toplotna moč in COP toplotne črpalke je določena z meritvami po standardu OSIST EN 255 in OSIST EN 14511. V kolikor ni podatkov o COP, lahko upoštevamo vrednosti iz tabel (Tabela 30, Tabela 31 in Tabela 32).

Tabela 30: TČ zrak / voda, izstopna temperatura 35°C in 50°C

Izstopna temperatura θ_{si}	35°C					50°C				
Zunanja temperatura θ_{so}	-7°C	2°C	7°C	15°C	20°C	-7°C	2°C	7°C	15°C	20°C
Relativna toplotna moč	0,72	0,88	1,04	1,25	1,36	0,68	0,84	1,00	1,24	1,29
COP (sodobne TČ)	2,7	3,1	3,7	4,3	4,9	2,0	2,3	2,8	3,3	3,5
COP (TČ 1979 – 1994)	2,4	2,8	3,3	3,6	4,4	1,8	2,1	2,5	3,0	3,2

Tabela 31: TČ slanica / voda, izstopna temperatura 35°C in 50°C

Izstopna temperatura θ_{si}	35°C			50°C		
Primarna temperatura θ_{so}	-5°C	0°C	5°C	-5°C	0°C	5°C
Relativna toplotna moč	0,88	1,00	1,12	0,85	0,98	1,09
COP (sodobne TČ)	3,7	4,3	4,9	2,6	3,0	3,4
COP (TČ 1979 – 1994)	3,0	3,5	4,0	2,1	2,4	2,8

Tabela 32: TČ voda / voda, izstopna temperatura 35°C in 50°C

Izstopna temperatura θ_{si}	35°C		50°C	
Primarna temperatura θ_{so}	10°C	15°C	10°C	15°C
Relativna toplotna moč	1,07	1,20	1,00	1,13
COP (sodobne TČ)	5,5	6,0	3,8	4,1
COP (TČ 1979 – 1994)	4,6	5,0	3,2	3,4

11.2.1 Ogrevanje

Toplotna moč in COP toplotne črpalke je določena s pomočjo meritev v skladu s standardom OSIST EN 14511.

11.2.1.1 Korekcija COP za temperaturno razliko na kondenzatorju

Temperaturna razlika na kondenzatorju je odvisna od masnega pretoka na strani kondenzatorja in toplotne moči TČ:

$$\Delta\theta = \frac{\dot{Q}_{T\check{C}} \cdot 1000}{\dot{m}_w \cdot c_w} \quad [\text{K}] \quad (225)$$

$\Delta\theta$ - temperaturna razlika na kondenzatorju

$\dot{Q}_{T\check{C}}$ - toplotna moč TČ [kW] (nazivna toplotna moč – podatek TČ)

$\dot{m}_w$ - masni pretok na strani kondenzatorja [kg/s]

c_w – specifična toplota vode $[4186 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}]$

V skladu s preizkušanjem TČ po standardu OSIST EN 14511 je temperaturna razlika $\Delta\theta = 5\text{K}$ in pri tej temperaturni razliki določen masni pretok, ki je konstanten za vse obratovalne točke.

Če je temperaturna razlika med pogoji preizkušanja in obratovalnimi pogoji različna, potem upoštevamo korekcijo COP:

$$COP_{\Delta\theta} = COP_{\text{standard}} \cdot \left[1 - \frac{\frac{\Delta\theta_{\text{standard}} - \Delta\theta_{op}}{2}}{\left\{ \theta_{si} - \frac{\Delta\theta_{\text{standard}}}{2} + \Delta\theta_{si} - (\theta_{so} - \Delta\theta_{so}) \right\}} \right] \quad [\frac{W}{W}] \quad (226)$$

$COP_{\Delta\theta}$ - korigirani COP za različne temperaturne razlike med preizkušanjem in obratovanjem

$[\frac{W}{W}]$

COP_{standard} - COP pri standardni pogojih preizkušanja $[\frac{W}{W}]$

$\Delta\theta_{\text{standard}}$ - temperaturna razlika na strani kondenzatorja pri standardnih pogojih preizkušanja [K]

$\Delta\theta_{op}$ - temperaturna razlika na strani kondenzatorja pri obratovalnih pogojih ogrevalnega sistema [K]

θ_{si} - temperatura ponora toplote [°C]

$\Delta\theta_{si}$ - povprečna temperaturna razlika med ogrevalnim medijem in hladivom v kondenzatorju [K]

θ_{so} - temperatura vira toplote [°C]

$\Delta\theta_{so}$ - povprečna temperaturna razlika med medijem za prenos toplote in hladivom v uparjalniku [K]

Za sisteme TČ z vodo lahko predpostavimo, da je:

$$\Delta\theta_{si} = \Delta\theta_{so} = 4\text{K}$$

in za sisteme TČ z zrakom:

$$\Delta\theta_{si} = \Delta\theta_{so} = 15\text{K}$$

V kolikor ni razpoložljivih podatkov, lahko upoštevamo vrednosti iz Tabela 33.

Tabela 33: Korigirani $COP_{\Delta\theta}$ pri različnih temperaturah vira toplote

Vrsta TČ		$COP_{\Delta\theta}$ [-]
zrak / voda, θ_{si} izstopna temp. 35°C	$\theta_{so,i} < 7^\circ\text{C}$	$COP_{\Delta\theta} = COP + 0,078 \cdot (\theta_{so,i} - 7)$
	$\theta_{so,i} > 7^\circ\text{C}$	$COP_{\Delta\theta} = COP + 0,070 \cdot (\theta_{so,i} - 7)$
zrak / voda, θ_{si} izstopna temp. 50°C	$\theta_{so,i} < 7^\circ\text{C}$	$COP_{\Delta\theta} = 0,77 \cdot COP + 0,064 \cdot (\theta_{so,i} - 7)$
	$\theta_{so,i} > 7^\circ\text{C}$	$COP_{\Delta\theta} = 0,77 \cdot COP + 0,046 \cdot (\theta_{so,i} - 7)$
slanica / voda,	θ_{si} = izstopna temp. 35°C	$COP_{\Delta\theta} = COP + 0,011 \cdot \theta_{so,i}$
	θ_{si} = izstopna temp. 50°C	$COP_{\Delta\theta} = 0,72 \cdot COP + 0,07 \cdot \theta_{so,i}$
voda / voda,	θ_{si} = izstopna temp. 35°C	$COP_{\Delta\theta} = COP$
	θ_{si} = izstopna temp. 50°C	$COP_{\Delta\theta} = 0,72 \cdot COP$

$\theta_{so,i}$ - temperatura vira toplote za i – ti temperaturni razred

Tabela 34: Temperatura vira toplote $\theta_{so,i}$

Vir toplote	$\theta_{so,i}$ [°C]
Zunanji zrak	$\theta_{so,i} = \frac{1}{2} \cdot (\theta_{upper,i} - \theta_{lower,i})$
Sistem slanica / voda, površinski kolektorski sistem	$\theta_{so,i} = 1,5 + 0,15 \cdot \theta_{e,M}$
Sistem slanica / voda, globinski sistem	10°C
Sistem slanica / voda, podtalnica	10°C

Toplotna moč TČ je odvisna od temperature vira toplote in temperature ponora toplote:

$$\dot{Q}_{T\check{C}} = f(\theta_{so,in} / \theta_{si,out})$$

$\theta_{so,in}$ - temperatura vira toplote na vstopu v TČ na primarni strani [°C] (Tabela 34)

$\theta_{si,out}$ - izstopna temperatura na sekundarni strani TČ (ponor toplote) [°C]

Pri pogojih preizkušanja je toplotna moč TČ:

$$\dot{Q}_{T\check{C},1} = \dot{Q}_{T\check{C}} \quad (\theta_{so,standardni\ 1}, \theta_{si,standardni\ 1})$$

$$\dot{Q}_{T\check{C},2} = \dot{Q}_{T\check{C}} \quad (\theta_{so,standardni\ 2}, \theta_{si,standardni\ 2})$$

$$\dot{Q}_{T\check{C},3} = \dot{Q}_{T\check{C}} \quad (\theta_{so,standardni\ 1}, \theta_{si,standardni\ 2})$$

$$\dot{Q}_{T\check{C},4} = \dot{Q}_{T\check{C}} \quad (\theta_{so,standardni\ 2}, \theta_{si,standardni\ 1})$$

$\theta_{so,standardni}$, $\theta_{si,standardni}$ - temperature na primarni in sekundarni strani TČ pri pogojih preizkušanja

Za različne vstopne in izstopne temperature lahko določimo toplotno moč TČ s pomočjo linearne interpolacije:

- upoštevanje temperature vira toplote $\theta_{so,in}$:

$$\dot{Q}_{TČ}(\theta_{so,in} / \theta_{si,standardni 1}) = \frac{\dot{Q}_{TČ}(\theta_{so,standardni 1} / \theta_{si,standardni 1}) - \dot{Q}_{TČ}(\theta_{so,standardni 2} / \theta_{si,standardni 1})}{\theta_{so,standardni 1} - \theta_{so,standardni 2}} \cdot (\theta_{so,in} / \theta_{so,standardni 1}) + \dot{Q}_{TČ}(\theta_{so,standardni 2} / \theta_{si,standardni 1})$$

[kWh] (227)

- upoštevanje temperature ponora toplote (ogrevalnega sistema) $\theta_{so,out}$:

$$\dot{Q}_{TČ}(\theta_{so,in} / \theta_{si,out}) = \frac{\dot{Q}_{TČ}(\theta_{so,in} / \theta_{si,standardni 2}) - \dot{Q}_{TČ}(\theta_{so,in} / \theta_{si,standardni 1})}{\theta_{si,standardni 2} - \theta_{si,standardni 1}} \cdot (\theta_{si,out} / \theta_{si,standardni 1}) + \dot{Q}_{TČ}(\theta_{so,in} / \theta_{si,standardni 1})$$

[kWh] (228)

11.2.1.2 Korekcija COP pri delni obremenitvi

Kompresorske TČ lahko delujejo pri delni obremenitvi z zmanjšano močjo ali taktno (vklop / izklop). Pri taktnem načinu se pojavijo dodatne izgube zaradi vklopa / izklopa. V tem primeru se COP_t izračuna z enačbo:

$$COP_t = COP_{\Delta\theta} \cdot f_t \quad [W/W] \quad (229)$$

COP_t - COP pri delni obremenitvi in taktnem načinu delovanja [W/W]

$COP_{\Delta\theta}$ - (korigirani) COP pri nazivni moči [W/W] (enačba 226 ali Tabela 33)

f_t – korekturni faktor za delno obremenitev [-] (Tabela 35)

Korekturni faktor je odvisen od toplotne vztrajnosti ogrevalnega sistema in časa delovanja TČ. Vpliv časa delovanja se upošteva s pomočjo faktorja obremenitve FC:

$$FC = \frac{t_{ON,TČ,i}}{t_i} \cdot 100 \quad [\%] \quad (230)$$

FC – faktor obremenitve TČ [-]

$t_{ON,TČ,i}$ – čas delovanja TČ v i – tem razredu [h] (enačba 249)

t_i – skupni čas delovanja TČ v i –tem razredu [h] (enačba 219)

Tabela 35: Korekturni faktor f_t za delno obremenitev TČ

vrsta ogrevalnega sistema	toplotna akumulacija	Faktor obremenitve FC [%] (enačba 230)								
radiatorji konvektorji	ekvivalentna vsebnost vode [l/kW]									
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
	5	58,8	58,8	58,8	58,8	58,8	71,4	80,0	85,7	92,3
	10	80,1	80,1	80,1	80,1	80,1	84,8	89,1	92,2	95,5
	15	85,9	85,9	85,9	85,9	85,9	91,7	94,4	96,0	97,5
	20	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1	93,8	95,8	97,1	98,3
ploskovna ogrevala	majhna akumulacija dolžina cevi [m]									
	10	95,3	95,4	95,5	95,7	95,9	96,1	96,2	96,9	98,1
	20	97,1	97,2	97,2	97,3	97,4	97,4	97,6	97,9	98,4
	30	98,6	98,6	98,6	98,6	98,6	98,6	98,7	98,9	99,1
	velika akumulacija dolžina cevi [m]									
	10	96,1	96,1	96,1	96,3	96,4	96,5	96,8	97,3	98,2
	20	97,8	97,8	97,9	98,0	98,1	98,1	98,2	98,4	98,8
	30	99,1	99,1	99,1	99,1	99,1	99,1	99,2	99,2	99,4

11.2.2 Priprava tople vode

Toplotne črpalke namenjene pripravi tople vode so preizkušene v skladu s standardom OSIST EN 255-3 kot enota, ki vključuje tudi hranilnik. Zaradi koherentnosti enot je oznaka COP_t (po standardu OSIST EN 255-3) nadomeščena z oznako $COP_{w,t}$.

Če ni razpoložljivih podatkov po OSIST EN 255-3, izračunamo COP po enakem postopku kot za ogrevanje (točka 11.2.1) za alternativni sistem, pri čemer upoštevamo povprečno temperaturo tople vode:

$$\theta_{w,avg} = f_{w,s} \cdot \theta_{op,TČ} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (231)$$

$\theta_{w,avg}$ - povprečna temperatura tople vode [$^{\circ}\text{C}$] (vhodni podatek – profil koriščenja)

$f_{w,s}$ - faktor redukcije temperature zaradi polnjenja hranilnika [-]

$$f_{w,s} = 0,95$$

$\theta_{op,TČ}$ - najvišja temperatura tople vode pri delovanju TČ [$^{\circ}\text{C}$] (podatek TČ)

11.3 Izračun toplotnih izgub

11.3.1 Ogrevanje

V primeru, da je TČ brez akumulatorja toplote, toplotnih izgub ne upoštevamo. V primeru vgrajenega, prigrajenega ali zunanjega akumulatorja toplote izračunamo toplotne izgube za posamezni temperaturni razred:

$$Q_{h,s,l,i} = \frac{\theta_{s,avg,i} - \theta_{amb}}{\Delta\theta_{s, sb}} \cdot \frac{Q_{sb} \cdot t_i}{24} \quad [\text{kWh}] \quad (232)$$

$Q_{h,s,l,i}$ - toplotne izgube akumulatorja toplote v i – tem temperaturnem razredu [kWh]

$\theta_{s,avg,i}$ - povprečna temperatura akumulatorja toplote v i – tem temperaturnem razredu [$^{\circ}\text{C}$]

$$\theta_{s,avg,i} = \frac{\theta_{va} + \theta_{ra}}{2} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

θ_{va} - vstopna temperatura ogrevnega medija

θ_{ra} - izstopna temperatura ogrevnega medija

ali

$$\theta_{s,avg,i} = \frac{\theta_v + \theta_r}{2} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

- glej točko 4.2 in 4.3

θ_{amb} - temperatura prostora, v katerem se nahaja akumulator toplote [$^{\circ}\text{C}$]

$\Delta\theta_{s, sb}$ - temperaturna razlika pri pogojih preizkušanja [K] (podatek o akumulatorju toplote)

Q_{sb} - toplotne izgube v stanju obratovalne pripravljenosti [kWh/d]

t_i – časovni interval i – tega temperaturnega razreda [h] (enačba 219)

Skupne toplotne izgube akumulatorja toplote so:

$$Q_{h,s,l} = \sum_{i=1}^k Q_{h,s,l,i} \quad [\text{kWh}] \quad (233)$$

11.3.2 Priprava tople vode

Če so znane toplotne izgube hranilnika iz preizkušanja po standardni metodi (OSIST EN 15332), jih izračunamo ob upoštevanju enačbe (232). Če teh podatkov ni, jih izračunamo po enačbi (232) z upoštevanjem vrednosti iz Tabela 36.

Tabela 36: Toplotne izgube hranilnika ($Q_{w,s,l,i} = Q_{h,s,l,i}$ in $Q_{w,s,l} = Q_{h,s,l}$)

nazivni volumen hranilnika [l]	Q_{sb} [kWh/24h]
30	0,75

50	0,9
80	1,1
100	1,3
120	1,4
150	1,6
200	2,1
300	2,6
400	3,1
500	3,5
600	3,8
700	4,1
800	4,3
900	4,5
1000	4,7
1200	4,8
1300	5,0
1500	5,1
2000	5,2

11.3.3 Toplotne izgube primarnega krogotoka

Toplotne izgube primarnega krogotoka med generatorjem in hranilnikom / akumulatorjem izračunamo:

- za ogrevanje: po točki 6.3 $\Rightarrow Q_{h,d,l}$
- za toplo vodo: po točki 8.2.1.1 $\Rightarrow Q_{w,d,l}$

Skupne toplotne izgube so:

$$Q_{TC,l,i} = Q_{h,l,i} + Q_{w,l,i} \quad [\text{kWh}] \quad (234)$$

- ogrevanje:

$$Q_{h,l,i} = Q_{h,s,l,i} + Q_{h,d,l,i} \quad [\text{kWh}] \quad (235)$$

$Q_{h,l,i}$ - toplotne izgube za ogrevanje [kWh]

$Q_{h,s,l,i}$ - toplotne izgube akumulatorja [kWh] (enačba 232)

$Q_{h,d,l,i}$ toplotne izgube primarnega krogotoka [kWh] (točka 11.3.3)

- priprava tople vode:

$$Q_{w,l,i} = Q_{w,s,l,i} + Q_{w,d,l,i} \quad [\text{kWh}] \quad (236)$$

$Q_{w,l,i}$ - toplotne izgube za pripravo tople vode [kWh]

$Q_{w,s,l,i}$ - toplotne izgube hranilnika [kWh] (enačba 232 v povezavi s točko 11.3.2)

$Q_{w,d,l,i}$ toplotne izgube primarnega krogotoka [kWh] (točka 11.3.3)

11.3.4 Izračun toplote dodatnega generatorja toplote

V primeru bivalentnega načina delovanja TČ je potrebna toplota drugega generatorja odvisna od bivalentne točke in načina obratovanja (alternativno, paralelno ali delno paralelno). Postopek je podan za primer uporabe TČ za ogrevanje; za pripravo tople vode je postopek izračuna identičen.

Vpliv omejitve temperature delovanja TČ:

$$Q_{bu,op,i} = Q_{out,g,i} \cdot p_{bu,op,i} \quad [-] \quad (237)$$

- omejitev deleža TČ za ogrevanje:

$$p_{bu,op,h,i} = \frac{Q_{bu,op,h,i}}{Q_{h,in,d,i}} = \frac{3,6 \cdot \dot{m}_w \cdot c_w \cdot (\theta_{nom,i} - \theta_{op,TČ}) \cdot t_{ON,TČ,i}}{Q_{h,in,d,i}} \quad [-] \quad (238)$$

$p_{bu,op,h,i}$ - delež dodatnega generatorja zaradi temperaturne omejitve delovanja TČ v i – tem razredu [-]

$Q_{bu,op,h,i}$ - toplota dodatnega generatorja zaradi temperaturne omejitve delovanja TČ v i – tem razredu [kWh]

$Q_{h,in,d,i}$ - v razvodni podsistem ogrevalnega sistema vnesena toplota v i –tem razredu [hWh] (enačba 218)

$\dot{m}_w$ - masni pretok vode [kg/h]

c_w - specifična toplota vode [J/kgK]

$\theta_{nom,i}$ - nazivna temperatura ogrevalnega sistema [°C]

$\theta_{op,TČ}$ - temperaturna omejitev TČ – najvišja temperatura pri delovanju TČ [°C]

$t_{ON,TČ,i}$ - čas delovanja TČ v i – tem razredu [h] (enačba 249)

Če je ogrevalni sistem dimenzioniran tako, da je upoštevana najvišja možna temperatura TČ, je $p_{bu,op,h,i} = 0$.

- omejitev deleža TČ za pripravo tople vode:

$$p_{bu,op,w,i} = \frac{Q_{bu,op,w,i}}{Q_{w,out,g,i}} = \frac{\theta_w - \theta_{op,TČ}}{\theta_w - \theta_{hw}} \quad [-] \quad (239)$$

$p_{bu,op,w,i}$ - delež toplote dodatnega generatorja zaradi temperaturne omejitve delovanja TČ v i – tem razredu [-]

$Q_{bu,op,w,i}$ - toplota dodatnega generatorja zaradi temperaturne omejitve delovanja TČ v i – tem razredu [kWh]

$Q_{w,out,g,i}$ - potrebna toplota za pripravo tople vode v i – tem temperaturnem razredu [kWh] (enačba 223)

θ_w - temperatura tople vode [°C] (vhodni podatek – profil koriščenja)
 $\theta_{op,T\check{C}}$ - temperaturna omejitev TČ –najvišja temperatura pri delovanju TČ [°C]
 (podatek TČ)
 θ_{hw} - temperatura hladne vode [°C] (vhodni podatek – profil koriščenja)

11.3.4.1 Alternativno delovanje TČ

Delež toplote drugega generatorja toplote je določen glede na bivalentno točko (temperaturo θ_{bp}) za posamezne temperaturne razrede:

če je $\theta_{bp} > \theta_{upper,i}$:

$$p_{bu,h,i} = 1 \quad [-] \quad (240)$$

$$p_{bu,h,i+1} = \frac{CHDH_{\theta_{bp}} - CHDH_{\theta_{lower,i+1}}}{CHDH_{\theta_{upper,i+1}} - CHDH_{\theta_{lower,i+1}}} \quad [-] \quad (241)$$

če je $\theta_{bp} < \theta_{upper,i}$:

$$p_{bu,h,i} = \frac{CHDH_{\theta_{bp}}}{CHDH_{\theta_{upper,i}}} \quad [-] \quad (242)$$

$p_{bu,h,i}$ - delež toplote drugega generatorja v spodnjem i – tem temperaturnem razredu
 [-]

$p_{bu,h,i+1}$ - delež toplote drugega generatorja v naslednjem $i + 1$ – tem temperaturnem razredu [-]

θ_{bp} - bivalentna točka [°C]

$\theta_{upper,i}$ - zgornja meja i – tega temperaturnega razreda [°C]

$CHDH_{\theta_{bp}}$ - skupno število stopinj – ur do bivalentne točke θ_{bp} [Kh]

$CHDH_{\theta_{lower,i}}$ - skupno število stopinj – ur do spodnje temperaturne meje i –tega temperaturnega razreda $\theta_{lower,i}$ [Kh]

$CHDH_{\theta_{upper,i}}$ - skupno število stopinj – ur do zgornje temperaturne meje i –tega temperaturnega razreda $\theta_{upper,i}$ [Kh]

11.3.4.2 Paralelno delovanje TČ

če je $\theta_{bp} > \theta_{upper,i}$:

$$p_{bu,h,i} = \frac{CHDH_{\theta_{upper}} - (\theta_{iD} - \theta_{bp}) \cdot n_{hours, \theta_{upper,i}}}{CHDH_{\theta_{upper,i}} - CHDH_{\theta_{lower,i}}} \quad [-] \quad (243)$$

$$p_{bu,h,i+1} = \frac{\left(CHDH_{\theta_{bp}} - CHDH_{\theta_{upper,i}} \right) - (\theta_{iD} - \theta_{bp}) \cdot (n_{hours, \theta_{bp}} - n_{hours, \theta_{upper,i}})}{CHDH_{\theta_{upper,i+1}} - CHDH_{\theta_{lower,i+1}}} \quad [-] \quad (244)$$

če je $\theta_{bp} < \theta_{upper,i}$:

$$p_{bu,h,i} = \frac{CHDH_{\theta_{bp}} - (\theta_{iD} - \theta_{bp}) \cdot n_{hours, \theta_{bp}}}{CHDH_{\theta_{upper,i}} - CHDH_{\theta_{lower,i}}} \quad [-] \quad (245)$$

$p_{bu,h,i}$ - delež toplote drugega generatorja v spodnjem i – tem temperaturnem razredu
[-]

$p_{bu,h,i+1}$ - delež toplote drugega generatorja v naslednjem $i + 1$ – tem temperaturnem razredu [-]

θ_{bp} - bivalentna točka [°C]

θ_{iD} - notranja projektna temperatura [°C]

$n_{hours, \theta_{bp}}$ - skupno število ur delovanja do bivalentne točke θ_{bp} [h]

$CHDH_{\theta_{bp}}$ - skupno število stopinj – ur do bivalentne točke θ_{bp} [Kh]

$CHDH_{\theta_{lower,i}}$ - skupno število stopinj – ur do spodnje temperaturne meje i –tega temperaturnega razreda $\theta_{lower,i}$ [Kh]

$CHDH_{\theta_{upper,i}}$ - skupno število stopinj – ur do zgornje temperaturne meje i –tega temperaturnega razreda $\theta_{upper,i}$ [Kh]

11.3.4.3 Delno paralelno delovanje TČ

če je $\theta_{bp} > \theta_{upper,i}$:

$$p_{bu,h,i} = \frac{CHDH_{\theta_{upper,i}} - (\theta_{iD} - \theta_{bp}) \cdot (n_{hours, \theta_{upper,i}} - n_{hours, \theta_{tc}})}{CHDH_{\theta_{upper,i}} - CHDH_{\theta_{lower,i}}} \quad [-] \quad (246)$$

$$p_{bu,h,i+1} = \frac{CHDH_{\theta_{bp}} - CHDH_{\theta_{upper,i}} - (\theta_{iD} - \theta_{bp}) \cdot (n_{hours, \theta_{bp}} - n_{hours, \theta_{upper,i}})}{CHDH_{\theta_{upper,i}} - CHDH_{\theta_{lower,i}}} \quad [-] \quad (247)$$

če je $\theta_{bp} < \theta_{upper,i}$:

$$p_{bu,h,i} = \frac{CHDH_{\theta_{bp}} - (\theta_{iD} - \theta_{bp}) \cdot (n_{hours,\theta_{bp}} - n_{hours,\theta_{tc}})}{CHDH_{\theta_{upper,i}} - CHDH_{\theta_{lower,i}}} \quad [-] \quad (248)$$

$p_{bu,h,i}$ - delež toplote drugega generatorja v spodnjem i – tem temperaturnem razredu
[-]

$p_{bu,h,i+1}$ - delež toplote drugega generatorja v naslednjem $i + 1$ – tem temperaturnem razredu [-]

θ_{bp} - bivalentna točka [°C] (vhodni podatek TČ)

θ_{iD} - notranja projektna temperatura [°C] (profil koriščenja)

θ_{tc} - spodnja temperaturna meja izklopa delovanja TČ [°C] (vhodni podatek TČ)

$n_{hours,\theta_{bp}}$ - skupno število ur delovanja do bivalentne točke θ_{bp} [h]

$n_{hours,\theta_{upper,i}}$ - skupno število ur delovanja do zgornje meje i –tega temperaturnega razreda [h]

$n_{hours,\theta_{tc}}$ - skupno število ur delovanja do spodnje temperaturne meje izklopa delovanja TČ [h]

$CHDH_{\theta_{bp}}$ - skupno število stopinj – ur do bivalentne točke θ_{bp} [Kh]

$CHDH_{\theta_{lower,i}}$ - skupno število stopinj – ur do spodnje temperaturne meje i –tega temperaturnega razreda $\theta_{lower,i}$ [Kh]

$CHDH_{\theta_{upper,i}}$ - skupno število stopinj – ur do zgornje temperaturne meje i –tega temperaturnega razreda $\theta_{upper,i}$ [Kh]

11.4 Čas delovanja TČ in toplota

Splošni postopek:

Čas delovanja TČ je določen z enačbo:

$$t_{ON,TČ,i} = \frac{Q_{TČ,i}}{\square Q_{TČ,i}} \quad [h] \quad (249)$$

$t_{ON,TČ,i}$ - čas delovanja TČ v i – tem temperaturnem razredu [h]

$Q_{TČ,i}$ - toplota TČ v i – tem temperaturnem razredu [kWh]

$\square Q_{TČ,i}$ - toplotna moč TČ v i – tem temperaturnem razredu [kW]

$$Q_{TČ,h,i} = Q_{h,in,d,i} \cdot (1 - p_{bu,i}) \quad [kWh] \quad (250)$$

$$\text{oziroma} \quad Q_{TČ,h} = \sum_i Q_{h,TČ,i}$$

$Q_{h,in,d,i}$ - v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota za i – ti temperaturni razred [kWh] (enačba 218)

$p_{bu,i}$ - delež toplote drugega generatorja [-] (glej točko 11.3.4)

$$Q_{TC,w,i} = Q_{w,out,g,i} \cdot (1 - p_{bu,i}) \quad [\text{kWh}] \quad (251)$$

$Q_{w,out,g,i}$ - potrebna toplota za toplo vodo (enačba 223)

Toplotna črpalka lahko deluje za:

- ogrevanje ali pripravo tople vode,
- alternativno za ogrevanje ali pripravo tople vode
- simultano za ogrevanje in pripravo tople vode.

Zato lahko določimo skupen čas delovanja TČ z enačbo:

$$t_{ON,TC,t,i} = t_{ON,TC,h,sin,i} + t_{ON,TC,w,sin,i} + t_{ON,TC,combi,i} \quad [\text{h}] \quad (252)$$

$t_{ON,TC,t,i}$ - čas delovanja TČ v i –tem temperaturnem razredu [h]

$t_{ON,TC,h,sin,i}$ - čas delovanja TČ samo za ogrevanje v i –tem temperaturnem razredu [h]

$t_{ON,TC,w,sin,i}$ - čas delovanja TČ samo za pripravo tople vode v i –tem temperaturnem razredu [h]

$t_{ON,TC,combi,i}$ - čas delovanja TČ v simultanem načinu delovanja v i –tem temperaturnem razredu [h] (enačba 258)

Največji čas delovanja v **simultanem** (kombiniranem) načinu – ogrevanje in priprava tople vode:

$$t_{ON,TC,combi,max,i} = \min \begin{cases} t_{ON,TC,h,i} \\ t_{ON,TC,w,i} \end{cases} \quad [\text{h}] \quad (253)$$

$$t_{ON,TC,w,i} = \frac{Q_{TC,w,i}}{Q_{TC,w,combi,i}} \quad [\text{h}] \quad (254)$$

$$t_{ON,TC,h,i} = \frac{Q_{TC,h,i}}{Q_{TC,h,combi,i}} \quad [\text{h}] \quad (255)$$

$t_{ON,TC,combi,max,i}$ - največji možni čas delovanja v simultanem načinu v i –tem temperaturnem razredu [h]

$t_{ON,TC,w,i}$ - čas delovanja TČ za pripravo tople vode v i –tem temperaturnem razredu [h] (enačba 254)

- $Q_{T\check{C},w,i}$ - toplota TČ za pripravo tople vode v i –tem temperaturnem razredu [h]

$$Q_{T\check{C},w,i} = (Q_{w,out,g,i} + Q_{w,l,i}) \cdot (1 - p_{bu,w,op,i}) \quad [\text{kWh}] \quad (256)$$

$Q_{w,out,g,i}$ - potrebna toplota za pripravo tople vode v i – tem temperaturnem razredu [kWh]
(enačba 223)

$Q_{w,l,i}$ - toplotne izgube pri pripravi tople vode [kWh] (enačba 236)

$p_{bu,w,op,i}$ - delež toplote dodatnega generatorja za pripravo tople vode [-] (glej točko 11.3.4)

□
 $Q_{T\check{C},w,combi,i}$ - toplotna moč TČ v simultanem načinu delovanja za pripravo tople vode v i – tem temperaturnem razredu [kW] (enačba 227 in 228)

$t_{ON,T\check{C},h,i}$ - čas delovanja TČ za ogrevanje v i –tem temperaturnem razredu [h] (enačba 255)

- $Q_{T\check{C},h,i}$ - toplota TČ za ogrevanje v i –tem temperaturnem razredu [h]

$$Q_{T\check{C},h,i} = (Q_{h,in,g,i} + Q_{h,l,i}) \cdot (1 - p_{bu,h,op,i}) \quad [\text{kWh}] \quad (257)$$

$Q_{h,in,g,i}$ - v razvodni sistem ogrevalnega sistem vnesena toplota za i – ti temperaturni razred [kWh] (enačba 218)

$Q_{h,l,i}$ - toplotne izgube sistema za ogrevanje [kWh] (enačba 235)

$p_{bu,h,op,i}$ - delež toplote dodatnega generatorja za ogrevanje [-] (glej točko 11.3.4 – izračun toplote dodatnega generatorja toplote)

□
 $Q_{T\check{C},h,combi,i}$ - toplotna moč TČ v simultanem načinu delovanja za ogrevanje v i – tem temperaturnem razredu [kW] (enačba 227 in 228)

Na čas delovanja TČ v simultanem načinu lahko vpliva tudi regulacija. V tem primeru moramo upoštevati korekcijski faktor s pomočjo naslednje enačbe:

$$t_{ON,T\check{C},combi,i} = t_{ON,T\check{C},combi,max,i} \cdot f_{combi} \quad [\text{h}] \quad (258)$$

$t_{ON,T\check{C},combi,i}$ - čas delovanja TČ v simultanem načinu delovanja v i –tem temperaturnem razredu [h]

$t_{ON,T\check{C},combi,max,i}$ - največji možni čas delovanja v simultanem načinu v i –tem temperaturnem razredu [h] (enačba 253)

f_{combi} - korekcijski faktor ($f_{combi} = 1$, če ni podatka)

Toplota za ogrevanje in toplo vodo je za simultani način delovanja TČ določen z enačbo:

$$Q_{T\check{C},combi,i} = Q_{T\check{C},combi,i} \cdot t_{ON,T\check{C},combi,i} \quad [\text{kWh}] \quad (259)$$

$Q_{T\check{C},combi,i}$ - toplota TČ v i –tem temperaturnem razredu [h]

- $\square$
 $Q_{T\check{C},h,combi,i}$ - toplotna moč TČ v simultanem načinu delovanja v i – tem temperaturnem razredu [kW] (enačba 227 in 228)
 $t_{ON,T\check{C},combi,i}$ - čas delovanja TČ v simultanem načinu delovanja v i –tem temperaturnem razredu [h] (enačba 253 ali enačba 258)

Toplota za pripravo tople vode v simultanem (kombiniranem) načinu delovanja TČ določen z enačbo:

$$Q_{T\check{C},w,combi,i} = Q_{T\check{C},w,combi,i} \cdot t_{ON,T\check{C},w,combi,i} \quad [\text{kWh}] \quad (260)$$

- $\square$
 $Q_{T\check{C},w,combi,i}$ - toplotna moč TČ za pripravo tople vode v simultanem načinu delovanja v i – tem temperaturnem razredu [kW] (enačba 227 in 228)
 $t_{ON,T\check{C},w,combi,i}$ - čas delovanja TČ v simultanem načinu delovanja za pripravo tople vode v i – tem temperaturnem razredu [h] (enačba 254)

Preostali del toplote je proizveden v načinu delovanja samo za ogrevanje ali samo za pripravo tople vode:

$$Q_{T\check{C},sin,i} = Q_{T\check{C},i} - Q_{T\check{C},combi,i} \quad [\text{kWh}] \quad (261)$$

- $Q_{T\check{C},sin,i}$ - toplota TČ za posamezni način delovanja v i – tem temperaturnem razredu (ogrevanje ali topla voda) [kWh]
 $Q_{T\check{C},i}$ - toplota TČ v i – tem temperaturnem razredu [kWh] (enačba 256 in 257)
 $Q_{T\check{C},combi,i}$ - toplota TČ za simultani način delovanja v i – tem temperaturnem razredu (ogrevanje ali topla voda) [kWh] (enačba 259)

Za pripravo tople vode je toplota TČ glede na način delovanja:

- za samostojen način (samo topla voda):

$$Q_{T\check{C},w,out,sin,i} = Q_{T\check{C},w,sin,i} - Q_{w,s,l,i} \cdot (1 - p_{bu,w,i}) \cdot (1 - f_{combi}) \quad [\text{kWh}] \quad (262)$$

$Q_{T\check{C},w,out,sin,i}$ - potrebna toplota za podsystem priprave tople vode s TČ, ki obratuje samo za toplo vodo

$Q_{T\check{C},w,sin,i}$ - proizvedena toplota za toplo vodo s TČ [kWh] (enačba 256)

$Q_{w,s,l,i}$ - toplotne izgube hranilnika [kWh] (enačba 232 v povezavi s točko 11.3.2)

f_{combi} - delež kombiniranega delovanja ($f_{combi} = 1$, če ni podatka) [-]

$p_{bu,w,i}$ - delež toplote dodatnega generatorja za pripravo tople vode [-]
 (glej točko 11.3.4)

- za kombiniran način (ogrevanje in topla voda):

$$Q_{T\check{C},w,out,combi,i} = Q_{T\check{C},w,combi,i} - Q_{w,s,l,i} \cdot (1 - p_{bu,w,i}) \cdot f_{combi} \quad [\text{kWh}] \quad (263)$$

$Q_{T\check{C},w,out,combi,i}$ - potrebna toplota za podsistem priprave tople vode s TČ, ki obratuje kombinirano

$Q_{T\check{C},w,combi,i}$ - proizvedena toplota za toplo vodo s TČ v kombiniranem načinu delovanja [kWh] (enačba 261)

$Q_{w,s,l,i}$ - toplotne izgube hranilnika [kWh] (enačba 232 v povezavi s točko 11.3.2)

$p_{bu,w,i}$ - delež toplote dodatnega generatorja za pripravo tople vode [-]
(glej točko 11.3.4)

Časovna omejitev delovanja TČ:

$$t_{ON,T\check{C},t,i} = \min \left\{ \begin{array}{l} t_{i,eff} \\ t_{ON,T\check{C},h,sin,i} + t_{ON,T\check{C},w,sin,i} + t_{ON,T\check{C},combi,i} \end{array} \right. \quad [\text{h}] \quad (264)$$

$t_{ON,T\check{C},t,i}$ - skupen čas delovanja TČ v i -tem razredu [h]

$t_{i,eff}$ - efektivni čas v i -tem razredu [h] (enačba 220)

$t_{ON,T\check{C},h,sin,i}$ - čas delovanja TČ samo za ogrevanje v i -tem razredu [h] (enačba 255)

$t_{ON,T\check{C},w,sin,i}$ - čas delovanja TČ samo za pripravo tople vode v i -tem temperaturnem razredu [h] (enačba 254)

$t_{ON,T\check{C},combi,i}$ - čas delovanja TČ v kombiniranem načinu delovanja v i -tem razredu [h] (enačba 258)

Če je čas delovanja TČ večji od efektivnih ur v i -tem razredu:

$$t_{ON,T\check{C},t,i} > t_{i,eff}$$

potem je potrebna toplota dodatnega generatorja:

$$Q_{bu,cap,i} = (t_{ON,T\check{C},t,i} - t_{i,eff}) \cdot \overset{\square}{Q}_{T\check{C},i} \quad [\text{kWh}] \quad (265)$$

Enačba velja za ogrevanje (indeks h) in pripravo tople vode (indeks w).

$Q_{bu,cap,i}$ - potrebna toplota dodatnega generatorja

$t_{ON,T\check{C},t,i}$ - skupen čas delovanja TČ v i -tem razredu [h] (enačba 264)

$t_{i,eff}$ - efektivni čas v i -tem razredu [h] (enačba 220)

$\overset{\square}{Q}_{T\check{C},i}$ - toplotna moč TČ v i -tem razredu [kW] (enačba 227 in 228)

Skupni delež dodatne toplote drugega generatorja je:

$$p_{bu,i} = \frac{Q_{bu,op,i} + Q_{bu,cap,i}}{Q_{g,out,i}} \quad [-] \quad (266)$$

ali

$$p_{bu,i} = p_{bu,op,i} + p_{bu,cap,i} + \frac{(t_{ON,T\check{C},t,i} - t_{i,eff}) \cdot Q_{T\check{C},i}}{Q_{g,out,i}} \quad [-] \quad (267)$$

$p_{bu,i}$ - delež toplote drugega generatorja [-]

$Q_{bu,op,i}$ - toplota drugega generatorja zaradi temperaturne omejitve delovanja TČ [kWh]
(enačba 237)

$Q_{bu,cap,i}$ - toplota drugega generatorja zaradi manjše toplotne kapacitete TČ [kWh]
(enačba 265)

$Q_{g,out,i}$ - potrebna toplota za razdelilni podsistem za i – ti razred [kWh]:

$$Q_{g,out,i} = Q_{h,in,d,i} \quad (\text{enačba 218})$$

$$\text{ali} \quad Q_{g,out,i} = Q_{w,out,d,i} \quad (\text{enačba 223})$$

$$\text{ali} \quad Q_{g,out,i} = Q_{h,in,d,i} + Q_{w,out,g,i}$$

$p_{bu,op,i}$ - delež toplote drugega generatorja zaradi temperaturne omejitve delovanja TČ [-]
(glej točko 11.3.4)

$p_{bu,cap,i}$ - delež toplote drugega generatorja zaradi manjše toplotne kapacitete TČ [kWh]
(glej točko 11.3.4)

$t_{ON,T\check{C},t,i}$ - skupen čas delovanja TČ v i –tem razredu [h] (enačba 264)

$t_{i,eff}$ - efektivni čas v i –tem razredu [h] (enačba 220)

$Q_{T\check{C},i}$ - toplotna moč TČ v samostojnem ali kombiniranem načinu delovanja [kW]
(enačba 227 in 228)

Potrebna toplota drugega (dodatnega) generatorja toplote za kombiniran način delovanja je:

$$Q_{bu,T\check{C}} = \sum_i \left[p_{bu,h,i} \cdot (Q_{h,in,d,i} + Q_{h,l,i}) + p_{bu,w,i} \cdot (Q_{w,out,g,i} + Q_{w,l,i}) \right] \quad [\text{kWh}] \quad (268)$$

$Q_{bu,T\check{C}}$ - skupna potrebna toplota dodatnega generatorja toplote [kWh]

$p_{bu,h,i}$ - delež toplote drugega generatorja za ogrevanje (glej točko 11.3.4)

$Q_{h,in,d,i}$ - v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota za i – ti temperaturni razred [kWh] (enačba 218)

$Q_{h,l,i}$ - izgube za ogrevanje [kWh] (enačba 235)

$p_{bu,w,i}$ - delež toplote drugega generatorja za pripravo tople vode [-]
(glej točko 11.3.4)

$Q_{w,out,g,i}$ - potrebna toplota za pripravo tople vode za i – ti temperaturni razred [kWh]
(enačba 223)

$Q_{w,l,i}$ - toplotne izgube za pripravo tople vode [kWh] (enačba 236)

Potrebna toplota dodatnega generatorja toplote za ogrevanje:

$$Q_{bu,T\check{C},h} = \sum_i p_{bu,h,i} \cdot (Q_{h,in,d,i} + Q_{h,l,i}) \quad [\text{kWh}] \quad (269)$$

$Q_{bu,T\check{C},h}$ - potrebna toplota dodatnega generatorja toplote za ogrevanje [kWh]

$p_{bu,h,i}$ - delež toplote drugega generatorja za ogrevanje (glej točko 11.3.4)

$Q_{h,in,d,i}$ - v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota za i – ti temperaturni razred [kWh] (enačba 218)

$Q_{h,l,i}$ - izgube za ogrevanje [kWh] (enačba 235)

Potrebna toplota dodatnega generatorja toplote za pripravo tople vode:

$$Q_{bu,T\check{C},w} = \sum_i p_{bu,w,i} \cdot (Q_{w,out,g,i} + Q_{w,l,i}) \quad [\text{kWh}] \quad (270)$$

$Q_{bu,T\check{C},w}$ - potrebna toplota dodatnega generatorja toplote za pripravo tople vode [kWh]

$p_{bu,w,i}$ - delež toplote drugega generatorja za pripravo tople vode [-]
(glej točko 11.3.4)

$Q_{w,out,g,i}$ - potrebna toplota za pripravo tople vode za i – ti temperaturni razred [kWh]
(enačba 223)

$Q_{w,l,i}$ - toplotne izgube za pripravo tople vode [kWh] (enačba 236)

Proizvedena toplota TČ:

$$Q_{T\check{C}} = (Q_{h,in,d} + Q_{h,l}) + (Q_{w,out,g} + Q_{w,l}) - Q_{bu}$$

$Q_{T\check{C},h}$ - v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota TČ [kWh]
(enačba 82 ali enačba 210)

$Q_{h,l}$ - toplotne izgube za ogrevanje [kWh] (enačba 235)

$Q_{w,out,g}$ - potrebna toplota za pripravo tople vode [kWh] (enačba 114)

$Q_{w,l}$ - toplotne izgube za pripravo tople vode [kWh] (enačba 236)

Q_{bu} - toplota drugega (dodatnega) generatorja toplote [kWh] (enačba 268)

11.5 Dodatna energija za delovanje TČ

$$W_{T\check{C},aux} = (P_{prim,aux} + P_{sek,aux}) \cdot 0,001 \cdot t_{ON,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (271)$$

$W_{T\check{C},aux}$ - dodatna električna energija TČ [kWh]

$P_{prim,aux}$ - električna moč na primarnem krogu [W]

$P_{sek,aux}$ - električna moč na sekundarnem krogu [W]

$t_{ON,aux}$ - čas delovanja komponent TČ [h]

- za čas delovanja komponent lahko prevzamemo čas delovanja TČ

($t_{ON,TČ,t} = \sum_i t_{ON,TČ,i}$ – enačba 264)

11.6 Vračljive in vrnjene toplotne izgube

Toplotne izgube sistema TČ:

$$Q_{TČ,l} = Q_{h,l} + Q_{w,l} + W_{TČ,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (272)$$

$Q_{h,l}$ - izgube za ogrevanje [kWh] (enačba 235)

$Q_{w,l}$ - toplotne izgube za pripravo tople vode [kWh] (enačba 236)

$W_{TČ,aux}$ - dodatna električna energija TČ [kWh] (enačba 271)

Vrnjene toplotne izgube:

- za ogrevanje

$$Q_{rkh,TČ} = Q_{h,TČ,l} \cdot (1 - b_u) + W_{TČ,aux} \cdot 0,5 \cdot (1 - b_u) \quad (273)$$

Potrebna električna energija za delovanje TČ:

- za ogrevanje

$$E_{TČ,h} = \sum_{i=1}^k \frac{Q_{TČ,h,sin,i}}{COP_{h,sin,i}} + \sum_{i=1}^K \frac{Q_{TČ,h,combi,i}}{COP_{h,combi,i}} \quad [\text{kWh}] \quad (274)$$

$E_{TČ,h}$ - efektivna energija TČ za ogrevanje [kWh]

$Q_{TČ,h,sin,i}$ - proizvedena toplota TČ za ogrevanje za i – ti razred [kWh] (enačba 259)

$COP_{h,sin,i}$ - COP toplotne črpalke samo za ogrevanje za i – ti razred [-] (točka 11.2)

$Q_{TČ,h,combi,i}$ - proizvedena toplota TČ za ogrevanje v kombiniranem načinu delovanja [kWh] (enačba)

$COP_{h,combi,i}$ - COP toplotne črpalke pri kombiniranem načinu delovanja [-] (točka 11.2)

k – število razredov s temperaturnim korakom 1 K v samostojnem načinu delovanja TČ [-]

K – število razredov s temperaturnim korakom 1 K v kombiniranem načinu delovanja TČ [-]

- za pripravo tople vode

$$E_{T\check{C},w} = \sum_{i=1}^k \frac{Q_{T\check{C},w,\sin,i}}{COP_{w,\sin,i}} + \sum_{i=1}^K \frac{Q_{T\check{C},w,combi,i}}{COP_{w,combi,i}} \quad [\text{kWh}] \quad (275)$$

Skupna potrebna električna energija:

$$E_{T\check{C}} = E_{T\check{C},h} + E_{T\check{C},w} \quad [\text{kWh}] \quad (276)$$

Faktor učinkovitosti TČ (sezonski):

$$SPF = \frac{Q_{T\check{C},h} + Q_{T\check{C},w}}{E_{T\check{C}} + W_{T\check{C},aux}} \quad [-] \quad (277)$$

$E_{T\check{C}}$ - skupna potrebna električna energija za delovanje TČ [kWh] (enačba 276)

$W_{T\check{C},aux}$ - dodatna električna energija TČ [kWh] (enačba 271)

12. Potrebna toplota / hlad pri prezračevanju in sistemih z zrakom (za nestanovanjske stavbe)

Potrebna toplota / hlad zaradi prezračevanja in toplotnih obremenitev se izračuna po standardu OSIST EN 13790 (pri čemer se upošteva tudi standarda OSIST EN 15242 in / ali OSIST EN 15241).

12.1 Potrebna toplota za ogrevanje zaradi toplotnih prezračevalnih izgub:

$$Q_{v,\text{sink}} = Q_{v,\text{inf},\text{sink}} + Q_{v,\text{win},\text{sink}} + Q_{v,\text{mech},\text{sink}} \quad [\text{kWh}] \quad (278)$$

$Q_{v,\text{sink}}$ - potrebna toplota zaradi prezračevalnih izgub [kWh]

$Q_{v,\text{inf},\text{sink}}$ - potrebna toplota zaradi infiltracije zunanjega zraka [kWh] (enačba 279)

$Q_{v,\text{win},\text{sink}}$ - potrebna toplota zaradi prezračevanja z odpiranjem oken [kWh] (enačba 288)

$Q_{v,\text{mech},\text{sink}}$ - potrebna toplota zaradi mehanskega prezračevanja [kWh] (enačba 298)

12.1.1 Potrebna toplota zaradi infiltracije zunanjega zraka $Q_{v,\text{inf},\text{sink}}$

$$Q_{v,\text{inf},\text{sink}} = H_{v,\text{inf}} \cdot (\theta_i - \theta_{eM}) \cdot \frac{t}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (279)$$

če je $\theta_i > \theta_{eM}$

$Q_{v,\text{inf},\text{sink}}$ - potrebna toplota zaradi infiltracije zunanjega zraka [kWh]

$H_{v,inf}$ - koeficient prenosa toplote zaradi infiltracije zunanjega zraka [W/K] (enačba 280)

θ_i - notranja temperatura zraka [°C]

θ_{eM} - povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka [°C]

t - časovni interval [h] ($t = 24$ h)

$$H_{v,inf} = n_{inf} \cdot V \cdot c_{p,z} \cdot \rho_z \quad \left[\frac{W}{K} \right] \quad (280)$$

$H_{v,inf}$ - koeficient prenosa toplote zaradi infiltracije zunanjega zraka [W/K]

n_{inf} - povprečno število izmenjav zraka v 24 urah zaradi infiltracije [h^{-1}]
(enačba 281 ali 282)

V - neto volumen prostora [m^3]

$c_{p,z}$ - specifična toplota zraka [Wh/kgK ali kJ/kgK]

ρ_z - gostota zraka [kg/m^3]

Prevzamemo lahko vrednost $c_{p,z} \cdot \rho_z = 0,34 \quad \frac{Wh}{m^3 K}$

- za primer brez mehanskega prezračevanja je

$$n_{inf} = n_{50} \cdot e_{wind} \quad [h^{-1}] \quad (281)$$

- za primer z mehanskim prezračevanjem je

$$n_{inf,mech} = n_{50} \cdot e_{wind} \cdot \left(1 + f_{v,mech} \cdot \frac{t_{v,mech}}{24h} \right) \quad [h^{-1}] \quad (282)$$

n_{50} - število izmenjav zraka pri tlačni razliki 50 Pa [h^{-1}]

Če ni razpoložljivih rezultatov meritev, upoštevamo vrednosti iz Tabela 37)

e_{wind} - koeficient za upoštevanje zaščitenosti stavbe glede na veter. Kot prevzeto vrednost lahko upoštevamo $e_{wind} = 0,07$ [-] (glej OSIST EN 13790)

$t_{v,mech}$ - čas delovanja prezračevalne naprave (glej profil uporabe) [h]

$f_{v,mech}$ - faktor za upoštevanje povečanja ali zmanjšanja infiltracije zunanjega zraka zaradi delovanja naprave za mehansko prezračevanje [-]

- mehansko prezračevanje z uravnoveženim dovodom in odvodom zraka:

$$f_{v,mech} = 0 \quad [-] \quad (283)$$

- mehansko prezračevanje z dovodom zraka (in eventualnim odvodom, če je $n_{dov} > n_{odv}$:

$$f_{v,mech} = \frac{1}{1 + \frac{f_{wind}}{e_{wind}} \cdot \left(\frac{n_{dov} - n_{odv}}{n_{50}} \right)^2} - 1 \quad [-] \quad (284)$$

- mehansko prezračevanje z odvodom zraka (in eventualnim dovodom, če je $n_{odv} > n_{dov}$:

$$f_{v,mech} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{f_{wind}}{e_{wind}} \cdot \left(\frac{n_{dov} - n_{odv}}{n_{50}} \right)^2} \quad [-] \quad (285)$$

f_{wind}, e_{wind} - koeficient za upoštevanje zaščitnosti stavbe glede na veter. Kot prevzeto vrednost lahko upoštevamo $e_{wind} = 0,07$ in $f_{wind} = 15$ (glej standard OSIST EN 13790)

n_{dov} - število izmenjav zraka zaradi dovoda zraka [h^{-1}]

$$n_{dov} = n_{mech,dov} \quad [h^{-1}] \quad (286)$$

$n_{mech,dov}$ - število izmenjav zraka zaradi mehanskega dovoda zraka [h^{-1}]
(enačba 124 ali 125)

n_{odv} - število izmenjav zraka zaradi odvoda zraka [-]

$$n_{odv} = n_{mech,odv} \quad [h^{-1}] \quad (287)$$

$n_{mech,odv}$ - število izmenjav zraka zaradi mehanskega odvoda zraka [h^{-1}]
(glej profil koriščenja)

Tabela 37: Vrednosti števila izmenjav zraka n_{50}

Kategorija stavbe glede na tesnost	$n_{50} \quad [h^{-1}]$
I	3* 1,5*
II	4
III	6
IV	10

Kategorija I: zelo tesne stavbe: * - brez HVAC sistema

*** - s HVAC sistemom ali mehanskim prezračevanjem

Kategorija II: tesne stavbe

Kategorija III: stavbe, ki ne spadajo v I, II ali IV kategorijo

Kategorija IV: netesne stavbe

12.1.2 Potrebna toplota zaradi prezračevanja z odpiranjem oken $Q_{v,win,sink}$

$$Q_{v,win,sink} = H_{v,win} \cdot (\theta_i - \theta_{e,M}) \cdot \frac{t}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (288)$$

če je $\theta_i > \theta_{e,M}$

$Q_{v,win,sink}$ - potrebna toplota zaradi prezračevanja z odpiranjem oken [kWh]

$H_{v,win}$ - koeficient prenosa toplote zaradi prezračevanja z odpiranjem oken [W/K]

θ_i - notranja temperatura zraka [°C]

$\theta_{e,M}$ - povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka [°C]

t - časovni interval [h] ($t = 24 \text{ h}$)

$$H_{v,win} = n_{win} \cdot V \cdot 0,34 \quad [\text{W/K}] \quad (289)$$

$n_{v,win}$ - število dnevnih izmenjav zraka zaradi prezračevanja z odpiranjem oken [h^{-1}]

- za cone brez mehanskega prezračevanja:

$$n_{v,win} = 0,1 \cdot \text{h}^{-1} + \Delta n_{win} \cdot \frac{t_{koriščenja}}{24 \text{ h}} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (290)$$

Δn_{win} - dodatno število izmenjav zraka med časom koriščenja, brez mehanskega prezračevanja [h^{-1}] (enačba 292 ali 293)

$t_{koriščenja}$ - čas koriščenja cone v 24 urah [h] (glej profil koriščenja)

$n_{koriščenja}$ - minimalno zahtevano število izmenjav zraka glede na profil koriščenja [h^{-1}]

$$n_{koriščenja} = \frac{\dot{V}_A \cdot A_B}{V} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (291)$$

$\dot{V}_A$ - minimalni specifični pretok svežega zraka [m^3/hm^2] (glej profil koriščenja)

A_B - referenčni tloris cone [m^2]

V - neto prostornina cone [m^3]

$$\Delta n_{win} = n_{koriščenja} - \frac{n_{koriščenja} - 0,2 \cdot \text{h}^{-1}}{\text{h}^{-1}} \cdot n_{inf} - 0,1 \cdot \text{h}^{-1} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (292)$$

če je $n_{koriščenja} < 1,2 \text{ h}^{-1}$ in $\Delta n_{win} > 0 \text{ h}^{-1}$

$$\text{drugače je } \Delta n_{win} = 0 \text{ h}^{-1} \quad (293)$$

oziroma:

$$\Delta n_{win} = n_{koriščenja} - n_{inf} - 0,1 \cdot \text{h}^{-1} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (294)$$

če je $n_{koriščenja} \geq 1,2 \text{ [h}^{-1}\text{]}$ in $\Delta n_{win} > 0 \text{ [h}^{-1}\text{]}$

drugače je $\Delta n_{win} = 0 \text{ [h}^{-1}\text{]}$ (295)

n_{inf} - povprečno število izmenjav zraka v 24 urah zaradi infiltracije zunanjega zraka $\text{[h}^{-1}\text{]}$ (enačba 281)

- za cone z mehanskim prezračevanjem, pri katerih je čas koriščenja enak času delovanja prezračevalne / HVAC naprave ($t_{v,mech} = t_{koriščenja}$):

$$n_{win} = 0,1 \cdot h^{-1} + \Delta n_{win,mech} \cdot \frac{t_{v,mech}}{24 \cdot h} \quad \text{[h}^{-1}\text{]} \quad (296)$$

- za cone z mehanskim prezračevanjem, pri katerih je čas koriščenja daljši od časa delovanja prezračevalne / HVAC naprave ($t_{v,mech} < t_{koriščenja}$):

$$n_{win} = 0,1 \cdot h^{-1} + \Delta n_{win} \cdot \frac{t_{v,koriščenja} - t_{v,mech}}{24 \cdot h} + \Delta n_{win,mech} \cdot \frac{t_{v,mech}}{24 \cdot h} \quad \text{[h}^{-1}\text{]} \quad (297)$$

Δn_{win} - dodatno število izmenjav zraka med časom koriščenja, brez mehanskega prezračevanja $\text{[h}^{-1}\text{]}$ (enačba 292 ali 293)

$\Delta n_{win,mech}$ - dodatno število izmenjav zraka med časom koriščenja, sistemi z mehanskim prezračevanjem / HVAC $\text{[h}^{-1}\text{]}$

$t_{v,koriščenja}$ - čas koriščenja cone v 24 urah [h] (glej profil koriščenja)

$t_{v,mech}$ - dnevni čas obratovanja prezračevalne / HVAC naprave (glej profil koriščenja)

$\Delta n_{win,mech}$:

- v času mirovanja prezračevalne / HVAC naprave:

če je $n_{koriščenja} < 1,2 \cdot h^{-1}$:

$$\Delta n_{win,mech} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ [h}^{-1}\text{]} \\ n_{koriščenja} - \frac{n_{koriščenja} - 0,2 \cdot h^{-1}}{h^{-1}} \cdot n_{inf,mech} - 0,1 \cdot h^{-1} \text{ [h}^{-1}\text{]} \end{array} \right.$$

če je $n_{koriščenja} \geq 1,2 \cdot h^{-1}$:

$$\Delta n_{win,mech} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ [h}^{-1}\text{]} \\ n_{koriščenja} - n_{inf,mech} - 0,1 \cdot h^{-1} \text{ [h}^{-1}\text{]} \end{array} \right.$$

$n_{inf,mech}$ - število izmenjav zraka zaradi infiltracije zraka v primeru mehanskega prezračevanja / HVAC naprave $\text{[h}^{-1}\text{]}$ (enačba 282)

- v času delovanja prezračevalne / HVAC naprave:

- če je $\Delta n_{win,mech} \leq n_{dov}$ in $n_{odv} \leq (n_{dov} + n_{inf})$:

$$\Delta n_{win,mech} = 0 \quad [h^{-1}]$$

- če je $\Delta n_{win,mech} \leq n_{dov}$ in $n_{odv} > (n_{dov} + n_{inf})$:

$$\Delta n_{win,mech} = n_{odv} - n_{dov} - n_{inf}$$

- če je $\Delta n_{win,mech} > n_{dov}$ in $n_{odv} \leq (\Delta n_{win,mech,o} + n_{inf})$:

$$\Delta n_{win,mech} = \Delta n_{win,mech} - n_{dov}$$

- če je $\Delta n_{win,mech} > n_{dov}$ in $n_{odv} > (\Delta n_{win,mech,o} + n_{inf})$:

$$\Delta n_{win,mech} = n_{odv} - n_{dov} - n_{inf}$$

12.1.3 Potrebna toplota zaradi mehanskega prezračevanja $Q_{v,mech,sink}$

$$Q_{v,mech,sink} = H_{v,mech,h} \cdot (\theta_i - \theta_{v,mech,h}) \cdot \frac{t_{v,mech,h}}{1000} \quad [kWh] \quad (298)$$

če je $\theta_i > \theta_{v,mech,h}$

$Q_{v,mech,sink}$ - potrebna toplota zaradi mehanskega prezračevanja [kWh]

$H_{v,mech,h}$ - koeficient prenosa toplote zaradi mehanskega prezračevanja [W/K] (enačba 299)

θ_i - notranja temperatura zraka [°C]

$\theta_{v,mech,h}$ - povprečna temperatura dovedenega zraka [°C] (glej točko 12.3)

$t_{v,mech,h}$ - časovni interval delovanja naprave – ogrevanje (glej profil koriščenja)

$$H_{v,mech,h} = 0,34 \cdot \dot{V}_h \cdot \left(\frac{\theta_i - \theta_{v,mech,h}}{\theta_i - \theta_{eM}} \right) \quad [W/K] \quad (299)$$

$H_{v,mech,h}$ - koeficient prenosa toplote zaradi mehanskega prezračevanja [W/K]

$\dot{V}_h$ - volumski pretok zraka – ogrevanje [m³/h]

θ_i - notranja temperatura zraka [°C]

$\theta_{v,mech,h}$ - temperatura dovedenega zraka - ogrevanje [°C] (glej točko 12.3)

θ_{eM} - povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka [°C]

12.2 Potreben hlad za hlajenje zaradi prezračevanja

$$Q_{v,source} = Q_{v,inf,source} + Q_{v,win,source} + Q_{v,mech,source} \quad [\text{kWh}] \quad (300)$$

$Q_{v,source}$ - potreben hlad zaradi prezračevanja [kWh]

$Q_{v,inf,source}$ - potreben hlad zaradi infiltracije zunanjega zraka [kWh] (enačba 301)

$Q_{v,win,source}$ - potreben hlad zaradi prezračevanja z odpiranjem oken [kWh] (enačba 302)

$Q_{v,mech,source}$ - potreben hlad zaradi mehanskega prezračevanja [kWh] (enačba 303)

12.2.1 Potreben hlad zaradi infiltracije zunanjega zraka $Q_{v,inf,source}$

Postopek izračuna poteka enako kot v točki 12.1.1, pri čemer je namesto enačbe (279) upoštevana enačba:

$$Q_{v,inf,source} = H_{v,inf} \cdot (\theta_{eM} - \theta_i) \cdot \frac{t_{v,mech,c}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (301)$$

če je $\theta_{eM} > \theta_i$

$t_{v,mech,c}$ - čas delovanja naprave [h] (glej profil koriščenja)

12.2.2 Potreben hlad zaradi prezračevanja z odpiranjem oken $Q_{v,win,source}$

Postopek izračuna poteka enako kot v točki 12.1.2, pri čemer je namesto enačbe (288) upoštevana enačba:

$$Q_{v,win,source} = H_{v,win} \cdot (\theta_{eM} - \theta_i) \cdot \frac{t_{v,mech,c}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (302)$$

če je $\theta_{eM} > \theta_i$

$t_{v,mech,c}$ - čas delovanja naprave [h] (glej profil koriščenja)

12.2.3 Potreben hlad zaradi mehanskega prezračevanja $Q_{v,mech,source}$

$$Q_{v,mech,source} = H_{v,mech,c} \cdot (\theta_i - \theta_{e,M}) \cdot \frac{t_{v,mech,c}}{1000} + H_{v,noč} \cdot (\theta_i - \theta_{e,M}) \cdot \frac{t_{noč}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (303)$$

$Q_{v,mech,source}$ - potreben hlad zaradi mehanskega prezračevanja [kWh]

$H_{v,mech,c}$ - koeficient prenosa toplote zaradi mehanskega prezračevanja [W/K]

θ_i - notranja temperatura zraka [°C]

$\theta_{e,M}$ - povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka [°C]

$t_{v,mech,c}$ - časovni interval delovanja naprave - hlajenje [h] (glej profil koriščenja)

$t_{noč}$ - čas delovanja naprave za nočno prezračevanje [h] (glej profil koriščenja)

$$H_{v,mech,c} = 0,34 \cdot \dot{V}_c \cdot \left(\frac{\theta_i - \theta_{c,mech}}{\theta_i - \theta_{e,M}} \right) \quad [\text{W/K}] \quad (304)$$

$H_{v,mech,c}$ - koeficient prenosa toplote zaradi mehanskega prezračevanja - hlajenje [W/K]

θ_i - notranja temperatura zraka [°C]

$\theta_{c,mech}$ - temperatura dovedenega zraka – hlajenje [°C] (glej točko 12.3)

$\theta_{e,M}$ - povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka [°C]

$\dot{V}_c$ - volumski pretok zraka – hlajenje [m³/h]

$$H_{v,noč} = 0,34 \cdot \dot{V}_{noč} \cdot f_{noč} \quad [\text{W/K}] \quad (305)$$

$H_{v,noč}$ - koeficient prenosa toplote zaradi mehanskega prezračevanja v nočnem času [W/K]

$\dot{V}_{noč}$ - volumski pretok zraka v nočnem času [m³/h] (glej profil koriščenja)

$f_{noč}$ - korekturni faktor za nočno prezračevanje zaradi vpliva konstrukcije stavbe [-]

$f_{noč} = 0,4$ - za lahke stavbe (lesene, montažne, brez masivnih notranjih delov konstrukcije)

$f_{noč} = 0,6$ - za srednje težke stavbe (mešane konstrukcije, npr. masivni zunanji zidovi in notranji zidovi lahke konstrukcije)

$f_{noč} = 0,8$ - za težke stavbe (stavbe pretežno težke konstrukcije)

$f_{noč} = 0,9$ - za zelo težke stavbe

12.3 Temperatura zraka pri mehanskem prezračevanju

- Samo mehansko prezračevanje:

$$\theta_{v,mech} = \theta_{e,M} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (306)$$

- Mehansko prezračevanje s prenosnikom toplote, temperatura odvedenega zraka je enaka temperaturi zraka v prostoru:

$$\theta_{v,mech} = \theta_{e,M} + \eta_{V,mech} \cdot (\theta_i - \theta_{e,M}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (307)$$

$\eta_{V,mech}$ - izkoristek rekuperatorja / regenerotorja pri mehanskem prezračevanju [-]

- Mehansko prezračevanje s HVAC napravo, kontrolirana temperatura vpihavanega zraka:

$$\theta_{v,mech} = \theta_{v,mech,HVAC} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (308)$$

$\theta_{v,mech,HVAC}$ - temperatura vpihavanega zraka [$^{\circ}\text{C}$]

12.4 Maksimalna potrebna moč ogrevanja / hlajenja za sisteme z mehanskim prezračevanjem / HVAC

12.4.1 Maksimalna potrebna moč ogrevanja za sisteme z mehanskim prezračevanjem

Potrebna moč za sisteme z mehanskim prezračevanjem, vključno z dogrevanjem vpihovanega zraka, je določena z enačbo:

$$\dot{Q}_{h,max,res} = \dot{Q}_{T,max} + \dot{Q}_{V,max} + \dot{Q}_{V,mech,min} \quad [\text{kW}] \quad (309)$$

$\dot{Q}_{T,max}$ - maksimalna potrebna toplotna moč za pokrivanje transmisijskih toplotnih izgub
[kW] (določeno po standardu OSIST EN 13790)

$\dot{Q}_{V,max}$ - maksimalna potrebna toplotna moč za pokrivanje prezračevalnih toplotnih izgub brez mehanskega prezračevanja / HVAC [kW]
(določeno po standardu OSIST EN 13790)

$\dot{Q}_{V,mech,min}$ - potrebna toplotna moč za pokrivanje toplotnih izgub zaradi mehanskega prezračevanja / HVAC sistema [kW]

$$\dot{Q}_{V,mech,min} = \dot{V}_{mech,min} \cdot \rho_z \cdot c_{pz} \cdot (\theta_i - \theta_{v,mech}) \quad [\text{kW}] \quad (310)$$

če je $\theta_i > \theta_{v,mech}$

θ_i - notranja temperatura cone v času ogrevanja [$^{\circ}\text{C}$]

$\theta_{v,mech}$ - temperatura dovedenega zraka v času ogrevanja [$^{\circ}\text{C}$] (točka 12.3)

$\dot{V}_{mech,min}$ - minimalni volumski pretok svežega zraka pri projektnih pogojih za čas ogrevanja.

V kolikor ni drugače določeno, je $\dot{V}_{mech,min} = \dot{V}_{min}$ (točka 14.1)

Za ogrevalne sisteme brez mehanskega prezračevanja / HVAC je

$$\dot{Q}_{h,max,res} = \dot{Q}_{NH}$$

12.4.2 Maksimalna potrebna moč hlajenja za sisteme z mehanskim prezračevanjem

Potrebna maksimalna hladilna moč za sisteme brez mehanskega prezračevanja je določena z enačbo:

$$\dot{Q}_{c,\max} = 0,8 \cdot (\dot{Q}_{\text{source},\max} - \dot{Q}_{\text{sink},\max}) \cdot \left(1 + 0,3 \cdot e^{-\frac{\tau}{120 \cdot h}} \right) - \frac{C_{\text{eff}}}{60 \cdot h} \cdot (\Delta\theta - 2 \cdot K) + \frac{C_{\text{eff}}}{40 \cdot \frac{h}{K}} \cdot \left(\frac{12 \cdot h}{t_{c,op,d}} - 1 \right) \quad [\text{kW}] \quad (311)$$

$\dot{Q}_{\text{source},\max}$ - vsota toplotnih virov znotraj cone [kW]
(določeno po standardu OSIST EN 13790)

$\dot{Q}_{\text{sink},\max}$ - vsota toplotnih ponorov znotraj cone [kW]
(določeno po standardu OSIST EN 13790)

τ - časovna konstanta [h]

$$\tau = \frac{C_{\text{eff}}}{H} = \frac{C_{\text{eff}}}{\sum H_T + \sum H_V + \sum H_{V,mech,\theta}} \quad [\text{h}] \quad (312)$$

$\sum H_T$ - vsota koeficientov transmisijskih toplotnih prehodnosti
(določeno po standardu OSIST EN 13790)

$\sum H_V$ - vsota koeficientov prezračevalnih toplotnih prehodnosti
(določeno po standardu OSIST EN 13790)

$$H_{V,mech,\theta} = H_{V,mech} \cdot \frac{\theta_i - \theta_{V,mech}}{6 \cdot K}$$

$\theta_{V,mech}$ - temperatura vpihovanega zraka [°C] (točka 12.3)

$H_{V,mech}$ - koeficient prezračevalne toplotne prehodnosti [W/K] (enačba 304)

- za HVAC naprave brez funkcije hlajenja je

$$H_{V,mech,\theta} = n_{mech} \cdot V \cdot \rho_z \cdot c_{pz}$$

$$n_{mech} = n_{mech,dov} \cdot \frac{t_{V,mech}}{24 \cdot h}$$

$n_{mech,dov}$ - število izmenjav zraka zaradi mehanskega dovoda zraka [h⁻¹]
(glej profil koriščenja)

$t_{V,mech}$ - dnevni čas delovanja naprave za mehansko prezračevanje [h⁻¹]

V – neto volumen cone [m³]

ρ_z - gostota zraka [kg/m³]

c_{pz} - specifična toplota zraka [kJ]

$$\rho_z \cdot c_{pz} = 0,34 \quad [\text{Wh/m}^3\text{K}]$$

- v primeru, da je $\theta_{V,mech} \geq \theta_i$ je

$$H_{V,mech} = 0$$

Če je časovna konstanta $\tau < 48$ h, potem v enačbi 311 upoštevamo časovno konstanto $\tau = 48$ h.

C_{eff} - efektivna toplotna akumulacija cone [Wh/K]

$$C_{eff} = A_B \cdot 50 \quad [\text{Wh/m}^2\text{K}] \quad - \text{lahka gradnja (prevzeta vrednost)}$$

$$C_{eff} = A_B \cdot 90 \quad [\text{Wh/m}^2\text{K}] \quad - \text{srednjetežka gradnja (} \rho_{\text{zunanjskega zidu}} \geq 600 \text{ kg/m}^3 \text{)}$$

$$C_{eff} = A_B \cdot 130 \quad [\text{Wh/m}^2\text{K}] \quad - \text{težka gradnja (} \rho_{\text{zunanjskega zidu}} \geq 1000 \text{ kg/m}^3 \text{)}$$

A_B - neto tlorisna površina cone [m²]

Potrebna maksimalna hladilna moč za sisteme z mehanskim prezračevanjem je določena z enačbo:

$$\dot{Q}_{c,max,res} = \dot{Q}_{c,max} - \dot{V}_{mech,max} \cdot \rho_z \cdot c_{pz} \cdot (\theta_{i,max} - \theta_{V,mech}) \quad [\text{kW}] \quad (313)$$

$\dot{Q}_{c,max}$ - maksimalna potrebna hladilna moč [kW] (enačba 311)

$\dot{V}_{mech,max}$ - maksimalni volumski pretok zraka pri mehanskem prezračevanju:

- za sisteme s konstantnim volumskim pretokom:

$$\dot{V}_{mech,max} = \dot{V}_{mech,k} \quad (\text{točka 14.1.1})$$

- za sisteme s časovno spremenljivim volumskim pretokom zraka:

$$\dot{V}_{mech,max} = \dot{V}_{mech,max,v} \quad (\text{točka 14.1.2})$$

- za sisteme z variabilnim volumskim pretokom zraka: (točka 14.1.3)

$\theta_{i,max}$ - računska vrednost notranje temperature pri projektnih pogojih

$$\theta_{i,max} = \frac{\theta_{i,c,max} - \theta_{i,c} - 2 \cdot K}{2}$$

$\theta_{i,c,max}$ - najvišja dopustna notranja temperatura pri projektnih pogojih
(glej profil koriščenja)

$\theta_{i,c}$ - notranja temperatura pri projektnih pogojih (glej profil koriščenja)

Za hladilne sisteme brez mehanskega prezračevanja / HVAC je

$$\dot{Q}_{c,max,res} = \dot{Q}_{c,max}$$

13. Dovedena energija za hlajenje

13.1 Dovedena energija za hlajenje za sobne sisteme (RAC)

Dovedena energija za hlajenje je določena z enačbo:

$$Q_{c,in,g} = Q_{c,out,g} + Q_{c,g,l} \quad [\text{kWh}] \quad (314)$$

$Q_{c,in,g}$ - dovedena energija v napravo za hlajenje [kWh]

$Q_{c,out,g}$ - iz naprave odveden hlad v hladilni sistem [kWh] (enačba 315)

$Q_{c,g,l}$ - toplotne izgube (dobitki) naprave za hlajenje [kWh]

$$Q_{c,g,l} = 0 \quad [\text{kWh}]$$

$$Q_{c,out,g} = Q_{NC} + Q_{c,s,l} + Q_{c,d,l} + Q_{c,em,l} \quad [\text{kWh}] \quad (315)$$

$Q_{c,out,g}$ - iz naprave odveden hlad v hladilni razvodni sistem [kWh]

Q_{NC} - potreben hlad za hlajenje cone [kWh] (OSIST EN 13790)

$Q_{c,s,l}$ - toplotne izgube akumulatorja [kWh] (enačba 316)

$Q_{c,d,l}$ - toplotne izgube razdelilnega sistema [kWh] (enačba 317)

$Q_{c,em,l}$ - toplotne izgube končnih prenosnikov [kWh] (enačba 318)

$$Q_{c,s,l} = 0 \quad [\text{kWh}] \quad (316)$$

$$Q_{c,d,l} = (1 - \eta_{c,d}) \cdot Q_{NC} \quad [\text{kWh}] \quad (317)$$

Q_{NC} - potreben hlad za hlajenje cone [kWh] (OSIST EN 13790)

$\eta_{c,d}$ - učinkovitost razdelilnega sistema za hlad [-] (Tabela 38)

$$Q_{c,em,l} = \left[(1 - \eta_{c,em}) + (1 - \eta_{c,em,sens}) \right] \cdot Q_{NC} \quad [\text{kWh}] \quad (318)$$

$\eta_{c,em}$ - učinkovitost končnih prenosnikov [kWh] (Tabela 38)

$\eta_{c,em,sens}$ - senzibilna učinkovitost končnih prenosnikov [kWh] (Tabela 38)

Tabela 38: Učinkovitost končnih prenosnikov hladu in razdelilnega sistema

Hladilni sistem	$\eta_{c,d}$	$\eta_{c,em}$	$\eta_{c,em,sens}$
vodni, 6/12	0,90	1,00	0,87
vodni, 8/14	0,90	1,00	0,90
vodni, 14/18	1,00	1,00	1,00
vodni, 16/18	1,00	1,00	1,00
vodni, 18/20	1,00	0,90	1,00
neposredno uparjanje (DX)	1,00	1,00	0,87

13.2 Dovedena energija za kombinirano hlajenje s sobnim sistemom (RAC) in centralnim hladilnim sistemom (CAC / HVAC)

Doveden hlad za hlajenje:

$$Q_{c,in,g} = Q_{c,out,g,skupni} + Q_{c,g,l} \quad [\text{kWh}] \quad (319)$$

$Q_{c,in,g}$ - doveden hlad v napravo za hlajenje [kWh]

$Q_{c,out,g,skupni}$ - iz naprave odveden hlad v hladilni razvodni sistem [kWh] (enačba 320)

$Q_{c,g,l}$ - toplotne izgube (dobitki) naprave za hlajenje [kWh]

$$Q_{c,g,l} = 0 \text{ kWh}$$

$$Q_{c,out,g,skupni} = Q_{c,out,g} + Q_{c^*,out,g} \quad [\text{kWh}] \quad (320)$$

$Q_{c,out,g}$ - potreben hlad za sobni hladilni sistem (RAC) [kWh] (enačba 315)

$Q_{c^*,out,g}$ - potreben hlad za centralni hladilni sistem (CAC / HVAC) [kWh] (enačba 392)

13.2.1 Potrebna električna energija za primarni krogotok in vodno hlajeni kondenzator

Računa se po postopku, opisanem v točki 13.3.2, pri čemer se upošteva naslednje:

$$\text{enačba 324 je: } \beta_{c,d,M} = \frac{Q_{c,out,skupni}}{\dot{Q}_{c,max} \cdot t_{c,M}}$$

$Q_{c,out,skupni}$ - skupna potrebna hladilna toplota [kWh] (enačba 320)

$$\dot{Q}_{c,max} = \dot{Q}_{c,max,res} + \dot{Q}_{c^*,max,res}$$

$\dot{Q}_{c,max,res}$ - maksimalna hladilna moč za sistem RAC [kW] (enačba 313)

$\dot{Q}_{c^*,max,res}$ - maksimalna hladilna moč za sistem CAC / HVAC [kW] (enačba 353)

$$t_c = \max \left\{ \begin{matrix} t_c \\ t_{c^*} \end{matrix} \right\} \quad (\text{enačba 44 ali enačba 389})$$

13.3 Dodatna električna moč

13.3.1 Potrebna električna energija za končne prenosnike (ventilatorji)

$$W_{c,em,aux} = Q_{c,out,g} \cdot f_{c,em,aux} \cdot \frac{t_c}{1000 \cdot h} \quad [\text{kWh}] \quad (321)$$

$W_{c,em,aux}$ - potrebna električna energija za končne prenosnike [kWh]

$Q_{c,out,g}$ - iz hladilne naprave odveden hlad v hladilni sistem [kWh] (enačba 315)

$f_{c,em,aux}$ - specifična raba električne energije končnega prenosnika [-] (Tabela 39)

t_c - mesečni čas delovanja hladilnega sistema [h] (enačba 44)

Tabela 39: Specifična raba električne energije končnega prenosnika

Vrsta končnega prenosnika	nazivna moč [kW/kW]	$f_{c,em,aux}$ [kWh/kWh]
DX zračni sistem, kanalni razvod	0,030	0,060
DX zračni sistem, razvod s stopnimi kasetami	0,020	0,040
DX sistem, enote na stenah / parapetu	0,020	0,040
ventilatorski konvektorji 6°C	0,020	0,040
ventilatorski konvektorji 14°C, z enotami	0,035	0,070
ventilatorski konvektorji 14°C, kanalni razvod	0,040	0,080

13.3.2 Potrebna energija za hidravlične krogotoke

Potrebno električno energijo za hidravlične krogotoke se določi za vse zanke, v katerih so nameščene obtočne črpalke. Glede na vrsto hladilnega sistema so možne naslednje štiri vrste krogotokov:

- krogotok hlajenja kondenzatorja (vodno hlajen kondenzator, krogotok med kondenzatorjem in ponorom toplote v okolici)
- primarni krogotok (vodno hlajenje, krogotok med uparjalnikom in hidravlično ločnico)
- sekundarni krogotok (razdelilni, krogotok med hidravlično ločnico in končnimi prenosniki) :
 - krogotok za sobne hladilne sisteme (RAC)
 - krogotok za centralno hlajenje (CAC)

Za hlajenje v coni z več krogotoki se postopek izračuna ponovi za vsak krogotok.

Potrebna električna energija za kapljevinske sisteme je določena z enačbo:

$$W_{c,d,aux} = W_{c,d,hydr} \cdot e_{c,d} \quad [\text{kWh}] \quad (322a)$$

za krogotok hlajenja kondenzatorja in primarni krogotok.

Za sekundarni razdelilni krogotok (RAC in CAC) je potrebna električna energija določena z enačbo:

$$W_{c,d,aux} = W_{c,d,hydr} \cdot e_{c,d} \cdot \frac{A_{cone}}{A_{sistem}} \quad [\text{kWh}] \quad (322b)$$

$W_{c,d}$ - potrebna električna energija [kWh]

$W_{c,d,hydr}$ - potrebna hidravlična energija [kWh] (enačba 323)

$e_{c,d}$ - faktor rabe električne energije črpalke [-] (enačba 329)

A_{cone} - neto tlorsna površina hlajene cone [m^2]

A_{sistem} - neto tlorsna površina deleža hlajene cone za i – ti krogotok [m^2]

$$W_{c,d,hydr} = \frac{P_{hydr}}{1000} \cdot \beta_{c,d,M} \cdot t_c \cdot f_{abgl} \quad [\text{kWh}] \quad (323)$$

P_{hydr} - hidravlična moč v načrtovani obratovalni točki [W] (enačba 326)

$\beta_{c,d,M}$ - povprečna mesečna obremenitev kapljevinskega sistema [-] (enačba 324)

t_c - mesečni čas delovanja hladilnega sistema [h] (enačba 44)

f_{abgl} - korekcijski faktor za upoštevanje hidravličnega uravnoveženja [-]

- za hidravlično uravnovežene sisteme: $f_{abgl} = 1$
- za hidravlično neuravnovežene sisteme: $f_{abgl} = 1,25$

$$\beta_{c,d,M,i} = \frac{Q_{c,in,em,i}}{\dot{Q}_c \cdot t_c} \quad [-] \quad (324)$$

$\beta_{c,d,M,i}$ - povprečna mesečna obremenitev i – tega krogotoka kapljevinskega sistema [-]

$\dot{Q}_c$ - nazivna hladilna moč hladilne naprave [kW]

t_c - mesečni čas delovanja hladilnega sistema [h] (enačba 44)

$Q_{c,in,em,i}$ - potrebna toplota (hlad) za končne prenosnike [kWh]

$$Q_{c,in,em,i} = Q_{CN,i} + Q_{c,em,i} \quad [\text{kWh}] \quad (325)$$

$Q_{CN,i}$ - potreben hlad za hlajenje i – tega sistema v coni [kWh] (po OSIST EN 13790)

$Q_{c,em,i}$ - toplotne izgube končnih prenosnikov i – tega sistema v coni [kWh] (enačba 318)

Hidravlična moč v načrtovani obratovalni točki $P_{hydr,i}$

$$P_{hydr,i} = 1000 \cdot \Delta p_{c,i} \cdot \frac{\dot{V}_{c,i}}{3600 \cdot \frac{s}{h}} \quad [\text{W}] \quad (326)$$

$\Delta p_{c,i}$ - tlačni padec i – tega krogotoka [kPa] (enačba 328)

$\dot{V}_{c,i}$ - volumski pretok kapljevine v i – tem krogotoku [m³/h] (enačba 327)

Volumski pretok kapljevine $\dot{V}_{c,i}$:

$$\dot{V}_{c,i} = \frac{3600 \cdot \frac{S}{h} \cdot \dot{Q}_{c,max,res,i}}{\rho_{c,i} \cdot c_{pc,i} \cdot \Delta\theta_{c,i}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (327)$$

$\dot{V}_{c,i}$ - volumski pretok kapljevine v i – tem krogotoku [m³/h]

$\dot{Q}_{c,max,res,i}$ - maksimalna hladilna moč za hlajenje v i – tem krogotoku v coni [kW]
(enačba 313)

$\rho_{c,i}$ - gostota kapljevine v i – tem krogotoku [kg/m³]

$c_{pc,i}$ - specifična toplota kapljevine v i – tem krogotoku [kJ/kgK]

$\Delta\theta_{c,i}$ - temperaturna razlika med vstopom in izstopom kapljevine v i – tem krogotoku [K]
(podatek ali vrednost iz Tabela 45)

Tlačni padec

$$\Delta p_c = 0,16 \cdot L_{\max} + \Delta p_g + \Delta p_{reg} + \Delta p_{em} \quad [\text{kPa}] \quad (328)$$

$$L_{\max} = 2 \cdot \left(L + \frac{B}{2} + n_G \cdot h_G + 10 \right)$$

Za primarni krogotok je $L_{\max} = 2 \cdot L$

L - dolžina cone (stavbe) [m]

B - širina cone (stavbe) [m]

n_G - število ogrevanih etaž v coni (delu stavbe) [m]

h_G - povprečna višina etaže v coni (delu stavbe) [m]

Δp_g - tlačni padec na generatorju hladu [kPa]

○ ploščati uparjalnik: $\Delta p_g = 40 \text{ kPa}$

○ cevni uparjalnik: $\Delta p_g = 30 \text{ kPa}$

Δp_{reg} - tlačni padec na regulacijskem ventilu [kPa]

$$\Delta p_{reg} = 0,66 \cdot \Delta p_{em}$$

Δp_{em} - tlačni padec na končnem prenosniku [kPa]

○ indukcijske naprave: $\Delta p_{em} = 35 \text{ kPa}$

○ konvektor, hladilni strop: $\Delta p_{em} = 35 \text{ kPa}$

V kolikor ni razpoložljivih podatkov za izračun volumnskega pretoka hlajene vode in tlačnega padca lahko upoštevamo vrednosti iz Tabela 40 in Tabela 41.

Za sisteme hlajenja s hladno vodo lahko upoštevamo naslednje vrednosti:

Tabela 40: Specifični volumnski pretok vode

Vrsta krogotoka	temperaturna razlika	$\dot{V}_{spec}$ [(m ³ /h)/kW]
Primarni krogotok, krogotok HVAC hlajenje	$\Delta\theta = 6$ K	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Sekundarni krogotok (RAC)	$\Delta\theta = 2$ K	$1,2 \cdot 10^{-5}$

$$\dot{V}_c = \dot{V}_{spec} \cdot Q_{c,out,g} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$Q_{c,out,g}$ - iz naprave odveden hlad v hladilni razvodni sistem [kWh] (enačba 315)

Tabela 41: Tlačni padec

Vrsta krogotoka	Tlačni padec Δp_c [kPa]		
	veliki upori	zmerni upori	majhni upori
Primarni krogotok	150	100	50
Glavni razdelilni krogotok	400	250	150
Krogotok HVAC hlajenje	250	150	100
Sekundarni krogotok (RAC)	400	300	200

Faktor rabe električne energije črpalke $e_{c,d}$

$$e_{c,d} = f_e \cdot \left(C_{p1} + \frac{C_{p2}}{\beta_{c,d,M}} \right) \quad [-] \quad (329)$$

$\beta_{c,d,M}$ - povprečna mesečna obremenitev razvodnega omrežja [-] (enačba 324)

$$\text{neznana črpalka:} \quad f_e = \left[1,25 + \left(\frac{200}{P_{hydr}} \right)^{0,5} \right] \cdot b$$

$b=1$ - nova stavba

$b=1,2$ - obstoječa stavba

pri P_{hydr} v W.

$$\text{znana črpalka:} \quad f_e = \frac{P_{pump}}{P_{hydr}}$$

C_{p1} , C_{p2} - regulacija črpalke: C_{p1} , C_{p2}
 ni regulacije: 0,25 , 0,75
 z regulacijo: 0,85 , 0,15

13.4 Potrebna energija za hlad

Za hladilne naprave z energetske učinkovitostjo hlajenja EER (energy efficiency ratio) in faktorjem delne obremenitve PLV (partial load value) je potrebna energija za hlad določena z enačbo:

$$EER \cdot PLV = SEER = \frac{Q_{c,out,g}}{W_c} \quad [\text{kW/kW}] \quad (330)$$

EER - faktor energetske učinkovitosti hladilne naprave [kW/kW] (tabela 45, tabela 46, tabela 47)

PLV - faktor delne obremenitve [kW/kW] (tabela 48 ali tabela 49)

$SEER$ - letni faktor energetske učinkovitosti [kW/kW]

$Q_{c,out,g}$ - potreben hlad za hlajenje na izstopu iz hladilne naprave [kWh] (enačba 315)

W_c - potrebna električna energija generatorja hladu [kWh]

$$W_c = \frac{Q_{c,out,g}}{EER \cdot PLV} \quad [\text{kWh}] \quad (331)$$

$$EER = \frac{Q_c}{P_c} \quad [-] \quad (332)$$

Q_c - nazivna hladilna moč hladilne naprave [kW]

P - nazivna električna moč hladilne naprave [kW]

Tabela 42: Način regulacije delne obremenitve, kompresorske naprave, vodno hlajenje

Vodno hlajene kompresorske hladilne naprave, način regulacije pri delni obremenitvi	
(1)	Batni ali spiralni kompresor, dvotočkovna regulacija (ON/OFF)
(2)	Batni ali spiralni kompresor, večtočkovna regulacija
(3)	Batni kompresor s posamičnim izklopom cilindrov
(4)	Batni ali spiralni kompresor z by-pass regulacijo
(5)	Vijačni kompresor s kontrolo ventilov
(6)	Turbinski kompresor s kontrolo vstopa

Tabela 43: Način regulacije delne obremenitve, kompresorske naprave, zračno hlajenje

Zračno hlajene kompresorske hladilne naprave, način regulacije pri delni obremenitvi	
(A)	Batni ali spiralni kompresor, dvotočkovna regulacija in vmesni akumulator (ON/OFF)
(B)	Batni ali spiralni kompresor, večtočkovna regulacija
(C)	Vijačni kompresor s kontrolo ventilov

Tabela 44: Način regulacije delne obremenitve, sobni hladilnik (RAC)

Zračno hlajeni sobni hladilniki, način regulacije pri delni obremenitvi	
(D)	enoconski sistem, dvotočkovna regulacija (ON/OFF)
(E)	večconski sistem, dvotočkovna regulacija
(F)	enoconski sistem, zvezna regulacija (npr. frekvenčna/pulzna), z elektronsko vodenim ekspanzijskim ventilom (inverter)
(G)	večconski sistem, zvezna regulacija (npr. frekvenčna/pulzna), z elektronsko vodenim ekspanzijskim ventilom (inverter)

Tabela 45: Faktor energetske učinkovitosti *EER*, vodno hlajeni kompresorski sistemi

Hladivo	Hladilna voda* vstop/izstop °C	Hlajena voda izstop °C	Povprečna temperatura uparjanja °C	<i>EER</i>		
				Batni ali spiralni kompresor od 10 kW do 1,5 MW	Vijačni kompresor od 200 kW do 2 MW	Turbinski kompresor od 500 kW do 8 MW
R134a	27/33	6	0	4,0	4,5	5,2
		14	8	4,6	5,3	5,9
	40/45	6	0	3,1	2,9	4,1
		14	8	3,7	3,7	4,8
R407c	27/33	6	0	3,8	4,2	-
		14	8	4,4	4,9	-
	40/45	6	0	3,0	2,7	-
		14	8	3,6	3,3	-
R410A	27/33	6	0	3,6	-	-
		14	8	4,2	-	-
	40/45	6	0	2,8	-	-
		14	8	3,3	-	-
R717	27/33	6	0	-	4,6	-
		14	8	-	5,4	-
	40/45	6	0	-	3,1	-
		14	8	-	3,7	-

* suh sistem: 40/45

hlapilni sistem: 27/33

Tabela 46: Faktor energetske učinkovitosti *EER*, zračno hlajeni kompresorski sistemi

Hladivo	Hlajena voda izstop °C	Povprečna temperatura uparjanja °C	<i>EER</i>	
			Batni ali spiralni kompresor od 10 kW do 1,5 MW	Vijačni kompresor od 200 kW do 2 MW
R134a	6	0	2,8	3,0
	14	8	3,5	3,7
R407c	6	0	2,5	2,7
	14	8	3,2	3,4
R410A	6	0	2,4	-
	14	8	3,1	-
R717	6	0	-	3,2
	14	8	-	3,9

Tabela 47: Faktor energetske učinkovitosti EER za sobne hladilne naprave, zračno hlajene

$$Q_c < 12 \text{ kW}^*$$

* V skladu z direktivo 2002/31/EC

Vrsta hladilne naprave	EER	vrsta regulacije
Kompaktna enota, nameščena na oknu ali steni	2,6	(D)
Split sistem	2,7	(D), (F)
Multi – split sistem	2,9	(E), (G)

Tabela 48: Faktor energetske učinkovitosti EER za zračno hlajene sobne hladilne naprave

$$(RAC), Q_c > 12 \text{ kW}$$

Vrsta hladilne enote	EER	vrsta regulacije
VRF sistem (variable refrigerant flow)	3,5	(G)

Tabela 49: Vrednost faktorja delne obremenitve PLV – vodno hlajene naprave

Vrsta kompresorja (tabela 36)	Konstanten pretok hladilne vode				Variabilni pretok hladilne vode			
	hladilni stolp		suh hladilnik		hladilni stolp		suh hladilnik	
	$PLV [-]$	$f_{R,VK} [-]$	$PLV [-]$	$f_{R,TK} [-]$	$PLV [-]$	$f_{R,VK} [-]$	$PLV [-]$	$f_{R,TK} [-]$
(1)	0,92	0,12	0,92	0,09	-	-	-	-
(2)	1,31	0,12	1,26	0,08	1,54	0,37	1,74	0,63
(3)	0,82	0,13	0,79	0,09	0,96	0,40	1,09	0,65
(4)	0,56	0,13	0,56	0,09	-	-	-	-
(5)	1,01	0,12	0,97	0,09	1,19	0,38	1,79	0,64
(6)	-	-	-	-	1,21	0,38	1,37	0,64

Tabela 50: Vrednost faktorja delne obremenitve PLV – zračno hlajene naprave

Vrsta kompresorja (tabela 37, 38)	$PLV [-]$
(A)	1,32
(B)	1,43
(C)	1,14
(D)	1,24
(E)	0,85
(F)	1,37
(G)	1,33

13.5 Potrebna energija za hlajenje kondenzatorja

$$W_{c,f,R,e} = Q_{R,out,g} \cdot q_{R,e} \cdot f_{R,av} \cdot t_R \quad [\text{kWh}] \quad (333)$$

$W_{c,f,R,e}$ - potrebna električna energija za hlajenje kondenzatorja [kWh]

$Q_{R,out,g}$ - toplotna moč kondenzatorja [kW] (enačba 334)

$q_{R,e}$ - specifična električna moč za sistem hlajenja kondenzatorja [-] (tabela 50)

$f_{R,av}$ - povprečni faktor učinkovitosti sistema za hlajenje kondenzatorja [-]

t_R - časovni interval delovanja sistema za hlajenje kondenzatorja [h]

$$Q_{R,out,g} = Q_c \cdot \left(1 + \frac{1}{EER} \right) \quad [\text{kW}] \quad (334)$$

Q_c - nazivna hladilna moč hladilne naprave [kW] (podatek)

EER - faktor energetske učinkovitosti hladilne naprave [kW/kW]
(tabela 44 ali tabela 45)

Tabela 51: Specifična električna moč za sistem hlajenja kondenzatorja $q_{R,e}$

	Hladilni stolp ali evaporativni kondenzator		Suh sistem
	zaprti krog	odprti krog	
	$q_{R,e}$ [kW/kW]		
Brez dodatnega glušnika (aksialni ventilator)	0,033	0,018	0,045
Z dodatnim glušnikom (radialni ventilator)	0,040	0,021	-

13.6 Skupna dodatna energija za hlajenje

$$W_{c,g,aux} = W_{c,primarni} + \sum_i W_{c,d,aux,i} + W_{c,f,R,e} \quad [\text{kWh}] \quad (335)$$

14. HVAC sistemi

Standardne vrednosti za posamezne elemente HVAC sistemov so podane v naslednjih tabelah.

Tabela 52: Ventilatorji

SFP*4	specifična moč P_{SFP} [kW/m ³ s]	Δp [Pa]
odvodni ventilator	1,250	750
dovodni ventilator z grelnikom	1,600	960
dovodni ventilator HVAC	2,000	1200

*SFP – specifična moč ventilatorjev oziroma angl. fan power (po OSIST EN 13779)

Tabela 53: Dodatna potrebna moč zaradi prigradenih elementov

Element	+ P_{SFP} [W/m ³ s]
dodatni mehanski filter	+ 300
HEPA filter	+ 1000
plinski filter	+ 300
prenosnik toplote, razred H2 ali H1*	+ 300
hladilnik	+ 300

*Razred H2 ali H1 v skladu s standardom OSIST EN 13053

Tabela 54 : Prenosnik toplote za vračanje odpadne toplote

Vrsta prenosnika	Senzibilni izkoristek η_t	Latentni izkoristek η_x
Ploščati prenosnik	0,5	-
Ploščati prenosnik – križni, protitočni	0,65	-
Rotacijski, brez sorpcijskega materiala	0,7	0
Rotacijski, s sorpcijskim materialom	0,7	0,7

Tabela 55: Standardne temperaturne razlike med dovedenim zrakom in zrakom v prostoru

Sistem	Standardne računske temperaturne razlike	
	Hlajenje	Ogrevanje
Vrtinčni difuzorji, režni izpusti	8 K	6 K
Mrežni dovod	6 K	4 K
Izpodrivno prezračevanje	4 K	2 K
Impulzne šobe	8 K	8 K
Indukcijske	10 K primarni zrak	10 K primarni zrak
Prezračevani stropi	10 K	-

14.1 Pretok dovedenega zraka $\dot{V}_{mech}$

Količina dovedenega zraka je odvisna od sistema in vrste regulacije.

14.1.1 Naprave s konstantnim volumskim pretokom $\dot{V}_{v,mech,k}$

$$\dot{V}_{mech,k} = V \cdot n_{HVAC} \quad [m^3/h] \quad (336)$$

V - neto volumen prostora (cone) $[m^3]$

n_{HVAC} - število izmenjav zraka $[h^{-1}]$

Za naprave s konstantnim volumskim pretokom velja:

$$\dot{V}_{mech,k} = \dot{V}_{mech} = \dot{V}^* \quad \dot{V}_{mech,k} - \text{povprečen mesečni pretok zraka } [m^3/h]$$

$\dot{V}^*$ - projektni pretok

14.1.2 Naprave s časovno spremenljivim volumskim pretokom $\dot{V}_{mech,v}$

$$\dot{V}_{mech,v} = \frac{\sum V_i \cdot n_{i,HVAC} \cdot t_{i,HVAC}}{t_{HVAC} \cdot d_v} \quad [m^3/h] \quad (337)$$

V_i - neto volumen i – tega prostora (cone) $[m^3]$

$n_{i,HVAC}$ - število izmenjav zraka v i – tem prostoru (coni) $[h^{-1}]$

$t_{i,HVAC}$ - mesečno število ur delovanja s spremenjenim pretokom v i – ti coni $[h]$

t_{HVAC} - dnevno število ur delovanja naprave [h/d]

d_v - mesečno število dni obratovanja [d]

14.1.3 Naprave z variabilnim pretokom zraka VAV $\dot{V}_{mech,VAV}$

- s konstantnim minimalnim pretokom zraka:

$$\dot{V}_{mech,VAV} = \dot{V}_{mech,k} + \frac{Q_{NC}}{1000 \cdot t_{v,mech} \cdot d_{v,mech} \cdot \rho_z \cdot c_{pz} \cdot (\theta_{i,c} - \theta_{v,mech})} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (338)$$

- s spremenljivim minimalnim pretokom zraka:

$$\dot{V}_{mech,VAV} = \dot{V}_{mech,k} + \frac{Q_{NC}}{1000 \cdot t_{v,mech} \cdot d_{v,mech} \cdot \rho_z \cdot c_{pz} \cdot (\theta_{i,c} - \theta_{v,mech})} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (339)$$

$$\rho_z \cdot c_{pz} = 0,34 \text{ Wh}/\text{m}^3\text{K}$$

Q_{NC} - potrebna toplotna energija za hlajenje [kWh] (OSIST EN 13790)

$t_{v,mech}$ - dnevni čas delovanja [h/d]

$d_{v,mech}$ - mesečno število dni obratovanja naprave [d]

$\theta_{i,c}$ - temperatura zraka v prostoru (coni) [°C]

θ_{mech} - temperatura dovedenega zraka [°C]

14.2 Potrebna energija za delovanje ventilatorjev

14.2.1 Naprave s konstantnim volumskim pretokom

$$P_{dov} = \frac{\dot{V}_{v,mech,dov} \cdot \Delta p_{dov}}{\eta_{dov}} \quad \text{ali} \quad P_{dov} = \frac{\dot{V}_{v,mech,dov} \cdot P_{SFP}}{3600} \quad [\text{kW}] \quad (340)$$

$$P_{odv} = \frac{\dot{V}_{v,mech,odv} \cdot \Delta p_{odv}}{\eta_{odv}} \quad \text{ali} \quad P_{odv} = \frac{\dot{V}_{v,mech,odv} \cdot P_{SFP}}{3600} \quad [\text{kW}] \quad (341)$$

$\dot{V}_{v,mech,dov}$ - doveden volumski pretok zraka [m³/h]

$\dot{V}_{v,mech,odv}$ - odveden volumski pretok zraka [m³/h]

Δp_{dov} - skupni tlačni padec dovodnega sistema [Pa]

Δp_{odv} - skupni tlačni padec odvodnega sistema [Pa]

η_{dov}, η_{odv} - povprečni izkoristek ventilatorskega sistema [-]

(prevzeta vrednost: $\eta = 60 \%$)

P_{SFP} - specifična moč ventilatorjev (Tabela 52)

Poenostavitev:

$$\dot{V}_{v,mech,dov} = \dot{V}_{v,mech,odv} = \dot{V}_{v,mech,k} \left(\dot{V}_{v,mech,n} \right) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (342)$$

$$W_v = (P_{dov} + P_{odv}) \cdot t_{v,mech} \quad [\text{kWh}] \quad (343)$$

14.2.2 Naprave s časovno spremenljivim volumnskim pretokom

$$W_v = \sum_i (P_{dov,i} + P_{odv,i}) \cdot t_{v,mech,i} \quad [\text{kWh}] \quad (344)$$

$t_{v,mech,i}$ - čas delovanja naprave v posameznem i – tem režimu [h] (npr. nočno hlajenje s prezračevanjem)

14.2.3 Naprave z variabilnim pretokom zraka (VAV)

$$W_v = W_{v,dov} + W_{v,odv} \quad [\text{kWh}] \quad (345)$$

$$W_{v,dov} = \left(\frac{\Delta p_{dov}^* \cdot f_{p,dov}}{\eta_{dov}} \cdot \sum \dot{V}_{v,dov,M} + \frac{\Delta p_{dov}^* \cdot (1 - f_{p,dov})}{\eta_{dov} \cdot \dot{V}_{v,dov}^{*2}} \cdot \sum \dot{V}_{v,dov,M}^3 \right) \cdot t_{v,mech} \quad [\text{kWh}] \quad (346)$$

$$W_{v,odv} = \left(\frac{\Delta p_{odv}^* \cdot f_{p,odv}}{\eta_{odv}} \cdot \sum \dot{V}_{v,odv,M} + \frac{\Delta p_{odv}^* \cdot (1 - f_{p,odv})}{\eta_{odv} \cdot \dot{V}_{v,odv}^{*2}} \cdot \sum \dot{V}_{v,odv,M}^3 \right) \cdot t_{v,mech} \quad [\text{kWh}] \quad (347)$$

Δp^* - celotni tlačni padec kanalske mreže pri projektnih pogojih [Pa] (pri volumnskem pretoku $\dot{V}^*$ [m^3/h])

f_p - tlačno razmerje (razmerje tlakov) kanalske mreže [-]

$$f_p = \frac{\Delta p_{konst}}{\Delta p^*} \quad \left(f_{p,dov} = \frac{\Delta p_{dov,konst}}{\Delta p_{dov}^*} \quad , \quad f_{p,odv} = \frac{\Delta p_{odv,konst}}{\Delta p_{odv}^*} \right)$$

Δp_{konst} - del konstantnih tlačnih izgub kanalske mreže [Pa]

η_{dov} , η_{odv} - povprečni izkoristek ventilatorskega sistema [-]
(prevzeta vrednost: $\eta = 60\%$)

$\dot{V}_{v,dov,M}$, $\dot{V}_{v,odv,M}$ - povprečni mesečni volumnski pretok zraka pri VAV napravah za posamezno cono [m^3/h]

(poenostavitev): $\dot{V}_{v,dov,M} = \dot{V}_{v,odv,M} = \dot{V}_{v,mech,VAV}$ [m^3/h]

(enačba 338 ali 339)

$t_{v,mech}$ - čas delovanja HVAC naprave v mesečnem intervalu [h]

14.3 Določitev največje moči

14.3.1 Izhodiščni podatki – dimenzioniranje naprave (stanje zraka)

Za vrednosti izhodiščnih parametrov dimenzioniranja lahko upoštevamo vrednosti za stanje zunanjega zraka (Tabela 56) in stanje notranjega (odvedenega) zraka (Tabela 57)

Tabela 56: Stanje zunanjega zraka (dimenzioniranje naprave)

zima	$\theta_{e,zima}$ [°C]	-12,0
	$x_{e,zima}$ [kg/kg]	0,001
	$h_{e,zima}$ [kJ/kg]	-9,6
poletje	$\theta_{e,poletje}$ [°C]	32,0
	$x_{e,poletje}$ [kg/kg]	0,012
	$h_{e,poletje}$ [kJ/kg]	63,0

Tabela 57: Stanje notranjega zraka (dimenzioniranje naprave)

zima	brez zahtev glede vlage	$Q_{i,zima}$ [°C]	22,0
		$x_{i,zima}$ [kg/kg]	0,001
		$h_{i,zima}$ [kJ/kg]	24,8
	zahteve za vlažnost s toleranco	$Q_{i,zima}$ [°C]	22,0
		$x_{i,zima}$ [kg/kg]	0,006
		$h_{i,zima}$ [kJ/kg]	37,5
	zahteve za vlažnost brez tolerance	$Q_{i,zima}$ [°C]	22,0
		$x_{i,zima}$ [kg/kg]	0,008
		$h_{i,zima}$ [kJ/kg]	42,6
poletje	brez zahtev glede vlage	$\theta_{i,poletje}$ [°C]	26,0
		$x_{i,poletje}$ [kg/kg]	0,012
		$h_{i,poletje}$ [kJ/kg]	56,9
	zahteve za vlažnost s toleranco	$\theta_{i,poletje}$ [°C]	26,0
		$x_{i,poletje}$ [kg/kg]	0,011
		$h_{i,poletje}$ [kJ/kg]	54,3
	zahteve za vlažnost brez tolerance	$\theta_{i,poletje}$ [°C]	26,0
		$x_{i,poletje}$ [kg/kg]	0,008
		$h_{i,poletje}$ [kJ/kg]	46,7

Tabela 58: Standardne vrednosti parametrov stanja dovedenega zraka – vlažnost zraka

Obratovalne zahteve	x_{dov} [g/kg]	
	ovlaževanje	razvlaževanje
brez zahtev glede vlažnosti	x_e	x_e
zahtevana vlažnost s toleranco	6,0	10,0
zahtevana vlažnost s toleranco	8,0	8,0

Tabela 59: Standardne temperature odvedenega zraka

zunanja temperatura θ_e [°C]	notranja temperatura $\theta_{i,odv}$ [°C]
$< 22^{\circ}\text{C}$	22°C
$22^{\circ} \leq \theta_e \leq 26^{\circ}\text{C}$	θ_e
$> 26^{\circ}\text{C}$	26°C

14.3.2 Maksimalna moč ogrevanja

Maksimalna moč ogrevanja je za:

- naprave brez parnega ovlaževanja:

$$\dot{Q}_{vh,max} = \frac{\dot{V}^* \cdot \rho_z \cdot (h_{dov,zima} - h_{e,zima} - \Delta h_{pT})}{3600} \quad [\text{kW}] \quad (348)$$

- naprave s parnim ovlaževanjem:

$$\dot{Q}_{vh,max} = \frac{\dot{V}^* \cdot \rho_z \cdot [c_{p,z} \cdot (\theta_{v,dov,zima} - \theta_{e,zima}) - \Delta h_{pT}]}{3600} \quad [\text{kW}] \quad (349)$$

$\dot{Q}_{vh,max}$ - maksimalna moč ogrevanja [kW]

$\dot{V}^*$ - volumski pretok dovedenega zraka pri projektnih pogojih [m³/h]

ρ_z - gostota zraka [kg/m³]

$c_{p,z}$ - specifična toplota zraka [kJ/kgK]

h - entalpija [kJ/kg]

Δh_{pT} - razlika entalpij zaradi vračanja odpadne toplote [kJ/kg]

θ - temperatura zraka [°C]

- naprave brez vračanja odpadne toplote:

$$\Delta h_{pT} = 0 \quad [\text{kJ/kg}] \quad (350)$$

- naprave z vračanjem senzibilne toplote:

$$\Delta h_{pT} = \eta_{pT} \cdot c_{p,z} \cdot (\theta_{i,zima} - \theta_{e,zima}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (351)$$

- naprave z vračanjem senzibilne in latentne toplote:

$$\Delta h_{PT} = \eta_{PT} \cdot (h_{i,zima} - h_{e,zima}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (352)$$

η_{PT} - izkoristek sistema za vračanje odpadne toplote [-] (Tabela 54)

h - entalpija [kJ/kg] (Tabela 56 in Tabela 57)

θ - temperatura zraka [°C] (Tabela 56 in Tabela 57)

14.3.3 Maksimalna moč hlajenja

Maksimalna moč hlajenja je določena z enačbo:

$$\dot{Q}_{vc,max} = \frac{\dot{V}^* \cdot \rho_z \cdot (h_{e,poletje} - h_{dov,poletje} - \Delta h_{PT})}{3600} \quad [\text{kW}] \quad (353)$$

$\dot{Q}_{vc,max}$ - maksimalna moč hlajenja [kW]

$\dot{V}^*$ - volumnski pretok dovedenega zraka pri projektnih pogojih [m³/h]

ρ_z - gostota zraka [kg/m³]

h - entalpija [kJ/kg]

indeksi: e – zunanjega zraka (Tabela 56)

dov – dovedenega zraka (glej točko 14.4)

Δh_{PT} - razlika entalpij zaradi vračanja odpadne toplote [kJ/kg]

- naprave brez vračanja odpadne toplote:

$$\Delta h_{PT} = 0 \quad [\text{kJ/kg}] \quad (354)$$

- naprave z vračanjem senzibilne toplote:

$$\Delta h_{PT} = \eta_{PT} \cdot c_{p,z} \cdot (\theta_{e,poletje} - \theta_{i,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (355)$$

- naprave z vračanjem senzibilne in latentne toplote:

$$\Delta h_{PT} = \eta_{PT} \cdot (h_{e,poletje} - h_{i,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (356)$$

η_{PT} - izkoristek sistema za vračanje odpadne toplote [-] (Tabela 54)

h - entalpija [kJ/kg] (Tabela 56 in Tabela 57)

θ - temperatura zraka [°C] (Tabela 56 in Tabela 57)

14.3.4 Maksimalna moč parnega ovlaževanja

Maksimalna moč parnega ovlaževanja je določena z enačbo:

$$\dot{Q}_{St,max} = \frac{\dot{V}^* \cdot \rho_z \cdot (h_{dov,zima} - h_{e,zima} - \Delta h_{PT})}{3600} \quad [\text{kW}] \quad (357)$$

$\dot{Q}_{St,max}$ - maksimalna moč pare [kW]

$\dot{V}^*$ - volumski pretok dovedenega zraka pri projektnih pogojih [m^3/h]

ρ_z - gostota zraka [kg/m^3]

h - entalpija [kJ/kg]

indeks: e – zunanjšega zraka (Tabela 56)

Δh_{PT} - razlika entalpij zaradi vračanja odpadne toplote [kJ/kg]

- naprave brez vračanja odpadne toplote:

$$\Delta h_{PT} = 0 \quad [\text{kJ}/\text{kg}] \quad (358)$$

- naprave z vračanjem senzibilne in latentne toplote:

$$\Delta h_{PT} = 2501 \cdot \eta_{PT} \cdot (x_{i,zima} - x_{e,zima}) \quad [\text{kJ}/\text{kg}] \quad (359)$$

η_{PT} - izkoristek sistema za vračanje odpadne toplote [-] (Tabela 54)

x - absolutna vlažnost zraka [kJ/kg]

indeks: e, i – zunanji, notranji (Tabela 56 in Tabela 57)

14.4 Entalpija dovedenega zraka

Entalpija dovedenega zraka je določena glede na temperature dovedenega zraka θ_{dov} za zimski in poletni režim delovanja (indeks zima, poletje).

Tlak nasičenja (za temperaturno področje $0,01^\circ\text{C} \leq \theta \leq 80^\circ\text{C}$) je določen z enačbo:

$$p_s(\theta) = e^{\frac{23,621 - \frac{4065}{\theta + 236,2506}}{}} \quad [\text{Pa}] \quad (360)$$

14.4.1 Entalpija dovedenega zraka za sisteme brez zahtev glede vlažnosti zraka

- Zimski režim obratovanja:

$$h_{dov,zima} = 1,01 \cdot \theta_{dov,zima} + 0,001 \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,zima}) \quad [\text{kJ}/\text{kg}] \quad (361)$$

- Poletni režim obratovanja:

$$p_s(\theta_{dov,poletje}) > 1892 \text{ Pa} :$$

$$h_{dov,poletje} = 1,01 \cdot \theta_{dov,poletje} + 0,012 \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (362)$$

$$p_s(\theta_{dov,poletje}) \leq 1892 \text{ Pa} :$$

$$h_{dov,poletje} = 1,01 \cdot \theta_{dov,poletje} + x_{dov,poletje} \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (363)$$

$$x_{dov,poletje} = \frac{0,5911}{\frac{100000}{p_s(\theta_{dov,poletje})} - 0,95} \quad [\text{kg/kg}] \quad (364)$$

14.4.2 Entalpija dovedenega zraka za sisteme z zahtevami glede vlažnosti zraka s toleranco

- Zimski režim obratovanja:

$$h_{dov,zima} = 1,01 \cdot \theta_{dov,zima} + 0,006 \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,zima}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (365)$$

- Poletni režim obratovanja:

$$p_s(\theta_{dov,poletje}) > 1737 \text{ Pa} :$$

$$h_{dov,poletje} = 1,01 \cdot \theta_{dov,poletje} + 0,011 \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (366)$$

$$p_s(\theta_{dov,poletje}) \leq 1737 \text{ Pa} :$$

$$h_{dov,poletje} = 1,01 \cdot \theta_{dov,poletje} + x_{dov,poletje} \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (367)$$

$$x_{dov,poletje} = \frac{0,5911}{\frac{100000}{p_s(\theta_{dov,poletje})} - 0,95} \quad [\text{kg/kg}] \quad (368)$$

14.4.3 Entalpija dovedenega zraka za sisteme z zahtevami glede vlažnosti zraka brez tolerance

- Zimski režim obratovanja:

$$h_{dov,zima} = 1,01 \cdot \theta_{dov,zima} + 0,008 \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,zima}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (369)$$

- Poletni režim obratovanja:

$$p_s(\theta_{dov,poletje}) > 1269 \text{ Pa} :$$

$$h_{dov,poletje} = 1,01 \cdot \theta_{dov,poletje} + 0,008 \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (370)$$

$$p_s(\theta_{dov,poletje}) \leq 1269 \text{ Pa} :$$

$$h_{dov,poletje} = 1,01 \cdot \theta_{dov,poletje} + x_{dov,poletje} \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (371)$$

$$x_{dov,poletje} = \frac{0,5911}{\frac{100000}{p_s(\theta_{dov,poletje})} - 0,95} \quad [\text{kg/kg}] \quad (372)$$

$$h_{dov,poletje,x} = 31,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (373)$$

$$h_{dov,poletje} = \min \begin{cases} h_{dov,poletje,\theta} \\ h_{dov,poletje,x} \end{cases} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (374)$$

θ - temperatura [°C]

p_s - tlak nasičenja vodne pare [Pa]

h - entalpija [kJ/kg]

x – absolutna vlažnost zraka [kg/kg]

indeksi: *dov* – dovedeni zrak

zima – zimski režim obratovanja

poletje – poletni režim obratovanja

θ – temperaturne zahteve

x – zahteve glede vlažnosti zraka

14.5 Izračun potrebne energije za ogrevanje, hlajenje, ovlaževanje in razvlaževanje

Klimatizacijske naprave so razdeljene glede na:

- zahteve glede vlažnosti zraka v coni:
 - brez zahtev: primer prezračevanja cone s klimatsko napravo, za vzpostavitev delno klimatiziranega stanja zraka,
 - zahteve za vlažnosti zraka v tolerančnem območju: naprave za ovlaževanje zraka, za bivalne prostore,
 - zahteve za konstantno vlažnost
- vrsto ovlaževalnika:
 - hlapilni ovlaževalnik brez kontrolirane vlažnosti zraka,
 - hlapilni ovlaževalnik s kontrolirano vlažnostjo,
 - parni ovlaževalnik
- način vračanja odpadne toplote:
 - brez vračanja odpadne toplote,
 - vračanje toplote brez prenosa vlage,
 - vračanje toplote in vlage
- izkoristek sistema za vračanje odpadne toplote:
 - 45 %,
 - 60 %,
 - 75 %

Predpostavljeno je, da je izkoristek pri vračanju vlage enak izkoristku pri vračanju toplote.

Energija klimatske naprave za ogrevanje, hlajenje, ovlaževanje in razvlaževanje je določena z enačbo:

$$Q_{v,i,M} = \frac{q_{i,M} \cdot \dot{V}_{mech,M}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (375)$$

$Q_{v,i,M}$ - mesečna potrebna energija za toploto, hlad ali paro [kWh]

$q_{i,M}$ - specifična mesečna energija toplote, hladu ali pare [kWh/(m³/h)]

$\dot{V}_{mech,M}$ - povprečni mesečni pretok svežega zraka [m³/h]

indeksi: h – ogrevanje
 c - hlajenje
 st – para

Specifična mesečna energija toplote, hladu ali pare je izračunana s pomočjo simulacije po urnem koraku za naslednje pogoje:

- temperatura dovedenega zraka v cono: $\theta_{dov} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- dnevni časovni interval delovanja: $t_d = 12 \text{ h}$ (od 06.00 do 18.00 ure)
- letno število dni delovanja: $d_a = 365 \text{ dni}$

Za pretok zraka je določena električna moč ventilatorjev:

$$P = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\eta} \quad [\text{kW}] \quad (376)$$

$\dot{V}$ - pretok zraka $[\text{m}^3/\text{h}]$

Δp - tlačni padec v kanalih in izpustnih elementih $[\text{Pa}]$

η - skupni izkoristek ventilatorja, elektromotorja in prenosa $[-]$

Predpostavlja se, da se vsa električna energija transformira v toploto in prenese na zrak, tako da se sveži zrak segreje. Sprememba temperature zraka je določena z enačbo:

$$\Delta \theta_{dov} = \frac{\Delta p_{dov}}{\rho_z \cdot c_{p,z} \cdot \eta_{dov}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (377)$$

V primeru prenosnika toplote za vračanje odpadne toplote se upošteva tudi odvodni ventilator oziroma dvig temperature odvedenega zraka.

Izračunane specifične toplote so narejene pri naslednjih pogojih:

$$\Delta p_{dov} = 1200 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{odv} = 800 \text{ Pa}$$

$$\eta = 0,70$$

V tabeli 59 in tabeli 60 so podane specifične mesečne toplote za konstantno temperaturo dovedenega zraka 18°C .

Tabela 60: Specifična mesečna toplota klimatizacijske naprave:

- brez zahtev glede vlažnosti zraka
- brez ovlaževalnika
- brez sistema za vračanje odpadne toplote

mesec	toplota			para	hlad		
	$q_{h,18^{\circ}\text{C}}$	$g_{h,\text{spodnja}}$	$g_{h,\text{zgornja}}$		$q_{c,18^{\circ}\text{C}}$	$g_{c,\text{spodnja}}$	$g_{c,\text{zgornja}}$
	$\frac{\text{Wh}}{\text{m}^3/\text{h}}$	$\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$	$\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$		$\frac{\text{Wh}}{\text{m}^3/\text{h}}$	$\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$	$\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$
januar	2208	119	118	-	-	-	-
februar	1731	109	106	-	-	-	-
marec	1312	123	120	-	-	-	-
april	639	85	108	-	48	37	11
maj	287	53	84	-	222	76	42
junij	77	16	36	-	589	111	87
julij	33	8	34	-	753	127	93
avgust	22	5	41	-	588	128	88
september	224	43	72	-	301	82	49
oktober	656	94	119	-	19	33	5
november	1280	115	116	-	-	-	-
december	2083	119	118	-	-	-	-

Tabela 61: Specifična mesečna toplota klimatizacijske naprave:

- z zahtevami glede vlažnosti zraka s toleranco
- s hlapilnim ovlaževalnikom brez regulacije vlage
- brez sistema za vračanje odpadne toplote

mesec	toplota			para	hlad		
	$q_{h,18\text{ }^{\circ}\text{C}}$	$g_{h,\text{spodnja}}$	$g_{h,\text{zgornja}}$	$q_{st,18\text{ }^{\circ}\text{C}}$	$q_{c,18\text{ }^{\circ}\text{C}}$	$g_{c,\text{spodnja}}$	$g_{c,\text{zgornja}}$
	$\frac{\text{Wh}}{\text{m}^3/\text{h}}$	$\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$	$\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$	$\frac{\text{Wh}}{\text{m}^3/\text{h}}$	$\frac{\text{Wh}}{\text{m}^3/\text{h}}$	$\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$	$\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$
januar	3310	116	113	-	-	-	-
februar	2658	106	103	-	-	-	-
marec	2124	120	117	-	-	-	-
april	1117	95	107	-	54	25	4
maj	530	61	88	-	282	66	37
junij	157	22	35	-	868	105	88
julij	84	17	34	-	1143	115	190
avgust	71	16	40	-	859	116	27
september	440	58	72	-	430	66	50
oktober	1163	108	116	-	20	16	2
november	2066	116	114	-	-	-	-
december	3161	117	114	-	-	-	-

Za temperature dovedenega zraka v intervalu $14^{\circ}\text{C} \leq \theta_{dov} \leq 22^{\circ}\text{C}$ se specifična toplota določi z linearno interpolacijo ob upoštevanju gradienta g , ki je določen z enačbo:

$$g = \frac{|\Delta q_i|}{|\Delta \theta_{i,dov}|} = \frac{|q_{i,dov} - q_{i,18\text{ }^{\circ}\text{C}}|}{|\theta_{i,dov} - 18\text{ }^{\circ}\text{C}|} \quad \frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})} \quad (378)$$

g - gradient

$q_{i,dov}$ - specifična toplota pri temperaturi $\theta_{i,dov}$ $\left[\frac{\text{Wh}}{(\text{m}^3/\text{h})} \right]$

$\theta_{i,dov}$ - temperatura dovedenega zraka [$^{\circ}\text{C}$]

indeksi: h – ogrevanje

c – hlajenje

Preračun na različne temperature dovedenega zraka:

$$q_h = q_{h,18\text{ }^{\circ}\text{C}} - g_{h,\text{zgornji}} \cdot (\theta_{dov} - 18\text{ }^{\circ}\text{C}) \quad \text{če je } 18^{\circ}\text{C} < \theta_{dov} \leq 22^{\circ}\text{C} \quad (379a)$$

$$q_h = q_{h,18\text{ }^{\circ}\text{C}} + g_{h,\text{spodnji}} \cdot (\theta_{dov} - 18\text{ }^{\circ}\text{C}) \quad \text{če je } 14^{\circ}\text{C} \leq \theta_{dov} < 18^{\circ}\text{C} \quad (379b)$$

$$q_c = q_{c,18\text{ }^{\circ}\text{C}} + g_{c,\text{zgornji}} \cdot (\theta_{dov} - 18\text{ }^{\circ}\text{C}) \quad \text{če je } 18^{\circ}\text{C} < \theta_{dov} \leq 22^{\circ}\text{C} \quad (379c)$$

$$q_c = q_{c,18\text{ }^{\circ}\text{C}} - g_{c,\text{spodnji}} \cdot (\theta_{dov} - 18\text{ }^{\circ}\text{C}) \quad \text{če je } 14^{\circ}\text{C} \leq \theta_{dov} < 18^{\circ}\text{C} \quad (379d)$$

indeks gradienta g : h – ogrevanje

c – hlajenje

$zgornji$ – spremembe temperature dovedenega zraka nad 18°C

$spodnji$ – spremembe temperature dovedenega zraka pod 18°C

Različne izkoristke sistema za vračanje odpadne toplote se upošteva z naslednjo enačbo:

$$q_i = q'_i + \frac{q''_i - q'_i}{\eta'' - \eta'} \cdot (\eta - \eta') \left[\frac{\text{Wh}}{(\text{m}^3/\text{h})} \right] \quad (380)$$

q_i - specifična toplota pri upoštevanju izkoristka sistema za vračanje odpadne toplote
 η [kWh/(m³/h)]

η - izkoristek sistema za vračanje odpadne toplote [-]

q'_i - specifična toplota pri prvem nižjem izkoristku sistema η' [kWh/(m³/h)]

q''_i - specifična toplota pri prvem večjem izkoristku sistema η'' [kWh/(m³/h)]

indeks i : h – ogrevanje

c – hlajenje

st - para

14.6 HVAC ogrevanje

14.6.1 Grelni register

Potrebna toplota grelnega registra Q_{h^*} :

$$Q_{h^*} = Q_{v,h,M} + Q_{vh,em} + Q_{vh,d} \quad [\text{kWh}] \quad (381)$$

Q_{h^*} - potrebna toplota grelnega registra [kWh]

$Q_{v,h,M}$ - potrebna toplota za ogrevanje zraka [kWh] (enačba 375)

$Q_{vh,em}$ - toplotne izgube končnega vpihovalnega elementa [kWh]

$$Q_{vh,em} = 0 \text{ kWh}$$

$Q_{vh,d}$ - toplotne izgube razvodnega sistema (transport zraka) [kWh]

Če je razvodni sistem znotraj stavbe ali če je temperaturna razlika med temperaturo prostora in temperaturo dovodnega zraka manjša od 10 K, je

$$Q_{vh,d} = 0 \text{ kWh}$$

Če je razvodni sistem zunaj toplotne lupine stavbe, je

$$Q_{vh,d} = f_{vh,d} \cdot A_{K,A} \cdot t_{M^*,op,M} \quad [\text{kWh}] \quad (382)$$

$$f_{vh,d} = 16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$A_{K,A}$ - površina kanalov izven stavbe [m²]

$t_{M^*,op,M}$ - mesečni potrebni čas delovanja HVAC naprave za ogrevanje [h]

(enačba 383)

Potrební čas delovanja grelnega registra HVAC sistema:

$$t_{M^*,op,M} = t_{H,r} \cdot \frac{b_{vh^*,M}}{b_{vh^*,a}} \quad [h] \quad (383)$$

$$b_{vh^*,M} = \frac{Q_{v,h,M}}{\dot{Q}_{vh,max}} \quad [h] \quad (384)$$

$$b_{vh^*,a} = \sum b_{vh^*,M} \quad [h] \quad (385)$$

$t_{H,r}$ - relativni letni časovni interval delovanja grelnega sistema HVAC [h]

$$t_{H,r} = 1 \text{ h}$$

$b_{vh^*,M}$ - potrební mesečni čas delovanja HVAC sistema za ogrevanje [h]

$b_{vh^*,a}$ - potrební letni čas delovanja HVAC sistema za ogrevanje [h]

$\dot{Q}_{vh,max}$ - maksimalna grelna moč HVAC sistema [kW] (enačba 348 ali 349)

$Q_{v,h,M}$ - mesečna potrebna toplota za HVAC sistem [kWh] (enačba 375)

14.6.2 Potrebna toplota za ogrevanje HVAC sistema

$$Q_{h^*,out,g} = Q_{h^*} + Q_{h^*,d,l} + Q_{h^*,s,l} \quad [kWh] \quad (386)$$

$Q_{h^*,out,g}$ - potrebna toplota generatorja toplote za ogrevanje HVAC sistema [kWh]

Q_{h^*} - potrebna toplota grelnega registra HVAC sistema [kWh] (enačba 381)

$Q_{h^*,d,l}$ - toplotne izgube razdelilnega (dovodnega) sistema ogrevnega medija grelnega registra

HVAC sistema [kWh]

(izračun identičen kot v poglavju 6 – razvod ogrevalnega sistema)

$Q_{h^*,s,l}$ - toplotne izgube akumulatorja toplote HVAC sistema [kWh]

(izračun identičen kot v točki 8.2.1.2 – toplotne izgube hranilnika)

14.7 HVAC hlajenje

14.7.1 Hladilni register

Potreben hlad hladilnega registra Q_c^* :

$$Q_c^* = Q_{v,c,M} + Q_{vc,em} + Q_{vc,d} \quad [kWh] \quad (387)$$

$Q_{v,c,M}$ - potreben hlad za hlajenje zraka [kWh] (enačba 375)

$Q_{vc,em}$ - toplotne izgube končnega vpihovalnega elementa HVAC sistema [kWh]

$$Q_{vc,em} = 0 \text{ kWh}$$

$Q_{vc,d}$ - toplotne izgube razvodnega sistema (transport zraka) [kWh]

Če je razvodni sistem znotraj stavbe ali če je temperaturna razlika med temperaturo prostora in temperaturo dovodnega zraka manjša od 10 K, je:

$$Q_{vc,d} = 0 \text{ kWh}$$

Če je razvodni sistem zunaj toplotne lupine stavbe, je:

$$Q_{vc,d} = f_{vc,d} \cdot A_{K,A} \cdot t_{c^*} \quad [\text{kWh}] \quad (388)$$

$$f_{vc,d} = 9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$A_{K,A}$ - površina kanalov izven stavbe [m^2]

$t_{c^*,M}$ - mesečni potrebni čas delovanja HVAC naprave za hlajenje [h] (enačba 389)

Potreben mesečni čas delovanja hladilnega registra HVAC sistema:

$$t_{c^*} = t_{c,r} \cdot \frac{b_{bv^*,M}}{b_{vc^*,a}} \quad [\text{h}] \quad (389)$$

$$b_{bv^*,M} = \frac{Q_{v,c,M}}{\dot{Q}_{vc,\max}} \quad [\text{h}] \quad (390)$$

$$b_{vc^*,a} = \sum b_{vc^*,M} \quad [\text{h}] \quad (391)$$

$t_{c,r}$ - relativni letni časovni interval delovanja hladilnega sistema [h]

$$(t_{c,r} = 1 \text{ h})$$

$b_{bv^*,M}$ - potrebni mesečni čas delovanja HVAC sistema za hlajenje [h]

$b_{vc^*,a}$ - potrebni letni čas delovanja HVAC sistema za hlajenje [h]

$\dot{Q}_{vc,\max}$ - maksimalna hladilna moč HVAC sistema [kW] (enačba 353)

$Q_{v,c,M}$ - mesečni potrebni hlad [kWh] (enačba 375)

14.7.2 Potreben hlad za hlajenje HVAC sistema

$$Q_{c^*,out,g} = Q_{c^*} + Q_{c^*,em} + Q_{c^*,d} + Q_{c^*,s} \quad [\text{kWh}] \quad (392)$$

$Q_{c^*,out,g}$ - potreben hlad generatorja hladu za HVAC sistem [kWh]

Q_{c^*} - potreben hlad hladilnega registra HVAC sistema [kWh] (enačba 387)

$Q_{c^*,em}$ - izgube hladu na končnem vpihovalnem elementu HVAC sistema [kWh]
(enačba 393)

$Q_{c^*,d}$ - izgube hladu v razvodnem hladilnem sistemu od generatorja hladu do hladilnega registra [kWh] (enačba 394)

$Q_{c^*,s}$ - izgube hladu akumulatorja hladu [kWh]

$$Q_{c^*,s} = 0 \text{ kWh}$$

$$Q_{c^*,em} = Q_{c^*} \cdot \left[\left(1 - \eta_{c^*,em} \right) + \left(1 - \eta_{c^*,em,sens} \right) \right] \quad [\text{kWh}] \quad (393)$$

Q_{c^*} - potreben hlad hladilnega registra HVAC sistema [kWh] (enačba 387)

$\eta_{c^*,em}$, $\eta_{c^*,em,sens}$ - učinkovitost hladilnega registra HVAC sistema in senzibilni izkoristek prenosa hlada (Tabela 62)

$$Q_{c^*,d} = \left(1 - \eta_{c^*,d} \right) \cdot Q_{c^*} \quad [\text{kWh}] \quad (394)$$

Q_{c^*} - potreben hlad hladilnega registra HVAC sistema [kWh] (enačba 387)

$\eta_{c^*,d}$ - učinkovitost razvodnega sistema (od generatorja hlada do hladilnega registra) (Tabela 62)

Tabela 62: Učinkovitost prenosa hlada in razvodnega sistema

Hladilni sistem	$\eta_{c^*,em,sens}$			$\eta_{c^*,em}$	$\eta_{c^*,d}$
Zahteve za vlažnost	brez	s toleranco	brez tolerance		
Hladna voda 6 / 12	0,84	0,94	1	0,90	0,95* / 0,90**
Hladna voda 14 / 18	1	1	1	0,90	0,95* / 0,90**
Hladna voda 18 / 20	1	1	1	1,00	1,00
Neposredno uparjanje	0,87	0,94	1	0,90	0,95* / 0,90**
Hlajenje s hladilnim stolpom	1	1	1	0,95	0,95* / 0,90**

* napeljave znotraj stavbe

** napeljave zunaj stavbe

14.7.3 Ovlaževanje

Centralno ovlaževanje je lahko izvedeno z:

- ovlaževanjem z vodo
- ovlaževanjem s paro

Potrebna končna toplota za ovlaževanje je določena z enačbo (395):

$$Q_{v,st,M} = q_{st,M} \cdot \frac{\dot{V}_{mech,M}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (395)$$

$Q_{v,st,M}$ - mesečna potrebna končna toplota za ovlaževanje [kWh]

$q_{st,M}$ - specifična mesečna toplota pare [kWh/(m³/h)] (Tabela 60 ali Tabela 61)

$\dot{V}_{mech,M}$ - povprečni mesečni pretok svežega zraka [m³/h]

oziroma:

$$Q_{st}^* = Q_{v,st,M} \quad [\text{kWh}] \quad (396)$$

Q_{st}^* - potrebna energija generatorja vlage [kWh]

14.7.3.1 Potrebna končna energija za ovlaževanje

$$Q_{st^*,f} = Q_{st}^* \cdot f_{st^*,f} \quad [\text{kWh}] \quad (397)$$

$Q_{st^*,f}$ - potrebna končna energija generatorja vlage [kWh]

Q_{st}^* - potrebna energija generatorja vlage [kWh] (enačba 396)

$f_{st^*,f}$ - faktor učinkovitosti generatorja vlage [-] (Tabela 63)

Tabela 63: Faktor učinkovitosti generatorja vlage

Vrsta generatorja vlage	Faktor $f_{st^*,f}$
Električni	1,16
Oljno segrevanje (glede na zgorevalno toploto)	1,45
Plinsko segrevanje (glede na zgorevalno toploto)	1,51

14.7.3.2 Potrebna dodatna energija (pri ovlaževanju z vodo)

Potrebna dodatna energija pri ovlaževanju z vodo je določena z enačbo:

$$W_{st,aux} = \dot{V}_{mech,M} \cdot P_{el,st} \cdot t_{st} \cdot f_{sth} \quad [\text{kWh}] \quad (398)$$

$W_{st,aux}$ - potrebna dodatna energija pri ovlaževanju

$\dot{V}_{mech,M}$ - povprečni mesečni pretok svežega zraka [m^3/h]

$P_{el,st}$ - specifična električna moč črpalke [$\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$] (Tabela 64)

t_{st} - čas delovanja ovlaževanja [h]

f_{sth} - faktor obremenitve – vpliv regulacije [-] (Tabela 64)

Tabela 64: Standardne vrednosti za ovlaževalnike z vodo

	Regulacija	Moč $P_{el,st}$ [W/(m ³ /h)]	Faktor $f_{st,h}$ 6 g/kg	Faktor $f_{st,h}$ 8 g/kg
Kontaktni in namakalni	nereguliran, regulacija z ventilom	0,01	1	1
Obtočni razpršilni	nereguliran	0,20	1	1
	regulacija z ventilom	0,20	1	1
	taktno (proporcionalno)	0,20	0,35	0,50
	regulacija vrtljajev	0,20	0,20	0,30
Visokotlačni	regulacija vrtljajev	0,04	0,35	0,50

15. Daljinsko ogrevanje

15.1 Toplotne izgube toplotne podpostaje

Toplotne izgube toplotne podpostaje so določene z enačbo:

$$Q_{h,DO,l} = H_{DS} \cdot (\theta_{DS} - \theta_i) \cdot \frac{d_M}{365} \quad [\text{kWh}] \quad (399)$$

$Q_{h,DO,l}$ - toplotne izgube podpostaje [kWh]

H_{DS} - faktor [-] (enačba 400)

θ_{DS} - povprečna temperatura ogrevalnega medija sistema daljinskega ogrevanja [°C] (enačba 401)

θ_i - temperatura prostora, v katerem se nahaja podpostaja [°C]

d_M - mesečno število dni obratovanja toplotne podpostaje [d]

$$H_{DS} = B_{DS} \cdot \dot{Q}_{DO}^{1,3} \quad [\text{kWh}/(\text{K} \cdot \text{a})] \quad (400)$$

H_{DS} - faktor [-]

B_{DS} - faktor [-] (Tabela 66)

$\dot{Q}_{DO}$ - nazivna toplotna moč toplotne podpostaje [kW]

$$\theta_{DS} = D_{DS} \cdot \theta_{prim,DS} + (1 - D_{DS}) \cdot \theta_{sek,DS} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (401)$$

θ_{DS} - povprečna temperatura ogrevalnega medija sistema daljinskega ogrevanja [°C]

D_{DS} - faktor [-] (Tabela 65)

$\theta_{prim,DS}$ - povprečna temperatura na primarni strani [°C]

$\theta_{sek,DS}$ - povprečna temperatura na sekundarni strani – povprečna temperatura ogrevalnega sistema [°C] (glej točko 7.1)

Tabela 65: D_{DS} v odvisnosti od vrste sistema daljinskega ogrevanja in projektne temperature na primarni strani

vrsta toplotne postaje	projektna temp. medija na primarni strani $\theta_{P,DS}$ [°C]	D_{DS} -
toplovod	105	0,6
vročevod	150	0,4
nizkotlačni parovod	110	0,5
visokotlačni parovod	180	0,4

Tabela 66: Koeficient B_{DS} v odvisnosti od razreda toplotne izolacije toplotne podpostaje

	Razred toplotne izolacije komponent toplotne podpostaje po OSIST EN ISO 12241			
izolacija primarne strani	4	3	2	1
izolacija sekundarne strani	5	4	3	2
toplovod	3,5	4,0	4,4	4
vročevod	3,1	3,5	3,9	4,3
nizkotlačni parovod	2,8	3,2	3,5	3,9
visokotlačni parovod	2,6	3,0	3,3	3,7