

MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR  
Tehnična smernica  
TSG-1-004:2010  
**UČINKOVITA RABA ENERGIJE**



**MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR**

Tehnična smernica

**TSG-1-004:2010**

**■ UČINKOVITA RABA ENERGIJE**





REPUBLIKA SLOVENIJA  
**MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR**

## **TEHNIČNA SMERNICA TSG-1-004:2010**

Minister za okolje in prostor na podlagi prvega odstavka 11. člena Zakona o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 92/05 – ZJC-B, 93/05 – ZVMS, 111/05 – odl. US, 126/07 in 108/09) izdaja tehnično smernico

# **UČINKOVITA RABA ENERGIJE**

Minister za okolje in prostor

**dr. ROKO ŽARNIČ**

Številka: **0071-101/2009**

V Ljubljani, dne 22. 6. 2010

K tej tehnični smernici je pridobljeno soglasje ministra za gospodarstvo kot pristojnega ministra za dajanje gradbenih proizvodov v promet, št. 007-176/2008 z dne 27. 5. 2010

Ta tehnična smernica je vključena v seznam tehničnih smernic Ministrstva za okolje in prostor, ki je bil objavljen v Uradnem listu Republike Slovenije.

V postopku izdaje te tehnične smernice so bile upoštevane vse zahteve Uredbe o postopkih notificiranja na področju standardov, tehničnih predpisov in postopkov ugotavljanja skladnosti (Uradni list RS, št. 66/00 in 35/05) v tistem delu, ki predstavlja prevzem Direktive 98/34/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. junija 1998 o določitvi postopka za zbiranje informacij na področju tehničnih standardov in tehničnih predpisov (UL L št. 204 z dne 21. 6. 1998, str. 37), zadnjič spremenjene z Direktivo Sveta 2006/96/ES z dne 20. novembra 2006 o prilagoditvi nekaterih direktiv na področju prostega pretoka blaga zaradi pristopa Bolgarije in Romunije (UL L št. 363 z dne 20. 12. 2006, str. 81).

**KAZALO**

<b>0</b>	<b>UVOD</b>	<b>7</b>
0.1	POMEN IN VLOGA TEHNIČNE SMERNICE UČINKOVITA RABA ENERGIJE	7
0.1.1	Zakonska podlaga za izdajo tehnične smernice	7
0.1.2	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah – pravni okvir delovanja smernice	7
0.1.3	Pravne posledice uporabe tehnične smernice	8
0.2	REFERENČNI DOKUMENTI	9
0.2.1	Predpisi	9
0.2.2	Standardi	9
0.2.3	Smernice in drugi dokumenti	11
0.3	POMEN IZRAZOV	11
<b>1</b>	<b>NAMEN IN PODROČJE UPORABE</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>ARHITEKTURNE ZAHTEVE</b>	<b>15</b>
2.1	UVOD	15
2.2	ARHITEKTURNA ZASNOVA	15
2.3	IZBIRA MATERIALOV	15
<b>3</b>	<b>TOPOTNA ZAŠČITA</b>	<b>16</b>
3.1	TOPLOTNA PREHODNOST	16
3.1.1	Splošno	16
3.1.2	Toplotni mostovi	16
3.1.3	Stavbno pohištvo	17
3.2	ZMANJŠEVANJE PREGREVANJA	17
3.2.1	Splošno	17
3.2.2	Zastekljene površine in senčila	17
3.3	PREHOD VODNE PARE	17
3.3.1	Splošno	17
3.3.2	Zahteve za gradbene konstrukcije	17
3.4	ZRAKOTESNOST	18
<b>4</b>	<b>OGREVANJE</b>	<b>19</b>
4.1	GENERATORJI TOPLOTE	19
4.1.1	Splošno	19
4.1.2	Zahteve za izkoristek generatorja toplote	19
4.2	CEVOVODNI RAZVOD OGREVANJA	19
4.2.1	Splošno	19
4.2.2	Toplotna izolacija cevovodnega razvoda	19
4.2.3	Ogrevala	20
4.3	PROJEKTNA TEMPERATURA OGREVALNEGA SISTEMA	20
4.4	URAVNOTEŽENJE IN REGULACIJA SISTEMA OGREVANJA	20
<b>5</b>	<b>HLAJENJE</b>	<b>21</b>
5.1	UVOD	21
5.2	HLADILNE IN KLIMATSKE NAPRAVE	21
5.3	CEVOVODNI IN KANALSKI RAZVOD KLIMATSKEGA SISTEMA	22
5.4	REGULACIJA KLIMATSKEGA SISTEMA	22
<b>6</b>	<b>PREZRAČEVANJE</b>	<b>23</b>
6.1	UVOD	23
6.2	VRAČANJE TOPLOTE	23
6.3	PREZRAČEVALNI SISTEM	23
6.4	NADZOR VLAGE V STAVBI	23
<b>7</b>	<b>PRIPRAVA TOPLE VODE</b>	<b>25</b>
7.1	NAČINI ZAGOTAVLJANJA TOPLE VODE	25
7.2	PRIPOROČILA ZA NAMEŠČANJE SPREJEMNIKOV SONČNE ENERGIJE	25
7.3	HRANILNIK IN CEVOVODNI RAZVOD TOPLE VODE	25

<b>8</b>	<b>RAZSVETLJAVA</b>	<b>26</b>
8.1	UVOD	26
8.2	ENERGIJSKE LASTNOSTI SVETIL	26
<b>9</b>	<b>METODOLOGIJA ZA IZRAČUN ENERGIJSKIH LASTNOSTI STAVBE</b>	<b>28</b>
9.1	UVOD	28
9.2	<b>IZRAČUN LETNE POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE STAVBE IN LETNEGA POTREBNEGA HLADU ZA HLAJENJE STAVBE</b>	<b>29</b>
9.2.1	Računska metoda	29
9.2.2	Standardni pogoji rabe stavbe	29
9.2.3	Toplotne cone	30
9.2.4	Karakteristične površine in prostornine stavbe	30
9.2.5	Toplotne izgube in pritoki skozi okna	30
9.2.6	Notranji toplotni viri	30
9.2.7	Toplotna kapaciteta stavbe	30
9.2.8	Prezračevanje	31
9.3	<b>LETNA DOVEDENA ENERGIJA ZA DELOVANJE STAVBE</b>	<b>31</b>
9.3.1	Simboli, enote in indeksi	31
9.3.2	Dovedena energija za delovanje stavbe	32
9.3.3	Letna dovedena energija za ogrevanje	35
9.3.4	Letna dovedena energija za hlajenje	35
9.3.5	Letna dovedena energija za pripravo tople vode	35
9.4	<b>IZHODIŠČNI PARAMETRI</b>	<b>37</b>
9.4.1	Povprečna temperatura in nadtemperatura ogrevnega medija	37
9.4.2	Standardni temperaturni režim ogrevalnega sistema	37
9.4.3	Povprečna temperatura ogrevnega medija pri spremenljivi temperaturi	37
9.4.4	Izračun povprečnih obremenitev podsistemov	37
9.4.4.1	Ogrevanje	37
9.4.4.2	Hlajenje	38
9.5	<b>IZRAČUN MESEČNIH RAČUNSKIH OBRATOVALNIH UR OGREVALNEGA IN/ALI HLADILNEGA SISTEMA</b>	<b>38</b>
9.5.1	Temperatura neogrevanega prostora	38
9.6	<b>PODSISTEM OGREVALA</b>	<b>38</b>
9.6.1	Potrebna toplota za ogrevala	39
9.6.2	Dodatne toplotne izgube podsistema ogrevala	39
9.6.3	Faktor učinkovitosti za prosto stoječa ogrevala; višina prostora h do 4 m	39
9.6.4	Faktorji učinkovitosti za vgrajena površinska ogrevala; višina prostora h do 4 m	40
9.6.5	Faktor učinkovitosti ogrevalnega sistema za prostore visoke od 4 m do 10 m	41
9.6.6	Faktor učinkovitosti ogrevalnega sistema za prostore višje od 10 m	41
9.6.7	Dodatna (pomožna) električna energija	42
9.6.7.1	Višina prostora h do 4 m	42
9.6.7.2	Višina prostora h nad 4 m	43
9.6.7.3	Vrnjena dodatna električna energija	43
9.7	<b>PODSISTEM RAZVOD OGREVALNEGA SISTEMA</b>	<b>43</b>
9.7.1	Potrebna električna energija za razvodni podsistem	44
9.7.1.1	Neprekinjeno obratovanje	44
9.7.1.2	Prekinjeno obratovanje	45
9.7.2	Vračljiva in vrnjena električna energija	46
9.7.3	Toplotne izgube razvodnega podsistema	46
9.7.3.1	Splošno	46
9.7.3.2	Toplotna oddaja v časovnem intervalu	46
9.7.4	Vrnjena toplota	47
9.8	<b>PODSISTEM KURILNA NAPRAVA</b>	<b>48</b>
9.8.1	Obratovalna temperatura generatorja toplote	48
9.8.2	Potrebna toplota za kurilno napravo	49
9.8.3	Generatorji toplote s funkcijo priprave tople vode	51
9.8.4	Pomožna električna energija	51
9.8.5	Vračljive in vrnjene toplotne izgube	52
9.8.5.1	Potrebna dodatna električna energija	52



9.8.5.2	Toplotne izgube skozi ovoj generatorja toplote	53
9.8.5.3	Skupne vrnjene izgube	53
9.8.6	Akumulator toplote	53
9.8.6.1	Toplotne izgube akumulatorja toplote	53
9.8.6.2	Potrebna dodatna električna energija za polnjenje akumulatorja	53
<b>9.9</b>	<b>SISTEM/PODSISTEM ZA PRIPRAVO TOPLE VODE</b>	<b>54</b>
9.9.1	Potrebna toplota za toplo vodo	54
9.9.2	Toplotne izgube in potrebna električna energija	54
9.9.2.1	Toplotne izgube	54
9.9.2.2	Potrebna električna energija	58
<b>9.10</b>	<b>SOLARNI TOPLOTNI SISTEMI</b>	<b>60</b>
9.10.1	Metoda z upoštevanjem podatkov o solarnem toplotnem sistemu (SIST EN 12976–2)	60
9.10.1.1	Samostojni sistem in sistem s predgrevanjem	60
9.10.1.2	Solarni toplotni sistem v kombinaciji z dopolnilnim sistemom	61
9.10.1.3	Dodatna potrebna energija	61
9.10.1.4	Izgube	61
9.10.2	Metoda z upoštevanjem podatkov o posameznih komponentah sistemov	62
9.10.2.1	Mesečni toplotni dobitki solarnega sistema	62
9.10.2.2	Dodatna potrebna energija	64
9.10.2.3	Izgube	64
<b>9.11</b>	<b>FOTONAPETOSTNI SISTEMI (PV)</b>	<b>65</b>
<b>9.12</b>	<b>TOPLOTNA ČRPALKA (TČ)</b>	<b>65</b>
9.12.1	Potrebna energija za ogrevanje in pripravo tople vode	68
9.12.1.1	Ogrevanje	68
9.12.1.2	Priprava tople vode	69
9.12.2	Toplotna moč TČ in COP pri nazivni obremenitvi	69
9.12.2.1	Ogrevanje	70
9.12.2.2	Priprava tople vode	72
9.12.3	Izračun toplotnih izgub	72
9.12.3.1	Ogrevanje	72
9.12.3.2	Priprava tople vode	72
9.12.3.3	Toplotne izgube primarnega krogotoka	73
9.12.3.4	Izračun toplote dodatnega generatorja toplote	73
9.12.4	Čas delovanja TČ in toplota	74
9.12.5	Dodatna energija za delovanje TČ	77
9.12.6	Vračljive in vrnjene toplotne izgube	77
<b>9.13</b>	<b>POTREBNA TOPLOTA/HLAD PRI PREZRAČEVANJU IN SISTEMIH Z ZRAKOM (ZA NESTANOVANJSKE STAVBE)</b>	<b>77</b>
9.13.1	Potrebna toplota za ogrevanje zaradi toplotnih prezračevalnih izgub	77
9.13.1.1	Potrebna toplota zaradi infiltracije zunanjega zraka	78
9.13.1.2	Potrebna toplota zaradi prezračevanja z odpiranjem oken	78
9.13.1.3	Potrebna toplota zaradi mehanskega prezračevanja	79
9.13.2	Potreben hlad za hlajenje zaradi prezračevanja	80
9.13.2.1	Potreben hlad zaradi infiltracije zunanjega zraka	80
9.13.2.2	Potreben hlad zaradi prezračevanja z odpiranjem oken	80
9.13.2.3	Potreben hlad zaradi mehanskega prezračevanja	80
9.13.3	Temperatura zraka pri mehanskem prezračevanju	80
9.13.4	Maksimalna potrebna moč ogrevanja/hlajenja za sisteme z mehanskim prezračevanjem/HVAC	81
9.13.4.1	Maksimalna potrebna moč ogrevanja za sisteme z mehanskim prezračevanjem	81
9.13.4.2	Maksimalna potrebna moč hlajenja za sisteme z mehanskim prezračevanjem	81
<b>9.14</b>	<b>DOVEDENA ENERGIJA ZA HLAJENJE</b>	<b>82</b>
9.14.1	Dovedena energija za hlajenje za sobne sisteme (RAC)	82
9.14.2	Dovedena energija za kombinirano hlajenje s sobnim sistemom (RAC) in centralnim hladilnim sistemom (CAC/HVAC)	82
9.14.2.1	Potrebna električna energija za primarni krogotok in vodno hlajeni kondenzator	83
9.14.3	Dodatna električna moč	83
9.14.3.1	Potrebna električna energija za končne prenosnike (ventilatorji)	83
9.14.3.2	Potrebna energija za hidravlične krogotoke	83

9.14.4	Potrebna energija za hlad	85
9.14.5	Potrebna energija za hlajenje kondenzatorja	87
9.14.6	Skupna dodatna energija za hlajenje	88
<b>9.15</b>	<b>SISTEMI HVAC</b>	<b>88</b>
9.15.1	Pretok dovedenega zraka	88
9.15.1.1	Naprave s konstantnim volumskim pretokom	88
9.15.1.2	Naprave s časovno spremenljivim volumskim pretokom	89
9.15.1.3	Naprave z variabilnim pretokom zraka VAV	89
9.15.2	Potrebna energija za delovanje ventilatorjev	89
9.15.2.1	Naprave s konstantnim volumskim pretokom	89
9.15.2.2	Naprave s časovno spremenljivim volumskim pretokom	89
9.15.2.3	Naprave z variabilnim pretokom zraka VAV	89
9.15.3	Določitev največje moči	89
9.15.3.1	Izhodiščni podatki – dimenzioniranje naprave (stanje zraka)	89
9.15.3.2	Maksimalna moč ogrevanja	90
9.15.3.3	Maksimalna moč hlajenja	90
9.15.3.4	Maksimalna moč parnega ovlaževanja	91
9.15.4	Entalpija dovedenega zraka	91
9.15.4.1	Entalpija dovedenega zraka za sisteme brez zahtev glede vlažnosti zraka	91
9.15.4.2	Entalpija dovedenega zraka za sisteme z zahtevami glede vlažnosti zraka s toleranco	91
9.15.4.3	Entalpija dovedenega zraka za sisteme z zahtevami glede vlažnosti zraka brez tolerance	92
9.15.5	Izračun potrebne energije za ogrevanje, hlajenje, ovlaževanje in razvlaževanje	92
9.15.6	Ogrevanje HVAC	94
9.15.6.1	Grelni register	94
9.15.6.2	Potrebna toplota za ogrevanje sistema HVAC	95
9.15.7	Hlajenje HVAC	95
9.15.7.1	Hladilni register	95
9.15.7.2	Potreben hlad za hlajenje sistema HVAC	96
9.15.7.3	Ovlaževanje	96
<b>9.16</b>	<b>DALJINSKO OGREVANJE</b>	<b>97</b>
9.16.1	Toplotne izgube toplotne podpostaje	97
<b>10</b>	<b>SNOVNI PODATKI</b>	<b>98</b>
<b>11</b>	<b>DODATKI</b>	<b>105</b>
	DODATEK 1: SPECIFIČNE EMISIJE CO <sub>2</sub> ZA POSAMEZNE VRSTE ENERAGENTOV	105
	DODATEK 2: IZVLEČEK IZ PRAVILNIKA O PREZRAČEVANJU IN KLIMATIZACIJI STAVB O ZAHTEVAH ZA NOTRANJE TOPLOTNO OKOLJE	105

## 0 UVOD

### 0.1 POMEN IN VLOGA TEHNIČNE SMERNICE UČINKOVITA RABA ENERGIJE

#### 0.1.1

##### Zakonska podlaga za izdajo tehnične smernice

- (1) To tehnično smernico je izdal minister za okolje in prostor v soglasju z ministrom za gospodarstvo na podlagi prvega odstavka 11. člena Zakona o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 92/05 – ZJC-B, 111/05 – odl. US, 93/05 – ZVMS, 120/06 – odl. US, 126/07 in 108/09).
- (2) V Zakonu o graditvi objektov je tehnična smernica opredeljena kot »dokument, s katerim se za določeno vrsto objekta uredijo natančnejša opredelitev bistvenih zahtev, pogoji za projektiranje, izbrane ravni oziroma razredi gradbenih proizvodov oziroma materialov, ki se smejo vgrajevati, ter načini njihove vgradnje in način izvajanja gradnje z namenom, da se zagotovi zanesljivost objekta ves čas njegove življenjske dobe, kadar je to primerno, pa tudi postopki, po katerih je mogoče ugotoviti, ali so takšne zahteve izpolnjene« (točka 3.2 prvega odstavka 2. člena).
- (3) Pravna narava in uporaba tehničnih smernic je bolj podrobno obravnavana v 9. členu zakona, kjer je določeno, da se z gradbenimi predpisi (to je vrsta izvršilnih predpisov, izdanih na podlagi zakona) za posamezne vrste objektov določijo tehnične značilnosti tako, da ti objekti glede na svoj namen izpolnjujejo eno, več ali vse naslednje bistvene zahteve:
  - mehanska odpornost in stabilnost,
  - varnost pred požarom,
  - higienska in zdravstvena zaščita in zaščita okolice,
  - varnost pri uporabi,
  - zaščita pred hrupom in
  - varčevanje z energijo in ohranjanje toplote.
- (4) V navedeni zakonski določbi je določeno tudi, da se gradbeni predpisi lahko sklicujejo na standarde oziroma tehnične smernice, ki se nanašajo na določeno vrsto objekta, in določijo njihovo obvezno uporabo oziroma določijo, da velja domneva, da je določen element skladen z zahtevami gradbenega predpisa, če ustreza zahtevam standardov oziroma tehničnih smernic. Če je v gradbenih predpisih določena domneva o skladnosti, morajo gradbeni predpisi opredeliti tudi pristojne organe za odločanje in postopek, v katerem se dokaže, da projekt, v katerem niso bili uporabljeni standardi oziroma tehnične smernice, temveč je projektant pri svojem delu uporabil rešitve iz zadnjega stanja gradbene tehnike, zagotavlja vsaj enako stopnjo varnosti kot projekt, pripravljen z uporabo standardov ali tehničnih smernic.

**Zadnje stanje gradbene tehnike** je stanje, ki v danem trenutku, ko se izdeluje projektna dokumentacija ali izvaja gradnja, predstavlja določeno stopnjo razvoja tehnične zmogljivosti gradbenih proizvodov, procesov in storitev, ki temeljijo na priznanih izsledkih znanosti, tehnike in izkušenj s področja graditve objektov, ob hkratnem upoštevanju razumnih stroškov (točka 3.1 prvega odstavka 2. člena zakona).

#### 0.1.2

##### Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah – pravni okvir delovanja smernice

- (1) Gradbeni predpis, ki za stavbe podrobneje opredeljuje bistveno zahtevo »varčevanje z energijo in ohranjanje toplote« je Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. V tem pravilniku so določene zahteve za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, klimatizacije, priprave tople pitne vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja deleža obnovljivih virov energije stavbe ter način izračuna energijskih lastnosti stavbe.

#### 1. člen (vsebina pravilnika)

- (1) Ta pravilnik določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 31/2010/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb (UL L št. 153 z dne 18. 6. 2010, str. 13).

- (2) V poglavju pravilnika, ki določa način izpolnjevanja predpisanih zahtev, so za uporabo te tehnične smernice najbolj pomembne naslednje določbe:

#### 5. člen (tehnična smernica)

Tehnična smernica za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije (v nadaljnjem besedilu: tehnična smernica) določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg zahtev iz tega pravilnika in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Uporaba tehnične smernice je obvezna.

- (3) V poglavju pravilnika, ki določa vsebino projektne dokumentacije, so najbolj pomembne naslednje določbe:

### 17. člen (elaborat URE)

- (1) Doseganje učinkovite rabe energije v stavbah oziroma izpolnjevanje zahtev iz tega pravilnika se dokazuje v elaboratu gradbene fizike za področje učinkovite rabe energije v stavbah (v nadaljnjem besedilu: elaborat URE).
- (2) Elaborat URE mora vsebovati najmanj:
  - vhodne podatke,
  - navedbo uporabljenih metod in uporabo privzetih vrednosti,
  - izračune, iz katerih mora biti razvidno, da projektirane gradbene konstrukcije in stavba kot celota izpolnjujejo zahteve iz tega pravilnika,
  - vmesne rezultate za elemente učinkovite rabe energije iz 9. do 14. ter 16. člena tega pravilnika,
  - potrebno letno primarno energijo za delovanje sistemov v stavbi,
  - izpuste CO<sub>2</sub>, ki nastanejo pri delovanju sistemov v stavbi, in
  - kazalnike letne rabe primarne energije in kazalnike izpustov CO<sub>2</sub>.
- (3) Rezultati iz prejšnjega odstavka se prikažejo tabelarično v skladu s tabelami 4 do 9 standarda SIST EN 15603, pri čemer se vse vrednosti za energijo prikazujejo v kWh.

### 19. člen (izkaz energijskih lastnosti stavbe)

- (1) Povzetki izračunov iz elaborata URE morajo biti navedeni na obrazcu »Izkaz energijskih lastnosti stavbe«, ki je kot priloga 1 sestavni del tega pravilnika.
- (2) Po zaključku gradnje je treba na podlagi izvedene gradnje energijske lastnosti stavbe ponovno določiti in izpolniti obrazec iz prejšnjega odstavka ter označiti, da gre za izvedeno stanje. Izkaz energijskih lastnosti stavbe, ki je obvezen sestavni del dokazila o zanesljivosti objekta, mora dokazovati, da so izpolnjene zahteve iz 7. in 16. člena tega pravilnika.

#### 0.13

#### Pravne posledice uporabe tehnične smernice

- a) Uporaba tehnične smernice – domneva o skladnosti

Kot je razvidno iz prejšnjih točk tega uvoda, so gradbeni ukrepi oziroma rešitve, zapisane v tej tehnični smernici, obvezen način za izpolnitev v pravilniku predpisanih zahtev. Upoštevanje tehničnih ukrepov iz tehnične smernice je podlaga za ustvaritev domneve o izpolnjenosti zahtev pravilnika. Pri tem je treba upoštevati dejstvo, da so ukrepi za zagotavljanje učinkovite rabe

energije praviloma medsebojno povezani in njihovega končnega učinka ni mogoče obravnavati izključno na podlagi analize vsakega ukrepa posebej, torej brez upoštevanja rezultatov celotnega izbranega koncepta učinkovite rabe energije. Zato mora odgovorni projektant pri izbiri ukrepov po tej tehnični smernici in njihovem kombiniranju z ukrepi, navedenimi v različnih referenčnih (podpornih) dokumentih, vedno poskrbeti za njihovo medsebojno usklajenost.

Dokazno breme o neizpolnjenosti zahtev iz pravilnika je v primeru uporabe te tehnične smernice na strani pristojnih državnih organov oziroma z zakonodajo določenih udeležencev pri graditvi, katerih vloga je nadzor nad pravilnostjo projektiranja. Kadar je projektiranje upoštevalo gradbene ukrepe iz te tehnične smernice, med gradnjo in pri pridobitvi potrebnih upravnih odločb ni treba dokazovati skladnosti z ustreznimi predpisi, ker se ta samodejno domneva na podlagi določb pravilnika.

Ta tehnična smernica se sklicuje na slovenske standarde, ki so v besedilo umeščeni v različna poglavja. Kumulativno so zbrani v poglavju 0.2 Referenčni dokumenti, kar praviloma pomeni, da besedilo tehnične smernice standard navaja in določa kateri del ali celoto se uporabi. Zaradi obvezne uporabe tehnične smernice je obvezna tudi uporaba v njej navedenih podpornih dokumentov, tudi standardov, vključno z njihovimi alternativnimi metodami, izhodiščnimi vrednostmi in v njih opredeljenimi poenostavitvami. Od tega pravila se odstopi le v primerih, kjer ta tehnična smernica vsebino določenega dela standarda na izrecen način ureja drugače.

- b) Razmerje do zahtev pravnih predpisov s področja prostorskega načrtovanja in energetike

Vsebina te tehnične smernice določa gradbene ukrepe, ki so lahko tudi predmet urejanja nekaterih drugih pravnih predpisov, predvsem s področja urejanja prostora in energetike. V razmerju do veljavnih predpisov je tehnična smernica napisana tako, da predstavlja del specialnega predpisa in ima zato njegova uporaba prednost pred drugimi hierarhično enakimi predpisi. Če pa se pri njeni uporabi kljub temu ugotovi, da bi izvedba določenega predlaganega ukrepa pomenila kršitev določb hierarhično višjega veljavnega predpisa (zakona, uredbe), je treba v celoti upoštevati obvezne zahteve zakonodaje.

Člen Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah, ki določa zahteve za arhitekturno oblikovanje in umeščanje stavb v prostor (arhitekturna zasnova), je oblikovan tako, da namenoma uporablja manj zavezujoče oblike urejanja materije, na primer »da je v največji možni meri«, »ustrezno«, »kar najbolj ugodno«, »optimalno«. Na ta način je zagotovljena nekonfliktna navezava na določbe veljavnih prostorskih aktov. V praksi to pomeni iskanje takšnih arhitekturnih in tehničnih rešitev, ki izpolnjujejo tako zahteve prostorskih aktov kot tudi zahteve predpisov o učinkoviti rabi energije.

Podobno velja za člen, ki opredeljuje zahteve za rabo obnovljivih virov energije. V tem primeru so uporabljeni izrazi in način zapisa, ki se navezujejo na predpise s področja obnovljivih virov energije in lokalnih energetskih konceptov.

## 0.2 REFERENČNI DOKUMENTI<sup>1</sup>

V točki 0.2.1 je upoštevano stanje veljavnosti predpisov na dan izdaje te tehnične smernice. Spremembe, povezane z izdajo novih predpisov in s tem povezanimi razveljavitvami, morajo uporabniki spremljati v Uradnem listu Republike Slovenije oziroma Uradnem listu Evropskih skupnosti za pravne akte ES.

### 0.2.1

#### Predpisi

- 0.2.1.1 Zakon o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 92/05 – ZJC-B, 93/05 – ZVMS, 111/05 – odl. US, 126/07 in 108/09),
- 0.2.1.2 Energetski zakon (Uradni list RS, št. 27/07 EZ–UPB2 – uradno prečiščeno besedilo),
- 0.2.1.3. Zakon o gradbenih proizvodih (Uradni list RS, št. 52/00),
- 0.2.1.4 Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti (Uradni list RS, št. 99/04),
- 0.2.1.5 Uredba o uvedbi in uporabi enotne klasifikacije vrst objektov in o določitvi objektov državnega pomena (Uradni list RS, št. 33/03, 78/05 - popr. in 25/10),
- 0.2.1.6 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 52/10)
- 0.2.1.7 Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02 in 105/02),
- 0.2.1.8 Pravilnik o vrstah zahtevnih, manj zahtevnih in enostavnih objektov, o pogojih za gradnjo enostavnih objektov brez gradbenega dovoljenja in o vrstah del, ki so v zvezi z objekti in pripadajočimi zemljišči (Uradni list RS, št. 114/03 in 130/04),
- 0.2.1.9 Pravilnik o projektni dokumentaciji (Uradni list RS, št. 55/08),
- 0.2.1.10 Pravilnik o požarni varnosti v stavbah (Uradni list RS, št. 31/04, 10/05, 83/05 in 14/07).

### 0.2.2

#### Standardi

- 0.2.2.1 SIST EN 255-3 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors - Heating mode - Part 3: Testing and requirements for marking for sanitary hot water units,
- 0.2.2.2 SIST EN 779 Zračni filtri za delce pri splošnem prezračevanju – Določanje učinkovitosti filtracije,
- 0.2.2.3 Skupina standardov SIST EN 806 Specifikacije za napeljave za pitno vodo v stavbah,
- 0.2.2.4 Skupina standardov SIST EN 1264 Water based surface embedded heating and cooling systems,

<sup>1</sup> Referenčni dokumenti, navedeni v:

- točki 0.2.1, so dosegljivi na spletni strani: <http://zakonodaja.gov.si/>,
- točki 0.2.2, so dosegljivi na Slovenskem inštitutu za standardizacijo,
- točki 0.2.3, so dosegljivi na spletni strani Ministrstva za okolje in prostor.

- 0.2.2.5 SIST EN 1886 Prezračevanje stavb – Centralne enote – Mehanske lastnosti in merilni postopki,
- 0.2.2.6 SIST EN ISO 6946 Gradbene komponente in gradbeni elementi – Toplotna upornost in toplotna prehodnost – Računska metoda,
- 0.2.2.7 SIST ISO 9836 Standardi za lastnosti stavb – Definicija in računanje indikatorjev površine in prostornine,
- 0.2.2.8 SIST EN ISO 10211 Toplotni mostovi v stavbah – Toplotni tokovi in površinske temperature – Podrobni izračuni,
- 0.2.2.9 SIST EN ISO 10456 Gradbeni materiali in proizvodi – Higrotermalne lastnosti – Tabelirane računske vrednosti in postopki za določevanje nazivnih in računskih vrednosti toplotnih vrednosti,
- 0.2.2.10 SIST EN 12207 Okna in vrata – Prepustnost zraka na pripirah – Klasifikacija,
- 0.2.2.11 SIST EN ISO 12241 Toplotna izolacija za opremo stavb in industrijske inštalacije – Pravila za računanje,
- 0.2.2.12 SIST EN 12831 Grelni sistemi v stavbah – Metoda izračuna projektne toplotne obremenitve,
- 0.2.2.13 SIST EN 12975-2 Toplotni sončni sistemi in sestavni deli – Sprejemniki sončne energije – 2. del: Preskusne metode,
- 0.2.2.14 Skupina standardov SIST EN 12976 Toplotni sončni sistemi in sestavni deli – Industrijsko izdelani sistemi,
- 0.2.2.15 SIST ENV 12977-2 Toplotni sončni sistemi in sestavni deli – Neserijsko izdelani sistemi – 2. del: Preskusne metode,
- 0.2.2.16 SIST EN 12977-3 Toplotni sončni sistemi in sestavni deli – Neserijsko izdelani sistemi – 3. del: Določanje preskusnih metod za hranilnike toplote, ogrevane s soncem,
- 0.2.2.17 SIST EN 13053 Prezračevanje stavb – Klimati – Ocenitev in lastnosti klimatov, sestavnih delov in sekcij,
- 0.2.2.18 SIST EN 13779 Prezračevanje nestanovanjskih stavb – Zahtevane lastnosti za prezračevalne naprave in klimatizirne sisteme,
- 0.2.2.19 SIST EN ISO 13789 Toplotne značilnosti stavb – Toplotni koeficienti pri prenosu toplote in prezračevanja – Računska metoda,
- 0.2.2.20 SIST EN ISO 13790 Toplotne značilnosti stavb – Računanje potrebne energije za gretje in hlajenje prostora,
- 0.2.2.21 SIST EN ISO 13791 Toplotne značilnosti stavb – Izračun notranje temperature prostorov poleti brez mehanskega hlajenja – Splošna merila in validacija postopka,
- 0.2.2.22 SIST EN ISO 13792 Toplotne značilnosti stavb – Izračun notranje temperature prostorov poleti brez mehanskega hlajenja – Poenostavljena metoda,
- 0.2.2.23 SIST EN 13829 Toplotne značilnosti stavb – Ugotavljanje tesnosti obodnih konstrukcij – Metoda tlačne razlike z uporabo ventilatorja,
- 0.2.2.24 SIST EN ISO 14683 Toplotni mostovi v stavbah – Linearna toplotna prehodnost – Poenostavljena metoda in privzete vrednosti,
- 0.2.2.25 Skupina standardov SIST EN 14511 Klimatske naprave, enote za tekočinsko hlajenje in toplotne črpalke z električnimi kompresorji za segrevanje in hlajenje prostora,
- 0.2.2.26 SIST EN 15193 Energijske značilnosti stavb – Energijske zahteve za osvetlitev,
- 0.2.2.27 SIST EN 15217 Energijske karakteristike stavb – Metode za izražanje karakteristik energije in za certificiranje energije v stavbah,
- 0.2.2.28 SIST EN 15232 Grelni sistemi v stavbah – Vpliv avtomatizacije stavb in izvršnih elementov ter upravljanja stavb,
- 0.2.2.29 SIST EN 15241 Prezračevanje stavb – Računske metode za energijske izgube zaradi prezračevanja in infiltracije v poslovnih stavbah,
- 0.2.2.30 SIST EN 15242 Prezračevanje stavb – Računske metode za določitev zračnih tokov v stavbah, vključno z infiltracijo,
- 0.2.2.31 SIST EN 15243 Prezračevanje stavb – Izračun sobne temperature ter obremenitve in energije stavb s sobnim klimatizirnim sistemom,
- 0.2.2.32 SIST EN 15251 Merila notranjega okolja za načrtovanje in ocenjevanje toplotnih lastnosti stavb z upoštevanjem notranje kakovosti zraka, toplotnega okolja, svetlobe in hrupa,
- 0.2.2.33 SIST EN 15255 Toplotne značilnosti stavb – Natančen preračun obremenitve ohlajevanja prostora – Splošna merila in validacija postopka,
- 0.2.2.34 SIST EN 15265 Toplotne značilnosti stavb – Računanje porabljene energije za segrevanje in hlajenje prostora z dinamično metodo – Splošna merila in validacija postopka,
- 0.2.2.35 SIST EN 15316-1 Grelni sistemi v stavbah – Metoda za preračun energijskih zahtev in učinkovitosti sistema – 1. del: Splošno,
- 0.2.2.36 SIST EN 15316-2-1 Grelni sistemi v stavbah – Metoda za preračun energijskih zahtev in učinkovitosti sistema – 2-1. del: Emisija sistemov za ogrevanje prostora,
- 0.2.2.37 SIST EN 15316-3-1 Grelni sistemi v stavbah – Metoda izračuna energijskih zahtev in učinkovitosti sistema – 3-1. del: Hišni sistemi in značilnosti potreb za toplo vodo (zahteve porabe),
- 0.2.2.38 SIST EN 15316-3-2 Grelni sistemi v stavbah – Metoda izračuna energijskih zahtev in učinkovitosti sistema – 3-2. del: Hišni razvod tople vode,
- 0.2.2.39 SIST EN 15316-3-3 Grelni sistemi v stavbah – Metoda izračuna energijskih zahtev in učinkovitosti sistema – 3-3. del: Hišna proizvodnja tople vode,
- 0.2.2.40 SIST EN 15316-4-1 Ogrevalni sistemi v stavbah – Metoda za preračun energijskih zahtev in učinkovitosti sistema – 4-1. del: Sistemi za ogrevanje prostora, zgorevalni sistemi,
- 0.2.2.41 SIST EN 15316-4-2 Ogrevalni sistemi v stavbah – Metoda za preračun energijskih zahtev in učinkovitosti sistema – 4-2. del: Sistemi za ogrevanje prostora, zgorevalni sistemi,

- kovitosti sistema – 4-2. del: Sistemi za ogrevanje prostora, toplotni črpalni sistemi,
- 0.2.2.42 SIST EN 15316-4-3 Grelni sistemi v stavbah – Metoda za preračun energijskih zahtev in učinkovitosti sistema – 4-3. del: Sistemi za ogrevanje prostora, toplotni sončni sistemi,
- 0.2.2.43 SIST EN 15316-4-4 Grelni sistemi v stavbah – Metoda za preračun energijskih zahtev in učinkovitosti sistema – 4-4. del: Sistemi za ogrevanje prostora, lastnosti in kakovost CHP elektrike in toplote,
- 0.2.2.44 SIST EN 15316-4-5 Grelni sistemi v stavbah – Metoda za preračun energijskih zahtev in učinkovitosti sistema – 4-5. del: Sistemi za ogrevanje prostora, lastnosti in kakovost daljinskega ogrevanja in velikih sistemov,
- 0.2.2.45 SIST EN 15316-4-6 Grelni sistemi v stavbah – Metoda za preračun energijskih zahtev in učinkovitosti sistema – 4-6. del: Sistemi za gretje prostora, fotonapetostni sistemi,
- 0.2.2.46 SIST EN 15316-4-7 Ogrevalni sistemi v stavbah – Metoda za preračun energijskih zahtev in učinkovitosti sistema – 4-7. del: Proizvodnja toplote za ogrevanje prostorov, sistemi za zgorevanje biomase,
- 0.2.2.47 SIST EN 15377-1 Ogrevalni sistemi v stavbah – Načrtovanje vodnih sistemov za ogrevanje in hlajenje, vgrajenih v konstrukcijo – 1. del: Določevanje načrtovane izhodne toplotne in hladilne moči površine,
- 0.2.2.48 SIST EN 15377-3 Grelni sistemi v stavbah – Načrtovanje vodnih sistemov za ogrevanje in hlajenje, vgrajenih v gradbeno konstrukcijo – 3. del: Optimizacija rabe obnovljivih energijskih virov,
- 0.2.2.49 SIST EN 15459 Grelni sistemi v stavbah – Postopek ekonomskega vrednotenja stavbnih energijskih sistemov,
- 0.2.2.50 SIST EN 15603 Energijske karakteristike stavb – Splošna raba energije in opredelitev potreb po energiji,
- 0.2.2.51 SIST-TP CEN/TR 15615 Razlaga splošne povezave med različnimi standardi CEN in Direktivo o energetske učinkovitosti stavb (EPBD) – Krovni dokument.

### 0.2.3

#### Smernice in drugi dokumenti

- 0.2.3.1 Tehnična smernica TSG-1-001:2010 Požarna varnost v stavbah,
- 0.2.3.2 Tehnična smernica TSG-N-003:2009 Zaščita pred delovanjem strele.

### 0.3 Pomen izrazov

- (1) Izrazi s področja graditve stavb in energetike, ki niso opredeljeni v tej tehnični smernici, imajo pomen, kakor je opredeljen v Zakonu o graditvi objektov, Energetskem zakonu in Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah.
- (2) Izrazi s področja učinkovite rabe energije v stavbah, ki niso opredeljeni v tej tehnični smernici in dokumentih iz prejšnjega odstavka, imajo pomen, kakor so opredeljeni v standardih, navedenih med referenčnimi dokumenti tehnične smernice.
- (3) Izrazi, uporabljeni v tej tehnični smernici, imajo naslednji pomen:
  1. »adiabatsko« je sprememba stanja brez dovoda ali odvoda toplote ali hladu;
  2. »celotne toplotne izgube«,  $Q_L$  (kWh), so vsota transmisijskih in prezračevalnih toplotnih izgub stavbe;
  3. »delež zasteklitve« (%) je delež zastekljenih površin v površini posameznega elementa ovoja stavbe;
  4. »dobitki notranjih virov«,  $Q_i$  (kWh), predstavljajo toploto, ki v prostoru nastaja, in njen vir ni ogrevalni sistem;
  5. »dobitki sončnega obsevanja«,  $Q_s$  (kWh), predstavljajo toploto, ki vstopa v prostor zaradi sončnega obsevanja;
  6. »faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja«,  $g$ , je razmerje vpadle in prepuščene gostote energijskega toka sončnega obsevanja;
  7. »generator hladu« je naprava za pretvarjanje energije vira v hlad;
  8. »globalno sončno obsevanje«,  $j$  (kWh/m<sup>2</sup>), je energija toplotnega sončnega obsevanja na vodoravno površino v določenem časovnem obdobju;
  9. »izkoristek cevnega razvoda«,  $h_{om}$ , je razmerje med toploto, oddano v končnih prenosnikih toplote, in toploto, potrebno za ogrevanje ali hlajenje stavbe in proizvedeno v generatorju toplote ali hladu;
  10. »izračun s spojenimi conami« je izračun z več conami s toplotnim spojem med conami, ki upošteva vsak prenos toplote s prehodom in/ali prezračevanjem in/ali izmenjavo zraka med conami;
  11. »izračun z nespojenimi conami« je izračun z več conami brez toplotnega spoja med conami, ki ne upošteva nobenega prenosa toplote s prehodom in/ali prezračevanjem in/ali izmenjavo zraka med conami;
  12. »količnik specifičnih transmisijskih toplotnih izgub«,  $H'_T$  (W/(m<sup>2</sup>K)), je razmerje med količnikom transmisijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T$  in celotno zunanjo površino stavbe  $A$ ;
  13. »količnik transmisijskih toplotnih izgub«,  $H_T$  (W/K), je količnik, določen po standardu SIST EN ISO 13790;
  14. »količnik energijske učinkovitosti«, COP, je razmerje med pridobljeno toplotno energijo in vloženo pogonsko energijo (kW<sub>h</sub>/kW<sub>e</sub>), kadar delujejo generatorji hlada kot toplotne črpalke (obrnjeni proces) ali pri

- napravah za vračanje toplote;
15. »končni prenosnik toplote« je prenosnik toplote ali hladu v prostorih, ki jih ogrevamo ali hladimo;
  16. »kondicionirana cona« je del prostora z uravnanimi pogoji z dano nastavljenostjo temperature ali temperatur, v kateri se predpostavljajo enotne bivalne navade, razlike notranje temperature po prostoru so zanemarljive in temperaturo uravnava enoten sistem ogrevanja, hlajenja in/ali prezračevanja in klimatizacije ali različni sistemi z enakimi energijskimi karakteristikami;
  17. »kondicionirana površina« je tlorisna površina prostorov z uravnanimi pogoji brez nebivalnih kleti ali drugih nebivalnih prostorov, vključuje tlorisno površino vseh nadstropij, če jih je več kot eno;
  18. »kurilna naprava« je naprava, v kateri se z zgorevanjem goriv pridobiva toplota, ki se prenaša na nosilec toplote. Praviloma jo sestavljajo kurišče ali več kurišč, gorilnik, dimniški priključki ali dimni vodi za odvajanje dimnih plinov skozi dimnik in dovodniki zgorovalnega zraka;
  19. »letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe«,  $Q_{NH}$  (kWh), je potreba po toploti, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur zraka v obdobju ogrevanja, določena po standardu SIST EN ISO 13790;
  20. »letni potrebni hlad za hlajenje stavbe«,  $Q_{NC}$  (kWh), je potreba po energiji, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur zraka v obdobju hlajenja, določena po standardu SIST EN ISO 13790;
  21. »neposredno ogrevani hranilnik toplote« ima vgrajen lasten vir energije za pridobivanje toplote in s cevnim razvodom ni povezan z generatorjem toplote;
  22. »obdobje hlajenja«,  $n_c$ , je število ur med začetkom in koncem hlajenja stavbe. Začetek in konec hlajenja sta za posamezno lokacijo določena s karto trajanja obdobja hlajenja;
  23. »povprečna dnevna temperatura zraka« je določena z enačbo:  $T_d = (T_7 + T_{14} + 2T_{21})/4$ , kjer so  $T_7$ ,  $T_{14}$  in  $T_{21}$  (°C) časovne meritve temperature zunanjega zraka po srednjeevropskem času;
  24. »povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka« je za posamezno lokacijo in mesec določena s kartami povprečnih mesečnih temperatur zunanjega zraka;
  25. »povprečna letna temperatura zunanjega zraka«,  $T_L$  (°C), je za posamezno lokacijo določena s karto povprečne letne temperature zunanjega zraka;<sup>1</sup>
  26. »povprečna toplotna prehodnost stavbe«,  $U_m$  (W/(m<sup>2</sup>K)), je računsko uravnotežena povprečna vrednost toplotnih prehodnosti ovoja stavbe z upoštevanjem toplotnih mostov;
  27. »povprečna sezonska energijska učinkovitost«, ESEER, je utežena srednja vrednost EER pri različnih obremenitvah po standardu Eurovent (EER 100 %, EER 75 %, EER 50 % in EER 25 %) in se izračuna po izrazu:  $ESEER = 0,03.EER 100 \% + 0,33.EER 75 \% + 0,41.EER 50 \% + 0,23.EER 25 \%$  (kW<sub>c</sub>/kW<sub>e</sub>);
  28. »povprečni letni izkoristek kurilne naprave«,  $\eta_{gh}$ , se oceni na podlagi nazivnega izkoristka generatorja toplote,  $\eta_g$ , pričakovane letne obremenitve kurilne naprave in izgub zaradi stanja pripravljenosti. Toplotne izgube stanja pripravljenosti kurilne naprave ne smejo presegati 2,5 % nazivne toplotne moči pri nazivni moči generatorja toplote do vključno 100 kW ter ne smejo presegati 2,0 % nazivne toplotne moči generatorja toplote nad 100 kW;
  29. »projektna notranja temperatura«,  $\theta_{iph}, \theta_{epi}, \theta_{ipc}, \theta_{epc}$  (°C), je računsko temperatura zraka za izračun toplotnih obremenitev z indeksi: notranja – ip, zunanja – ep; pozimi – h in poleti – c;
  30. »prezračevalne toplotne izgube«,  $Q_v$  (kWh), so toplotne izgube zaradi izmenjave odtočnega zraka iz prostorov z zunanjim zrakom;
  31. »projektirana moč ogreval« (W) je moč ogreval po projektu strojnih napeljav;
  32. »projektna zunanja temperatura« je temperatura zunanjega zraka, ki jo je treba upoštevati pri načrtovanju ogrevalnega in hladilnega sistema in je za posamezno lokacijo določena s karto projektne zunanje temperature;<sup>2</sup>
  33. »razmerje energijske učinkovitosti«, EER, je razmerje med pridobljeno hladilno energijo in vloženo pogonsko energijo (kW<sub>c</sub>/kW<sub>e</sub>);
  34. »temperaturni primanjkljaj«, DD (dan K), je vsota razlik med notranjo temperaturo (20 °C) in povprečno dnevno zunanjo temperaturo zraka po vseh dneh ogrevalne sezone. Temperaturni primanjkljaj upošteva le dneve, ko je bila povprečna zunanja temperatura zraka nižja od 12 °C. Za posamezno lokacijo je določen s karto temperaturnega primanjkljaja;<sup>2</sup>
  35. »toplotna črpalka« je naprava ali sistem, ki odvzema toploto pri nižji temperaturi iz različnih toplotnih virov, na primer iz zraka, vode ali zemlje, in jo pri višji temperaturi dobavlja stavbi;
  36. »toplotna prehodnost«,  $U$  (W/(m<sup>2</sup>K)), je celotna toplotna prehodnost, ki upošteva prehod toplote skozi element ovoja stavbe in vključuje prevajanje, konvekcijo in sevanje;
  37. »toplotna prevodnost«,  $\lambda$  (W/(mK)) je snovna lastnost materiala, določena pri srednji delovni temperaturi in vlažnosti materiala;
  38. »toplotni most« je mesto povečanega prehoda toplote v konstrukciji ali napravi zaradi spremembe materiala, debeline ali geometrije konstrukcije;
  39. »trajanje ogrevalne sezone« je število dni med začetkom in koncem ogrevalne sezone. Začetek in konec ogrevalne sezone sta za posamezno lokacijo določena s kartama začetka in konca ogrevalne sezone;<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Karte s krajevno ugotovljenimi podnebnimi podatki so dostopne na spletni aplikaciji pregledovalnika podnebnih podlag na spletnem naslovu: [http://www.geodetska-uprava.si/DHTML\\_HMZ/wm\\_ppp.htm](http://www.geodetska-uprava.si/DHTML_HMZ/wm_ppp.htm).

<sup>2</sup> Karte s krajevno ugotovljenimi podnebnimi podatki so dostopne na spletni aplikaciji pregledovalnika podnebnih podlag na spletnem naslovu: [http://www.geodetska-uprava.si/DHTML\\_HMZ/wm\\_ppp.htm](http://www.geodetska-uprava.si/DHTML_HMZ/wm_ppp.htm).



40. »transmisijske toplotne izgube«,  $Q_T$  (W), so toplotne izgube zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe;
41. »zunanja linijska toplotna prehodnost«,  $\psi_e$  (W/(mK)), je linijska toplotna prehodnost, določena po standardu SIST EN ISO 14683 po sistemu zunanjih mer;
42. »zunanja temperatura«,  $\theta_e$  (°C), je temperatura zunanjega zraka.

## 1 NAMEN IN PODROČJE UPORABE

- (1) Za zagotavljanje učinkovite rabe energije v stavbah ta tehnična smernica na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, klimatizacije, priprave tople pitne vode in razsvetljave v stavbah določa:
- elemente arhitekturne zasnove, ki vplivajo na učinkovito rabo energije,
  - dopustno toplotno prehodnost posameznih gradbenih elementov in sklopov,
  - načine pasivnega zmanjševanja pregrevanja zaradi sončnega obsevanja,
  - sestave takšnih gradbenih konstrukcij, da ne bo prišlo do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare,
  - ravni in tehnične rešitve primerne zrakotesnosti stavbe,
  - energijske lastnosti generatorjev toplote in generatorjev hladu,
  - zahteve načrtovanja in izvedbe cevovodnega razvoda ogrevanja, hlajenja, prezračevanja in klimatizacije stavbe,
  - projektne temperature ogrevalnega sistema,
  - načine uravnoteženja in regulacije sistema ogrevanja,
  - energijske lastnosti klimatskih naprav in sistemov,
  - načine regulacije sistema klimatizacije,
  - ravni potrebnega vračanja toplote ali hladu odtočnega zraka,
  - elemente zagotavljanja učinkovite priprave tople pitne vode,
  - zahteve načrtovanja in izvedbe hranilnika in cevovodnega razvoda tople pitne vode,
  - energijske lastnosti elementov razsvetljave,
  - stavbe oziroma njihove dele, v katerih je treba razsvetlavo regulirati v odvisnosti od dnevne svetlobe in prisotnosti uporabnikov.
- (2) Ta tehnična smernica določa potrebne izračune, s katerimi preverjamo učinkovito rabo energije v stavbah. Razlikovati je treba med:
- enostanovanjskimi stavbami,
  - večstanovanjskimi stavbami,
  - upravnimi in pisarniškimi stavbami,
  - stavbami za izobraževanje,
  - stavbami za zdravstvo,
  - gostinskimi stavbami,
  - športnimi dvoranami,
  - trgovskimi stavbami in stavbami za storitvene dejavnosti in
  - stavbami za druge namene, ki so porabniki energije, zato je treba za vsako stavbo ali njen del skladno s predpisom, ki ureja klasifikacijo objektov, uporabiti najbolj primerno metodologijo iz točke 9 te tehnične smernice.
- (3) V tej tehnični smernici so navedeni tudi snovni podatki
- za najbolj običajne materiale, ki se uporabijo v primerih, kadar podatki proizvajalca niso na voljo.
- (4) Metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe temelji na določbah veljavnih slovenskih standardov, ki so nastali s privzemom mednarodnih evropskih ali tujih nacionalnih standardov, predvsem standarda SIST EN ISO 13790. Dopustna je tudi uporaba standardov drugih držav članic Evropskega gospodarskega prostora in Turčije, če ti standardi omogočajo doseganje vsaj enake ravni energijske učinkovitosti, obravnavajo enake parametre in omogočajo enako stopnjo natančnosti.

## 2 ARHITEKTURNE ZAHTEVE

### 8. člen (arhitekturna zasnova)

Stavbo je treba zasnovati in graditi tako, da je energijsko ustrezno orientirana, da je razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in njeno kondicionirano prostornino z energijskega stališča ugodno, da so prostori v stavbi energijsko optimalno razporejeni, in da materiali in elementi konstrukcije ter celotna zunanja površina stavbe omogočajo učinkovito upravljanje z energijskimi tokovi.

### 2.1 UVOD

Pri zasnovi stavbe mora odgovorni projektant arhitekture upoštevati vse dejavnike, ki zagotavljajo, da bo stavba energijsko učinkovita, tudi pri izrabi toplote za ogrevanje in hlajenje ter za prezračevanje in klimatizacijo ter pri pripravi tople (in hladne) vode ter bo vzpostavila in vzdrževala ustrezno notranje okolje s primerno osvetlitvijo.

### 2.2 ARHITEKTURNA ZASNOVA

- (1) Arhitekturna zasnova stavbe mora z vidika učinkovite rabe energije upoštevati še zlasti:
  - orientacijo stavbe, tako da s premišljeno umestitvijo stavbe optimiziramo zahteve glede ohranjanja energije ob upoštevanju predvidene uporabe stavbe;
  - razmerje med ovojem stavbe in njeno prostornino, ki mora biti čim bolj ugodno, kar pomeni, da se je treba izogibati nepotrebni členjenosti stavb in elementom, ki povzročajo nepotrebne toplotne mostove;
  - sončnemu sevanju izpostavljena površina zunanjega ovoja stavbe (zbiralna površina), ki opravlja toplotno energijsko funkcijo (zunanje stene in streha), mora biti osončena od povprečne višine 1 m nad terenom navzgor, v času:
    - zimskega solsticija (21. 12.) najmanj 2 uri, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju  $\pm 30^\circ$  odstopanja od smeri jug,
    - ekvinokcija (21. 03. in 23. 09.), najmanj 4 ure, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju  $\pm 60^\circ$  odstopanja od smeri jug,
    - poletnega solsticija (21. 06.) najmanj 6 ur, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju  $\pm 110^\circ$  odstopanja od smeri jug;
  - obliko in razmerje zasteklitve, ki mora zagotoviti zahtevano osvetljenost prostorov, obenem pa zagotoviti čim večje dobitke toplotne energije pozimi ter zaščito pred čezmernim sončnim obsevanjem in segrevanjem poleti;

- obstoječe in načrtovane sosednje stavbe tako, da se upošteva tudi načrtovani razvoj, kar se odraža tudi na zasnovi stavbe;
- površine, primerne za namestitve sprejemnikov sončne energije, fotonapetostnih elementov in drugih naprav, ki izkoriščajo sončno obsevanje, pri čemer se za primerno usmerjenost in naklon zunanje površine stavbe šteje tista površina, ki je obrnjena v eno ali več smeri od jugozahoda preko juga do jugovzhoda, naklon pa je med  $20^\circ$  in  $60^\circ$ ;
- zunanje okolje, in stavbe zasnovati tako, da se upoštevajo klimatske razmere v vsem letu, spremembe čez dan in vse posebnosti, ki so značilne za lokacijo gradnje;
- notranje okolje tako, da se pri zasnovi stavbe ustrezno posveti različnim ciklom njene uporabe v različnih časovnih ciklih (na primer štiriindvajseturni cikel, mesečni cikel, drugi vzorci uporabe v vsem letu);
- čim višjo raven vključitve sistemov za zajem sončne obsevanja v osnovno arhitekturno zasnovo, ki jih je dovoljeno namestiti na poševne ali ravne strehe stavb, na fasade ali na samostojne konstrukcije ob stavbi, na primer pergole, nadstreški;
- da so v primeru večstanovanjskih stavb sprejemniki sončne energije, fotonapetostni elementi in druge naprave, ki izkoriščajo sončno obsevanje, nameščeni na površinah, ki so del skupnih delov stavbe in morajo biti dostopni za namene vzdrževanja;
- da mora biti možna namestitve sprejemnikov sončne energije in fotonapetostnih elementov na poševne strehe v smeri in z naklonom, ki se ne razlikuje od smeri in naklona poševnine strehe.

- (2) Poleg zgoraj naštetih zahtev je treba upoštevati tudi določila veljavnega prostorskega akta. Pri zasnovi stavbe je treba upoštevati tudi zahteve točke 5.1 in 7.2.

### 2.3 IZBIRA MATERIALOV

- (1) Pri snovanju stavbe je treba upoštevati tudi vpliv gradbenih materialov in elementov stavbe na zahteve toplotne zaščite in ohranjanja energije, zahtev prezračevanja ter na preprečevanje površinske kondenzacije in škode zaradi kondenzacije znotraj elementov ovoja.
- (2) Izkoristiti je treba tehnike načrtovanja, s katerimi je omogočena uporaba materialov nosilne konstrukcije, polnil, oblog, oken, odprt in drugih elementov, ki najbolj učinkovito dosežejo zahteve učinkovite rabe energije v stavbah pri določenih zahtevah glede toplotnega in drugega ugodja v stavbi.
- (3) Obenem morajo biti izpolnjene zahteve, ki izhajajo iz predpisov, ki ustrezajo varnostnim zahtevam v primeru požara, predpisov, ki ustrezajo zahtevam glede dostopnosti in varnosti pri uporabi, in predpisov, ki ustrezajo zahtevam glede okoljskih vidikov.

### 3 TOPLOTNA ZAŠČITA

#### 9. člen (toplotna zaščita)

- (1) S toplotno zaščito površine toplotnega ovoja stavbe in ločilnih elementov delov stavbe z različnimi režimi notranjega toplotnega ugodja je treba:
- zmanjšati prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe,
  - zmanjšati podhlajevanje ali pregrevanje stavbe,
  - zagotoviti tako sestavo gradbenih konstrukcij, da ne prihaja do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare, in
  - nadzorovati (uravnavati) zrakotesnost stavbe.
- (2) Stavbe je treba projektirati in graditi tako, da je vpliv toplotnih mostov na letno potrebo po energiji za ogrevanje in hlajenje čim manjši in da toplotni mostovi ne povzročajo škode stavbi ali njenim uporabnikom.

#### 3.1 TOPLOTNA PREHODNOST

##### 3.1.1

##### Splošno

- (1) Toplotna prehodnost elementov zunanje površine stavbe in ločilnih elementov delov stavbe z različnimi režimi notranjega toplotnega ugodja, ki se določi po standardih SIST EN ISO 6946 in SIST EN ISO 10211, ne sme presegati vrednosti, navedenih v tabeli 1.

Tabela 1:

	Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	$U_{max}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
1	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,28
2	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom – manjše površine, ki skupaj ne presegajo 10 % površine neprozornega dela zunanje stene	0,60
3	Stene, ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe	0,50
4	Stene med stanovanji in stene proti stopniščem, hodnikom in drugim manj ogrevanim prostorom Notranje stene in medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah	0,70 0,90
5	Zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu	0,35

6	Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)	0,35
7	Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo	0,35
8	Tla nad zunanjim zrakom	0,30
9	Tla na terenu in tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo pri panelnem – talnem ogrevanju (ploskovnem gretju)	0,30
10	Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh (ravne ali poševne strehe)	0,20
11	Terase manjše velikosti, ki skupaj ne presegajo 5 % površine strehe	0,60
12	Strop proti terenu	0,35
13	Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz lesa ali umetnih mas Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz kovin	1,30 1,60
14	Strešna okna, steklene strehe	1,40
15	Svetlobniki, svetlobne kupole (do skupno 5 % površine strehe)	2,40
16	Vhodna vrata	1,60
17	Garažna vrata	2,00

- (2) Vrednosti za toplotno prehodnost iz tabele 1 se smiselno uporabljajo tudi za notranje gradbene konstrukcije, ki mejijo na prostore, v katerih lahko notranja temperatura zraka pri projektni zunanji temperaturi zraka pade pod 12 °C.

##### 3.1.2

##### Toplotni mostovi

- (1) Vpliv toplotnih mostov na letno potrebo po toploti mora biti čim manjši. Toplotnim mostovom z linijsko toplotno prehodnostjo  $\psi_e > 0,2$  W/(mK) (standard SIST EN ISO 14683, tabela 2, ali SIST EN ISO 10211) se je treba z ukrepi v skladu z zadnjim stanjem gradbene tehnike izogniti s popravki načrtovanih detajlov. Če pa to ni mogoče, je treba dokazati, da vodna para na mestih toplotnih mostov ne bo kondenzirala. Pri tem je treba uporabiti metodo iz standarda SIST EN ISO 10211 z upoštevanjem klimatskih pogojev kot pri prehodu vodne pare.
- (2) V računu potrebne toplote za ogrevanje se vpliv toplotnih mostov upošteva po standardih SIST EN ISO 13789, SIST EN ISO 14683 oziroma SIST EN ISO 10211.
- (3) Če imajo vsi toplotni mostovi v stavbi linijsko toplotno prehodnost  $\psi_e < 0,2$  W/(mK) (standard SIST EN ISO 14683, tabela 2), se lahko njihov vpliv upošteva na po-

enostavljen način, s povečanjem toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe za  $0,06 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

### 3.1.3

#### Stavbno pohištvo

- (1) V ogrevanih prostorih stavbe se sme uporabljati zaste-klitev s toplotno prehodnostjo  $U_{st}$  največ  $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
- (2) Toplotna prehodnost oken (steklo in okvir) v odvisnosti od materiala okvirjev ne sme biti večja od  $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  pri oknih z lesenim profilom, profilom iz umetne mase in s profilom iz kombinacije materialov, katerih osnova je profil iz lesa ali umetne mase, oziroma od  $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  pri oknih s kovinskimi okvirji. Toplotna prehodnost strešnih oken in steklenih streh ne sme biti večja od  $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
- (3) Toplotna prehodnost zunanjih vrat ne sme biti večja od  $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , razen garažnih vrat ogrevane garaže, kjer toplotna prehodnost ne sme biti večja od  $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
- (4) Toplotna prehodnost dela ovoja na mestu, kjer je vgrajena omarica za rolete ali druga senčila, vključno s pogoni in napravami za upravljanje, ne sme biti večja od  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .
- (5) Zahteve tega člena ne veljajo za izložbena okna, ki omejujejo zaprt izložbeni prostor, in za steklena vrata, ki so del vetrolova.
- (6) V neogrevanih prostorih s temperaturo zraka pod  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  je na ovoju stavbe dovoljena uporaba steklenih prizem (steklakov).
- (7) Poleg zahtev te točke je treba upoštevati tudi drugi odstavek točke 5.1 in tretji odstavek točke 8.1.

## 3.2 ZMANJŠEVANJE PREGREVANJA

### 3.2.1

#### Splošno

- (1) Pri načrtovanju stavbe je treba s pasivnimi ukrepi, kot so na primer primerna arhitekturna zasnova, senčenje in naravno prezračevanje v nočnih in jutranjih urah zagotoviti, da bodo potrebe po hlajenju čim manjše.
- (2) Pri načrtovanju in pri izračunu potrebe po hlajenju je treba izkoristiti ugodne potenciale nočnega in jutranjega prezračevanja stavbe, če je to glede na predvideni način rabe stavbe dopustno. Šteje se, da je nočno prezračevanje stavbe omogočeno, če je upravljano avtomatsko.

### 3.2.2

#### Zastekljene površine in senčila

- (1) Vse zastekljene površine, večje od  $0,5 \text{ m}^2$ , razen tistih, ki so obrnjene v smeri od severovzhoda preko severa

do severozahoda ali so poleti trajno zasenčene z naravno oziroma umetno oviro, morajo omogočati tako zaščito proti sončnemu obsevanju, pri kateri je faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja stekla ( $g_{st}$ ) in senčila (upoštevaje vpliv položaja vgradnje: zunaj ali v medstekelnem prostoru)  $g < 0,50$ . Faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja stekla in senčila se določi kot produkt faktorjev prepustnosti celotnega sončnega obsevanja posamičnih plasti (stekla in senčila) ob upoštevanju zmanjšanja učinkovitosti senčila v medstekelnem prostoru.

$$g = g_{st} \cdot g_s$$

- (2) Faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja senčila se pri vgradnji senčila v medstekelni prostor določi po enačbi:

$$g_{s,m} = 1 - 0,4 (1 - g_s),$$

$g_s$  – faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja senčila,

$g_{s,m}$  – faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja senčila v medstekelnem prostoru.

- (3) Senčila, vgrajena na notranjo stran, se ne štejejo kot zaščita proti sončnemu obsevanju.

## 3.3 PREHOD VODNE PARE

### 3.3.1

#### Splošno

- (1) Stavbe morajo biti projektirane in zgrajene tako, da se pri namenski uporabi vodna para, ki zaradi difuzije prodira v gradbeno konstrukcijo, ne kondenzira. Če pride do kondenzacije vodne pare v konstrukciji, se mora ta po koncu računskega obdobja difuzijskega navlaževanja in izsuševanja povsem izsušiti.
- (2) Vse gradbene konstrukcije stavb morajo biti projektirane in zgrajene tako, da vodna para pri projektnih pogojih na njihovih površinah ne kondenzira.
- (3) Vlaga, ki se kondenzira v konstrukciji, ne sme povzročiti škode na gradbenih materialih (na primer korozije, nastanka plesni, poslabšanja lastnosti izolacijskih materialov).
- (4) Difuzija vodne pare se računa za zunanje gradbene konstrukcije in konstrukcije, ki mejijo na neogrevane prostore, razen za konstrukcije, ki mejijo neposredno na teren (tla, strop, stene).

### 3.3.2

#### Zahteve za gradbeno konstrukcijo

- (1) Za račun higrotermičnih lastnosti konstrukcij se uporablja SIST EN ISO 13788.

- (2) Pri izračunu se upoštevata notranja temperatura zraka 20 °C in notranja relativna vlažnost zraka 65 %.
- (3) Skupna količina kondenzirane vlage ne sme v nobenem trenutku preseči vrednosti iz tabele F.1 Priloge F standarda SIST EN ISO 13788 ali vrednosti, ki jih določi proizvajalec gradbenega materiala.
- (4) V strešnih in stenskih konstrukcijah ne sme skupna količina kondenzirane vlage na površinsko enoto nikoli preseči vrednosti 1 kg/m<sup>2</sup>.
- (5) Če pride do kondenzacije na materialu, ki ne omogoča kapilarnega navzemanja vlage, skupna količina kondenzirane vlage na površinsko enoto nikoli ne sme preseči vrednosti 0,5 kg/m<sup>2</sup>.
- (6) Če pride do kondenzacije v lesu, se skupna vlaga lesa ne sme povečati za več kot 5 %, pri materialih, narejenih iz lesa, pa za 3 %.
- (7) Pri izračunu se lahko uporabijo vrednosti iz projektne naloge, če sta določeni projektna notranja temperatura zraka in/ali relativna vlažnost zraka višji od vrednosti, določenih v tej smernici.
- (8) Mesečne vrednosti zunanje temperature zraka in zunanje relativne vlažnosti zraka so podane v klimatskih podatkih.

### 3.4 ZRAKOTESNOST

- (1) V stavbah je treba uporabljati okna in vrata z izjavo o skladnosti z naslednjimi razredi zrakotesnosti:
  - vsaj razreda 2 po standardu SIST EN 12207, za okna in balkonska vrata, vgrajena v eno- ali dvoetažne stavbe, in za vhodna vrata, vgrajena v prvem ali v drugem nadstropju stavbe, oziroma
  - vsaj razreda 3 po standardu SIST EN 12207 za okna in balkonska vrata, vgrajena v tri- ali večnadstropne stavbe, in za vhodna vrata, vgrajena v tretji ali višji etaži stavbe.
- (2) Če se tesnost ovoja pri stavbah z uporabno površino, večjo od 5000 m<sup>2</sup>, ki so polno ali delno klimatizirane, preverja, se preizkus izvede po standardu SIST EN 13829 ( $Q_{s0}/S_T$  – vključno s površino poda pritličja) ali pa se izmeri indeks zračne prepustnosti ( $Q_{s0}/S$ ).
- (3) Zrakotesnost stavbe ali njenega dela brez mehanskega prezračevanja, merjena po standardu SIST EN 13829, ne sme presegati treh (3) izmenjav zraka na uro (pri tlačni razliki 50 Pa).
- (4) V stavbah z vgrajenim sistemom mehanskega prezračevanja z več kot 0,7-kratno izmenjavo zraka, računano z  $V_e$ , zrakotesnost ne sme presegati dve (2) izmenjavi zraka na uro (pri tlačni razliki 50 Pa).

## 4 OGREVANJE

### 10. člen (ogrevanje)

Projektirani in izvedeni sistem ogrevanja stavbe mora ob najmanjših toplotnih izgubah zagotoviti takšno raven notranjega toplotnega ugodja, kot je določena s predpisi, ki urejajo prezračevanje in klimatizacijo stavb, oziroma je določena v projektni nalogi, če je ta strožja od predpisane. Energijsko učinkovitost ogrevalnega sistema se zagotavlja z izborom energijsko učinkovitih generatorjev toplote, načrtovanja in izvedbe energijsko učinkovitega cevnega razvoda, izbora nizke projektne temperature ogrevalnega sistema in njegovega uravnoteženja ter regulacije temperature zraka v stavbi, njenem posameznem delu ali prostoru.

### 4.1 GENERATORJI TOPLOTE

#### 4.1.1

##### Splošno

- (1) Pri uporabi plinastih goriv se lahko vgrajujejo le kondenzacijske kurilne naprave izjemoma pa tudi naprave z napredno plinsko tehniko z visokim energijskim izkoristkom, kot na primer toplotne črpalke.
- (2) V stavbah z do dvema stanovanjema je generator toplote praviloma vgrajen znotraj toplotnega ovoja stavbe, razen v primeru naprav, ki so narejene za zunanjo postavitev, na primer kompaktnih toplotnih črpalk zrak-voda.
- (3) Toplotne izgube razvodnega omrežja morajo biti manjše od 5 %.
- (4) Specifična raba električne energije za transport prenosnika toplote mora biti manjša od  $15 W_{el}/kW_{toplote}$ .
- (5) Obtočne črpalke v stavbah z več kot dvema stanovanjema morajo imeti električno regulacijo na konstantni  $D_p$ .
- (6) Zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje pri nočnem znižanju ali prekinitvi ogrevanja se upošteva v skladu s časom trajanja in zadnjim stanjem gradbene ter ogrevalne tehnike.
- (7) V vseh stavbah mora biti vgrajena samodejna regulacija delovanja naprav za ogrevanje in ogrevalnih cevnih razvodov.

#### 4.1.2

##### Zahteve za izkoristek generatorja toplote

- (1) Treba je projektirati in v stavbe vgrajevati le energijsko

učinkovite generatorje, ki izpolnjujejo zahteve glede izkoristkov generatorjev na tekoča in plinasta goriva v skladu s tabelo iz 5. člena Direktive Sveta 92/42/EGS. Za vse ostale generatorje toplote, ki niso zajeti v tabeli iz 5. člena Direktive Sveta 92/42/EGS, se sme projektirati in vgrajevati generatorje toplote skladno z zahtevami standarda SIST EN 303.

- (2) Toplotne izgube generatorjev toplote v fazi obratovalne pripravljenosti morajo biti manjše od 2,5 % nazivne toplotne moči pri nazivni moči generatorja toplote do vključno 100 kW in morajo biti manjše od 2,0 % nazivne toplotne moči generatorja toplote nad 100 kW.
- (3) Toplotne črpalke (TČ) za ogrevanje in za toplo vodo morajo dosegati vrednosti oziroma razrede ( $COP_{min}$ ), opredeljene v tabeli 2.

Tabela 2:

Zemlja/voda	B0/W35	4,3 <sup>[1]</sup>
Direktni uparjalnik/voda	E4/W35	4,5 <sup>[1]</sup>
Voda/voda	W10/W35	5,1 <sup>[1]</sup>
Zrak/voda	A2/W35	3,1 <sup>[1]</sup>
Zrak/voda – TČ za toplo vodo	A20 ali W15/W45	3 <sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup>COP je izračunan skladno s SIST EN 14511.

<sup>[2]</sup>COP je izračunan skladno s SIST EN 255-3.

- (4) Toplotne črpalke za toplo vodo, sistem zrak-voda, morajo dosegati  $COP_{min}$  3,0, izračunan po SIST EN 255-3.

### 4.2 CEVOVODNI RAZVOD OGREVANJA

#### 4.2.1

##### Splošno

- (1) Razvodni sistemi, ki oskrbujejo posamezni prostor s toploto, morajo imeti hidravlično uravnotežene pretoke ogrevalnega medija, s čimer se zagotovijo tlačne in pretočne razmere tudi pri delnih obremenitvah.
- (2) Razdelilni sistem mora biti znotraj toplotnega ovoja stavbe razen priključnih cevodov do naprav zunaj ovoja in razdelilnih cevodov v kletih.

#### 4.2.2

##### Toplotna izolacija cevodnega razvoda

- (1) V neogrevanih prostorih je treba cevi in armature za razvod vode v ogrevalnih sistemih z notranjim premerom cevi do 100 mm zaščititi pred izgubo toplote s toplotno izolacijo. Debelina toplotne izolacije mora biti najmanj enaka notranjemu premeru cevi, če toplotna prevodnost izolacije znaša manj ali enako  $0,035 W/(mK)$ . Pri ceveh in armaturah z notranjim premerom, večjim od 100

mm, mora debelina toplotne izolacije znašati najmanj 100 mm. Pri materialih, katerih toplotna prevodnost ni manjša ali enaka  $0,035 \text{ W/(mK)}$ , se najmanjša dopustna debelina toplotne izolacije preračuna po pravilih računanja prehoda toplote skladno s standardom SIST EN ISO 12241.

- (2) Ne glede na prejšnji odstavek je polovična debelina toplotne izolacije dovoljena:
  - pri ceveh in armaturah, ki oddajajo toploto v ogrevane prostore različnih uporabnikov oziroma lastnikov,
  - na prehodih cevi in armatur skozi stene ali strope,
  - pri križanju cevovodov,
  - pri cevnih razdelilnikih,
  - na priključnih vodih grelnih teles do dolžine 8 m.
- (3) Zahteve iz prvega in drugega odstavka te točke ne veljajo za cevi in armature, ki oddajajo toploto v ogrevane prostore istega uporabnika oziroma lastnika.
- (4) Ne glede na določbe prvega do tretjega odstavka te točke, mora debelina toplotne izolacije cevi, vgrajenih v tla, znašati najmanj 6 mm.
- (5) Za centralno ogrevanje s temperaturo dovodne vode pod  $50 \text{ °C}$  se debelina toplotne izolacije cevi iz prvega in drugega odstavka tega člena lahko zmanjša, vendar samo toliko, da toplotne izgube niso višje kot pri izolaciji cevi iz prvega odstavka te točke.

#### 4.2.3

##### Ogrevala

- (1) Vsa grelna telesa morajo imeti vgrajene elemente za uravnavanje temperature zraka v prostoru s proporcionalnim območjem 1 K, če je uporabna površina prostora večja od  $6 \text{ m}^2$ . Pri vgradnji regulacije, s katero se dosega enaka ali boljša regulacija temperature zraka v prostoru, vgradnja elementov iz prvega stavka ni obvezna.
- (2) Končni prenosniki toplote z naravno konvekcijo morajo biti postavljeni prosto, praviloma ob zunanji steni. Ploskovno ogrevanje oziroma hlajenje mora biti izvedeno v skladu z navodili proizvajalca sistema.
- (3) Regulacija oddaje toplote končnih prenosnikov toplote mora biti izvedena tako, da se pretok v razvodnem sistemu prilagaja toplotni obremenitvi končnih prenosnikov toplote.
- (4) Pri vgradnji toplotne črpalke za ogrevanje se zahteva nizkotemperaturni ogrevalni sistem (talni, stenski, stropni) z najvišjo temperaturo predtoka  $35 \text{ °C}$ . Pri vgradnji kopalniških radiatorjev je treba osnovno ogrevanje pokriti s ploskovnim ogrevanjem, tako da potrebna temperatura predtoka tudi za te radiatorje ne bo presegala vrednosti  $35 \text{ °C}$ . Pri uporabi ventilatorskih konvektorjev za hlajenje in ogrevanje pri ogrevanju ne sme presegati temperature predtoka  $45 \text{ °C}$ .

#### 4.3 PROJEKTNE TEMPERATURE OGREVALNEGA SISTEMA

Projektna temperatura ogrevalnega sistema v stavbi ne sme biti višja od  $55 \text{ °C}$ . Omejitev ne velja za pripravo tople pitne vode, v kateri je dovoljena najvišja temperatura  $70 \text{ °C}$ . Omejitev prav tako ne velja za distribucijske sisteme med stavbami.

#### 4.4 URAVNOTEŽENJE IN REGULACIJA SISTEMA OGREVANJA

- (1) Razvodni sistemi, ki oskrbujejo posamezni prostor s toploto, morajo imeti uravnotežene pretoke ogrevnega medija.
- (2) Sistemi morajo biti projektirani in grajeni tako, da se doseže naravno hidravlično uravnoteženje sistema (sistemi razvoda z obrnjenim povratkom). Kadar iz tehničnih ali ekonomskih razlogov to ni mogoče, morajo biti na glavnih hidravličnih vejah vgrajeni elementi za ročno ali samodejno hidravlično uravnoteženje sistema z napisnimi tablicami in trajno oznako o potrebni nastavitvi.



## 5 HLAJENJE

### 11. člen (hlajenje)

- (1) S projektiranjem in vgradnjo pasivnih gradbenih elementov je treba zagotoviti, da se tudi v času sončnega obsevanja in visokih zunanjih temperatur zraka prostori v stavbi zaradi sončnega obsevanja ne pregrejejo bolj, kot je določeno za temperaturo zraka v skladu s predpisom, ki ureja prezračevanje in klimatizacijo stavb.
- (2) Če z uporabo rešitev iz prejšnjega odstavka v stavbi ni mogoče zagotoviti predpisanega toplotnega ugodja, se sme projektirati in izvesti sistem intenzivnega nočnega hlajenja oziroma prezračevanja stavb in druge alternativne rešitve.
- (3) Če z uporabo rešitev iz prvega in drugega odstavka tega člena v stavbi ni mogoče zagotoviti predpisanega toplotnega ugodja, se sme projektirati in izvesti sistem za hlajenje stavbe. Energijsko učinkovit hladilni sistem se zagotavlja z izborom energijsko učinkovitih generatorjev hladu in pripadajočih elementov, energijsko učinkovitim razvodom, izborom ustrezne projektne temperature hladilnega sistema in njegovim uravnoteženjem ter regulacijo temperature zraka v stavbi, njenem posameznem delu ali prostoru.

### 5.1 UVOD

- (1) Ta točka smernice obravnava samo energijske vidike hlajenja stavb. Pri projektiranju in gradnji ter vzdrževanju sistemov klimatizacije stavb je treba upoštevati tudi zahteve iz pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb.
- (2) Izpolnjevanje zahtev iz 11. člena pravilnika se preveri z uporabo standarda SIST EN ISO 13792.
- (3) Da bi omejili potrebo po energiji za klimatske sisteme in preprečili pregrevanje prostorov, morajo biti vsa okna, ki so izpostavljena neposrednemu sončnemu obsevanju, opremljena z zunanjimi fiksnimi ali premičnimi senčili oziroma drugimi pasivnimi gradbenimi elementi, ki zmanjšajo največjo sončno obsevanje za vsaj 70 %.
- (4) Pri načrtovanju sistema za hlajenje in pri izračunu potrebne energije za hlajenje je treba izkoristiti ugodne potenciale nočnega oziroma jutranjega prezračevanja stavbe, če je to glede na predvideni način rabe stavbe in drugih okoliščin mogoče. Šteje se, da je nočno prezračevanje stavbe zagotovljeno, če je upravljano avtomatsko.
- (5) Pri načrtovanju sistema za hlajenje je treba preučiti možnosti uporabe energijsko učinkovitih alternativnih sistemov, ki uporabljajo fazno spremenljive snovi

in druge snovi, pasivne hladilne naprave (hlajenje s podtalno vodo itd.).

- (6) Pri hlajenju se upošteva, da temperatura uparjanja ni bistveno nižja od temperature porabe hladu in da kondenzacija ni bistveno višja od temperature okolice, v katero se odvaja toplota.
- (7) Izbira elementov hladilnega sistema zagotavlja najnižje ekonomsko še sprejemljive temperaturne razlike med medijema.
- (8) Električno energijo, potrebno za delovanje posameznih hladilnih/klimatskih naprav večjih moči, je treba meriti.

### 5.2 HLADILNE IN KLIMATSKÉ NAPRAVE

- (1) Klimatske naprave morajo biti projektirane tako, da lahko izkoriščajo naravno hlajenje.
- (2) Nazivna projektna temperatura hladne vode v sistemih z razvlaževanjem je 6/14 °C, v primeru brez razvlaževanja pa 14/18 °C ter 18/23 °C za ploskovno hlajenje. Predviden mora biti primarni oziroma sekundarni krog za hladno vodo in hidravlično naravno uravnotežen sistem razvoda (sistem z obrnjenim povratkom). Odstopanja od navedenih zahtev so dovoljena, če se s tem zagotovi višja energijska učinkovitost sistema.
- (3) Specifična raba električne energije za transport hladne vode je manjša od  $20 W_{el}/kW_{hlada}$  v primarnem in manjša od  $30 W_{el}/kW_{hlada}$  v sekundarnem krogu. Obtočne črpalke v sekundarnem krogu morajo imeti zvezno regulacijo pretoka v odvisnosti od obremenitve, v primarnem pa le po potrebi.
- (4) Regulacija hladilne moči z obtokom vročega plina za hladilne moči nad 25 kW ni dovoljena.
- (5) Dovoljena je le vgradnja generatorjev hladu z učinkovitostjo, ki je enaka ali večja od vrednosti, določenih v tabeli 3.
- (6) Hladilne in klimatske naprave je treba dimenzionirati in vgraditi tako, da je specifična moč ventilatorja enaka ali manjša od kategorije SFP 4 za vtok zraka in enaka ali manjša od kategorije SFP 3 za odtok zraka po standardu SIST EN 13779, točka 6.5.1, tabela 9.
- (7) Pri klimatizaciji stavb brez osnovnega toplovodnega ogrevanja morajo biti vgrajene klimatske naprave s spremenljivo količino zraka.
- (8) Toplotna izolacija ohišja klimatskih naprav s toplotno obdelavo zraka, nameščenih na prostem, mora biti v razredu največ T3 oziroma TB3, za klimatske naprave v stavbah pa T4 oziroma TB4 po standardu SIST EN 1886. Navedene zahteve ne veljajo za klimatske naprave brez toplotne obdelave zraka.

Tabela 3:

Vrsta generatorja hladu (GH)	EER	COP	ESEER	COP <sup>[1]</sup>	IPVL
Preskus po:	SIST EN 14511	SIST EN 14511	Euro vent	ARI 550 560/590	ARI 550/ 560/590
Zračno hlajeni GH	2,9	3,0	3,0	2,8	3,1
Zračno hlajeni GH s priključnimi kanali	2,5	2,8	3,0	–	–
Zračno hlajeni GH za ploskovno hlajenje/gretje	3,7	3,9	4,2	–	–
Vodno hlajeni GH – vsi do 1500 kW GH z batnimi kompresorji	4,7	4,2	4,3	– 4,5	– 5,1
Vodno hlajeni GH – spiralni, vijačni kompr. do 500 kW	–	–	5,0	4,5	5,2
Vodno hlajeni GH – vijačni kompr. od 500 do 1000 kW			5,0	4,9	5,6
Vodno hlajeni GH – centrif. kompresor do 500 kW od 500 do 1000 kW nad 1000 kW	–	–	5,2 5,8 6,3	5,0 5,6 6,1	5,3 5,9 6,4
Zračno hlajeni GH za ploskovno hlajenje/gretje	4,9	4,2	5,0	–	–
GH z oddaljenim kondenzatorjem	3,4	–	3,6	3,1	3,5
Absorpcijski – zračno/vodno hlajeni, enostopenjski	–	–	–	0,6/0,7	–
dvostopenjski	–	–	–	1,0	1,0

<sup>[1]</sup> COP velja za meritve po ARI in je enakovreden EER brez upoštevanja dodatne električne moči.

(9) EER in COP veljata za posamezno enoto. Vrednosti veljajo za zračno hlajene hladilnike vode do 600 kW in vodno hlajene do 1500 kW, razen tam, kjer so navedene večje moči. V projektu je treba navesti podatek o uporabljeni vrednosti, kot ga določa uporabljeni standard.

(10) Priporočena uporaba GH glede na velikost in vrsto pogona:

- do 350 kW: električno gnani batni, absorpcijski enostopenjski;
- od 350 do 1000 kW: električno gnani vijačni, absorpcijski dvostopenjski;
- nad 1000 kW: električno gnani centrifugalni, absorpcijski dvostopenjski.

(11) Za sisteme večjih moči je treba uporabiti centralni nadzorni sistem (CNS).

### 5.3 CEVOVODNI IN KANALSKI RAZVOD KLIMATSKEGA SISTEMA

(1) Pri hladilnih sistemih mora biti debelina izolacije cevovodov, armatur in obešal izbrana tako, da na njihovi površini ne pride do kondenzacije vodne pare. Debelina izolacije mora biti pri premeru cevovodov do DN40 najmanj 13 mm, pri premeru cevovodov od DN50 do DN200 pa najmanj 38 mm.

(2) Razvodni sistem kanalov mora biti praviloma v notranjosti toplotnega ovoja stavbe. Toplotna izolacija kanalov se mora izvesti v skladu z zadnjim stanjem gradbene tehnike.

### 5.4 REGULACIJA KLIMATSKEGA SISTEMA

Vsa hladilna telesa morajo imeti vgrajene elemente za uravnavanje temperature zraka v prostoru s proporcionalnim območjem 1,5 K, če je uporabna površina prostora večja od 6 m<sup>2</sup>. Vgradnja takih elementov ni obvezna, če so uporabljeni drugi načini regulacije, s katero se dosega vsaj enaka regulacija temperature zraka v prostoru.

## 6 PREZRAČEVANJE

### 12. člen (prezračevanje)

- (1) Če ni mogoče izvesti naravnega prezračevanja za doseganje kakovosti zraka v prostorih v skladu s predpisi, ki urejajo prezračevanje in klimatizacijo stavb, se sme projektirati in izvesti sistem hibridnega ali mehanskega prezračevanja.
- (2) Energijska učinkovitost prezračevalnega sistema se zagotavlja z izborom energijsko učinkovitih naprav in pripadajočih elementov, energijsko učinkovitim razvodom, najmanjšo še potrebno količino zraka, uravnoteženjem sistema ter regulacijo kakovosti zraka v stavbi, njenem posameznem delu ali prostoru.
- (3) Vgrajeni mehanski ali hibridni sistemi prezračevanja stavb morajo zagotoviti učinkovito vračanje toplote zraka.

### 6.1 UVOD

- (1) Ta točka smernice obravnava samo energijske vidike prezračevanja stavb. Pri projektiranju in gradnji ter vzdrževanju primerne kakovosti zraka v stavbah je treba upoštevati tudi zahteve pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb.
- (2) Posebej pri manjših stavbah oziroma v stavbah z več različnimi lastniki oziroma uporabniki je smiselno preveriti možnost decentraliziranega prezračevanja, omejenega na posamezen prostor ali del stavbe, s čimer zmanjšamo potreben cevni (kanalski) razvod ter z njim povezano vzdrževanje in nevarnosti pojava neželenih posledic.

### 6.2 VRAČANJE TOPLOTE

- (1) Vse prezračevalne in klimatske naprave, namenjene za normalno obratovanje stavbe, morajo imeti vgrajene prenosnike toplote za vračanje toplote zavrženega ali odtočnega zraka pri ogrevanju s temperaturnim izkoristkom nad 65 %. Pri nizkoenergijskih stavbah je treba predvideti sistem mehanskega prezračevanja s stopnjo vračanja toplote zavrženega zraka s temperaturnim izkoristkom najmanj 75 %.
- (2) Pri centralnem prezračevanju večstanovanjskih (1122, CC-SI) ali nestanovanjskih (12, CC-SI) stavb se lahko za pridobivanje zavržene toplote pozimi uporabijo reverzibilne toplotne črpalke, ki delujejo in so namenjene tudi za delno hlajenje stavbe poleti in obratno.

- (3) Kadar se vlaga v stanovanjskih stavbah uravnava z naravnim prezračevanjem s pomočjo lokalnih prezračevalnih naprav na zunanjem ovoju stavbe, vgradnja naprave za vračanje toplote ni obvezna, pri uporabi mehanskega prezračevanja pa mora biti izkoristek rekuperatorja toplote nad 50 %.

### 6.3 PREZRAČEVALNI SISTEMI

- (1) Prezračevalne naprave je treba dimenzionirati in vgraditi tako, da je specifična moč ventilatorja enaka ali manjša od kategorije SFP 4 za vtok zraka in enaka ali manjša od kategorije SFP 3 za odtok zraka po standardu SIST EN 13779.
- (2) Ventilatorji morajo biti opremljeni z najmanj tristopenjsko ali zvezno regulacijo števila vrtljajev in ustrezno povezavo z regulacijo pretoka. Zahteva ne velja za ventilatorje s pretokom zraka, manjšim od 150 m<sup>3</sup>/h.
- (3) Pri uporabi filtrov HEPA, filtrov za pline (ogljениh ipd.) je dovoljen premosorazmeren dodatek v razliki moči zaradi večjih uporov filtrov.
- (4) Filtri na klimatskih napravah s pretokom nad 1 m<sup>3</sup>/s morajo biti opremljeni z merilniki padca tlaka in signalizacijo pri prekoračitvi največjega dopustnega upora na filtrih. Filtri morajo biti dimenzionirani tako, da znaša računski končni padec tlaka na filtrih v odvisnosti od razreda po standardu SIST EN 779:
  - za razred G: 150 Pa,
  - za razrede F5 do F7: 200 Pa in
  - za razreda F8 in F9: 300 Pa.

Pri 20 % prekoračitvi največjega dovoljenega upora se mora naprava samodejno ustaviti, razen kadar sta lahko ogrožena zdravje ljudi ali delovni proces.

- (5) Zračna tesnost vidnih kanalov s tlačno razliko do 150 Pa, ki potekajo znotraj toplotnega ovoja stavb, mora biti najmanj razreda A ( $f = 0,027 * p^{0,65}$ ). Kanali zunaj toplotnega ovoja stavbe, vsi tlačni kanali zavrženega zraka v stavbi in kanali v stavbi s tlačno razliko nad 150 Pa morajo biti razreda B ( $f = 0,009 * p^{0,65}$ ). Zračna tesnost razreda C ( $f = 0,003 * p^{0,65}$ ) se uporabi za sisteme s posebno povišano tlačno razliko ali kadar zračna netesnost kanala pomeni tveganje za zdravje ljudi.
- (6) Zračna tesnost ohišja klimatskih naprav mora biti razreda A po standardu SIST EN 1886, pri higiensko zahtevnih sistemih pa razreda B.

### 6.4 NADZOR VLAGE V STAVBI

- (1) V sistemih z razvlaževanjem ni dovoljeno dogrevati zraka z virom toplote iz fosilnih goriv. Odstopanje je

dovoljeno, če se zrak dogreva s toploto iz kondenzatorja generatorja hladu ali z obtokom zraka. Omejitev ne velja za klimatizacijo v tehnoloških procesih.

- (2) Pri klimatskih napravah, priključenih na centralno ogrevanje ali na daljinsko oskrbo s toploto, je treba uporabljati adiabatsko ovlaževanje s svežo vodo. Električno parno ovlaževanje je dovoljeno le pri visokih higienskih omejitvah (bolnišnice 1264, CC-SI, čisti prostori in drugi podobni prostori).
- (3) V klimatiziranih prostorih, v zimskih razmerah s temperaturo zunanjega zraka pod  $-5^{\circ}\text{C}$  je najnižja dovoljena relativna vlažnost zraka 20 %.

## 7 PRIPRAVA TOPLE VODE

### 13. člen (priprava tople vode)

- (1) Energijska učinkovitost sistema za pripravo tople vode se zagotavlja z izborom energijsko učinkovitih hranilnikov tople vode in pripadajočih elementov, energijsko učinkovitim razvodom, uravnoteženjem in regulacijo sistema v stavbi, njenem posameznem delu ali prostoru.
- (2) Topla voda se praviloma zagotavlja s sprejemniki sončne energije ali alternativnim sistemom z uporabo obnovljivih virov energije.

### 7.1 ENERGIJSKA UČINKOVITOST IN NAČINI ZAGOTAVLJANJA TOPLE VODE

- (1) Energijska učinkovitost in označevanje hranilnikov toplote za toplo vodo morata izpolnjevati zahteve standarda SIST EN 15332. V stavbe se smejo vgrajevati samo toplotno izolirani hranilniki toplote v ogrevalnih sistemih ali sistemih za toplo vodo.
- (2) Priprava tople vode se izvede centralno s hranilnikom toplote. Pri nesorazmernih stroških in le občasni uporabi se lahko topla voda pripravlja tudi lokalno. V tem primeru imajo prednost grelniki vode s toplotno črpalko, hranilnikom toplote in pomožnim električnim grelnikom, kadar toplotna črpalka ne omogoča občasnega pregretja vode nad 70 °C v skladu z zahtevami standarda SIST EN 806.
- (3) Lokalna priprava tople vode z električnimi grelniki ni dovoljena, razen v nestanovanjskih stavbah, v katerih dela oziroma se zadržuje manj kot 10 uporabnikov ali je standardna poraba tople vode manjša od 65 l/dan. V teh stavbah je dovoljena uporaba lokalne priprave tople vode z električnimi grelniki do največje moči 2,0 kW.
- (4) Kjer je to mogoče, je za zagotovitev potrebe po topli vodi treba v zunanjo površino stavbe ali nanjo namestiti sprejemnike sončne energije (SSE). Če bi faktorji usmerjenosti, naklona in zasenčenosti lahko predstavljali tehnološko in okoljsko omejitev za izpolnjevanje zahtev za uporabo SSE, je dovoljena popolna ali delna uporaba drugih obnovljivih virov energije. Če obnovljivi viri energije niso na voljo, je treba uporabiti najboljše možne tehnologije za proizvodnjo toplote, na primer kombinacijo z ogrevalnim sistemom.
- (5) Topla voda se lahko pripravlja tudi s toplotnimi črpalkami za ogrevanje tople vode, pri čemer mora biti  $COP_{min} = 3$  (po SIST EN 255-3), ali s toplotnimi črpalkami, ki imajo v okviru ogrevanja stavbe tudi možnost ogrevanja tople vode.

### 7.2 PRIPOROČILA ZA NAMESTITEV SPREJEMNIKOV SONČNE ENERGIJE

- (1) Pri namestitvi SSE na ravnih strehah so lahko koristna naslednja priporočila:
  - za čim večjo učinkovitost morajo biti SSE obrnjeni proti jugu, največje dovoljeno odstopanje pa znaša  $\pm 10^\circ$ ;
  - pri napravah, ki se bodo uporabljale vse leto, je priporočen naklon 35 – 40°;
  - pri napravah, ki se bodo uporabljale predvsem poleti, je priporočen naklon 30 – 35°;
  - pri napravah, ki se bodo uporabljale predvsem pozimi, je priporočen naklon 50 – 60°.
- (2) Namestitev SSE je smotrno prilagoditi tudi naslednjim merilom:
  - pri sistemih, namenjenih izključno pripravi tople vode, ki se nameščajo v obstoječe stavbe, naj ocena rabljene energije temelji na izračunih za določanje potreb po topli vodi. Vsekakor je iz ekonomskih razlogov priporočljivo zagotoviti, da so sistemi takšne velikosti, da lahko zadovoljujejo približno 60 % predvidenih potreb;
  - pri sistemih za pripravo tople vode in ogrevanje vode v plavalnih bazenih, ki so ves čas v uporabi, ni priporočljivo preseči velikosti površine, ki zmore samo z uporabo sončne energije zagotavljati polno zadovoljevanje potreb v maju;
  - pri sistemih za pripravo tople vode za sezonsko uporabo (od aprila do oktobra) in ogrevanje vode poleti v plavalnih bazenih ni priporočljivo preseči velikosti površine, ki zmore samo z uporabo sončne energije zagotavljati polno zadovoljevanje potreb v mesecu, ko je na voljo največ sončne energije;
  - sistemi za pripravo tople vode morajo biti opremljeni s termostatskim mešalnim ventilom in tako ohranjati delovne temperature pod ravnjo, določeno v standardu SIST EN 806;
  - poleg namestitve solarnih toplotnih sistemov je priporočljivo uvesti tudi ukrepe za varčevanje z energijo, kot so na primer naprave za prekrivanje površine plavalnih bazenov, kadar se bazeni ne uporabljajo.

### 7.3 HRANILNIK IN CEVOVODNI RAZVOD TOPLE VODE

- (1) Hranilnik toplote mora biti ogrevan posredno in se izvede pri stavbah z uporabno površino do 500 m<sup>2</sup> kot bivalentni ali trivalentni hranilnik.
- (2) Razdelilno omrežje tople vode mora biti znotraj toplotnega ovoja, praviloma mora biti nameščeno v inštalacijskem jašku in izolirano v skladu z zahtevami točke 5.2.
- (3) Če ima razvodno omrežje obtočno črpalko za toplo vodo, mora biti ta temperaturno krmiljena.

## 8 RAZSVETLJAVA

### 14. člen (razsvetljava)

Učinkovita raba energije za razsvetljavo se zagotavlja z naravno osvetlitvijo, če to ni mogoče, pa je treba uporabiti energijsko učinkovita svetila in pripadajoče elemente ter ustrezno regulacijo. Pri tem je treba upoštevati tudi velikosti prostora in število njegovih uporabnikov.

### 8.1 UVOD

- (1) Ta točka smernice obravnava samo energijske kriterije razsvetljave. Upoštevati je treba tudi zahteve posebnih predpisov s področja gradnje stanovanj in stanovanjskih stavb ter predpise s področja zdravja in varstva pri delu.
- (2) V prostorih, ki bi jih bilo mogoče neposredno osvetliti z dnevno svetlobo, mora biti primerna okenska ali strešna odprtina primarni vir osvetlitve v dnevnem času. Pri načrtovanju in vgradnji oken je treba upoštevati tudi zahteve točke 3 te tehnične smernice.
- (3) Prepustnost stekla za dnevno svetlobo pri okenskih in strešnih odprtinah mora biti  $\tau_v > 0,50$ .
- (4) Določbe te točke tehnične smernice se ne uporabljajo za prostore, kjer veljajo posebne zahteve za osvetljenost, odvisne od zahtev po osvetljenosti delovnega mesta, občasni rabi velikih moči svetilk, na primer laboratoriji, operacijske dvorane, gledališki odri.

### 8.2 ENERGIJSKE LASTNOSTI SVETIL

- (1) Projektirati in vgrajevati se smejo le svetilke z elektronskimi predstikali oziroma elektronskim balastom in sijalke z elektromagnetnimi predstikalnimi napravami z zmanjšanimi izgubami, razen kadar s posebnim predpisom ni drugače določeno. Za lokalno in občasno razsvetljavo je dovoljeno uporabljati žarnice z žarilno nitko, vendar njihova priključna moč ne sme presegati 20 % priključne moči vse razsvetljave.
- (2) Povprečna moč vgrajenih svetilk na enoto uporabne površine ( $W/m^2$ ) za posamezne vrste stavb ne sme presegati vrednosti, prikazanih v tabeli 4.
- (3) V nestanovanjskih stavbah (12, CC-SI) je treba v prostorih, kjer se lahko zadržuje več kot 100 uporabnikov in so večji od  $100 m^2$ , preveriti ekonomsko upravičenost in po potrebi vgraditi sistem za regulacijo umetne osvetlitve v odvisnosti od naravne osvetlitve in prisotnosti uporabnikov v njih. V primerih, ko je sistem za regulacijo umetne osvetlitve vgrajen, je v takšnem prostoru dopustna za 50 % večja gostota moči svetilk,

kot je dovoljena v tabeli 4.

- (4) V prostorih brez stalne prisotnosti uporabnikov (na primer stopnišča, hodniki, kleti, pomožni prostori) večstanovanjskih in nestanovanjskih stavb z večjim številom uporabnikov morajo biti svetilke oziroma ustrezni deli sistema osvetlitve opremljene s senzori prisotnosti, ki z nastavljivo zakasnitvijo ugašajo sijalke, kadar v prostoru ni uporabnikov.

Tabela 4:

Oznaka po CC-SI	Opis	Gostota moči svetilk [ $W/m^2$ ]
111, 112	Eno in večstanovanjske stavbe	8
113, 12111, 1212, del 12201, 1241, 1274	Stanovanjske stavbe za posebne namene, hotelske in podobne stavbe, druge gostinske stavbe za kratkotrajno nastanitev, upravne in pisarniške stavbe, postaje, terminali, poboljševalni domovi, zapori, gasilske postaje	11
12112	Gostilne, restavracije, točilnice	15
1251, del 1262, 12721	Industrijske stavbe, knjižnice, stavbe za opravljanje verskih obredov	14
del 12201, del 12203, del 1261, 1263, 1264,	Sodišča, kongresne in konferenčne stavbe, kinodvorane, paviljoni in stavbe za živali in rastline v živalskih in botaničnih vrtovih, stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo, stavbe za zdravstvo	13
del 12201, del 12610, del 1262, 1265,	Pošte, dvorane za družabne prireditve, igralnice, plesne dvorane, diskoteke glasbeni paviljoni, muzeji, galerije, športne dvorane	12
del 12301	Samostojne prodajalne in butiki, lekarne prodajalne očal, prodajne galerije	16
del 12301, 12302	Nakupovalni centri, trgovski centri, veleblagovnice, pokrite tržnice, sejemske dvorane, razstavišča	9
1242	Garažne stavbe	3
del 1261	Gledališča, koncertne dvorane, operne hiše	17

V tabeli so navedene povprečne vrednosti, ki omogočajo lokalno bistveno višjo ali bistveno nižjo moč svetilk in s tem prilagajanje realnim potrebam in razmeram v stavbi oziroma prostorih v njej.

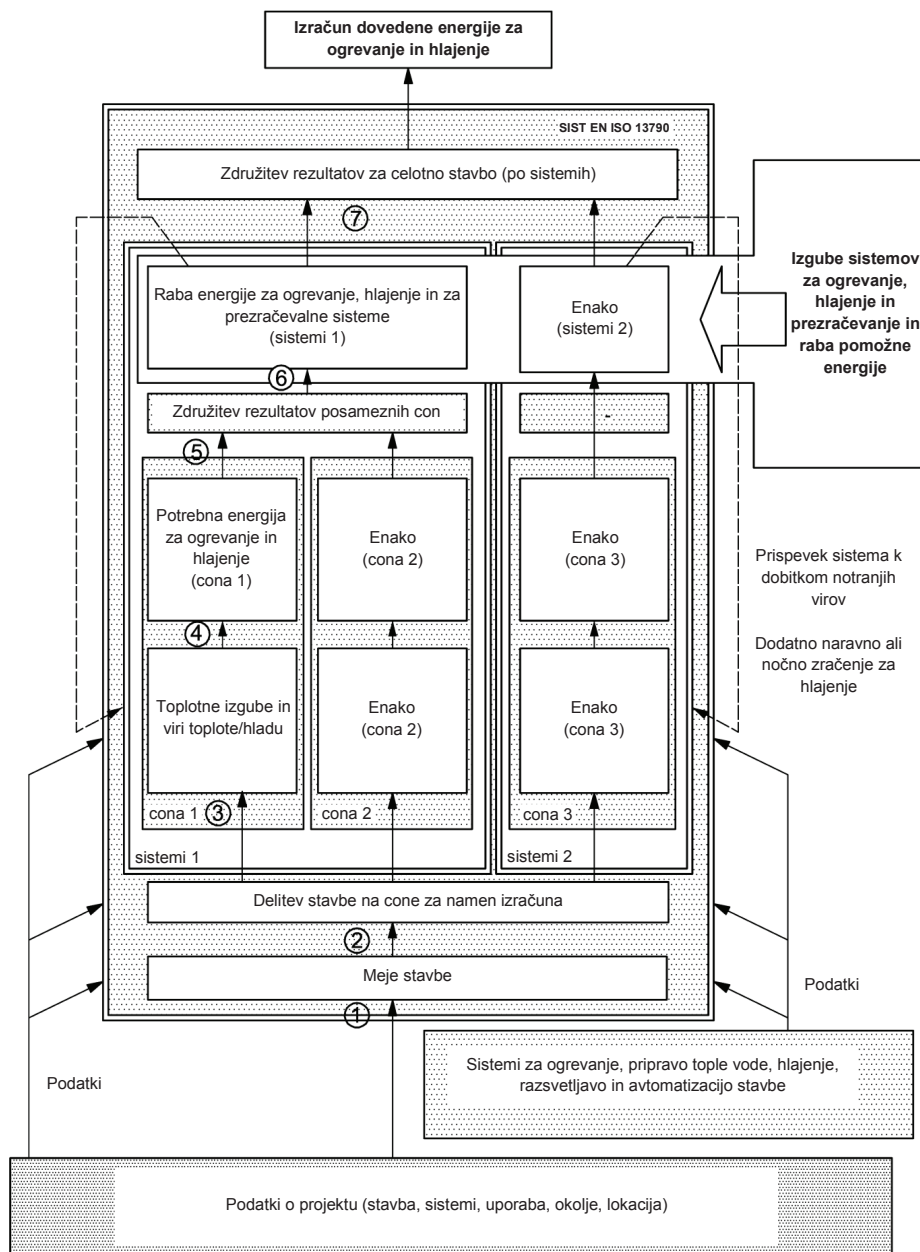
## 9 METODOLOGIJA ZA IZRAČUN ENERGIJSKIH LASTNOSTI STAVBE

### 9.1 UVOD

- (1) Metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe podaja način izračuna:
- letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe in letnega potrebnega hladu za hlajenje stavbe ter
  - 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) Uporabiti je treba 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 %.
- (3) Za sisteme v stavbi se sme v primeru rešitev oziroma elementov in naprav, ki v tej smernici niso opredeljeni, uporabiti skupina standardov SIST EN ISO 15316.
- (4) Pri izračunih v tej točki tehnične smernice se smejo uporabiti podatki, ki v listini o skladnosti oziroma na oznaki CE spremljajo naprave oziroma elemente sistema v stavbi.



Risba 1: Potek glavnih računskih korakov za določitev dovedene energije za ogrevanje in hlajenje stavbe. Prikaz za tri cone, z dvema nizoma (O, H, P) sistemov, ki oskrbujejo različne cone

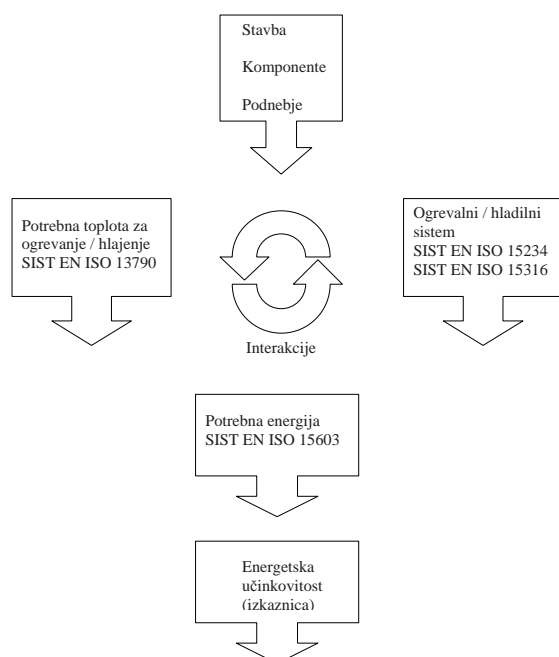


## 9.2 IZRAČUN LETNE POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE STAVBE IN LETNEGA POTREBNEGA HLADU ZA HLAJENJE STAVBE

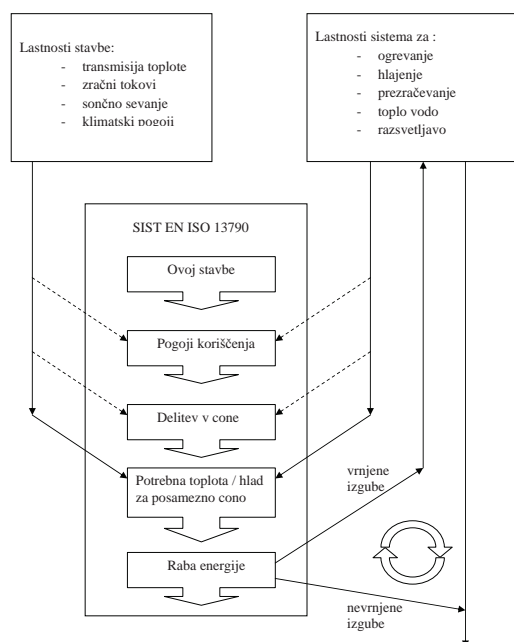
### 9.2.1

#### Računska metoda

- (1) Letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe  $Q_{NH}$  in letni potrebni hlad za hlajenje stavbe  $Q_{NC}$  določimo skladno s standardom SIST EN ISO 13790 in z nacionalnimi posebnostmi, določenimi v tej tehnični smernici.
- (2) Pri izračunu letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe in letnega potrebnega hlada za hlajenje se uporablja mesečna računrska metoda.



Risba 2: Vloga standarda SIST EN ISO 13790 pri računanju potrebne energije



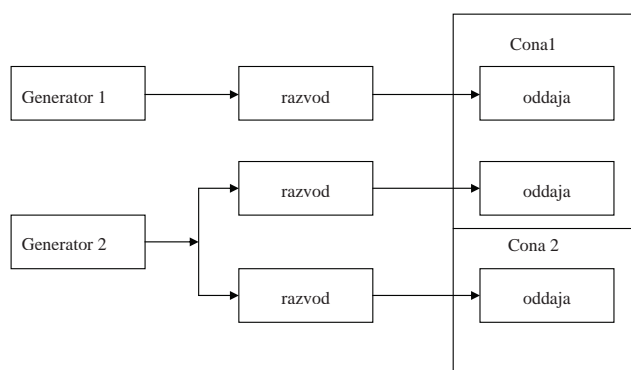
Risba 3: Postopek izračuna po SIST EN ISO 13790 in povezava z drugimi parametri

#### Postopek izračuna

- Potrebno energijo za ogrevanje/hlajenje določimo na osnovi toplotne bilance na nivoju cone. Upoštevajoč samo senzibilno toploto so v izračunu upoštevani:
- transmisijski toplotni tokovi med cono in zunanjim okoljem stavbe;
  - ventilacijski toplotni tokovi med cono in zunanjim zrakom;
  - transmisijski in ventilacijski toplotni tokovi med posameznimi conami;
  - notranji toplotni dobitki/izgube;
  - toplotni dobitki zaradi sončnega sevanja tako skozi zastekljene površine kot tudi skozi ostale elemente gradbene konstrukcije;
  - akumulacija toplote zaradi mase stavbe;
  - potrebna energija za ogrevanje - dovedena toplota za vzdrževanje minimalne temperature ogrevanja v coni;
  - potrebna energija za hlajenje - odvedena toplota za vzdrževanje maksimalne temperature hlajenja v coni.

#### Glavni vhodni podatki

- transmisijske in ventilacijske lastnosti;
- toplotni dobitki notranjih virov, lastnosti glede sončnega sevanja;
- meteorološki podatki;
- opis stavbe in sistemov, koriščenje (uporaba);
- zahteva za toplotno ugodje (temperature, izmenjava zraka);
- podatki o sistemih za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, razsvetljava, priprava tople vode;
- podatki o conah (različni sistemi so lahko v različnih conah; glej risbo 4);
- izgube energije, vrnjene in nevrnjene izgube;
- pretok zraka, temperatura zraka;
- regulacija.



Risba 4: Povezava med conami in sistemi

### 9.2.2

#### Standardni pogoji rabe stavbe

- (1) Letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe  $Q_{NH}$  in letni potrebni hlad za hlajenje stavbe  $Q_{NC}$ , ki sta podlaga za

ugotavljanje skladnosti stavbe z zahtevami pravilnika, izračunamo pri standardnih pogojih rabe stavbe.

- (2) 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 in hlajenje nista predvideni. Pri stanovanjskih stavbah je treba upoštevati 24-urno dnevno uporabo stavbe.

### 9.2.3

#### Toplotne cone

- (1) Toplotne cone in ovoj se določita po standardu SIST EN ISO 13790. Toplotni ovoj stavbe sestavljajo vsi stavbni elementi, ki toplotno ščitijo kondicionirani prostor od zunanosti, sosednjih stavb in nekondicioniranih prostorov. Nekondicionirani prostori znotraj toplotnega ovoja stavbe (stopnišča, jedra, shrambe, kleti ipd.) se upoštevajo kot kondicionirani prostori.
- (2) Posamezna cona obsega prostore oziroma delež tlorisa stavbe. Če cona obsega 80 % ali več celotne stavbe, se celotna stavba šteje za enotno cono. Kadar prostornina neogrevanih in manj ogrevanih prostorov (na primer 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.
- (3) Kadar je treba v stavbi upoštevati več toplotnih con, se na stiku toplotnih con upoštevajo adiabatne razmere.
- (4) 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.

### 9.2.4

#### Karakteristične površine in prostornine stavbe

- (1) Zunanja površina stavbe  $A$  (m<sup>2</sup>), ki omejuje bruto kondicionirano prostornino stavbe  $V_e$  in skozi katero prehaja toplota v okolico, se določi z upoštevanjem zahteve standarda SIST EN ISO 13790 za stavbe z eno toplotno cono, ki zajema najmanj vse kondicionirane prostore. Pri določanju površine je treba upoštevati standard SIST EN ISO 13789, dodatek B, zunanji sistem določanja mer.
- (2) Uporabna površina stavbe  $A_u$  (m<sup>2</sup>) je kondicionirana zaprta uporabna površina stavbe v skladu s standardoma SIST EN ISO 13789 in SIST ISO 9836.
- (3) Neto ogrevana prostornina stavbe  $V$  (m<sup>3</sup>), potrebna za izračun toplotnih izgub zaradi prezračevanja oziroma potrebne stopnje pretoka zraka po standardu SIST EN ISO 13790 (poglavje 9), se določi z upoštevanjem zahteve

standardov SIST EN ISO 13790 in SIST ISO 9836, točka 5.2.5 oziroma po poenostavljenem izrazu:

$$V = 0,8 V_e.$$

### 9.2.5

#### Toplotne izgube in pritoki skozi okna

- (1) Če faktor okvirja ni natančno poznan, se privzame vrednost 0,7.
- (2) Pri izračunu toplotnih izgub in pritokov skozi okna ne upoštevamo vpliva umazanosti šip in vpliva zaves, ki so del stanovanjske opreme.
- (3) Vpliv nočne toplotne zaščite na oknih je dovoljeno upoštevati, kadar je predvideno avtomatsko vodenje elementov za nočno toplotno zaščito.
- (4) V času trajanja ogrevalne sezone za potrebe računa potrebne toplote za ogrevanje stavbe vpliva zunanjih premičnih senčil ne upoštevamo.

### 9.2.6

#### Notranji toplotni viri

- (1) Prispevek notranjih toplotnih virov pri potrebni toploti za ogrevanje stanovanjske stavbe po poenostavljeni metodi znaša 4 W/m<sup>2</sup> na enoto uporabne površine stavbe.
- (2) Prispevek notranjih virov zajema notranje toplotne vire zaradi ljudi, naprav, procesov, materialnih tokov in razsvetljave v stavbi.
- (3) Prispevek notranjih toplotnih virov se določi po standardu SIST EN ISO 13790. V stavbah z velikimi notranjimi viri (na primer bazeni, savne) se lahko povzame iz projektne naloge.

### 9.2.7

#### Toplotna kapaciteta stavbe

- (1) Sodelujoča toplotna kapaciteta stavbe za izračun izkoristka toplotnih dobitkov v stavbi se lahko določi po naslednjem postopku:
- standardu SIST EN ISO 13790 ali
  - po poenostavljenem izrazu, kjer je

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

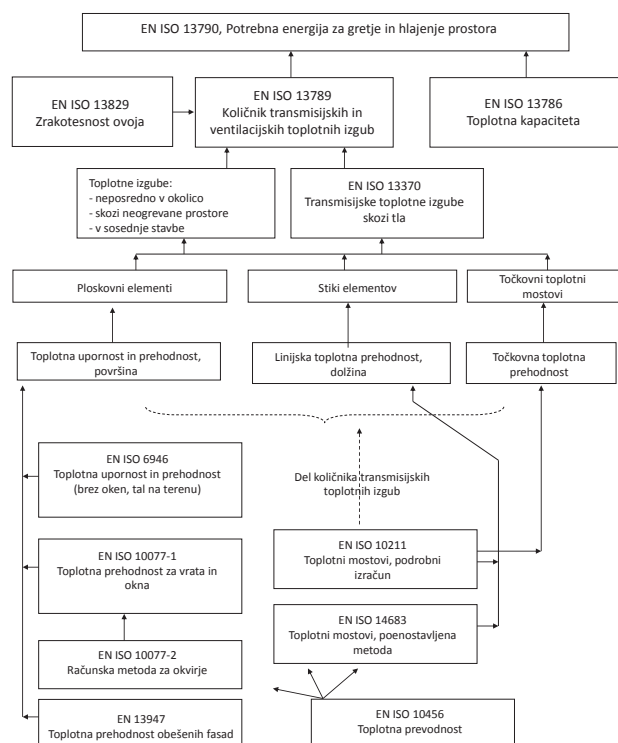
$$C = 50 \cdot V_e \text{ (Wh/K)} \quad \text{za težke stavbe.}$$

- (2) Med lahke stavbe uvrščamo lesene stavbe, montažne stavbe brez bistvenih masivnih elementov v notranjosti, masivne stavbe z visečimi stropi in pretežno lahki predelnimi stenami.
- (3) Med težke stavbe uvrščamo 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.

## 9.2.8

## Prezračevanje

Za izračun potrebne toplote za kondicioniranje 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.



Risba 5: Potek računskih korakov za določitev potrebne toplote za ogrevanje in potrebnega hladu za hlajenje stavbe

## 9.3 LETNA DOVEDENA ENERGIJA ZA DELOVANJE STAVBE

## 9.3.1

## Simboli, enote in indeksi

Oznaka	Opis	Enota
<i>A</i>	površina	m <sup>2</sup>
<i>B</i>	širina	m
<i>b</i>	faktor	–
<i>C</i>	konstanta	–
<i>d</i>	čas	d/a, d/M
<i>e</i>	faktor (električni)	–
<i>f</i>	faktor	–
<i>h</i>	višina	m
<i>L</i>	dolžina	m

<i>n</i>	eksponent	–
<i>P</i>	moč	W, kW
<i>p</i>	tlak	Pa, kPa
<i>q</i>	specifična toplotna moč	W/m
<i>Q</i>	toplota	kWh
<i>Q</i>	toplotna moč	W, kW
<i>t</i>	čas, časovna perioda	h/d, h/M, h/a
<i>U</i>	toplotna prehodnost	W/(m <sup>2</sup> K)
<i>V</i>	volumen	m <sup>3</sup>
<i>V</i>	volumski pretok	m <sup>3</sup> /h
<i>β</i>	obremenitev	–
<i>Δ</i>	razlika	–
<i>η</i>	izkoristek	–
<i>θ</i>	temperatura	°C

Indeks	Pomen
<i>o</i>	obratovalna pripravljenost
<i>100 %</i>	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>	zunanji, 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>l</i>	izgube
<i>LH</i>	grelnik zraka
<i>Indeks</i>	Pomen
<i>M</i>	mesečni
<i>m</i>	povprečni
<i>max</i>	maksimalen
<i>min</i>	minimalen
<i>n</i>	nazivni
<i>N</i>	nazivni, namestitvev
<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 temperatura
<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 temperatura.
<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.

### 9.3.2

#### Dovedena energija za delovanje stavbe

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

- $Q_{f,h,skupni}$  – 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 – sistem HVAC [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 (sistem HVAC) [kWh] (enačba 8)

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

$Q_{h^*,rev}$  – vrnjene toplotne izgube ogrevalnega sistema (HVAC) [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 (sistem HVAC) [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 (sistem HVAC) [kWh] (enačba 10)

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

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

$Q_{f,v} = Q_{v,aux}$	[kWh]	(4)	$Q_{st}^*$	– potrebna energija generatorja vlage [kWh] (enačba 396)
$Q_{v,aux}$	– potrebna energija za prezračevanje [kWh]		$f_{st^*,f}$	– faktor učinkovitosti generatorja [–] (tabela 63)
$Q_{f,st} = Q_{st^*,f}$	[kWh]	(5)	$Q_{w,out,g} = Q_w + Q_{w,d,l} + Q_{w,s,l}$	[kWh] (12)
$Q_{st^*,f}$	– potrebna energija generatorja vlage [kWh]		$Q_w$	– potrebna standardna toplota za toplo vodo [kWh] (enačba 116)
$Q_{f,w} = Q_{w,f}$	[kWh]	(6)	$Q_{w,d,l}$	– toplotne izgube razvodnega sistema [kWh] (enačba 119)
$Q_{w,f}$	– dovedena energija za pripravo tople vode [kWh]		$Q_{w,s,l}$	– toplotne izgube hranilnika [kWh] (enačba 122, 125 ali 128)
$Q_{w,f} = Q_{w,out,g} + Q_{w,g,l} - Q_{w,reg}$	[kWh]			
$Q_{w,out,g}$	– potrebna toplota generatorja za pripravo tople vode [kWh] (enačba 114)			Dovedena energija za ogrevanje
$Q_{w,g,l}$	– toplotne izgube sistema tople vode [kWh] (enačba 131)		$Q_{f,h} = Q_{h,f} + Q_{h,aux}$	[kWh] (13)
$Q_{w,reg}$	– vrnjene toplotne izgube sistema tople vode [kWh] (enačba 164)		$Q_{f,h^*} = Q_{h^*,f} + Q_{h^*,aux}$	[kWh] (14)
$Q_{h,out,g} = Q_{NH} + Q_{h,em,l} + Q_{h,d,l} + Q_{h,s,l}$	[kWh]	(7)	$Q_{h,f}, Q_{h^*,f}$	– dovedena energija v generator toplote [kWh] (enačba 28)
$Q_{NH}$	– potrebna standardna toplota za ogrevanje [kWh]		$Q_{h,aux}, Q_{h^*,aux}$	– pomožna energija ogrevalnega sistema [kWh] (enačbi 22 in 25)
$Q_{h,em,l}$	– toplotne izgube končnega prenosnika [kWh] (enačba 52)			Dovedena energija za hlajenje
$Q_{h,d,l}$	– toplotne izgube razvodnega sistema [kWh] (enačba 75)		$Q_{f,c} = Q_{c,f} + Q_{c,aux}$	[kWh] (15)
$Q_{h,s,l}$	– toplotne izgube akumulatorja [kWh] (enačba 109)		$Q_{f,c^*} = Q_{c^*,f} + Q_{c^*,aux}$	[kWh] (16)
$Q_{h^*,out,g} = Q_{NH} + Q_{h^*,em,l} + Q_{h^*,d,l} + Q_{h^*,s,l}$	[kWh]	(8)	$Q_{c,f}, Q_{c^*,f}$	– dovedena energija v generator hladu [kWh] (enačba 32)
$Q_{NH}$	– potrebna standardna toplota za ogrevanje [kWh]		$Q_{c,aux}, Q_{c^*,aux}$	– pomožna energija hladilnega sistema [kWh] (enačbi 23 in 26)
$Q_{h^*,em,l}$	– toplotne izgube končnega prenosnika sistema HVAC (grelni register) [kWh] ( $Q_{h^*,em,l} = 0$ )			Dovedena energija za prezračevanje
$Q_{h^*,d,l}$	– toplotne izgube vodnega dela sistema HVAC [kWh]		$Q_{f,v} = Q_{v,aux}$	[kWh] (17)
$Q_{h^*,s,l}$	– toplotne izgube akumulatorja sistema HVAC [kWh]		$Q_{v,aux}$	– potrebna dodatna energija za prezračevanje [kWh] (enačba 24)
$Q_{c,out,g} = Q_{NC} + Q_{c,em,l} + Q_{c,d,l} + Q_{c,s,l}$	[kWh]	(9)		Potrebna energija za ovlaževanje
$Q_{NC}$	– potrebna standardna toplota za hlajenje [kWh]		$Q_{f,st} = Q_{st^*,f} + Q_{st,aux}$	[kWh] (18)
$Q_{c,em,l}$	– izgube hladu končnega prenosnika [kWh] (enačba 318)		$Q_{st^*,f}$	– potrebna energija generatorja vlage [kWh] (enačba 397)
$Q_{c,d,l}$	– izgube hladu razvodnega sistema vodnega hlajenja [kWh] (enačba 317)		$Q_{st,aux}$	– dodatna energija generatorja vlage [kWh] (enačba 398)
$Q_{c,s,l}$	– izgube hladu akumulatorja [kWh] (enačba 316)			Potrebna energija za pripravo tople vode
$Q_{c^*,out,g} = Q_{NC} + Q_{c^*,em,l} + Q_{c^*,d,l} + Q_{c^*,s,l}$	[kWh]	(10)	$Q_{f,w} = Q_{w,f} + Q_{w,aux}$	[kWh] (19)
$Q_{NC}$	– potrebna standardna toplota za hlajenje [kWh]		$Q_{w,f}$	– potrebna energija za pripravo tople vode [kWh] (enačba 34)
$Q_{c^*,em,l}$	– izgube hladu končnega prenosnika sistema HVAC (hladilni register) [kWh] ( $Q_{c^*,em,l} = 0$ )		$Q_{w,aux}$	– dodatna energija sistema za pripravo tople vode [kWh] (enačba 139)
$Q_{c^*,d,l}$	– izgube hladu vodnega dela sistema HVAC [kWh] (enačba 317)			
$Q_{c^*,s,l}$	– izgube hladu akumulatorja [kWh] (enačba 316)			
$Q_{st^*,f} = Q_{st^*} \cdot f_{st^*,f}$	[kWh]	(11)		

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 SIST EN 15193 [kWh]  
 $Q_{l,f}$  – potrebna energija za razsvetljavo, ki je enaka deležu zaradi  $W_{light}$  svetil, po standardu SIST EN 15193 [kWh]  
 $Q_{l,aux}$  – dodatna energija sistema za razsvetljavo, ki je enaka deležu  $W_{light}$  zaradi parazitske razsvetljave, po standardu SIST EN 15193 [kWh]

- (1) 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<sup>2</sup>,  
 – za pretežno uporabo sijalk 2,5 W/m<sup>2</sup>.
- (2) Upošteva se, da je potrebna dodatna energija sistema za razsvetljavo [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 sistema za ogrevanje HVAC [kWh] (enačba 25)  
 $Q_{c^*,aux}$  – potrebna dodatna energija sistema za hlajenje HVAC [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)  
 $W_{TC,aux}$  – 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 grelni register HVAC [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)

$W_{TC,aux}$  – 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)

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

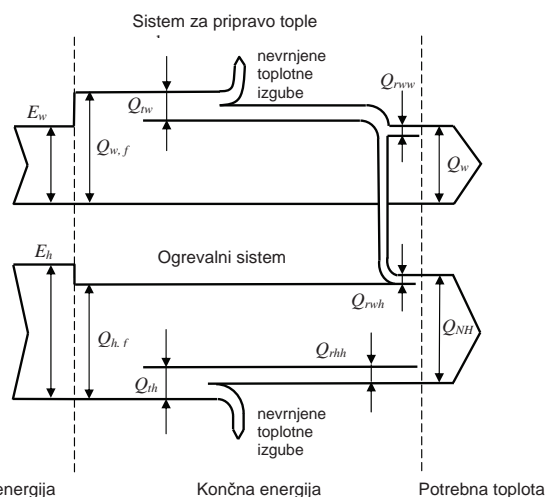
$W_{c^*,primarni}$  – potrebna dodatna energija za primarni krogotok [kWh] (enačba 322a)

$W_{c^*,f,R,e}$  – 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)



Risba 6: Potek računanja energijskih tokov

### 9.3.3

#### 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 ISO 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 sistem HVAC [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)

### 9.3.4

#### Letna dovedena energija za hlajenje

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

- $Q_{c,f}$  – končna energija za hlajenje [kWh]
- $Q_{NC}$  – potreben hlad za hlajenje, določen skladno s SIST EN 13790 [kWh]
- $Q_{rwh}$  – vrnjene toplotne izgube sistema za toplo vodo [kWh] (enačba 31)
- $Q_{ic}$  – toplotne izgube hladilnega sistema [kWh]

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

- $Q_{c,em,l}$  – 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 hladu [kWh] ( $Q_{c,g,l} = 0$ )
- $Q_{c^*,d,l}$  – toplotne izgube vodnega dela sistema HVAC 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] ( $Q_{c^*,g,l} = 0$ )

### 9.3.5

#### 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)

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

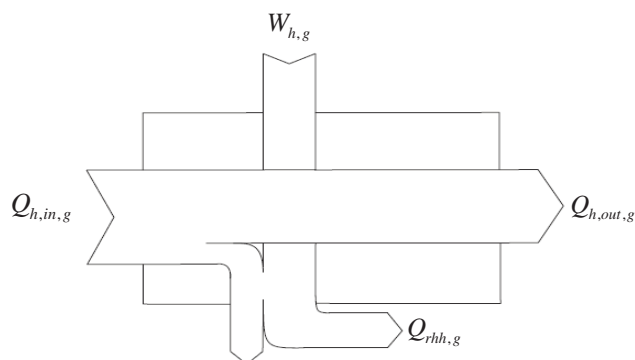
- $Q_{w,d,l}$  – toplotne izgube zaradi razvodnega sistema za toplo vodo [kWh] (enačba 119)
- $Q_{w,s,l}$  – toplotne izgube hranilnika za toplo vodo [kWh] (enačba 122, 125 ali 128)
- $Q_{w,g,l}$  – toplotne izgube generatorja toplote za toplo vodo med delovanjem, v stanju obratovalne pripravljenosti 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)

Potek izračuna

Generator toplote – kotel:



Risba 7: Potek računanja energijskih tokov za kotel

Možnosti:

- kotel, namenjen samo ogrevanju
- kotel, namenjen ogrevanju in pripravi tople vode

Kotel deluje v povezavi s:

- solarnim sistemom
- toplotno črpalko

Če kotel deluje v povezavi z različnimi generatorji toplote (na primer v kombinaciji s solarnim sistemom, toplotno črpalko ...), upoštevamo prioriteto posameznih sistemov, potrebna toplota kotla je

$$Q_{h,out,g} = Q_{bu}$$

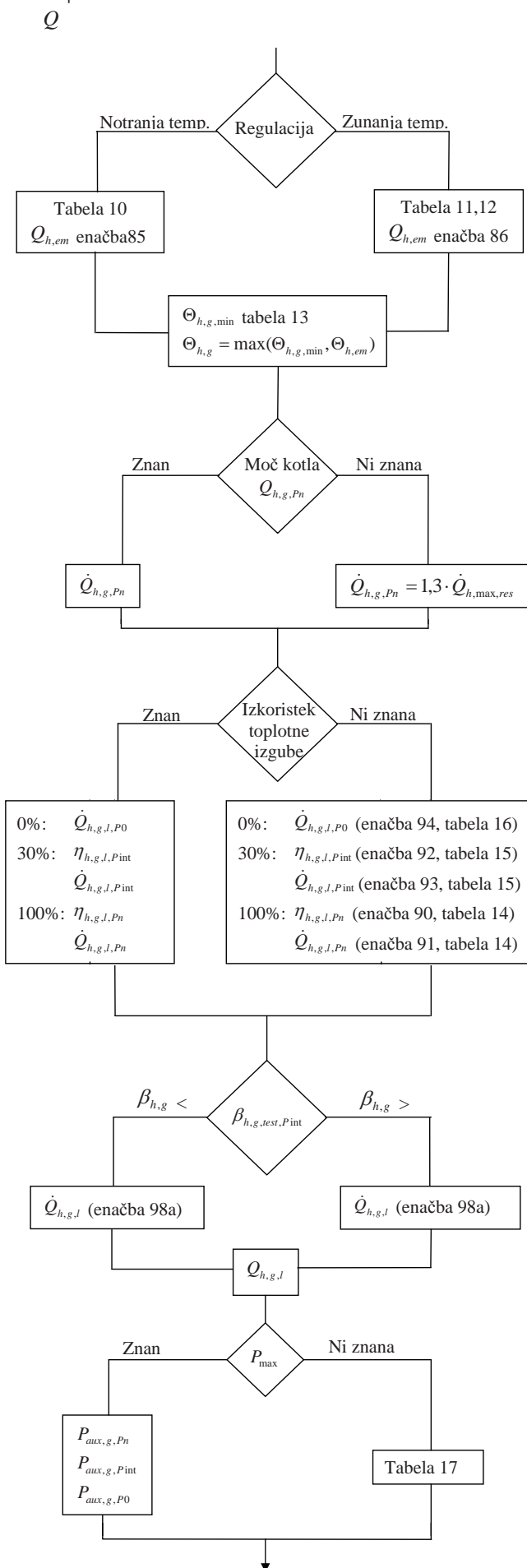
$$Q_{bu} \quad \text{– enačbe 208, 209, 210, 268, 271, 272}$$

Če je kotel namenjen tudi pripravi tople vode, je moč kotla

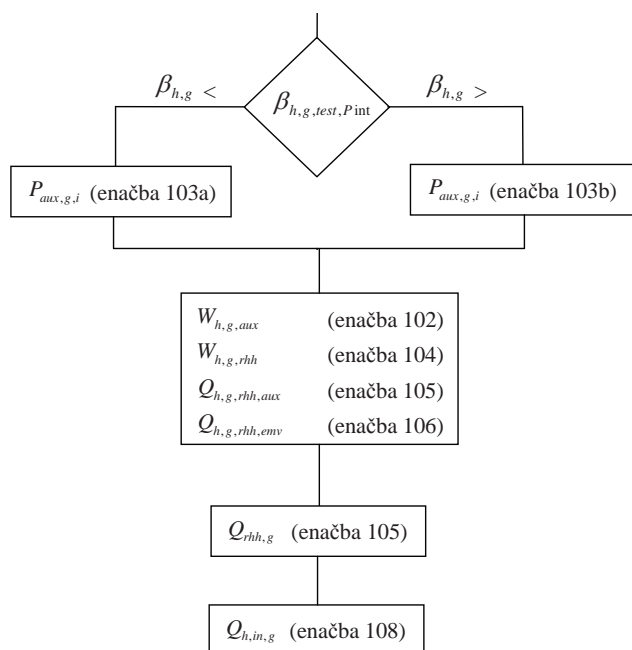
$$\dot{Q}_{h,aut,g} = \dot{Q}_{h,w,g}$$

$$\dot{Q}_{h,w,g} = \dot{Q}_{h,in,d} + \dot{Q}_{w,g}$$

Toplotna moč kotla ni znana







## 9.4 IZHODIŠČNI PARAMETRI

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

### 9.4.1

#### Povprečna temperatura in nadtemperatura ogrevalnega medija

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

- $\Delta\theta_a$  – nadtemperatura ogrevala [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $\theta_{va}$  – standardna temperatura ogrevalnega medija – vstop [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $\theta_{ra}$  – standardna temperatura ogrevalnega medija – izstop [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $\theta_i$  – standardna temperatura prostora (= notranja temperatura) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

### 9.4.2

#### Standardni temperaturni režim ogrevalnega sistema

Tabela 1:

Vrsta ogreval	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]
Radiatorji, konvektorji	$\theta_{va}$ 90	$\theta_{ra}$ 70
	70	55
	55	45
	40	30
Ploskovna ogrevala	40	30
	35	28

Temperaturna razlika ogrevalnega medija  $\Delta\theta_{HK}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]

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

### 9.4.3

#### Povprečna temperatura ogrevalnega medija pri spremenljivi temperaturi

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

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

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

- $\theta_m$  – povprečna temperatura ogrevalnega medija pri delni obremenitvi  $\beta_i$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $\theta_v$  – temperatura ogrevalnega medija – vstop – pri delni obremenitvi [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $\theta_r$  – temperatura ogrevalnega medija – izstop – pri delni obremenitvi [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $\beta_i$  – povprečna obremenitev  $i$ -tega podsistema  
 $n$  – eksponent ogrevala:  
 radiator:  $n = 1,33$   
 ploskovna ogrevala:  $n = 1,1$

### 9.4.4

#### Izračun povprečnih obremenitev podsistemov

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

- $\beta_i$  – 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]

#### 9.4.4.1

##### 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]

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

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

$\beta_h$  – 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)

#### 9.4.4.2

##### Hlajenje

$$t_{c,M} = d_{noc} \cdot t_{c,d} \quad [h] \quad (43)$$

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

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

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

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

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

$Q_{NC}$  – potrebna toplotna energija za hlajenje [kWh]  
(SIST EN ISO 13790)

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

$t_{cM}$  – 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, 43b, 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: predpostavka: 15 °C

$\theta_z$  – povprečna mesečna zunanja temperatura [°C]

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

## 9.5 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 računске obratovalne ure [h]

$t_{h,roh}$  – mesečne računске obratovalne ure ogrevanja [h]

$t_{c,roh}$  – mesečne računске obratovalne ure hlajenja [h]

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

$t_{h,rod}$  – dnevne računске obratovalne ure ogrevanja [h]

$t_{c,rod}$  – dnevne računске 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]

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

$f_{zn,d}$  – 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: predpostavka: 10 °C

$\theta_e$  – povprečna mesečna zunanja temperatura [°C]

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

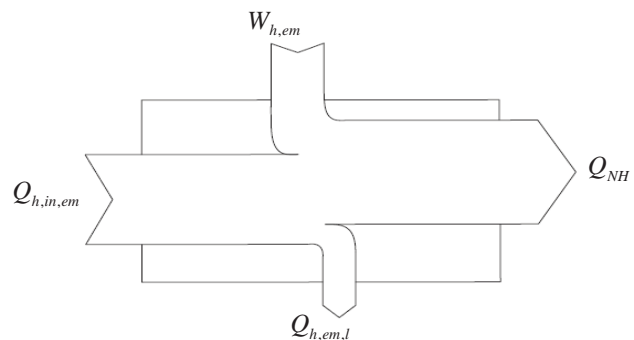
### 9.5.1

#### Temperatura neogrevanega prostora

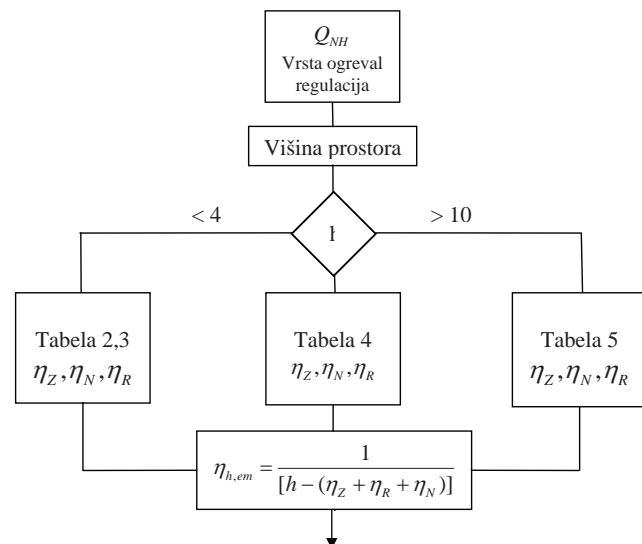
V okviru te metodologije se za temperaturo neogrevanega prostora privzame temperatura 13 °C.

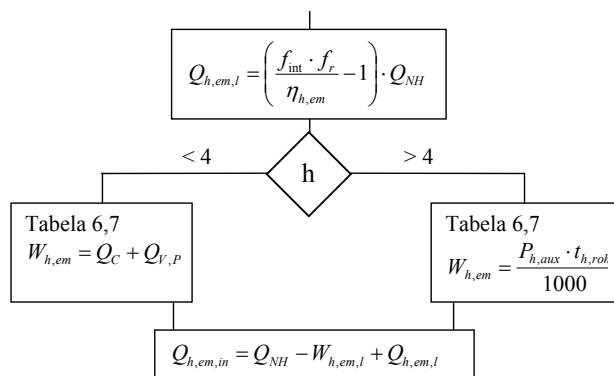
## 9.6 PODSISTEM OGREVALA

Potek izračuna



Risba 8: Potek izračuna za ogrevala





### 9.6.1

#### 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 (na primer zaradi pogona ventilatorja pri ventilatorskem konvektorju) [kWh] (točka 9.6.7)

$Q_{h,em}$  – dodatne toplotne izgube podsistema ogrevala [kWh] (točka 9.6.2)

### 9.6.2

#### Dodatne toplotne izgube podsistema ogrevala

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

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

$f_{int}$  – faktor zaradi prekinjenega delovanja [–]  
neprekinjeno delovanje:  $f_{int} = 1$   
prekinjeno delovanje:  $f_{int} = 0,97$

$f_r$  – faktor vpliva sevanja – samo pri ogrevanju prostorov z  $h > 4$  m  
višina prostora  $h \leq 4$  m:  $f_r = 1$   
višina prostora  $h > 4$  m: glej točko 9.6.5 ali 9.6.6

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

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

$\eta_Z$  – faktor učinkovitosti zaradi vpliva vertikalnega temperaturnega profila

$\eta_R$  – faktor učinkovitosti zaradi vpliva regulacije temperature prostora

$\eta_N$  – faktor učinkovitosti zaradi vpliva namestitve ogrevala – specifične izgube skozi zunanje površine

### 9.6.3

#### Faktor učinkovitosti za prosto stoječa ogrevala; višina prostora h do 4 m

Faktorji učinkovitosti so podani v tabeli 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:

		$\eta_Z$	$\eta_R$	$\eta_N$
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 – PI-regulator s funkcijo optimiranja		0,97 0,99	
Nadtemperatura ( $\theta_i = 20$ °C)	– 60 K (npr. 90/70)	$\eta_{Z1}$ 0,88	$\eta_{Z2}$	
	– 42,5 K (npr. 70/55)	0,93		
	– 30 K (npr. 55/45)	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 okna	0,95		1

## Primer

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

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

$$\eta_R = 0,93$$

$$\eta_N = 1$$

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

## 9.6.4

### Faktorji učinkovitosti za vgrajena površinska ogrevala; višina prostora h do 4 m

Faktorji učinkovitosti so podani v tabeli 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:

		$\eta_Z$	$\eta_R$	$\eta_N$
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				$\eta_{N1}$	$\eta_{N2}$
Sistem	– mokri sistem	1		0,93	
	– suhi sistem	1		0,96	
	– suhi sistem z majhno talno oblogo	1	0,96	0,93	
	– stenski sistem		0,93	0,95	
	– stropni sistem				
Specifične toplotne izgube konstrukcije ogrevala	– ploskovno ogrevanje brez toplotne izolacije po SIST EN 1264				0,86
	– ploskovno ogrevanje s toplotno izolacijo skladno s 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.

$$\eta_Z = 1$$

$$\eta_R = 0,93$$

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

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

## 9.6.5

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

Faktorji učinkovitosti ogrevalnega sistema so podani v tabeli 4.

Tabela 4:

		$\eta_Z$				$\eta_R$	$\eta_N$	
		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 razporeditev zraka z normiranim indukcijskim razmerjem	dovod zraka s strani	0,98	0,94	0,88	0,83		1
		dovod zraka od zgoraj	0,99	0,96	0,91	0,87		1
	toplozračno ogrevanje razporeditev zraka z regulirano navpično recirkulacijo	dovod zraka s strani	0,99	0,97	0,94	0,91		1
		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	integrirano v konstrukcijo	1,00	0,99	0,97	0,96		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:  $f_s = 0,85$  za stropna sevala – vodni sistem, cevna sevala, direktna sevala ter talno ogrevanje.

## 9.6.6

## Faktor učinkovitosti ogrevalnega sistema za prostore višje od 10 m

Tabela 5:

		$\eta_Z$			$\eta_R$	$\eta_N$	
		12 m	15 m	20 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 razporeditev zraka z normiranim indukcijskim razmerjem	dovod zraka s strani	0,78	0,72	0,63		1
		dovod zraka od zgoraj	0,84	0,78	0,71		1
	toplozračno ogrevanje razporeditev zraka z regulirano navpično recirkulacijo	dovod zraka s strani	0,88	0,84	0,77		1
		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 (2 K)

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

$$\eta_Z = 0,94$$

$$\eta_R = 0,93$$

$$\eta_N = 1$$

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

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

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

$d_M$  – število dni v mesecu

$P_V$  – nazivna električna moč ventilatorja [W] – podatek proizvajalca ali vrednost iz tabele 7

$n_V$  – število ventilatorjev [–]

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

$n_P$  – število črpalok

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

## 9.6.7

### Dodatna (pomožna) električna energija

#### 9.6.7.1

Višina prostora  $h$  do 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]

$Q_C$  – dodatna električna energija za regulatorje [kWh]

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

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

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

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

Tabela 6:

		[W]
$P_C$	Električni regulator z elektromotornim pogonom	0,1 (na pogon)
	Električni regulator z elektrotermičnim pogonom	1,0 (na pogon)
	Električni regulator z elektromagnetnim pogonom	1,0 (na pogon)

Tabela 7:

		[W]
$P_V$	Ventilatorski konvektor	10
	Neposredno električno ogrevanje z ventilatorskim konvektorjem	10
	Termoakumulacijsko ogrevanje z dinamičnim odjemom	12
	Termoakumulacijsko ogrevanje s stopenjskim odjemom	12

## 9.6.7.2

Višina prostora  $h$  nad 4 m

Pri prostorih z višino  $h$  nad 4 m (na primer dvorane) so uporabljena predvsem ogrevala, pri katerih ni ločene proizvodnje in oddaje toplote ter so nameščena v ogrevanem prostoru (na primer 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 tabele 8)
- $P_{h,em,aux}$  – nazivna električna moč ventilatorjev in regulatorjev – sistem s posrednim ogrevanjem (podatek proizvajalca ali vrednost iz tabele 8)
- $t_{h,roh}$  – mesečne računске obratovalne ure [h] (enačba 48)

Tabela 8:

		[W]
$P_{h,aux}$	Neposredno sevalno ogrevanje	25 (za napravo)
	Cevni sevalni grelnik do 50 kW (regulacija in ventilator za zgorevalni zrak)	80 (za napravo)
	Cevni sevalni grelnik nad 50 kW (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)	$0,013 \cdot Q_{NH}$

## 9.6.7.3

Vrnjena dodatna električna energija

Če so pomožne naprave (pogoni, regulacija) nameščene 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 dovedena toplota  $Q_{h,in,em}$ 

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

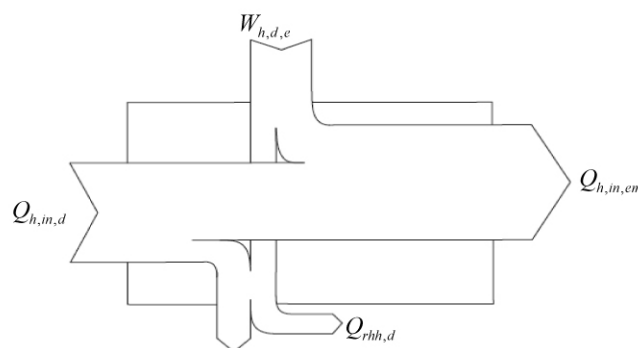
$Q_{NH}$  – potrebna toplota za ogrevanje, določena skladno s SIST EN 13790 [kWh]

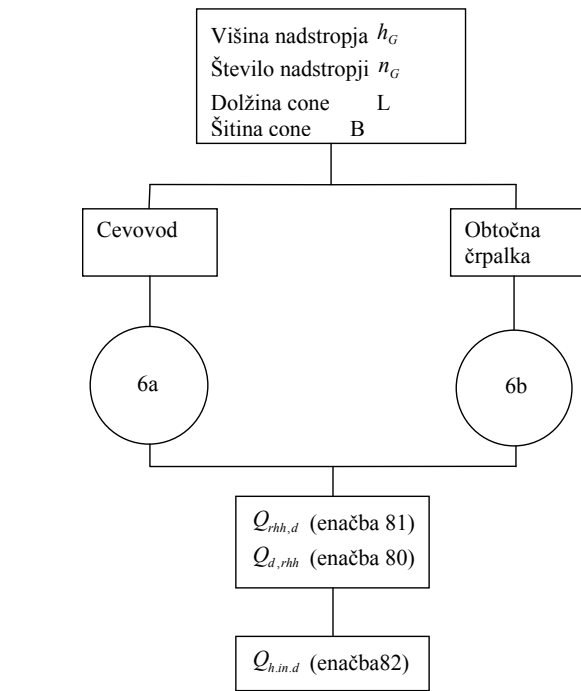
$W_{h,em}$  – dodatna (pomožna) električna energija [kWh] (enačba 54, 57 ali 58)

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

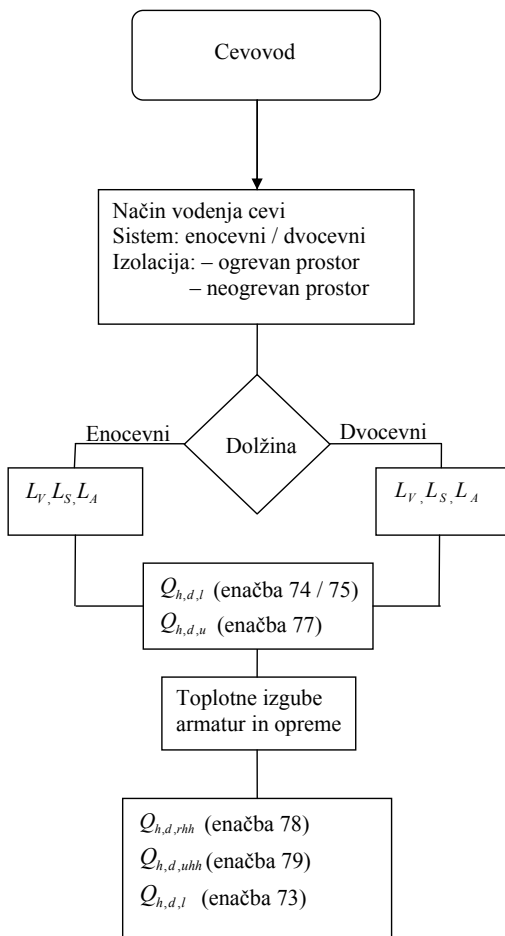
## 9.7 PODSISTEM RAZVOD OGREVALNEGA SISTEMA

Potek izračuna

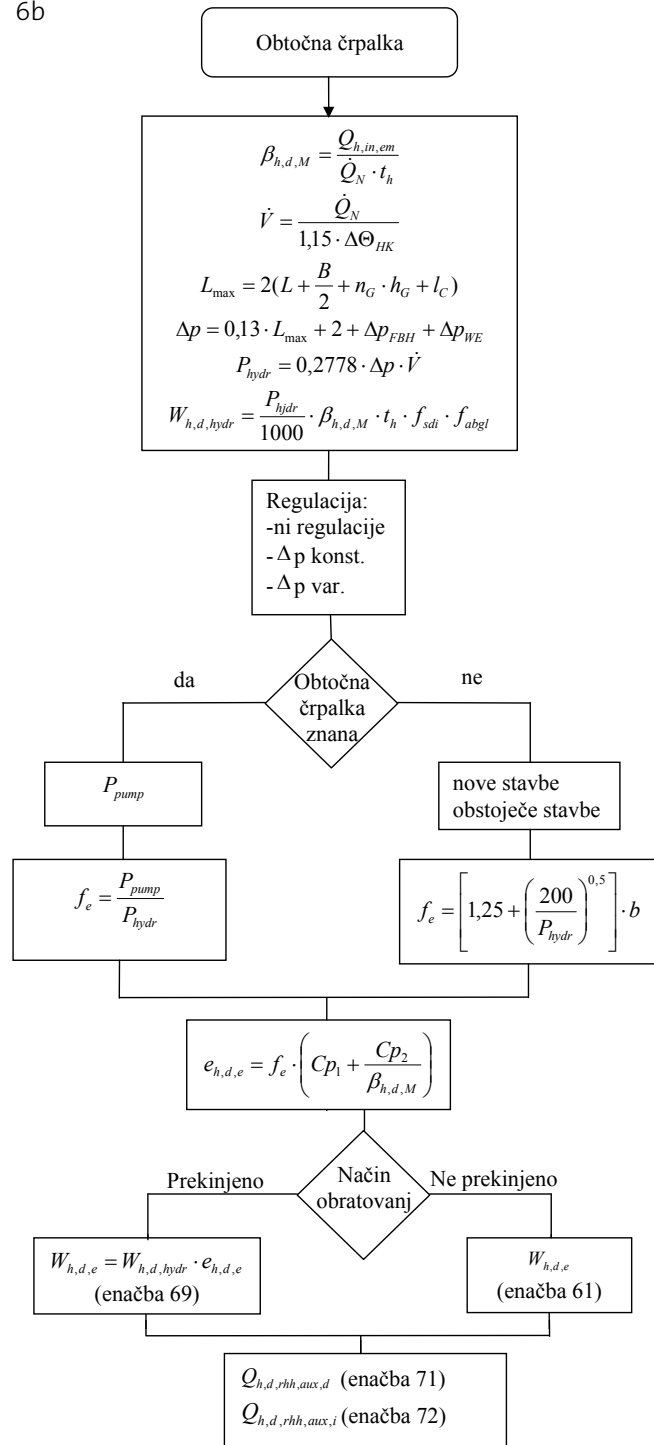




6a



6b



## 9.7.1

### Potrebna električna energija za razvodni podsistem

#### 9.7.1.1

##### 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 sta znana število letnih obratovalnih ur ( $t_{h,d}$ ) 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

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

$\Delta p$  – tlačni padec [kPa]

$\dot{V}$  – volumski pretok ogrevnega medija [m<sup>3</sup>/h]

Volumski pretok ogrevnega medija

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

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

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

Tlačni padec

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

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

$L$  – 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

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

$\Delta p_{WE}$  – 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 oziroma 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:

ni regulacije:  $C_{P1}$   $C_{P2}$

$\Delta p_{konst.}$ : 0,25 0,75

$\Delta p_{var.}$ : 0,75 0,25

0,90 0,10

9.7.1.2

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:

$f_{P,A} = 0,6$  (privzeta vrednost)

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

## 9.7.2

## 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 okoljski 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)

## 9.7.3

## Toplotne izgube razvodnega podsistema

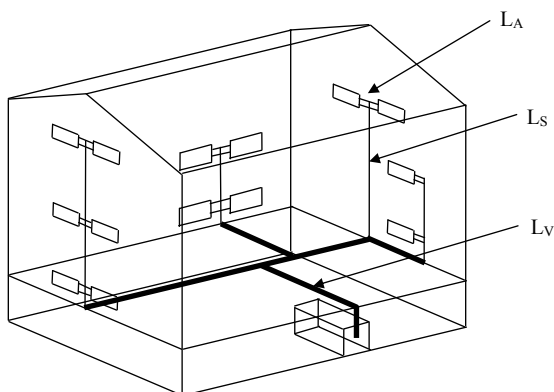
## 9.7.3.1

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 [m] $L$  – dolžina cone (stavbe) [m] $B$  – širina cone (stavbe) [m]

Risba 9: Elementi razvodnega cevovoda

Dvocevni sistem

Cevi v zunanjem zidu:

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

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

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

Cevi v notranjem zidu:

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

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

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

Enocjevni sistem

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

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

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

## 9.7.3.2

Toplotna oddaja v časovnem intervalu

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

 $U'$  – U-vrednost na dolžino [W/(mK)] $\theta_m$  – 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

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

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:

	Horizontalni LV	V zunanjem zidu		V notranji steni	
		Dvižni $L_S$	Priključni $L_{SL}$	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
$L_G \cdot B_G > 500 \text{ m}^2$	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
V zunanjem zidu (ZZ)		Skupaj/koristno <sup>[1]</sup>			
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			

<sup>[1]</sup> Skupaj – celotna toplotna oddaja; koristno – v prostor koristno oddana toplota

#### Toplotna oddaja armatur in opreme

Kot približek se upošteva toplotna oddaja držal kot dodatna ekvivalentna dolžina 15 %.

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

	Ekvivalentna dolžina [m]	Ekvivalentna dolžina [m]
Ventili in prirobnice:	$d \leq 100 \text{ mm}$	$d > 100 \text{ mm}$
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]

#### 9.7.4

##### Vrnjena toplota

V razvodni sistem vrnjena toplota

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

$Q_{d,rhh}$  – 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

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

$Q_{rhh,d}$  – 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)

## 9.8 PODSISTEM KURILNA NAPRAVA

- (1) 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.
- (2) Za izračun kurilne naprave potrebni podatki: vrsta in karakteristika kurilne naprave, regulacija kurilne naprave, potrebna toplota za ogrevalni sistem, določena po metodologiji SIST EN ISO 13790 in po postopkih, določenih v nadaljevanju.
- (3) 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.
- (4) 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.

### 9.8.1

#### 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 tabele 13
- $\theta_{h,em}$  – temperatura razvodnega podsistema v opazovanem časovnem intervalu [ $^{\circ}\text{C}$ ]; določena v odvisnosti od vrste regulacije

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 [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $\theta_i$  – 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 (SIST EN 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 (glej tabelo 10).

Tabela 10:

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

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

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

- $\theta_{h,em}$  – standardna (projektna) temperatura razvodnega podsistema. Vrednosti so podane v tabeli 11.
- $\theta_{h,d,n}$  – 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 tabeli 12.

Tabela 11:

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

Tabela 12: .

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

$\theta_e$  – zunanja temperatura [°C]

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

### 9.8.2

#### 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 sistema HVAC.

$Q_{h,out,g,j}$  – 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 sistema HVAC dovedena toplota [kWh] (enačba 386)

V primeru različnih vrst generatorjev toplote (na primer 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:

$$Q_{bu} = Q_{bu,sol} \quad (\text{enačba 208})$$

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

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

– v primeru toplotne črpalke:

$$Q_{bu} = Q_{bu,TC} \quad (\text{enačba 268})$$

$$Q_{bu} = Q_{bu,TC,h} \quad (\text{enačba 271})$$

$$Q_{bu} = Q_{bu,TC,w} \quad (\text{enačba 272})$$

Toplotne izgube podsistema kurilne naprave

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

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

$\dot{Q}_{h,g,I,P0}$  – 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 tabele 13

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

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

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

Tabela 13:

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 (kW), omejena na največ 400 kW; če je moč večja od 400 kW, uporabimo vrednost 400 kW v ustrezni enačbi iz tabele 13.

Tabela 14:

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

Toplotne izgube pri 100 % obremenitvi

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

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

Toplotne izgube pri vmesni (30 %) obremenitvi

Izkoristek kotla pri vmesni (30 %) obremenitvi

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

$\eta_{h,g,Pint,cor}$  – 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 tabele 13

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

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

Tabela 15:

Vrsta kotla	Povprečna temp. kotla pri testnih pogojih/vmesni obremenitvi,	$f_{cor,Pint}$ [-]
Standardni kotel	50 °C	0,0004
Nizkotemperaturni	40 °C	0,0004
Kondenzacijski (plinasta goriva)	35 °C	0,002

Kondenzacijski (tekoča goriva)	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

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

$\dot{Q}_{h,g,J,Pint}$  – 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

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

$\dot{Q}_{h,g,J,P0}$  – toplotne izgube v času obratovalne pripravljenosti (stand-by) [kW]; podatek proizvajalca ali vrednosti iz tabele 16.

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

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

Tabela 16:

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

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

Toplotne izgube pri vmesnem razmerju obremenitve in toplotna moč

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.

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

$\dot{Q}_{h,in,d}$  – 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 9.7, enačbo 82)

$t_h$  – 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

brez prioritete

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

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  $\beta_{h,g}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Skupne toplotne izgube v času opazovanega časovnega intervala

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

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

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

### 9.8.3

#### 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 podsistem [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)

### 9.8.4

#### 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 tabele 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

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

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

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

$$P_{\text{aux},g,i} = \frac{\beta_{h,g}}{\beta_{h,g, \text{test}, P_{\text{int}}}} \cdot (P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}} - P_{\text{aux},g,P0}) + P_{\text{aux},g,P0} \quad [\text{kW}] \quad (103a)$$

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

$P_{\text{aux},g,P0}$  – moč pomožnih električnih naprav pri stanju obratovalne pripravljenosti [kW] (podatek proizvajalca ali iz tabele 17)

$P_{\text{aux},g,Pn}$  – moč pomožnih električnih naprav pri nazivni moči (100 % obremenitvi) [kW] (podatek proizvajalca ali iz tabele 17)

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

Tabela 17:

VRSTA KOTLA IN GORILNIKA	$P_{\text{aux},g,Pn}$	$P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}}$	$P_{\text{aux},g,P0}$
Kotel z ventilatorskim gorilnikom	$P_{\text{aux},g,Pn} = \frac{(45 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}^{0,48})}{1000}$	$P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}} = \frac{(15 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}^{0,48})}{1000}$	$P_{\text{aux},g,P0} = 0,015$
Kotel z atmosferskim gorilnikom do 250 kW	$P_{\text{aux},g,Pn} = \frac{(0,35 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 40)}{1000}$	$P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}} = \frac{(0,1 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 20)}{1000}$	$P_{\text{aux},g,P0} = 0,015$
Kotel z atmosferskim gorilnikom od 250 kW	$P_{\text{aux},g,Pn} = \frac{(0,7 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 80)}{1000}$	$P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}} = \frac{(0,2 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 40)}{1000}$	$P_{\text{aux},g,P0} = 0,015$
Kotel na pelete z avtomatskim dodajanjem	$P_{\text{aux},g,Pn} = \frac{(2,0 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 40)}{1000}$	$P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}} = \frac{(1,8 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 40)}{1000}$	$P_{\text{aux},g,P0} = 0,015$
Kotel na sekance	$P_{\text{aux},g,Pn} = \frac{(2,6 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 60)}{1000}$	$P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}} = \frac{(2,2 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 70)}{1000}$	$P_{\text{aux},g,P0} = 0,015$
STANDARDNI KOTEL			
Specialni plinski kotel	$P_{\text{aux},g,Pn} = \frac{(0,148 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 40)}{1000}$	$P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}} = \frac{(0,148 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 40)}{1000}$	
Ventilatorski kotel (olje/plin)	$P_{\text{aux},g,Pn} = 0,045 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}^{0,48}$	$P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}} = 0,015 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}^{0,48}$	
NIZKOTEMPERATURNI KOTEL			
Specialni plinski kotel	$P_{\text{aux},g,Pn} = \frac{(0,148 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 40)}{1000}$	$P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}} = \frac{(0,148 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn} + 40)}{1000}$	
Obtočni grelnik	$P_{\text{aux},g,Pn} = 0,045 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}^{0,48}$	$P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}} = 0,015 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}^{0,48}$	
Ventilatorski kotel (olje/plin)	$P_{\text{aux},g,Pn} = 0,045 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}^{0,48}$	$P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}} = 0,015 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}^{0,48}$	
Kondenzacijski kotel (olje/plin)	$P_{\text{aux},g,Pn} = 0,045 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}^{0,48}$	$P_{\text{aux},g,P_{\text{int}}} = 0,015 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}^{0,48}$	

## 9.8.5

### Vračljive in vrnjene toplotne izgube

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

#### 9.8.5.1

Potrebna dodatna električna energija

$P_{\text{aux},g}$  – del nazivne električne moči, prenesene v okolico; vrednost v nacionalnem dodatku standarda ali po naslednji enačbi

Vrnjena dodatna električna energija

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



Privzeta 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]

### 9.8.5.2

Toplotne izgube skozi ovoj generatorja toplote

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

$\dot{Q}_{h,g,I,PO,cor}$  – 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 tabele 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:

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

### 9.8.5.3

Skupne vrnjene izgube

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)

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

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

## 9.8.6

### Akumulator toplote

#### 9.8.6.1

Toplotne izgube akumulatorja toplote

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

$Q_{h,s}$  – 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 9.7

$\theta_{h,s}$  – temperatura vode v akumulatorju [°C]; poenostavljeno  $\theta_{h,s} = \theta_{h,g}$

$\theta_i$  – temperatura okolice oziroma 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

(enačbi 196, 197)

– v kombinaciji s toplotno črpalko  $V = 9,5 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}$

– v kombinaciji s kotlom na biomaso  $V = 50 \cdot \dot{Q}_{h,g,Pn}$

#### 9.8.6.1.1

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

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

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

#### 9.8.6.2

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 proizvajalca ali izračun po enačbi 113)

$t_p$  – čas delovanja črpalke [h] je enak času delovanja za ogrevanje (enačba 48):

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

- $P_p$  – nazivna električna moč črpalke [W]  
 $L_G$  – dolžina stavbe (cone) [m]  
 $B_G$  – širina stavbe (cone) [m]  
 $n_G$  – število ogrevanih nadstropij [-]

## 9.9 SISTEM/PODSISTEM ZA PRIPRAVO TOPLE VODE

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

- iztočni podsistem,
- razdelilni podsistem,
- hranilnik,
- priprava tople vode (grelnik).

Potrebna toplota grelnika za toplo vodo je določena z enačbo

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

$Q_w$  – 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)

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

$Q_{rww,d,aux}$  – 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)

### 9.9.1

#### Potrebna toplota za toplo vodo

Za stanovanjske stavbe

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

$Q_w$  – potrebna toplota za pripravo tople vode [kWh]

$q_w$  – specifična letna raba energije za toplo vodo na iztočnem mestu [kWh/(m<sup>2</sup>a)]  
 privzete vrednosti:

enostanovanjska hiša:  $q_w = 12$  kWh/(m<sup>2</sup>a)

večstanovanjska hiša:  $q_w = 16$  kWh/(m<sup>2</sup>a)

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

$A_{u,stan}$  – površina stanovanja (neto površina) [m<sup>2</sup>]

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

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

$Q_w$  – potrebna toplota za pripravo tople vode [kWh]

$q_w$  – specifična dnevna raba energije za toplo vodo [Wh/m<sup>2</sup>d] (glej tabelo 19)

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

$A_{referenčni}$  – referenčna površina [m<sup>2</sup>]

Tabela 19:

Stavba	$q_w$ [Wh/(m <sup>2</sup> d)]	$A_{referenčni}$
Poslovna/pisarnice	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

### 9.9.2

#### Toplotne izgube in potrebna električna energija

##### 9.9.2.1

Toplotne izgube

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

$Q_{w,l}$  – 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] (enačba 131 ali 136)

##### 9.9.2.1.1

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

Toplotne izgube razdelilnega sistema se lahko določijo

z upoštevanjem dejanskih dolžin cevi ali pa z oceno dolžin (glej tabelo 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)

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

$U_i$  – toplotna prehodnost [W/(mK)] (glej tabelo 22)

$L_i$  – dolžina cevi v posameznem odseku [m] (glej tabelo 21)

$\theta_{w,m}$  – povprečna temperatura odseka [°C] (glej tabelo 20)

$\theta_i$  – 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 s cirkulacijo:  $t_{w,d} = (24 - z) \text{ h}$

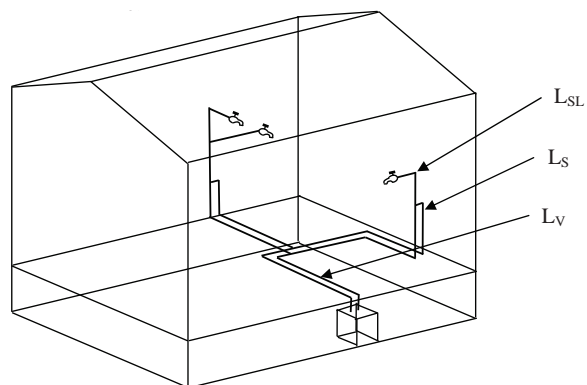
$z$  – čas delovanja cirkulacijske črpalke [h/d] (znan čas ali enačba 142)

Tabela 20:

	Ozna-ka	Enota	Vrednost
Temperatura okolice – ogrevani prostori	$\theta_i$	°C	20
Temperatura okolice – izven ogrevanih prostorov	$\theta_i$	°C	13
Povprečna temperatura cevododa brez oziroma ob izklopljeni cirkulaciji	$\theta_{w,m}$	°C	$23 \cdot U^{0.2}$
Povprečna temperatura cevododa s cirkulacijo in temp. hranilnika	$\theta_{w,m}$	°C	50
Temperatura hladne vode	$\theta_k$	°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  $L_{SL}$



Risba 10: Vrste odsekov razvodnega omrežja za distribucijo tople vode

Tabela 21:

	Horizontalni $L_V$	Dvizni $L_S$	Priključni $L_{SL}$
Dolžina cevododa 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 cevododa 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 [m]

$L_g$  – dolžina cone (stavbe) [m]

$B_g$  – širina cone (stavbe) [m]

Tabela 22:

	Horizontalni $L_V$	V zunanjem zidu		V notranji steni	
		Dvižni $L_S$	Priključni $L_{SL}$	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
$L_g \cdot B_g > 200 \leq 500 \text{ m}^2$	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
$L_g \cdot B_g > 500 \text{ m}^2$	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
V zunanjem zidu (ZZ)		Skupaj/koristno <sup>[1]</sup>			
ZZ neizoliran		1,35/0,80			
ZZ izoliran zunaj		1,00/0,90			
ZZ ( $U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ )		0,75/0,55			

<sup>[1]</sup> 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

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

#### 9.9.2.1.2

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

##### 9.9.2.1.2.1

Posredno ogrevan hranilnik

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

- $Q_{w,s,l}$  – toplotne izgube hranilnika [kWh]
- $f_{povezava}$  – vpliv cevne povezave med hranilnikom in grelnikom; 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 točki 9.7 in se prištejejo enačbi 122
- $\theta_i$  – 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 enačba 123a ali 123b

Privzete vrednosti

Hranilnik z nazivnim volumnom  $V \leq 1000 \text{ l}$

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

Hranilnik z nazivnim volumnom  $V > 1000 \text{ l}$

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

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

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

##### 9.9.2.1.2.2

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]
- $\theta_i$  – 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

Privzete 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]  
 $\theta_i$  – 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

Privzete 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

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

### 9.9.2.1.3

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

Računanje je enako kot za kotel (glej točko 9.8). 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)

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

- $f_{Hs/Hi}$  – razmerje zgorevalna toplota/kurilnost (glej tabelo 23)  
 $\eta_{w,g,Pn}$  – izkoristek grelnika (kotla) pri nazivni moči (100 % obremenitvi); če ni znane vrednosti, upoštevamo vrednost iz tabele 13  
 $Q_{w,out,g}$  – potrebna toplota grelnika (kotla) za toplo vodo [kWh] (enačba 114)

Tabela 23:

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 9.8)  
 $t_{w,100\%}$  – 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  $\theta$  [°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 [-] (glej tabelo 24)  
– 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 cirkulacije oziroma z izklopljeno cirkulacijo 40 °C.  
 $\theta_i$  – temperatura okolice [°C]

Tabela 24:

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)	$q_{w,g,70} = 0,022$
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 tabele 13

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

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

### 9.9.2.2

Potrebna električna energija

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

$W_{w,d,aux}$  – potrebna električna energija za razdelilni sistem [kWh] (točka 9.7)

$W_{w,s,aux}$  – potrebna električna energija za hranilnik [kWh] (točka 9.8.6)

$W_{w,g,aux,i}$  – potrebna električna energija za  $i$ -ti generator toplote [kWh] (točka 9.8)

#### 9.9.2.2.1

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

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

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

$L$  – 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.

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

$\Delta p$  – tlačni padec [kPa] (enačba 146)

$\dot{V}$  – volumski pretok [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] (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 [°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]

$L_G$  – največja dolžina stavbe [m]  
Privzeta vrednost:  $L_{\max} = 2 \cdot (L_G + 2,5 + n_G + h_g)$

$\Delta p_{RV,TH}$  – tlačni padec vgrajenih armatur (na primer protipovratni ventil – indeks RV, termostadni ventil – indeks TH) [kPa]  
Privzeta vrednost:  $\Delta p_{RV,TH} = 12$  kPa

$\Delta p_{App}$  – tlačni padec na generatorju toplote [kPa]  
Privzeta vrednost:  
sistem s hranilnikom:  $\Delta p_{App} = 1$  kPa  
pretočni sistem:  $\Delta p_{App} = 15$  kPa

Faktor rabe električne energije črpalke

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

$f_e$  – 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:

$$f_e = \frac{P_{Pump}}{P_{hydr}}$$

– 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]

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

Delež vrnjene energije v ogrevni medij

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

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

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

### 9.9.2.2.2

Potrebna električna energija za polnjenje posredno ogrevanega hranilnika

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

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

$P_p$  – nazivna moč črpalke [W]. Podatek proizvajalca ali privzeta vrednost (enačba 152)

$t_p$  – čas delovanja črpalke [h] (enačba 153)

Privzete 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

$$Q_{rw,w,s} = 0,25 \cdot W_{w,s,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (155)$$

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

$$Q_{w,rwh,s} = 0,25 \cdot W_{w,s,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (156)$$

### 9.9.2.2.3

Potrebna električna energija za delovanje kotla

$$W_{w,g,aux} = P_{w,g,aux,Pn} \cdot t_{w,100\%} \cdot d_{w,M} + P_{w,g,aux,P0} \cdot (24 - t_{w,100\%}) \cdot (d_{w,M} - d_{h,rod}) \quad [\text{kWh}] \quad (157)$$

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 [kWh]; podatek proizvajalca ali privzeta vrednost iz tabele 17

$P_{w,g,aux,P0}$  – toplotne izgube grelnika (kotla) pri nazivni moči [kWh]; glej točko 9.8

$d_{w,M}$  – 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

$$Q_{w,rww,g,aux} = W_{w,g,aux} \cdot (1 - b_{w,aux,g}) \cdot P_{aux,g} \quad [\text{kWh}] \quad (159)$$

$P_{aux,g}$  – del nazivne električne moči prenesene v okolico [-]; vrednost v nacionalnem dodatku standarda ali po naslednji enačbi

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

Privzeta 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)

$$Q_{rww,g} = Q_{w,rww,g,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (160)$$

$Q_{w,rww,g,aux}$  – na toplo vodo prenesena vrnjena električna energija generatorja toplote [kWh] (enačba 156)

Vrnjene 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, 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)

## 9.10 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 standardu SIST EN 12976-2,
- metoda z upoštevanjem podatkov o posameznih komponentah sistema.

### 9.10.1

#### Metoda z upoštevanjem podatkov o solarnem toplotnem sistemu (SIST EN 12976-2)

##### 9.10.1.1

Samostojni sistem in sistem s predgrevanjem

Letni toplotni dobitki solarnega sistema

$$Q_{out,sol,a} = f_{sol} \cdot Q_{load,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (165)$$

$f_{sol}$  – 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 treba upoštevati, ali je solarni sistem namenjen ogrevanju prostorov, ogrevanju tople vode ali obojemu.

$$f_{sol} = f_{sol,i-1} + \frac{f_{sol,i+1} - f_{sol,i-1}}{Q_{d,i+1} - Q_{d,i-1}} \cdot (Q_d - Q_{d,i-1}) \quad [-] \quad (167)$$

Indeksa  $i-1$  in  $i+1$  ustrezata najbližjim vrednostim nad in pod dejansko vrednostjo  $Q_d$ .

Zaradi koherentnosti enot s standardom SIS EN 12976-2 je

$$Q_d = Q_{load,sol} \cdot 3,6 \quad [\text{MJ}] \quad (168)$$

Mesečna toplota solarnega sistema

$$Q_{out,sol,M} = \frac{G_M \cdot t_M}{G_a \cdot t_a} \cdot Q_{out,sol,a} \quad [\text{kWh}] \quad (169)$$

$G_M$  – povprečno urno sončno obsevanje na površino kolektorja v obravnavanem časovnem intervalu (meseču) [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

$t_M$  – mesečni – časovni interval v urah

$G_a$  – povprečno urno sončno obsevanje na površino kolektorja v letnem časovnem intervalu [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

$t_a$  – število ur v letu ( $t_a = 8760$  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.

### 9.10.1.2

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 SIST 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) [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

$t_M$  – mesečni časovni interval v urah [h]

$G_a$  – povprečno urno sončno obsevanje na površino kolektorja v letnem časovnem intervalu [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

$t_a$  – število ur v letu ( $t_a = 8760$  h)

$Q_{out,sol,a}$  – letni toplotni dobitki solarnega sistema z dopolnilnim sistemom [kWh] (enačba 170)

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.

### 9.10.1.3

Dodatna potrebna energija

- (1) Če solarni toplotni sistem deluje termosifonsko, potem ni dodatne potrebne (električne) energije.
- (2) Letna dodatna energija za delovanje solarnega sistema je določena glede na zahteve standarda SIST EN 12976-2 kot  $Q_{par}$  [MJ]. Za določitev dejanske letne dodatne energije je potrebna interpolacija. Dobljen rezultat je zaradi koherentnosti enot treba 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 SIST EN 12976-2)

Mesečne vrednosti dodatne energije so določene s porazdelitvijo letne dodatne energije glede na mesečno porazdelitev sončnega obsevanja.

### 9.10.1.4

Izgube

#### 9.10.1.4.1

Toplotne izgube solarnega hranilnika

Toplotne izgube solarnega hranilnika so določene s koeficientom toplotne prehodnosti  $UA$  [W/K]. Ta je v primeru znanega hranilnika določen v skladu s standardom SIST 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

$$Q_{s,sol,l} = UA \cdot (\theta_{set\ point} - \theta_i) \cdot \left( \frac{Q_{out,sol,M}}{Q_{w,out,g}} \right) \cdot \frac{t_M}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (177)$$

$t_M$  – mesečni časovni interval v urah [h]

$\theta_{set\ point}$  – nastavljena temperatura tople vode ( $\theta_{set\ point} = 60$  °C)

$\theta_i$  – povprečna temperatura prostora, v katerem je hranilnik [°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, so toplotne izgube določene z enačbo

$$Q_{s,sol,l} = UA \cdot (\theta_{set\ point} - \theta_i) \cdot \left( \frac{Q_{out,sol,M}}{Q_{h,in,d}} \right) \cdot \frac{t_M}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (178)$$

$\theta_{set\ point}$  – povprečna temperatura ogrevalnega medija

$Q_{out,sol,M}$  – mesečna toplota solarnega sistema [kWh]  
(enačba 169 ali 174)

$Q_{h,in,d}$  – v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota [kWh] (enačba 75)

#### 9.10.1.4.2

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

$$Q_{d,sol,l} = 0,05 \cdot Q_{load,s} \cdot \left( \frac{Q_{out,sol}}{Q_{load,s}} \right) \quad [\text{kWh}] \quad (180)$$

#### 9.10.1.4.3

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 ( $b_i = 0$ ).

## 9.10.2

### Metoda z upoštevanjem podatkov o posameznih komponentah sistemov

#### 9.10.2.1

Mesečni toplotni dobitki solarnega sistema

Mesečni toplotni dobitki solarnega sistema so določeni z enačbo

$$Q_{out,sol} = (a \cdot Y + b \cdot X + c \cdot Y^2 + d \cdot X^2 + e \cdot Y^3 + f \cdot X^3) \cdot Q_{load,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (185)$$

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 enačbama 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:  $A = A \cdot P_{h,sol}$  [ $\text{m}^2$ ],
- za pripravo tople vode:  $A = A \cdot P_{w,sol}$  [ $\text{m}^2$ ].

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 (glej tabelo 25)

$X, Y$  – brezdimenzijski faktorji

Tabela 25:

Korelacijski koeficient	Vrsta sistema	
	Vodni hranilnik	Talno ogrevanje
a	1,029	0,863
b	-0,065	-0,147
c	-0,245	-0,263
d	0,0018	0,008
e	0,0215	0,029
f	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 SIST EN 12975-2 [m<sup>2</sup>]

$U_c$  – koeficient toplotnih izgub kolektorske zanke (SSE + cevi) [W/m<sup>2</sup>K]

$$U_c = a_1 + a_2 \cdot 40 + \frac{U \cdot L}{A} \quad [W/m^2K] \quad (190)$$

$a_1, a_2$  – koeficient toplotnih izgub in temperaturna njihova odvisnost; oba parametra sta podana v rezultatih preizkušanja SSE po SIST EN 12975-2; če teh podatkov ni, upoštevamo naslednje vrednosti

$$a_1 = 1,8 \frac{W}{m^2 K} \quad (\text{vakuumski SSE})$$

$$a_1 = 3,5 \frac{W}{m^2 K} \quad (\text{zastekljen SSE})$$

$$a_1 = 15 \frac{W}{m^2 K} \quad (\text{nezastekljen SSE})$$

$$a_2 = 0 \frac{W}{m^2 K}$$

$U \cdot L$  – koeficient toplotnih izgub vseh cevi v kolektorski zanki; če ta vrednost ni znana, upoštevamo enačbo

$$U \cdot L = 5 + 0,5 \cdot A \quad [W/m^2K] \quad (191)$$

$\eta_{loop}$  – učinkovitost kolektorske zanke vključno s prenosnikom toplote

$$\eta_{loop} = 0,9$$

ali izračunamo:

$$\eta_{loop} = 1 - \Delta \eta \quad (192)$$

$$\Delta \eta = \frac{\eta_0 \cdot A \cdot a_1}{(U \cdot A)_{hx}} \quad (\text{glej SIST EN 12977-2}) \quad (193)$$

$\Delta T$  – referenčna temperaturna razlika

$$\Delta T = \theta_{ref} - \theta_{e,M} \quad (194)$$

$\theta_{e,M}$  – povprečna mesečna zunanja temperatura [°C]

$\theta_{ref}$  – referenčna temperatura, odvisna od uporabe sistema in vrste hranilnika toplote  
– ogrevanje:  $\theta_{ref} = 100$  °C  
– priprava tople vode:

$$\theta_{ref} = 11,6 + 1,18 \cdot \theta_{hw} + 3,86 \cdot \theta_{cw} - 1,32 \cdot \theta_{e,M} \quad (195)$$

$\theta_{hw}$  – temperatura tople vode ( $\theta_{hw} = 40$  °C)

$\theta_{cw}$  – temperatura hladne vode ( $\theta_{cw} = 10$  °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/m<sup>2</sup> 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 SIST EN 12975-2

$IAM$  – korekcija vpadnega kota SSE ( $K_{s0}(\tau\alpha)$ ) glede na vrednost pri preizkušanju SSE po standardu SIST EN 12975-2

Če 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 cevničnim absorberjem:  $IAM = 1,00$

$\eta_0$  – učinkovitost SSE pri mrtvem teku; podatek iz meritev po standardu SIST EN 12975-2; če to ni mogoče, upoštevamo vrednost

$$\eta_0 = 0,8$$

$\eta_{loop}$  – učinkovitost kolektorske zanke vključno s prenosnikom toplote

$$\eta_{loop} = 0,9$$

ali izračunamo:

$$\eta_{loop} = 1 - \Delta\eta \quad (199)$$

$$\Delta\eta = \frac{\eta_0 \cdot A \cdot a_1}{(U \cdot A)_{hx}} \quad (\text{glej SIST EN 12977-2}) \quad (200)$$

$G_M$  – povprečno urno sončno obsevanje na površino kolektorja v obravnavanem časovnem intervalu (meseču) [W/m<sup>2</sup>]

$t_M$  – mesečni časovni interval v urah [h]

$Q_{load,sol}$  – dejanska letna toplota, dovedena v sistem [kWh] (glej točko 9.10.1.1 ali 9.10.1.2)

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.

### 9.10.2.2

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

$$W_{p,sol} = \frac{P_p \cdot t_p}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (201)$$

$P_p \cdot t$  – 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 [m<sup>2</sup>]

$t_p$  – čas delovanja črpalke v urah [h]. V skladu s standardom SIST EN 12976 je  $t_p = 2000$  h; mesečna vrednost časa delovanja je določena s porazdelitvijo letnega časa glede na mesečno porazdelitev sončnega obsevanja

### 9.10.2.3

Izgube

#### 9.10.2.3.1

Toplotne izgube solarnega hranilnika

Toplotne izgube solarnega hranilnika so določene s koeficientom toplotne prehodnosti  $U_A$  [W/K]. Ta je v primeru znanega hranilnika določen v skladu s standardom SIST EN 12977-3; v primeru neznanega hranilnika ga izračunamo s pomočjo enačbe

$$U_A = 0,16 \cdot V_s^{0,5} \quad [\text{W/K}] \quad (203)$$

$V_s$  – volumen solarnega hranilnika [l]

Za solarni sistem, namenjen segrevanju tople vode, so toplotne izgube določene z enačbo

$$Q_{s,sol,l} = UA \cdot (\theta_{setpoint} - \theta_i) \cdot \left( \frac{Q_{out,sol}}{Q_{load,sol}} \right) \cdot \frac{t_M}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (204)$$

$Q_{out,sol}$  – mesečni toplotni dobitki solarnega sistema [kWh] (enačba 185)

$Q_{load,sol}$  – glej točko 9.10.1.1

$t_M$  – mesečni časovni interval v urah [h]

$\theta_{setpoint}$  – nastavljena temperatura tople vode (= 60 °C)

$\theta_i$  – povprečna temperatura prostora, v katerem je hranilnik [°C]

Za solarni sistem, namenjen ogrevanju prostorov, so toplotne izgube določene z enačbo

$$Q_{s,sol,l} = UA \cdot (\theta_{setpoint} - \theta_i) \cdot \left( \frac{Q_{out,sol}}{Q_{load,sol}} \right) \cdot \frac{t_M}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (205)$$

$\theta_{setpoint}$  – povprečna temperatura ogrevnega medija (glej točke 9.4.1, 9.4.2 in 9.4.3)

$Q_{out,sol}$  – mesečni toplotni dobitki solarnega sistema [kWh] (enačba 185)

$Q_{load,sol}$  – glej točko 9.10.1.1

#### 9.10.2.3.2

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)

#### 9.10.2.3.3

Vrnjene toplotne izgube solarnega toplotnega sistema

Vrnjene toplotne izgube solarnega toplotnega sistema se izračunajo po postopku, opisanem v točki 9.10.4.3

#### 9.10.2.3.4

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)

### 9.11 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 [kWh/m<sup>2</sup>a]

$P_0$  – vršna moč pri standardnih preskusnih pogojih  
(= 25 °C ± 2 °C,  $G_{ref} = 1 \text{ kW/m}^2$ )

$R_p$  – faktor učinkovitosti PV sistema (glej tabelo 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 SIST EN ISO 15927-4

$FT$  – korekcijski faktor za upoštevanje nagiba in smeri PV modula glede na sončno obsevanje  
Podatek po standardu SIST EN ISO 15927-4

– vršna moč PV modula  $P_0$

Vršna moč PV modula je določena pri standardnih preizkusnih pogojih. Če 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 (glej tabelo 26)

$A$  – površina modula

Tabela 26:

Tip PV modula	RS [kW/m <sup>2</sup> ]
Monokristaliničen silicij	0,12 – 0,18
Polikristalni 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 vgradnje PV sistema.

Tabela 27:

Način vgradnje PV modulov	$R_p$ [-]
Neprezračevani moduli	0,70
Zmerno prezračevani moduli	0,75
Zelo prezračevani moduli ali prisilno prezračevanje	0,80

### 9.12 TOPLLOTNA ČRPALKA (TČ)

Za izračun potrebne energije za delovanje toplotne črpalke (TČ) sta potrebna naslednja meteorološka podatka:

- 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 upoštevajo vrednosti iz standardnega meteorološkega leta. Pogostost zunanje povprečne letne urne vrednosti temperature se izračuna po naslednjih korakih:

- določitev letne pogostosti: povprečne urne temperature se razvrstijo v temperaturne razrede s korakom po 1 K, z začetkom pri najnižji zunanji temperaturi,
- določitev skupne letne 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  $k$ ;

– določitev stopinj – ur ogrevanja

Za vsak razred se določijo 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

$\theta_i$  – notranja projektna temperatura

$\theta_{oa,i}$  – zunanja temperatura za  $i$ -ti razred

– 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  $\theta_k$

$HDH_i$  – stopinje – ure za  $i$ -ti temperaturni razred

$k$  – število razredov

$i$  – števec razredov

Obratovalni pogoji za posamezni razred so določeni s srednjo notranjo projektno temperaturo. Predpostavljeno je, da obratovalna točka določa obratovalne pogoje za ves razred.

Obratovalne točke izberemo tako, da ustrezajo pogojem preizkušanja po skupini standardov SIST EN 14511. Temperaturne meje med dvema razredoma so določene s sredino med dvema obratovalnima točkama, zaokroženo na celoštevilčno vrednost.

Za vsak razred sta določena toplotna moč in COP po metodi preizkušanja, določeni po standardu SIST EN 14511.

Tabela 28:

Zunanja temp. [°C]	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Av-gust	Sep-tember	Okto-ber	No-ven-ber	De-cem-ber	Vso-ta $\Sigma$
-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

Zu- nanja temp. [°C]	Janu- ar	Fe- bruar	Ma- rec	April	Maj	Junij	Julij	Av- gust	Sep- tem- ber	Okto- ber	No- vem- ber	De- cem- ber	Vso- ta $\Sigma$
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:

	Temperaturni razred	W -7	W2	W7	W10	W20	Mesečna vsota
	Temperaturre 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 $\Sigma$	ur	877	1746	1225	2391	2521	8760

## 9.12.1

### Potrebna energija za ogrevanje in pripravo tople vode

#### 9.12.1.1

#### 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  $\theta_k$  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, na primer 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)  
 $t_{co}$  – potrebni čas mirovanja TČ med posameznimi vklopi v 1 dnevu [h] (vhodni podatek – profil koriščenja TČ)

$$t_{eff} = \sum_i t_{i,eff} \quad [h] \quad (221)$$

### 9.12.1.2

#### Priprava tople vode

Dovedena energija za pripravo tople vode je izračunana za posamezne temperaturne razrede s pomočjo utežnega faktorja

$$w_{w,i} = \frac{Q_{w,out,g,i}}{Q_{w,out,g}} = \frac{t_i}{t_i} \quad [-] \quad (222)$$

- $w_{w,i}$  – 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)  
 $t_i$  – čas delovanja TČ za pripravo tople vode, na primer za 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)  
 $t_i$  – čas delovanja TČ za pripravo tople vode, na primer celoletno delovanje [h]

### 9.12.2

#### Toplotna moč TČ in COP pri nazivni obremenitvi

Toplotna moč in COP toplotne črpalke sta določeni z meritvami po skupini standardov SIST EN 14511. Če ni podatkov o COP, lahko upoštevamo vrednosti iz tabel 30, 31 ali 32.

Tabela 30:

Izstopna temperatura $\theta_{si}$ TČ zrak-voda	35 °C					50 °C				
	-7 °C	2 °C	7 °C	15 °C	20 °C	-7 °C	2 °C	7 °C	15 °C	20 °C
Zunanja temperatura $\theta_{so}$	-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:

Izstopna temperatura $\theta_{si}$ TČ slanica-voda	35 °C			50 °C		
	-5 °C	0 °C	5 °C	-5 °C	0 °C	5 °C
Primarna temperatura $\theta_{so}$	-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:

Izstopna temperatura $\theta_{si}$ TČ voda-voda	35 °C		50 °C	
	10 °C	15 °C	10 °C	15 °C
Primarna temperatura $\theta_{so}$	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

## 9.12.2.1

## Ogrevanje

Toplotna moč in COP toplotne črpalke sta določeni s pomočjo meritev v skladu s skupino standardov SIST EN 14511.

$$COP_{\Delta\theta} = COP_{\text{standard}} \cdot \left[ 1 - \frac{\frac{\Delta\theta_{\text{standard}} - \Delta\theta_{\text{op}}}{2}}{\left\{ \theta_{\text{si}} - \frac{\Delta\theta_{\text{standard}}}{2} + \Delta\theta_{\text{si}} - (\theta_{\text{so}} - \Delta\theta_{\text{so}}) \right\}} \right] \left[ \frac{W}{W} \right] \quad (226)$$

## 9.12.2.1.1

## 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 J/(kgK)]

V skladu s preizkušanjem TČ po standardu v skupini standardov SIST 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

- $COP_{\Delta\theta}$  – korigirani COP za različne temperaturne razlike med preizkušanjem in obratovanjem  $\left[ \frac{W}{W} \right]$   
 $COP_{\text{standard}}$  – COP pri standardni pogojih preizkušanja  $\left[ \frac{W}{W} \right]$   
 $\Delta\theta_{\text{standard}}$  – temperaturna razlika na strani kondenzatorja pri standardnih pogojih preizkušanja [K]  
 $\Delta\theta_{\text{op}}$  – temperaturna razlika na strani kondenzatorja pri obratovalnih pogojih ogrevalnega sistema [K]  
 $\theta_{\text{si}}$  – temperatura ponora toplote [°C]  
 $\Delta\theta_{\text{si}}$  – povprečna temperaturna razlika med ogrevalnim medijem in hladivom v kondenzatorju [K]  
 $\theta_{\text{so}}$  – temperatura vira toplote [°C]  
 $\Delta\theta_{\text{so}}$  – povprečna temperaturna razlika med medijem za prenos toplote in hladivom v uparjalniku [K]

Za sisteme TČ z vodo lahko predpostavimo, da je

$$\Delta\theta_{\text{si}} = \Delta\theta_{\text{so}} = 4 \text{ K}$$

in za sisteme TČ z zrakom

$$\Delta\theta_{\text{si}} = \Delta\theta_{\text{so}} = 15 \text{ K}$$

če ni razpoložljivih podatkov, lahko upoštevamo vrednosti iz tabele 33.

Tabela 33:

Vrsta TČ		$COP_{\Delta\theta}$ [-]
Zrak/voda, $\theta_{\text{si}}$ izstopna temp. 35 °C	$\theta_{\text{so},i} < 7 \text{ °C}$	$COP_{\Delta\theta} = COP + 0,078 \cdot (\theta_{\text{so},i} - 7)$
	$\theta_{\text{so},i} > 7 \text{ °C}$	$COP_{\Delta\theta} = COP + 0,070 \cdot (\theta_{\text{so},i} - 7)$
Zrak/voda, $\theta_{\text{si}}$ izstopna temp. 50 °C	$\theta_{\text{so},i} < 7 \text{ °C}$	$COP_{\Delta\theta} = 0,77 \cdot COP + 0,064 \cdot (\theta_{\text{so},i} - 7)$
	$> 7 \text{ °C}$	$COP_{\Delta\theta} = 0,77 \cdot COP + 0,046 \cdot (\theta_{\text{so},i} - 7)$
Slanica/voda	$\theta_{\text{si}} = \text{izstopna temp. } 35 \text{ °C}$	$COP_{\Delta\theta} = COP + 0,011 \cdot \theta_{\text{so},i}$
	$\theta_{\text{si}} = \text{izstopna temp. } 50 \text{ °C}$	$COP_{\Delta\theta} = 0,72 \cdot COP + 0,07 \cdot \theta_{\text{so},i}$
Voda/voda	$\theta_{\text{si}} = \text{izstopna temp. } 35 \text{ °C}$	$COP_{\Delta\theta} = COP$
	$\theta_{\text{si}} = \text{izstopna temp. } 50 \text{ °C}$	$COP_{\Delta\theta} = 0,72 \cdot COP$

$\theta_{\text{so},i}$  – temperatura vira toplote za  $i$ -ti temperaturni razred

Tabela 34:

Vir toplote	$\theta_{\text{so},i}$ [°C]
Zunanji zrak	$\theta_{\text{so},i} = \frac{1}{2} \cdot (\theta_{\text{upper},i} - \theta_{\text{lower},i})$
Sistem slanica/voda, površinski kolektorski sistem	$\theta_{\text{so},i} = 1,5 + 0,15 \cdot \theta_{\text{e},M}$
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

$$\dot{Q}_{TC} = f(\theta_{so,in} / \theta_{si,out})$$

$\theta_{so,in}$  – temperatura vira toplote na vstopu v TČ na primarni strani [°C] (glej tabelo 34)

$\theta_{si,out}$  – izstopna temperatura na sekundarni strani TČ (ponor toplote) [°C]

Pri pogojih preizkušanja je toplotna moč TČ

$$\dot{Q}_{TC,1} = \dot{Q}_{TC}(\theta_{so,standardni 1}, \theta_{si,standardni 1})$$

$$\dot{Q}_{TC,2} = \dot{Q}_{TC}(\theta_{so,standardni 2}, \theta_{si,standardni 2})$$

$$\dot{Q}_{TC,3} = \dot{Q}_{TC}(\theta_{so,standardni 1}, \theta_{si,standardni 2})$$

$$\dot{Q}_{TC,4} = \dot{Q}_{TC}(\theta_{so,standardni 2}, \theta_{si,standardni 1})$$

$\theta_{so,standardni}, \theta_{si,standardni}$  – 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  $\theta_{so,in}$

$$\dot{Q}_{TC}(\theta_{so,in} / \theta_{si,standardni 1}) =$$

$$\frac{\dot{Q}_{TC}(\theta_{so,standardni 1} / \theta_{si,standardni 1}) - \dot{Q}_{TC}(\theta_{so,standardni 2} / \theta_{si,standardni 1})}{\theta_{so,standardni 1} - \theta_{so,standardni 2}}$$

$$\cdot (\theta_{so,in} / \theta_{so,standardni 1}) + \dot{Q}_{TC}(\theta_{so,standardni 2} / \theta_{si,standardni 1})$$

[kWh] (227)

– upoštevanje temperature ponora toplote (ogrevalnega sistema)  $\theta_{so,out}$

$$\dot{Q}_{TC}(\theta_{so,in} / \theta_{si,out}) =$$

$$\frac{\dot{Q}_{TC}(\theta_{so,in} / \theta_{si,standardni 2}) - \dot{Q}_{TC}(\theta_{so,in} / \theta_{si,standardni 1})}{\theta_{si,standardni 2} - \theta_{si,standardni 1}}$$

$$\cdot (\theta_{si,out} / \theta_{si,standardni 1}) + \dot{Q}_{TC}(\theta_{so,in} / \theta_{si,standardni 1})$$

[kWh] (228)

### 9.12.2.1.2

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  $COP_f$  izračuna z enačbo

$$COP_f = COP_{\Delta\theta} \cdot f_t \quad \left[ \frac{W}{W} \right] \quad (229)$$

$COP_f$  – COP pri delni obremenitvi in taktnem načinu delovanja  $\left[ \frac{W}{W} \right]$

$COP_{\Delta\theta}$  – (korigirani) COP pri nazivni moči  $\left[ \frac{W}{W} \right]$  (glej enačbo 226 ali tabelo 33)

$f_t$  – korekturni faktor za delno obremenitev [-] (glej tabelo 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:

Vrsta ogrevalnega sistema	Toplotna akumulacija	Faktor obremenitve FC [%] (enačba 230)								
		10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
Radiatori konvektorji	Ekvivalentna vsebnost vode [l/kW]									
	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

Vrsta ogrevalnega sistema	Toplotna akumulacija Velika akumulacija dolžina cevi [m]	Faktor obremenitve FC [%] (enačba 230)								
	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

## 9.12.2.2

## Priprava tople vode

(1) Toplotne črpalke, namenjene pripravi tople vode, so preizkušene v skladu s standardom SIST EN 255-3 kot enota, ki vključuje tudi hranilnik. Zaradi koherentnosti enot je oznaka  $COP_i$  (po standardu SIST EN 255-3), nadomeščena z oznako  $COP_{w,t}$ .

(2) Če ni razpoložljivih podatkov po SIST EN 255-3, izračunamo COP po enakem postopku kot za ogrevanje za alternativni sistem, pri čemer upoštevamo povprečno temperaturo tople vode

$$\theta_{w,avg} = f_{w,s} \cdot \theta_{op,T\check{C}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (231)$$

$\theta_{w,avg}$  – povprečna temperatura tople vode [ $^{\circ}\text{C}$ ] (vhodni podatek – profil koriščenja)

$f_{w,s}$  – faktor redukcije temperature zaradi polnjenja hranilnika [-]  $f_{w,s} = 0,95$

$\theta_{op,T\check{C}}$  – najvišja temperatura tople vode pri delovanju TČ [ $^{\circ}\text{C}$ ] (podatek TČ)

## 9.12.3

## Izračun toplotnih izgub

## 9.12.3.1

## Ogrevanje

Če je TČ brez akumulatorja toplote, toplotnih izgub ne upoštevamo. V primeru vgrajenega, prigrajenega ali zunanjega akumulatorja toplote izračunamo toplotne izgube za posamezni temperaturni razred

$$Q_{h,s,i} = \frac{\theta_{s,avg,i} - \theta_{amb}}{\Delta\theta_{s,sb}} \cdot \frac{Q_{sb} \cdot t_i}{24} \quad [\text{kWh}] \quad (232)$$

$Q_{h,s,i}$  – toplotne izgube akumulatorja toplote v  $i$ -tem temperaturnem razredu [kWh]

$\theta_{s,avg,i}$  – povprečna temperatura akumulatorja toplote v  $i$ -tem temperaturnem razredu [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$$\theta_{s,avg,i} = \frac{\theta_{va} + \theta_{ra}}{2} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$\theta_{va}$  – vstopna temperatura ogrevalnega medija

$\theta_{ra}$  – izstopna temperatura ogrevalnega medija ali

$$\theta_{s,avg,i} = \frac{\theta_v + \theta_r}{2} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

– glej točko 9.4.2 oziroma 9.4.3

$\theta_{amb}$  – temperatura prostora, v katerem je 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

$$Q_{h,s} = \sum_{i=1}^k Q_{h,s,i} \quad [\text{kWh}] \quad (233)$$

## 9.12.3.2

## Priprava tople vode

Če so znane toplotne izgube hranilnika iz preizkušanja po standardni metodi (SIST EN 15332), jih izračunamo ob upoštevanju enačbe 232. Če teh podatkov ni, jih izračunamo po enačbi 232 z upoštevanjem vrednosti iz tabele 36.

Tabela 36:

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

## 9.12.3.3

## Toplotne izgube primarnega krogotoka

Toplotne izgube primarnega krogotoka med generatorjem in hranilnikom/akumulatorjem izračunamo:

- za ogrevanje: po točki 9.7.3  $Q_{h,d,l}$ ,
- za toplo vodo: po točki 9.9.2.1.1  $Q_{w,d,l}$ .

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 9.12.3.3)

– 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)

$Q_{w,d,l,i}$  – toplotne izgube primarnega krogotoka [kWh] (točka 9.12.3.3)

## 9.12.3.4

## 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 enak.

## 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

$$P_{bu,op,h,i} = \frac{Q_{bu,op,h,i}}{Q_{h,in,d,i}} = \frac{3,6 \cdot \dot{m}_w \cdot c_w \cdot (\theta_{nom,i} - \theta_{op,TC}) \cdot t_{ON,TC,i}}{Q_{h,in,d,i}} \quad [-] \quad (238)$$

$P_{bu,op,h,i}$  – 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 [kWh] (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]

$\theta_{op,TC}$  – temperaturna omejitev TČ – najvišja temperatura pri delovanju TČ [°C]

$t_{ON,TC,i}$  – 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

$$P_{bu,op,w,i} = \frac{Q_{bu,op,w,i}}{Q_{w,out,g,i}} = \frac{\theta_w - \theta_{op,TC}}{\theta_w - \theta_{hw}} \quad [-] \quad (239)$$

$P_{bu,op,w,i}$  – 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)

$\theta_w$  – temperatura tople vode [°C] (vhodni podatek – profil koriščenja)

$\theta_{op,TC}$  – temperaturna omejitev TČ – najvišja temperatura pri delovanju TČ [°C] (podatek TČ)

$\theta_{hw}$  – temperatura hladne vode [°C] (vhodni podatek – profil koriščenja)

## 9.12.3.4.1

## Alternativno delovanje TČ

Delež toplote drugega generatorja toplote je določen glede na bivalentno točko (temperaturo  $\theta_{bp}$ ) 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 [-]

$\theta_{bp}$  – bivalentna točka [°C]

$\theta_{upper,i}$  – zgornja meja  $i$ -tega temperaturnega razreda [°C]

$CHDH_{\theta_{bp}}$  – skupno število stopinj – ur do bivalentne točke  $\theta_{bp}$  [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]

#### 9.12.3.4.2

Paralelno delovanje TČ

če je  $\theta_{bp} > \theta_{upper,i}$

$$p_{bu,h,i} = \frac{CHDH_{\theta_{upper,i}} - (\theta_{iD} - \theta_{bp}) \cdot n_{hours,\theta_{upper,i}}}{CHDH_{\theta_{upper,i}} - CHDH_{\theta_{lower,i}}} \quad [-] \quad (243)$$

$$p_{bu,h,i+1} = \frac{(CHDH_{\theta_{bp}} - CHDH_{\theta_{upper,i}}) - (\theta_{iD} - \theta_{bp}) \cdot (n_{hours,\theta_{bp}} - n_{hours,\theta_{upper,i}})}{CHDH_{\theta_{upper,i+1}} - CHDH_{\theta_{lower,i+1}}} \quad [-] \quad (244)$$

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 [-]

$\theta_{bp}$  – bivalentna točka [°C]

$\theta_{iD}$  – notranja projektna temperatura [°C]

$n_{hours,\theta_{bp}}$  – skupno število ur delovanja do bivalentne točke  $\theta_{bp}$  [h]

$CHDH_{\theta_{bp}}$  – skupno število stopinj – ur do bivalentne točke  $\theta_{bp}$  [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]

#### 9.12.3.4.3

Delno paralelno delovanje TČ

če je  $\theta_{bp} > \theta_{upper,i}$

$$p_{bu,h,i} = \frac{CHDH_{\theta_{upper,i}} - (\theta_{iD} - \theta_{bp}) \cdot (n_{hours,\theta_{upper,i}} - n_{hours,\theta_{lower,i}})}{CHDH_{\theta_{upper,i}} - CHDH_{\theta_{lower,i}}} \quad [-] \quad (246)$$

$$p_{bu,h,i+1} = \frac{CHDH_{\theta_{bp}} - CHDH_{\theta_{upper,i}} - (\theta_{iD} - \theta_{bp}) \cdot (n_{hours,\theta_{bp}} - n_{hours,\theta_{upper,i}})}{CHDH_{\theta_{upper,i}} - CHDH_{\theta_{lower,i}}} \quad [-] \quad (247)$$

če je  $\theta_{bp} < \theta_{upper,i}$

$$p_{bu,h,i} = \frac{CHDH_{\theta_{bp}} - (\theta_{iD} - \theta_{bp}) \cdot (n_{hours,\theta_{bp}} - n_{hours,\theta_{iD}})}{CHDH_{\theta_{upper,i}} - CHDH_{\theta_{lower,i}}} \quad [-] \quad (248)$$

$p_{bu,h,i}$  – 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 [-]

$\theta_{bp}$  – bivalentna točka [°C] (vhodni podatek TČ)

$\theta_{iD}$  – notranja projektna temperatura [°C] (profil koriščenja)

$\theta_{iD}$  – spodnja temperaturna meja izklopa delovanja TČ [°C] (vhodni podatek TČ)

$n_{hours,\theta_{bp}}$  – skupno število ur delovanja do bivalentne točke  $\theta_{bp}$  [h]

$n_{hours,\theta_{upper,i}}$  – skupno število ur delovanja do zgornje meje  $i$ -tega temperaturnega razreda [h]

$n_{hours,\theta_{iD}}$  – skupno število ur delovanja do spodnje temperaturne meje izklopa delovanja TČ [h]

$CHDH_{\theta_{bp}}$  – skupno število stopinj – ur do bivalentne točke  $\theta_{bp}$  [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]

### 9.12.4

#### Čas delovanja TČ in toplota

Splošni postopek

Čas delovanja TČ je določen z enačbo

$$t_{ON,TČ,i} = \frac{Q_{TČ,i}}{Q_{TČ,i}} \quad [h] \quad (249)$$

$t_{ON,TČ,i}$  – čas delovanja TČ v  $i$ -tem temperaturnem razredu [h]

$Q_{TČ,i}$  – toplota TČ v  $i$ -tem temperaturnem razredu [kWh]

$Q_{TČ,i}$  – toplotna moč TČ v  $i$ -tem temperaturnem razredu [kW]

$$Q_{TČ,h,i} = Q_{h,in,d,i} \cdot (1 - p_{bu,i}) \quad [kWh] \quad (250)$$

oziroma  $Q_{TČ,h} = \sum_i Q_{h,TČ,i}$

$Q_{h,in,d,i}$  – v razvodni sistem ogrevalnega sistema vnesena toplota za  $i$ -ti temperaturni razred [kWh] (enačba 218)

$p_{bu,i}$  – delež toplote drugega generatorja [-]

$$Q_{TČ,w,i} = Q_{w,out,g,i} \cdot (1 - p_{bu,i}) \quad [kWh] \quad (251)$$

$Q_{w,out,g,i}$  – 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

$$t_{ON,TČ,i} = t_{ON,TČ,h,sin,i} + t_{ON,TČ,w,sin,i} + t_{ON,TČ,combi,i} \quad [h] \quad (252)$$

- $t_{ON,TČ,i}$  – čas delovanja TČ v  $i$ -tem temperaturnem razredu [h]
- $t_{ON,TČ,h,sin,i}$  – čas delovanja TČ samo za ogrevanje v  $i$ -tem temperaturnem razredu [h]
- $t_{ON,TČ,w,sin,i}$  – čas delovanja TČ samo za pripravo tople vode v  $i$ -tem temperaturnem razredu [h]
- $t_{ON,TČ,combi,i}$  – 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

$$t_{ON,TČ,combi,max,i} = \min \left\{ \begin{array}{l} t_{ON,TČ,h,i} \\ t_{ON,TČ,w,i} \end{array} \right. \quad [h] \quad (253)$$

$$t_{ON,TČ,w,i} = \frac{Q_{TČ,w,i}}{\dot{Q}_{TČ,w,combi,i}} \quad [h] \quad (254)$$

$$t_{ON,TČ,h,i} = \frac{Q_{TČ,h,i}}{\dot{Q}_{TČ,h,combi,i}} \quad [h] \quad (255)$$

- $t_{ON,TČ,combi,max,i}$  – največji možni čas delovanja v simultanem načinu v  $i$ -tem temperaturnem razredu [h]
- $t_{ON,TČ,w,i}$  – čas delovanja TČ za pripravo tople vode v  $i$ -tem temperaturnem razredu [h] (enačba 254)

$Q_{TČ,w,i}$  – toplota TČ za pripravo tople vode v  $i$ -tem temperaturnem razredu [h]

$$Q_{TČ,w,i} = (Q_{w,out,g,i} + Q_{w,l,i}) \cdot (1 - p_{bu,w,op,i}) \quad [kWh] \quad (256)$$

- $Q_{w,out,g,i}$  – 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 9.9)
- $\dot{Q}_{TČ,w,combi,i}$  – toplotna moč TČ v simultanem načinu delovanja za pripravo tople vode v  $i$ -tem temperaturnem razredu [kW] (enačba 227 in 228)
- $t_{ON,TČ,h,i}$  – čas delovanja TČ za ogrevanje v  $i$ -tem temperaturnem razredu [h] (enačba 255)

$Q_{TČ,h,i}$  – toplota TČ za ogrevanje v  $i$ -tem temperaturnem razredu [h]

$$Q_{TČ,h,i} = (Q_{h,in,g,i} + Q_{h,l,i}) \cdot (1 - p_{bu,h,op,i}) \quad [kWh] \quad (257)$$

- $Q_{h,in,g,i}$  – v razvodni sistem ogrevalnega sistema 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 izračun toplote dodatnega generatorja toplote)
- $\dot{Q}_{TČ,h,combi,i}$  – toplotna moč TČ v simultanem načinu delovanja za ogrevanje v  $i$ -tem temperaturnem razredu [kW] (enačbi 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

$$t_{ON,TČ,combi,i} = t_{ON,TČ,combi,max,i} \cdot f_{combi} \quad [h] \quad (258)$$

- $t_{ON,TČ,combi,i}$  – čas delovanja TČ v simultanem načinu delovanja v  $i$ -tem temperaturnem razredu [h]
- $t_{ON,TČ,combi,max,i}$  – 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 določena z enačbo

$$Q_{TČ,combi,i} = \dot{Q}_{TČ,combi,i} \cdot t_{ON,TČ,combi,i} \quad [kWh] \quad (259)$$

- $Q_{TČ,combi,i}$  – toplota TČ v  $i$ -tem temperaturnem razredu [h]
- $\dot{Q}_{TČ,combi,i}$  – toplotna moč TČ v simultanem načinu delovanja v  $i$ -tem temperaturnem razredu [kW] (enačbi 227 in 228)
- $t_{ON,TČ,combi,i}$  – 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 je določena z enačbo

$$Q_{TČ,w,combi,i} = \dot{Q}_{TČ,w,combi,i} \cdot t_{ON,TČ,w,combi,i} \quad [kWh] \quad (260)$$

- $\dot{Q}_{TČ,w,combi,i}$  – toplotna moč TČ za pripravo tople vode v simultanem načinu delovanja v  $i$ -tem temperaturnem razredu [kW] (enačbi 227 in 228)
- $t_{ON,TČ,w,combi,i}$  – 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

$$Q_{TČ,sin,i} = Q_{TČ,i} - Q_{TČ,combi,i} \quad [kWh] \quad (261)$$

- $Q_{TČ,sin,i}$  – toplota TČ za posamezni način delovanja v  $i$ -tem temperaturnem razredu (ogrevanje ali topla voda) [kWh]
- $Q_{TČ,i}$  – toplota TČ v  $i$ -tem temperaturnem razredu [kWh] (enačbi 256 in 257)
- $Q_{TČ,combi,i}$  – 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)

$$Q_{TC,w,out, sin,i} = Q_{TC,w, sin,i} - Q_{w,s,l,i} \cdot (1 - p_{bu,w,i}) \cdot (1 - f_{combi}) \quad [\text{kWh}] \quad (262)$$

$Q_{TC,w,out, sin,i}$  – potrebna toplota za podsistem priprave tople vode s TČ, ki obratuje samo za toplo vodo

$Q_{TC,w, sin,i}$  – proizvedena toplota za toplo vodo s TČ [kWh] (enačba 256)

$Q_{w,s,l,i}$  – toplotne izgube hranilnika [kWh] (enačba 232)

$f_{combi}$  – delež kombiniranega delovanja ( $f_{combi} = 1$ , če ni podatka) [–]

$p_{bu,w,i}$  – delež toplote dodatnega generatorja za pripravo tople vode [–] (glej točko 9.9)

– za kombiniran način (ogrevanje in topla voda)

$$Q_{TC,w,out, combi,i} = Q_{TC,w, combi,i} - Q_{w,s,l,i} \cdot (1 - p_{bu,w,i}) \cdot f_{combi} \quad [\text{kWh}] \quad (263)$$

$Q_{TC,w,out, combi,i}$  – potrebna toplota za podsistem priprave tople vode s TČ, ki obratuje kombinirano

$Q_{TC,w, combi,i}$  – 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 9.9)

$p_{bu,w,i}$  – delež toplote dodatnega generatorja za pripravo tople vode [–]

Časovna omejitev delovanja TČ

$$t_{ON,TC,t,i} = \min \left\{ t_{i,eff}, t_{ON,TC,h, sin,i} + t_{ON,TC,w, sin,i} + t_{ON,TC, combi,i} \right\} \quad [\text{h}] \quad (264)$$

$t_{ON,TC,t,i}$  – skupen čas delovanja TČ v  $i$ -tem razredu [h]

$t_{i,eff}$  – efektivni čas v  $i$ -tem razredu [h] (enačba 220)

$t_{ON,TC,h, sin,i}$  – čas delovanja TČ samo za ogrevanje v  $i$ -tem razredu [h] (enačba 255)

$t_{ON,TC,w, sin,i}$  – čas delovanja TČ samo za pripravo tople vode v  $i$ -tem temperaturnem razredu [h] (enačba 254)

$t_{ON,TC, combi,i}$  – 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

$$t_{ON,TC,t,i} > t_{i,eff}$$

potem je potrebna toplota dodatnega generatorja

$$Q_{bu, cap,i} = (t_{ON,TC,t,i} - t_{i,eff}) \cdot \dot{Q}_{TC,i} \quad [\text{kWh}] \quad (265)$$

Enačba velja za ogrevanje (indeks h) in pripravo tople vode (indeks w).

$Q_{bu, cap,i}$  – potrebna toplota dodatnega generatorja

$t_{ON,TC,t,i}$  – skupen čas delovanja TČ v  $i$ -tem razredu [h] (enačba 264)

$t_{i,eff}$  – efektivni čas v  $i$ -tem razredu [h] (enačba 220)

$\dot{Q}_{TC,i}$  – toplotna moč TČ v  $i$ -tem razredu [kW] (enačbi 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

$$p_{bu,i} = p_{bu, op,i} + p_{bu, cap,i} + \frac{(t_{ON,TC,t,i} - t_{i,eff}) \cdot \dot{Q}_{TC,i}}{Q_{g, out,i}} \quad [–] \quad (267)$$

$p_{bu,i}$  – 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]

$$Q_{g, out,i} = Q_{h, in,d,i} \quad (\text{enačba 218})$$

ali

$$Q_{g, out,i} = Q_{w, out,d,i} \quad (\text{enačba 223})$$

ali

$$Q_{g, out,i} = Q_{h, in,d,i} + Q_{w, out,g,i}$$

$p_{bu, op,i}$  – delež toplote drugega generatorja zaradi temperaturne omejitve delovanja TČ [–]

$p_{bu, cap,i}$  – delež toplote drugega generatorja zaradi manjše toplotne kapacitete TČ [kWh]

$t_{ON,TC,t,i}$  – skupen čas delovanja TČ v  $i$ -tem razredu [h] (enačba 264)

$t_{i,eff}$  – efektivni čas v  $i$ -tem razredu [h] (enačba 220)

$\dot{Q}_{TC,i}$  – toplotna moč TČ v samostojnem ali kombiniranem načinu delovanja [kW] (enačbi 227 in 228)

Potrebna toplota drugega (dodatnega) generatorja toplote za kombiniran način delovanja je

$$Q_{bu, TC} = \sum_i [p_{bu, h,i} \cdot (Q_{h, in,d,i} + Q_{h, l,i}) + p_{bu, w,i} \cdot (Q_{w, out,g,i} + Q_{w, l,i})] \quad [\text{kWh}] \quad (268)$$

$Q_{bu, TC}$  – skupna potrebna toplota dodatnega generatorja toplote [kWh]

$p_{bu, h,i}$  – delež toplote drugega generatorja za ogrevanje (glej točko 9.8)

$Q_{h, in,d,i}$  – 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 [–]

$Q_{w, out,g,i}$  – 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

$$Q_{bu, TC, h} = \sum_i p_{bu, h,i} \cdot (Q_{h, in,d,i} + Q_{h, l,i}) \quad [\text{kWh}] \quad (269)$$



- $Q_{bu,TC,h}$  – potrebna toplota dodatnega generatorja toplote za ogrevanje [kWh]  
 $P_{bu,h,i}$  – delež toplote drugega generatorja za ogrevanje  
 $Q_{h,in,d,i}$  – 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

$$Q_{bu,TC,w} = \sum_i P_{bu,w,i} \cdot (Q_{w,out,g,i} + Q_{w,l,i}) \quad [\text{kWh}] \quad (270)$$

- $Q_{bu,TC,w}$  – potrebna toplota dodatnega generatorja toplote za pripravo tople vode [kWh]  
 $P_{bu,w,i}$  – delež toplote drugega generatorja za pripravo tople vode [–]  
 $Q_{w,out,g,i}$  – 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

$$Q_{TC} = (Q_{h,in,d} + Q_{h,l}) + (Q_{w,out,g} + Q_{w,l}) - Q_{bu}$$

- $Q_{TC,h}$  – 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)

### 9.12.5

#### Dodatna energija za delovanje TČ

$$W_{TC,aux} = (P_{prim,aux} + P_{sek,aux}) \cdot 0,001 \cdot t_{ON,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (271)$$

- $W_{TC,aux}$  – 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;  $t_{ON,TC,i} = \sum_i t_{ON,TC,i}$ ; enačba 264)

### 9.12.6

#### Vračljive in vrnjene toplotne izgube

Toplotne izgube sistema TČ

$$Q_{TC,l} = Q_{h,l} + Q_{w,l} + W_{TC,aux} \quad [\text{kWh}] \quad (272)$$

- $Q_{h,l}$  – izgube za ogrevanje [kWh] (enačba 235)  
 $Q_{w,l}$  – toplotne izgube za pripravo tople vode [kWh] (enačba 236)  
 $W_{TC,aux}$  – dodatna električna energija TČ [kWh] (enačba 271)

Vrnjene toplotne izgube

– za ogrevanje

$$Q_{rh,TC} = Q_{h,TC,l} \cdot (1 - b_u) + W_{TC,aux} \cdot 0,5 \cdot (1 - b_u) \quad (273)$$

Potrebna električna energija za delovanje TČ

– za ogrevanje

$$E_{TC,h} = \sum_{i=1}^k \frac{Q_{TC,h,sin,i}}{COP_{h,sin,i}} + \sum_{i=1}^K \frac{Q_{TC,h,combi,i}}{COP_{h,combi,i}} \quad [\text{kWh}] \quad (274)$$

- $E_{TC,h}$  – efektivna energija TČ za ogrevanje [kWh]  
 $Q_{TC,h,sin,i}$  – 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 [–]  
 $Q_{TC,h,combi,i}$  – proizvedena toplota TČ za ogrevanje v kombiniranem načinu delovanja [kWh]  
 $COP_{h,combi,i}$  – COP toplotne črpalke pri kombiniranem načinu delovanja [–]  
 $k$  – 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

$$E_{TC,w} = \sum_{i=1}^k \frac{Q_{TC,w,sin,i}}{COP_{w,sin,i}} + \sum_{i=1}^K \frac{Q_{TC,w,combi,i}}{COP_{w,combi,i}} \quad [\text{kWh}] \quad (275)$$

Skupna potrebna električna energija

$$E_{TC} = E_{TC,h} + E_{TC,w} \quad [\text{kWh}] \quad (276)$$

Faktor učinkovitosti TČ (sezonski)

$$SPF = \frac{Q_{TC,h} + Q_{TC,w}}{E_{TC} + W_{TC,aux}} \quad [–] \quad (277)$$

- $E_{TC}$  – skupna potrebna električna energija za delovanje TČ [kWh] (enačba 276)

- $W_{TC,aux}$  – dodatna električna energija TČ [kWh] (enačba 271)

## 9.13 POTREBNA TOPLOTA/HLAD PRI PREZRAČEVANJU IN SISTEMIH Z ZRAKOM (ZA NESTANOVANJSKE STAVBE)

Potrebna toplota/hlad zaradi prezračevanja in toplotnih obremenitev se za nestanovanjske stavbe izračuna po standardu SIST EN ISO13790 (pri čemer se upoštevata tudi standarda SIST EN 15242 oziroma SIST EN 15241).

### 9.13.1

#### Potrebna toplota za ogrevanje zaradi toplotnih prezračevalnih izgub

$$Q_{v,sink} = Q_{v,inf,sink} + Q_{v,win,sink} + Q_{v,mech,sink} \quad [\text{kWh}] \quad (278)$$

- $Q_{v,\text{sink}}$  – 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)

## 9.13.1.1

Potrebna toplota zaradi infiltracije zunanjega zraka

$$Q_{v,\text{inf},\text{sink}} = H_{v,\text{inf}} \cdot (\theta_i - \theta_{eM}) \cdot \frac{t}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (279)$$

če je  $\theta_i > \theta_{eM}$

- $Q_{v,\text{inf},\text{sink}}$  – potrebna toplota zaradi infiltracije zunanjega zraka [kWh]  
 $H_{v,\text{inf}}$  – koeficient prenosa toplote zaradi infiltracije zunanjega zraka [W/K] (enačba 280)  
 $\theta_i$  – notranja temperatura zraka [°C]  
 $\theta_{eM}$  – povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka [°C]  
 $t$  – časovni interval [h] ( $t = 24$  h)

$$H_{v,\text{inf}} = n_{\text{inf}} \cdot V \cdot c_{p,z} \cdot \rho_z \quad [\text{W/K}] \quad (280)$$

- $H_{v,\text{inf}}$  – koeficient prenosa toplote zaradi infiltracije zunanjega zraka [W/K]  
 $n_{\text{inf}}$  – povprečno število izmenjav zraka v 24 urah zaradi infiltracije [ $\text{h}^{-1}$ ] (enačba 281 ali 282)  
 $V$  – neto volumen prostora [ $\text{m}^3$ ]  
 $c_{p,z}$  – specifična toplota zraka [Wh/kgK ali kJ/kgK]  
 $\rho_z$  – gostota zraka [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

Prevzamemo lahko vrednost  $c_{p,z} \cdot \rho_z = 0,34$  [Wh/( $\text{m}^3\text{K}$ )]

– za primer brez mehanskega prezračevanja je

$$n_{\text{inf}} = n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (281)$$

– za primer z mehanskim prezračevanjem je

$$n_{\text{inf},\text{mech}} = n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot \left( 1 + f_{v,\text{mech}} \cdot \frac{t_{v,\text{mech}}}{24\text{h}} \right) \quad [\text{h}^{-1}] \quad (282)$$

- $n_{50}$  – število izmenjav zraka pri tlačni razliki 50 Pa [ $\text{h}^{-1}$ ]; če ni razpoložljivih rezultatov meritev, upoštevamo vrednosti iz tabele 37.  
 $e_{\text{wind}}$  – koeficient za upoštevanje zaščitnosti stavbe glede na veter; kot privzeto vrednost lahko upoštevamo  $e_{\text{wind}} = 0,07$  [–] (glej SIST EN ISO 13790)  
 $t_{v,\text{mech}}$  – čas delovanja prezračevalne naprave (glej profil uporabe) [h]  
 $f_{v,\text{mech}}$  – faktor za upoštevanje povečanja ali zmanjšanja infiltracije zunanjega zraka zaradi delovanja naprave za mehansko prezračevanje [–]

– mehansko prezračevanje z uravnoteženim dovodom in odvodom zraka

$$f_{v,\text{mech}} = 0 \quad [–] \quad (283)$$

– mehansko prezračevanje z dovodom zraka (in morebitnim odvodom, če je  $n_{\text{dov}} > n_{\text{odv}}$ )

$$f_{v,\text{mech}} = \frac{1}{1 + \frac{f_{\text{wind}}}{e_{\text{wind}}} \cdot \left( \frac{n_{\text{dov}} - n_{\text{odv}}}{n_{50}} \right)^2} - 1 \quad [–] \quad (284)$$

– mehansko prezračevanje z odvodom zraka (in morebitnim dovodom, če je  $n_{\text{odv}} > n_{\text{dov}}$ )

$$f_{v,\text{mech}} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{f_{\text{wind}}}{e_{\text{wind}}} \cdot \left( \frac{n_{\text{dov}} - n_{\text{odv}}}{n_{50}} \right)^2} \quad [–] \quad (285)$$

$f_{\text{wind}} \cdot e_{\text{wind}}$  – koeficient za upoštevanje zaščitnosti stavbe glede na veter. Kot privzeto vrednost lahko upoštevamo  $e_{\text{wind}} = 0,07$  in  $f_{\text{wind}} = 15$  (glej standard SIST EN ISO 13790)

$n_{\text{dov}}$  – število izmenjav zraka zaradi dovoda zraka [ $\text{h}^{-1}$ ]

$$n_{\text{dov}} = n_{\text{mech},\text{dov}} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (286)$$

$n_{\text{mech},\text{dov}}$  – število izmenjav zraka zaradi mehanskega dovoda zraka [ $\text{h}^{-1}$ ] (enačba 124 ali 125)

$n_{\text{odv}}$  – število izmenjav zraka zaradi odvoda zraka [ $\text{h}^{-1}$ ]

$$n_{\text{odv}} = n_{\text{mech},\text{odv}} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (287)$$

$n_{\text{mech},\text{odv}}$  – število izmenjav zraka zaradi mehanskega odvoda zraka [ $\text{h}^{-1}$ ] (glej profil koriščenja)

Tabela 37:

Kategorija stavbe glede na tesnost	$n_{50}$ [ $\text{h}^{-1}$ ]
I	3 <sup>[1]</sup> , 1,5 <sup>[2]</sup>
II	4
III	6
IV	10

Kategorija I: zelo tesne stavbe:

<sup>[1]</sup> – brez sistema HVAC

<sup>[2]</sup> – s sistemom HVAC ali mehanskim prezračevanjem

Kategorija II: tesne stavbe

Kategorija III: stavbe, ki ne spadajo v I, II ali IV kategorijo

Kategorija IV: netesne stavbe

## 9.13.1.2

Potrebna toplota zaradi prezračevanja z odpiranjem oken

$$Q_{v,\text{win},\text{sink}} = H_{v,\text{win}} \cdot (\theta_i - \theta_{eM}) \cdot \frac{t}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (288)$$

če je  $\theta_i > \theta_{eM}$

$Q_{v,\text{win},\text{sink}}$  – potrebna toplota zaradi prezračevanja z odpiranjem oken [kWh]

- $H_{v,win}$  – koeficient prenosa toplote zaradi prezračevanja z odpiranjem oken [W/K]  
 $\theta_i$  – notranja temperatura zraka [°C]  
 $\theta_{e,M}$  – povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka [°C]  
 $t$  – časovni interval [h] ( $t = 24$  h)

$$H_{v,win} = n_{win} \cdot V \cdot 0,34 \quad [\text{W/K}] \quad (289)$$

- $n_{v,win}$  – število dnevni izmenjav zraka zaradi prezračevanja z odpiranjem oken [ $\text{h}^{-1}$ ]

– za cone brez mehanskega prezračevanja

$$n_{v,win} = 0,1 \cdot \text{h}^{-1} + \Delta n_{win} \cdot \frac{t_{koriščenja}}{24 \text{ h}} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (290)$$

- $\Delta n_{win}$  – dodatno število izmenjav zraka med časom koriščenja, brez mehanskega prezračevanja [ $\text{h}^{-1}$ ] (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 [ $\text{h}^{-1}$ ]

$$n_{koriščenja} = \frac{\dot{V}_A \cdot A_B}{V} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (291)$$

- $\dot{V}_A$  – minimalni specifični pretok svežega zraka [ $\text{m}^3/(\text{hm}^2)$ ] (glej profil koriščenja)

- $A_B$  – referenčni tloris cone [ $\text{m}^2$ ]

- $V$  – neto prostornina cone [ $\text{m}^3$ ]

$$\Delta n_{win} = n_{koriščenja} - \frac{n_{koriščenja} - 0,2 \cdot \text{h}^{-1}}{\text{h}^{-1}} \cdot n_{inf} - 0,1 \cdot \text{h}^{-1} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (292)$$

če je  $n_{koriščenja} < 1,2$  [ $\text{h}^{-1}$ ] in  $\Delta n_{win} > 0$  [ $\text{h}^{-1}$ ]

drugače je

$$\Delta n_{win} = 0 \quad [\text{h}^{-1}] \quad (293)$$

oziroma

$$\Delta n_{win} = n_{koriščenja} - n_{inf} - 0,1 \cdot \text{h}^{-1} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (294)$$

če je  $n_{koriščenja} \geq 1,2$  [ $\text{h}^{-1}$ ] in  $\Delta n_{win} > 0$  [ $\text{h}^{-1}$ ]

drugače je

$$\Delta n_{win} = 0 \quad [\text{h}^{-1}] \quad (295)$$

- $n_{inf}$  – povprečno število izmenjav zraka v 24 urah zaradi infiltracije zunanjega zraka [ $\text{h}^{-1}$ ] (enačba 281)

– za cone z mehanskim prezračevanjem, pri katerih je čas koriščenja enak času delovanja prezračevalne naprave/naprave HVAC ( $t_{v,mech} = t_{koriščenja}$ )

$$n_{win} = 0,1 \cdot \text{h}^{-1} + \Delta n_{win,mech} \cdot \frac{t_{v,mech}}{24 \cdot \text{h}} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (296)$$

– za cone z mehanskim prezračevanjem, pri katerih je čas koriščenja daljši od časa delovanja prezračevalne naprave/naprave HVAC ( $t_{v,mech} < t_{koriščenja}$ )

$$n_{win} = 0,1 \cdot \text{h}^{-1} + \Delta n_{win} \cdot \frac{t_{v,koriščenja} - t_{v,mech}}{24 \cdot \text{h}} + \Delta n_{win,mech} \cdot \frac{t_{v,mech}}{24 \cdot \text{h}} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (297)$$

- $\Delta n_{win}$  – dodatno število izmenjav zraka med časom koriščenja, brez mehanskega prezračevanja [ $\text{h}^{-1}$ ] (enačba 292 ali 293)

- $\Delta n_{win,mech}$  – dodatno število izmenjav zraka med časom koriščenja, sistemi z mehanskim prezračevanjem/HVAC [ $\text{h}^{-1}$ ]

- $t_{v,koriščenja}$  – čas koriščenja cone v 24 urah [h] (glej profil koriščenja)

- $t_{v,mech}$  – dnevni čas obratovanja prezračevalne naprave/naprave HVAC (glej profil koriščenja)

- $\Delta n_{win,mech}$

– v času mirovanja prezračevalne naprave/naprave HVAC

če je  $n_{koriščenja} < 1,2 \cdot \text{h}^{-1}$

$$\Delta n_{win,mech} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0 \quad [\text{h}^{-1}] \\ n_{koriščenja} - \frac{n_{koriščenja} - 0,2 \cdot \text{h}^{-1}}{\text{h}^{-1}} \cdot n_{inf,mech} - 0,1 \cdot \text{h}^{-1} \end{array} \right.$$

če je  $n_{koriščenja} \geq 1,2 \cdot \text{h}^{-1}$

$$\Delta n_{win,mech} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0 \quad [\text{h}^{-1}] \\ n_{koriščenja} - n_{inf,mech} - 0,1 \cdot \text{h}^{-1} \quad [\text{h}^{-1}] \end{array} \right.$$

- $n_{inf,mech}$  – število izmenjav zraka zaradi infiltracije zraka v primeru mehanske prezračevalne naprave/naprave HVAC [ $\text{h}^{-1}$ ] (enačba 282)

– v času delovanja prezračevalne naprave/naprave HVAC

če je  $\Delta n_{win,mech} \leq n_{dov}$  in  $n_{odv} \leq (n_{dov} + n_{inf})$

$$\Delta n_{win,mech} = 0 \quad [\text{h}^{-1}]$$

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  $n_{odv} > (\Delta n_{win,mech,o} + n_{inf})$

$$\Delta n_{win,mech} = n_{odv} - n_{dov} - n_{inf}$$

### 9.13.1.3

Potrebna toplota zaradi mehanskega prezračevanja

$$Q_{v,mech,sink} = H_{v,mech,h} \cdot (\theta_i - \theta_{v,mech,h}) \cdot \frac{t_{v,mech,h}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (298)$$

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)

$\theta_i$  – notranja temperatura zraka [°C]

$\theta_{v,mech,h}$  – povprečna temperatura dovedenega zraka [°C] (glej točko 9.13.3)

$t_{v,mech,h}$  – časovni interval delovanja naprave – ogrevanje (glej profil koriščenja)

$$H_{v,mech,h} = 0,34 \cdot \dot{V}_h \cdot \left( \frac{\theta_i - \theta_{v,mech,h}}{\theta_i - \theta_{eM}} \right) \quad [\text{W/K}] \quad (299)$$

$H_{v,mech,h}$  – koeficient prenosa toplote zaradi mehanskega prezračevanja [W/K]

$\dot{V}_h$  – volumski pretok zraka – ogrevanje [m<sup>3</sup>/h]

$\theta_i$  – notranja temperatura zraka [°C]

$\theta_{v,mech,h}$  – temperatura dovedenega zraka – ogrevanje [°C] (glej točko 9.13.3)

$\theta_{eM}$  – povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka [°C]

### 9.13.2

#### 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)

#### 9.13.2.1

##### Potreben hlad zaradi infiltracije zunanjega zraka

Postopek izračuna poteka enako kot v točki 9.13.1.1, 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)

#### 9.13.2.2

##### Potreben hlad zaradi prezračevanja z odpiranjem oken

Postopek izračuna poteka enako kot v točki 9.13.1.2, 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)

#### 9.13.2.3

##### Potreben hlad zaradi mehanskega prezračevanja

$$Q_{v,mech,source} = H_{v,mech,c} \cdot (\theta_i - \theta_{e,M}) \cdot \frac{t_{v,mech,c}}{1000} + H_{v,noč} \cdot (\theta_i - \theta_{e,M}) \cdot \frac{t_{noč}}{1000} \quad [\text{kWh}] \quad (303)$$

$Q_{v,mech,source}$  – potreben hlad zaradi mehanskega prezračevanja [kWh]

$H_{v,mech,c}$  – koeficient prenosa toplote zaradi mehanskega prezračevanja [W/K]

$\theta_i$  – 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]

$\theta_i$  – notranja temperatura zraka [°C]

$\theta_{c,mech}$  – temperatura dovedenega zraka – hlajenje [°C] (glej točko 9.13.3)

$\theta_{e,M}$  – povprečna mesečna temperatura zunanjega zraka [°C]

$\dot{V}_c$  – volumski pretok zraka – hlajenje [m<sup>3</sup>/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 [m<sup>3</sup>/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, na primer 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

### 9.13.3

#### 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/regeneratorja pri mehanskem prezračevanju [–]

– mehansko prezračevanje z napravo HVAC, kontrolirana temperatura vpihovanega zraka

$$\theta_{v,mech} = \theta_{v,mech,HVAC} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (308)$$

$\theta_{v,mech,HVAC}$  – temperatura vpihovanega zraka [ $^{\circ}\text{C}$ ]

### 9.13.4

#### Maksimalna potrebna moč ogrevanja/hlajenja za sisteme z mehanskim prezračevanjem/HVAC

##### 9.13.4.1

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 SIST EN ISO 13790)

$\dot{Q}_{V,max}$  – maksimalna potrebna toplotna moč za pokrivanje prezračevalnih toplotnih izgub brez mehanskega prezračevanja/HVAC [kW] (določeno po standardu SIST EN ISO 13790)

$\dot{Q}_{V,mech,min}$  – potrebna toplotna moč za pokrivanje toplotnih izgub zaradi mehanskega prezračevanja/sistema HVAC [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  $\theta_i > \theta_{v,mech}$

$\theta_i$  – notranja temperatura cone v času ogrevanja [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\theta_{v,mech}$  – temperatura dovedenega zraka v času ogrevanja [ $^{\circ}\text{C}$ ] (točka 9.13.3)

$\dot{V}_{mech,min}$  – minimalni volumski pretok svežega zraka pri projektnih pogojih za čas ogrevanja; če ni drugače določeno, je  $\dot{V}_{mech,min} = \dot{V}_{min}$ .

Za ogrevalne sisteme brez mehanskega prezračevanja/HVAC je

$$\dot{Q}_{h,max,res} = \dot{Q}_{NH}$$

##### 9.13.4.2

Maksimalna potrebna moč hlajenja za sisteme z mehanskim prezračevanjem

Potrebna maksimalna hladilna moč za sisteme brez mehanskega prezračevanja je določena z enačbo

$$\dot{Q}_{c,max} = 0,8 \cdot (\dot{Q}_{source,max} - \dot{Q}_{sink,max}) \cdot \left( 1 + 0,3 \cdot e^{-\frac{\tau}{120 \cdot h}} \right) - \frac{C_{eff}}{60 \cdot h} \cdot (\Delta\theta - 2 \cdot K) + \frac{C_{eff}}{40 \cdot \frac{h}{K}} \cdot \left( \frac{12 \cdot h}{t_{c,op,d}} - 1 \right) \quad [\text{kW}] \quad (311)$$

$\dot{Q}_{source,max}$  – vsota toplotnih virov znotraj cone [kW] (določeno po standardu SIST EN ISO 13790)

$\dot{Q}_{sink,max}$  – vsota toplotnih ponorov znotraj cone [kW] (določeno po standardu SIST EN ISO 13790)

$\tau$  – časovna konstanta [h]

$$\tau = \frac{C_{eff}}{H} = \frac{C_{eff}}{\sum H_T + \sum H_V + \sum H_{V,mech,\theta}} \quad [\text{h}] \quad (312)$$

$\sum H_T$  – vsota koeficientov transmisijskih toplotnih prehodnosti (določeno po standardu SIST EN ISO 13790)

$\sum H_V$  – vsota koeficientov prezračevalnih toplotnih prehodnosti (določeno po standardu SIST EN ISO 13790)

$$H_{V,mech,\theta} = H_{V,mech} \cdot \frac{\theta_i - \theta_{v,mech}}{6 \cdot K}$$

$\theta_{v,mech}$  – temperatura vpihovanega zraka [ $^{\circ}\text{C}$ ] (točka 9.13.3)

$H_{V,mech}$  – koeficient prezračevalne toplotne prehodnosti [W/K] (enačba 304)

– za naprave HVAC 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 [ $\text{h}^{-1}$ ] (glej profil koriščenja)

$t_{v,mech}$  – dnevni čas delovanja naprave za mehansko prezračevanje [ $\text{h}^{-1}$ ]

– neto volumen cone [ $\text{m}^3$ ]

$\rho_z$  – gostota zraka [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$c_{pz}$  – specifična toplota zraka [kJ]

$$\rho_z \cdot c_{pz} = 0,34 \quad [\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}]$$

– v primeru, da je  $\theta_{v,mech} \geq \theta_i$ , je

$$H_{V,mech} = 0$$

Če je časovna konstanta  $\tau < 48$  h, v enačbi 311 upoštevamo časovno konstanto  $\tau = 48$  h.

$C_{eff}$  – efektivna toplotna akumulacija cone [Wh/K]

$C_{eff} = A_B \cdot 50$  [Wh/( $\text{m}^2\text{K}$ )] – lahka gradnja (privzeta vrednost)

$C_{eff} = A_B \cdot 90$  [Wh/( $\text{m}^2\text{K}$ )] – srednjetežka gradnja ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$C_{eff} = A_B \cdot 130$  [Wh/( $\text{m}^2\text{K}$ )] – težka gradnja ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$A_B$  – neto tlorisna površina cone [ $\text{m}^2$ ]

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

$$\dot{V}_{mech,max} = \dot{V}_{mech,k} \quad (\text{točka 9.15.1.1})$$

– za sisteme s časovno spremenljivim volumskim pretokom zraka

$$\dot{V}_{mech,max} = \dot{V}_{mech,max,v} \quad (\text{točka 9.15.1.2})$$

– za sisteme z variabilnim volumskim pretokom zraka

$\theta_{i,max}$  – računski vrednost notranje temperature pri projektnih pogojih

$$\theta_{i,max} = \frac{\theta_{i,c,max} + \theta_{i,c} - 2 \cdot K}{2} \quad (\text{točka 9.15.1.3})$$

$\theta_{i,c,max}$  – 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

$$\dot{Q}_{c,max,res} = \dot{Q}_{c,max}$$

$Q_{c,s,l}$  – 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] (SIST EN ISO 13790)

$\eta_{c,d}$  – učinkovitost razdelilnega sistema za hlad [–] (iz tabele 38)

$$Q_{c,em,l} = [(1 - \eta_{c,em}) + (1 - \eta_{c,em,sens})] \cdot Q_{NC} \quad [\text{kWh}] \quad (318)$$

$\eta_{c,em}$  – učinkovitost končnih prenosnikov [kWh] (iz tabele 38)

$\eta_{c,em,sens}$  – senzibilna učinkovitost končnih prenosnikov [kWh] (iz tabele 38)

Tabela 38:

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

## 9.14 DOVEDENA ENERGIJA ZA HLAJENJE

### 9.14.1

#### 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] (SIST EN ISO 13790)

### 9.14.2

#### 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)

#### 9.14.2.1

Potrebna električna energija za primarni krogotok in vodno hlajeni kondenzator

Računa se po postopku, opisanem v točki 9.14.3, pri čemer se upošteva naslednje:

enačba (324) je  $\beta_{c,d,M} = \frac{Q_{c,out,skupni}}{Q_{c,max} \cdot t_{c,M}}$

$Q_{c,out,skupni}$  – 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)

$$t_c = \max \begin{cases} t_c \\ t_{c^*} \end{cases} \quad (\text{enačba 44 ali enačba 389})$$

### 9.14.3

#### Dodatna električna moč

##### 9.14.3.1

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 [-] (iz tabele 39)

$t_c$  – mesečni čas delovanja hladilnega sistema [h] (enačba 44)

Tabela 39:

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 stropnimi 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

##### 9.14.3.2

Potrebna energija za hidravlične krogotoke

Potrebna električna energija 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 tlorisna površina hlajene cone [m<sup>2</sup>]

$A_{sistem}$  – neto tlorisna površina deleža hlajene cone za *i*-ti krogotok [m<sup>2</sup>]

$$W_{c,d,hydr} = \frac{P_{hydr}}{1000} \cdot \beta_{c,d,M} \cdot t_c \cdot f_{abgl} \quad [\text{kWh}] \quad (323)$$

$P_{hydr}$  – 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 uravnotežene sisteme  $f_{abgl} = 1$
- za hidravlično neuravnotežene 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 SIST EN ISO 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 [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] (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 [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$\dot{Q}_{c,max,res,i}$  – maksimalna hladilna moč za hlajenje v  $i$ -tem krogotoku v coni [kW] (enačba 313)

$\rho_{c,i}$  – gostota kapljevine v  $i$ -tem krogotoku [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$c_{pc,i}$  – 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 tabele 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]

$\Delta p_g$  – tlačni padec na generatorju hladu [kPa]

– ploščati uparjalnik:  $\Delta p_g = 40 \text{ kPa}$

– cevni uparjalnik:  $\Delta p_g = 30 \text{ kPa}$

$\Delta p_{reg}$  – tlačni padec na regulacijskem ventilu [kPa]

$\Delta p_{reg} = 0,66 \cdot \Delta p_{em}$

$\Delta p_{em}$  – tlačni padec na končnem prenosniku [kPa]

– indukcijske naprave:  $\Delta p_{em} = 35 \text{ kPa}$

– konvektor, hladilni strop:  $\Delta p_{em} = 35 \text{ kPa}$

Če ni razpoložljivih podatkov za izračun volumskega pretoka hlajene vode in tlačnega padca, lahko upoštevamo vrednosti iz tabele 40 in tabele 41.

Za sisteme hlajenja s hladno vodo lahko upoštevamo naslednje vrednosti.

Tabela 40:

Vrsta krogotoka	Temperaturna razlika	$\dot{V}_{spec}$ [( $\text{m}^3/\text{h}$ )/kW]
Primarni krogotok, krogotok hlajenja HVAC	$\Delta \theta = 6 \text{ K}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Sekundarni krogotok (RAC)	$\Delta \theta = 2 \text{ K}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$

$$\dot{V}_c = \dot{V}_{spec} \cdot Q_{c,out,g} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$Q_{c,out,g}$  – iz naprave odveden hlad v hladilni razvodni sistem [kWh] (enačba 315)

Tabela 41:

Vrsta krogotoka	Tlačni padec $\Delta p_c$ [kPa]		
	Veliki upori	Zmerni upori	Majhni upori
Primarni krogotok	150	100	50
Glavni razdelilni krogotok	400	250	150
Krogotok hlajenja HVAC	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)



neznana črpalka:

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

$b = 1$  – nova stavba

$b = 1,2$  – obstoječa stavba

pri  $P_{hydr}$  v W.

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  
z regulacijo 0,85; 0,15

#### 9.14.4

##### Potrebna energija za hlad

Za hladilne naprave z energijsko 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 energijske 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 energijske 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]

$$W_c = \frac{Q_{c,out,g}}{EER \cdot PLV} \quad [\text{kWh}] \quad (331)$$

$$EER = \frac{\dot{Q}_c}{P} \quad [-] \quad (332)$$

$\dot{Q}_c$  – nazivna hladilna moč hladilne naprave [kW]

$P$  – nazivna električna moč hladilne naprave [kW]

Tabela 42:

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:

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:

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 (na primer frekvenčna/pulzna), z elektronsko vodenim ekspanzijskim ventilom (inverter)
(G)	večconski sistem, zvezna regulacija (na primer frekvenčna/pulzna), z elektronsko vodenim ekspanzijskim ventilom (inverter)

Tabela 45:

Hladivo	Hladilna voda <sup>[1]</sup> vstop/ izstop °C	Hlajena voda izstop °C	Povprečna temperatura uparjanja °C	EER		
				Batni ali spi- ralni kompre- sor od 10 kW do 1,5 MW	Vijačni kom- presor 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	–

<sup>[1]</sup> Suhi sistem: 40/45; hlapilni sistem: 27/33.

Tabela 46:

Hladivo	Hlajena voda izstop °C	Povprečna tempera- tura uparjanja °C	EER	
			Batni ali spiralni kom- presor 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:

Vrsta hladilne naprave	EER	Vrsta regulacije <sup>[1]</sup>
Kompaktna enota, nameščena na oknu ali steni	2,6	(D)
Split sistem	2,7	(D), (F)
Multisplit sistem	2,9	(E), (G)

<sup>[1]</sup> Glej tabelo 44.

Tabela 48:

Vrsta hladilne enote	EER	Vrsta regulacije
VRF sistem (variable refrigerant flow)	3,5	(G)

Tabela 49:

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:

Vrsta kompresorja (tabela 37 in 38)	PLV [-]
(A)	1,32
(B)	1,43
(C)	1,14
(D)	1,24
(E)	0,85
(F)	1,37
(G)	1,33

$q_{R,e}$  – 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]

$$Q_{R,out,g} = \dot{Q}_c \cdot \left( 1 + \frac{1}{EER} \right) \quad [\text{kW}] \quad (334)$$

$\dot{Q}_c$  – nazivna hladilna moč hladilne naprave [kW] (podatek)

$EER$  – faktor energijske učinkovitosti hladilne naprave [kW/kW] (tabela 44 ali tabela 45)

### 9.14.5

#### 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)

Tabela 51:

	Hladilni stolp ali evapora- tivni kondenzator		Suhi sis- tem
	Zaprti krog	Odperti krog	
	$q_{R,e}$ [kW/kW]		
Brez do- datnega glušnika (aksialni ventilator)	0,033	0,018	0,045
Z dodatnim glušnikom (radialni ventilator)	0,040	0,021	–

### 9.14.6

#### Skupna dodatna energija za hlajenje

$$W_{c,g,aux} = W_{c,primarni} + \sum_i W_{c,d,aux,i} + W_{c,f,R,e} \quad [\text{kWh}] \quad (335)$$

### 9.15 SISTEMI HVAC

Standardne vrednosti za posamezne elemente sistemov HVAC so podane v naslednjih tabelah.

Tabela 52:

SFP <sup>[1]</sup>	Specifična moč $P_{SFP}$ [kW/m <sup>3</sup> s]	$\Delta p$ [Pa]
Odvodni ventilator	1,250	750
Dovodni ventilator z grelnikom	1,600	960
Dovodni ventilator HVAC	2,000	1200

<sup>[1]</sup>SFP – specifična moč ventilatorjev (angl. fan power, po SIST EN 13779).

Tabela 53:

Element	$+ P_{SFP}$ [W/m <sup>3</sup> s]
Dodatni mehanski filter	+ 300
HEPA filter	+ 1000
Plinski filter	+ 300
Prenosnik toplote, razred H2 ali H1 <sup>[1]</sup>	+ 300
Hladilnik	+ 300

<sup>[1]</sup> Razred H2 ali H1 v skladu s standardom SIST EN 13053.

Tabela 54 :

Vrsta prenosnika	Senzibilni izkoristek $\eta_t$	Latentni izkori- stek $\eta_x$
Ploščati prenosnik	0,5	–
Ploščati prenosnik; križni, protitočni	0,65	–
Rotacijski, brez sorpcijskega ma- teriala	0,7	0
Rotacijski, s sorp- cijskim materia- lom	0,7	0,7

Tabela 55:

Sistem	Standardne računske tempera- turne razlike	
	Hlajenje	Ogrevanje
Vrtinčni difuzorji, režni izpusti	8 K	6 K
Mrežni dovod	6 K	4 K
Izpodrivno prezra- čevanje	4 K	2 K
Inpulzne šobe	8 K	8 K
Indukcijske	10 K	
Primarni zrak	10 K	
Primarni zrak		
Prezračevani stropi	10 K	–

### 9.15.1

#### Pretok dovedenega zraka

Količina dovedenega zraka je odvisna od sistema in vrste regulacije.

#### 9.15.1.1

Naprave s konstantnim volumnim pretokom

$$\dot{V}_{mech,k} = V \cdot n_{HVAC} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (336)$$

$V$  – neto volumen prostora (cone) [m<sup>3</sup>]

$n_{HVAC}$  – število izmenjav zraka [h<sup>-1</sup>]

Za naprave s konstantnim volumnim pretokom velja

$$\dot{V}_{mech,k} = \dot{V}_{mech} = \dot{V}^*$$

$\dot{V}_{mech,k}$  – povprečen mesečni pretok zraka [m<sup>3</sup>/h]

$\dot{V}^*$  – projektni pretok

## 9.15.1.2

Naprave s časovno spremenljivim volumnskim pretokom

$$\dot{V}_{mech,v} = \frac{\sum V_i \cdot n_{i,HVAC} \cdot t_{i,HVAC}}{t_{HVAC} \cdot d_v} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (337)$$

- $V_i$  – neto volumen  $i$ -tega prostora (cone) [ $\text{m}^3$ ]  
 $n_{i,HVAC}$  – število izmenjav zraka v  $i$ -tem prostoru (coni) [ $\text{h}^{-1}$ ]  
 $t_{i,HVAC}$  – 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]

## 9.15.1.3

Naprave z variabilnim pretokom zraka 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

$$\dot{V}_{mech,VAV} = \dot{V}_{mech,k} + \frac{Q_{NC}}{1000 \cdot t_{v,mech} \cdot d_{v,mech} \cdot \rho_z \cdot c_{pz} \cdot (\theta_{i,c} - \theta_{v,mech})}$$

$$\rho_z \cdot c_{pz} = 0,34 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^3 \text{K}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (339)$$

 $Q_{NC}$  – potrebna toplotna energija za hlajenje [kWh] (SIST EN ISO 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) [ $^{\circ}\text{C}$ ] $\theta_{mech}$  – temperatura dovedenega zraka [ $^{\circ}\text{C}$ ]

## 9.15.2

Potrebna energija za delovanje ventilatorjev

## 9.15.2.1

Naprave s konstantnim volumnskim 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 volumnski pretok zraka [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] $\dot{V}_{v,mech,odv}$  – odveden volumnski pretok zraka [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] $\Delta p_{dov}$  – skupni tlačni padec dovodnega sistema [Pa] $\Delta p_{odv}$  – skupni tlačni padec odvodnega sistema [Pa] $\eta_{dov}, \eta_{odv}$  – povprečni izkoristek ventilatorskega sistema [–] (privzeta vrednost:  $\eta = 60\%$ ) $P_{SFP}$  – specifična moč ventilatorjev (tabela 52)

Poenostavitev

$$\dot{V}_{v,mech,dov} = \dot{V}_{v,mech,odv} = \dot{V}_{v,mech,k} \left( \dot{V}_{v,mech,n} \right) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (342)$$

$$W_v = (P_{dov} + P_{odv}) \cdot t_{v,mech} \quad [\text{kWh}] \quad (343)$$

## 9.15.2.2

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] (na primer nočno hlajenje s prezračevanjem)

## 9.15.2.3

Naprave z variabilnim pretokom zraka VAV

$$W_v = W_{v,dov} + W_{v,odv} \quad [\text{kWh}] \quad (345)$$

$$W_{v,dov} = \left( \frac{\Delta p_{dov}^* \cdot f_{p,dov}}{\eta_{dov}} \cdot \sum \dot{V}_{v,dov,M} + \frac{\Delta p_{dov}^* \cdot (1 - f_{p,dov})}{\eta_{dov} \cdot \dot{V}_{v,dov}^{*2}} \cdot \sum \dot{V}_{v,dov,M}^3 \right) \cdot t_{v,mech} \quad [\text{kWh}] \quad (346)$$

$$W_{v,odv} = \left( \frac{\Delta p_{odv}^* \cdot f_{p,odv}}{\eta_{odv}} \cdot \sum \dot{V}_{v,odv,M} + \frac{\Delta p_{odv}^* \cdot (1 - f_{p,odv})}{\eta_{odv} \cdot \dot{V}_{v,odv}^{*2}} \cdot \sum \dot{V}_{v,odv,M}^3 \right) \cdot t_{v,mech} \quad [\text{kWh}] \quad (347)$$

 $\Delta p^*$  – celotni tlačni padec kanalske mreže pri projektnih pogojih [Pa] pri volumnskem pretoku  $\dot{V}^*$  [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] $f_p$  – tlačno razmerje (razmerje tlakov) kanalske mreže [–]

$$f_p = \frac{\Delta p_{konst}}{\Delta p^*} \quad \left( f_{p,dov} = \frac{\Delta p_{dov,konst}}{\Delta p_{dov}^*}, \quad f_{p,odv} = \frac{\Delta p_{odv,konst}}{\Delta p_{odv}^*} \right)$$

 $\Delta p_{konst}$  – del konstantnih tlačnih izgub kanalske mreže [Pa] $\eta_{dov}, \eta_{odv}$  – povprečni izkoristek ventilatorskega sistema [–] (privzeta vrednost:  $\eta = 60\%$ ) $\dot{V}_{v,dov,M}, \dot{V}_{v,odv,M}$  – povprečni mesečni volumnski pretok zraka pri VAV napravah za posamezno cono [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] (poenostavitev)

$$\dot{V}_{v,dov,M} = \dot{V}_{v,odv,M} = \dot{V}_{v,mech,VAV} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (348)$$

 $t_{v,mech}$  – čas delovanja naprave HVAC v mesečnem intervalu [h]

## 9.15.3

Določitev največje moči

## 9.15.3.1

Izhodiščni podatki – dimenzioniranje naprave (stanje zraka)

Za vrednosti izhodiščnih parametrov dimenzioniranja lahko upoštevamo vrednosti za stanje zunanega zraka (tabela 56) in stanje notranjega (odvedenega) zraka (tabela 57)

Tabela 56:

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:

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	$Q_{i,poletje}$ [°C]	26,0
		$x_{i,poletje}$ [kg/kg]	0,012
		$h_{i,poletje}$ [kJ/kg]	56,9
	Zahteve za vlažnost s toleranco	$Q_{i,poletje}$ [°C]	26,0
		$x_{i,poletje}$ [kg/kg]	0,011
		$h_{i,poletje}$ [kJ/kg]	54,3
	Zahteve za vlažnost brez tolerance	$Q_{i,poletje}$ [°C]	26,0
		$x_{i,poletje}$ [kg/kg]	0,008
		$h_{i,poletje}$ [kJ/kg]	46,7

Tabela 58:

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:

Zunanja temperatura $\theta_e$ [°C]	Notranja temperatura $\theta_{i,odv}$ [°C]
< 22 °C	22 °C
22 °C ≤ $\theta_e$ ≤ 26 °C	$\theta_e$
> 26 °C	26 °C

## 9.15.3.2

## 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 [m<sup>3</sup>/h]  
 $\rho_z$  – gostota zraka [kg/m<sup>3</sup>]  
 $c_{p,z}$  – specifična toplota zraka [kJ/kgK]  
 $h$  – entalpija [kJ/kg]  
 $\Delta h_{PT}$  – razlika entalpij zaradi vračanja odpadne toplote [kJ/kg]  
 $\theta$  – 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

$$\Delta h_{PT} = \eta_{PT} \cdot (h_{i,zima} - h_{e,zima}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (352)$$

$\eta_{PT}$  – izkoristek sistema za vračanje odpadne toplote [-] (tabela 54)

$h$  – entalpija [kJ/kg] (tabela 56 in tabela 57)

$\theta$  – temperatura zraka [°C] (tabela 56 in tabela 57)

## 9.15.3.3

## 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]  
 $\dot{V}^*$  – volumski pretok dovedenega zraka pri projektnih pogojih [m<sup>3</sup>/h]  
 $\rho_z$  – gostota zraka [kg/m<sup>3</sup>]  
 $h$  – entalpija [kJ/kg]  
 $h$  – razlika entalpij zaradi vračanja odpadne toplote [kJ/kg]

indeksi:  $e$  – zunanega zraka (tabela 56)  
 $dov$  – dovedenega zraka (glej točko 9.15.3.1)

– 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

$$\Delta h_{PT} = \eta_{PT} \cdot (h_{e,poletje} - h_{i,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (356)$$

$\eta_{PT}$  – izkoristek sistema za vračanje odpadne toplote [-] (tabela 54)

$h$  – entalpija [kJ/kg] (tabela 56 in tabela 57)

$\theta$  – temperatura zraka [°C] (tabela 56 in tabela 57)

#### 9.15.3.4

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<sup>3</sup>/h]

$\rho_z$  – gostota zraka [kg/m<sup>3</sup>]

$h$  – entalpija [kJ/kg]

$\Delta h_{PT}$  – razlika entalpij zaradi vračanja odpadne toplote [kJ/kg]

indeks:  $e$  – zunanega zraka (tabela 56)

– naprave brez vračanja odpadne toplote

$$\Delta h_{PT} = 0 \quad [\text{kJ/kg}] \quad (358)$$

– naprave z vračanjem senzibilne in latentne toplote

$$\Delta h_{PT} = 2501 \cdot \eta_{PT} \cdot (x_{i,zima} - x_{e,zima}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (359)$$

$\eta_{PT}$  – izkoristek sistema za vračanje odpadne toplote [-] (tabela 54)

$x$  – absolutna vlažnost zraka [kJ/kg]

indeks:  $e, i$  – zunanji, notranji (tabela 56 in tabela 57)

#### 9.15.4

##### Entalpija dovedenega zraka

Entalpija dovedenega zraka je določena glede na temperature dovedenega zraka  $\theta_{dov}$  za zimski in poletni režim delovanja (indeks zima, poletje).

Tlak nasičenja (za temperaturno področje  $0,01 \text{ °C} \leq \theta \leq 80 \text{ °C}$ ) je določen z enačbo

$$p_s(\theta) = e^{\frac{23,621 - \frac{4065}{\theta + 236,2506}}{\theta}} \quad [\text{Pa}] \quad (360)$$

##### 9.15.4.1

Entalpija dovedenega zraka za sisteme brez zahtev glede vlažnosti zraka

– zimski režim obratovanja

$$h_{dov,zima} = 1,01 \cdot \theta_{dov,zima} + 0,001 \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,zima}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (361)$$

– poletni režim obratovanja

$$p_s(\theta_{dov,poletje}) > 1892 \text{ Pa}$$

$$h_{dov,poletje} = 1,01 \cdot \theta_{dov,poletje} + 0,012 \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (362)$$

$$p_s(\theta_{dov,poletje}) \leq 1892 \text{ Pa}$$

$$h_{dov,poletje} = 1,01 \cdot \theta_{dov,poletje} + x_{dov,poletje} \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (363)$$

$$x_{dov,poletje} = \frac{0,5911}{\frac{100000}{p_s(\theta_{dov,poletje})} - 0,95} \quad [\text{kg/kg}] \quad (364)$$

##### 9.15.4.2

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

$$p_s(\theta_{dov,poletje}) > 1737 \text{ Pa}$$

$$h_{dov,poletje} = 1,01 \cdot \theta_{dov,poletje} + 0,011 \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (366)$$

$$p_s(\theta_{dov,poletje}) \leq 1737 \text{ Pa}$$

$$h_{dov,poletje} = 1,01 \cdot \theta_{dov,poletje} + x_{dov,poletje} \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (367)$$

$$x_{dov,poletje} = \frac{0,5911}{\frac{100000}{p_s(\theta_{dov,poletje})} - 0,95} \quad [\text{kg/kg}] \quad (368)$$

## 9.15.4.3

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

$$p_s(\theta_{dov,poletje}) > 1269 \text{ Pa}$$

$$h_{dov,poletje} = 1,01 \cdot \theta_{dov,poletje} + 0,008 \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (370)$$

$$p_s(\theta_{dov,poletje}) \leq 1269 \text{ Pa}$$

$$h_{dov,poletje} = 1,01 \cdot \theta_{dov,poletje} + x_{dov,poletje} \cdot (2501 + 1,86 \cdot \theta_{dov,poletje}) \quad [\text{kJ/kg}] \quad (371)$$

$$x_{dov,poletje} = \frac{0,5911}{\frac{100000}{p_s(\theta_{dov,poletje})} - 0,95} \quad [\text{kg/kg}] \quad (372)$$

$$h_{dov,poletje,x} = 31,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (373)$$

$$h_{dov,poletje} = \min \begin{cases} h_{dov,poletje,\theta} \\ h_{dov,poletje,x} \end{cases} \quad [\text{kJ/kg}] \quad (374)$$

$\theta$  – 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

$\theta$  – temperaturne zahteve

$x$  – zahteve glede vlažnosti zraka

## 9.15.5

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/(m<sup>3</sup>/h)]

$\dot{V}_{mech,M}$  – povprečni mesečni pretok svežega zraka [m<sup>3</sup>/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:  $\theta_{dov} = 18^\circ\text{C}$

– dnevni časovni interval delovanja:

$t_d = 12\text{h}$  (od 06.00 do 18.00 ure)

– letno število dni delovanja:  $d_a = 365$  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 [m<sup>3</sup>/h]

$\Delta p$  – tlačni padec v kanalih in izpustnih elementih [Pa]

$\eta$  – 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:

Mesec	Toplota			Para	Hlad		
	$q_{h,18\text{ °C}}$ $\frac{\text{Wh}}{\text{m}^3/\text{h}}$	$g_{h,\text{spodnja}}$ $\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$	$g_{h,\text{zgornja}}$ $\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$		$q_{st}$ $\frac{\text{Wh}}{\text{m}^3/\text{h}}$	$q_{c,18\text{ °C}}$ $\frac{\text{Wh}}{\text{m}^3/\text{h}}$	$g_{c,\text{spodnja}}$ $\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$
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	–	–	–	–

- brez zahtev glede vlažnosti zraka,
- brez ovlaževalnika,
- brez sistema za vračanje odpadne toplote.

Tabela 61:

Mesec	Toplota			Para	Hlad		
	$q_{h,18\text{ °C}}$ $\frac{\text{Wh}}{\text{m}^3/\text{h}}$	$g_{h,\text{spodnja}}$ $\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$	$g_{h,\text{zgornja}}$ $\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$		$q_{st,18\text{ °C}}$ $\frac{\text{Wh}}{\text{m}^3/\text{h}}$	$q_{c,18\text{ °C}}$ $\frac{\text{Wh}}{\text{m}^3/\text{h}}$	$g_{c,\text{spodnja}}$ $\frac{\text{Wh}}{\text{K}(\text{m}^3/\text{h})}$
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	–	–	–	–

- z zahtevami glede vlažnosti zraka s toleranco,
- s hlapilnim ovlaževalnikom brez regulacije vlage,
- brez sistema za vračanje odpadne toplote.

Za temperature dovedenega zraka v intervalu  $14\text{ °C} \leq \theta_{dov} \leq 22\text{ °C}$  se specifična toplota določi z linearno interpolacijo ob upoštevanju gradienta  $g$ , ki je določen z enačbo

$$g = \frac{|\Delta q_i|}{|\Delta \theta_{i,dov}|} = \frac{|q_{i,dov} - q_{i,18\text{ °C}}|}{|\theta_{i,dov} - 18\text{ °C}|} \quad [\text{Wh}/(\text{K}(\text{m}^3/\text{h}))] \quad (378)$$

$g$  – gradient  
 $q_{i,dov}$  – specifična toplota pri temperaturi  $\theta_{i,dov}$  [Wh/(m<sup>3</sup>/h)]  
 $\theta_{i,dov}$  – temperatura dovedenega zraka [°C]

indeksi:

$h$  – ogrevanje  
 $c$  – hlajenje

Preračun na različne temperature dovedenega zraka

$$q_h = q_{h,18\text{ °C}} - g_{h,zgornji} \cdot (\theta_{dov} - 18\text{ °C}), \quad \text{če je } 18\text{ °C} < \theta \leq 22\text{ °C} \quad (379a)$$

$$q_h = q_{h,18\text{ °C}} + g_{h,spodnji} \cdot (\theta_{dov} - 18\text{ °C}), \quad \text{če je } 14\text{ °C} \leq \theta < 18\text{ °C} \quad (379b)$$

$$q_c = q_{c,18\text{ °C}} + g_{c,zgornji} \cdot (\theta_{dov} - 18\text{ °C}), \quad \text{če je } 18\text{ °C} < \theta \leq 22\text{ °C} \quad (379c)$$

$$q_c = q_{c,18\text{ °C}} - g_{c,spodnji} \cdot (\theta_{dov} - 18\text{ °C}), \quad \text{če je } 14\text{ °C} \leq \theta < 18\text{ °C} \quad (379d)$$

indeks gradienta  $g$ :

$h$  – ogrevanje  
 $c$  – hlajenje  
 $zgornji$  – spremembe temperature dovedenega zraka nad 18 °C  
 $spodnji$  – spremembe temperature dovedenega zraka pod 18 °C

Različni izkoristki sistema za vračanje odpadne toplote se upoštevajo z naslednjo enačbo

$$q_i = q'_i + \frac{q''_i - q'_i}{\eta'' - \eta'} \cdot (\eta - \eta') \quad \left[ \frac{\text{Wh}}{(\text{m}^3/\text{h})} \right] \quad (380)$$

$q_i$  – specifična toplota pri upoštevanju izkoristka sistema za vračanje odpadne toplote  $\eta$  [kWh/(m<sup>3</sup>/h)]  
 $\eta$  – izkoristek sistema za vračanje odpadne toplote [-]  
 $q'_i$  – specifična toplota pri prvem nižjem izkoristku sistema  $\eta'$  [kWh/(m<sup>3</sup>/h)]  
 $q''_i$  – specifična toplota pri prvem večjem izkoristku sistema  $\eta''$  [kWh/(m<sup>3</sup>/h)]

indeks  $i$ :

$h$  – ogrevanje  
 $c$  – hlajenje  
 $st$  – para

## 9.15.6 Ogrevanje HVAC

### 9.15.6.1

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]

$$Q_{vh,d} = 0 \text{ kWh}$$

$Q_{vh,d}$  – 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 zunaj stavbe [m<sup>2</sup>]

$t_{M^*,op,M}$  – mesečni potrebni čas delovanja naprave HVAC za ogrevanje [h] (enačba 383)

Potrebni čas delovanja grelnega registra sistema HVAC

$$t_{M^*,op,M} = t_{H,r} \cdot \frac{b_{vh^*,M}}{b_{vh^*,a}} \quad [\text{h}] \quad (383)$$

$$b_{vh^*,M} = \frac{Q_{v,h,M}}{Q_{vh,max}} \quad [\text{h}] \quad (384)$$

$$b_{vh^*,a} = \sum b_{vh^*,M} \quad [\text{h}] \quad (385)$$

$t_{H,r}$  – relativni letni časovni interval delovanja grelnega sistema HVAC [h]

$$t_{H,r} = 1 \text{ h}$$

$b_{vh^*,M}$  – potrebni mesečni čas delovanja sistema za ogrevanje HVAC [h]

$b_{vh^*,a}$  – potrebni letni čas delovanja sistema za ogrevanje HVAC [h]

$Q_{vh,max}$  – maksimalna grelna moč sistema HVAC [kW] (enačba 348 ali 349)

$Q_{v,h,M}$  – mesečna potrebna toplota za sistem HVAC [kWh] (enačba 375)

## 9.15.6.2

Potrebna toplota za ogrevanje sistema HVAC

$$Q_{h^*,out,g} = Q_{h^*} + Q_{h^*,d,l} + Q_{h^*,s,l} \quad [\text{kWh}] \quad (386)$$

$Q_{h^*,out,g}$  – potrebna toplota generatorja toplote za ogrevanje sistema HVAC [kWh]

$Q_{h^*}$  – potrebna toplota grelnega registra sistema HVAC [kWh] (enačba 381)

$Q_{h^*,d,l}$  – toplotne izgube razdelilnega (dovodnega) sistema ogrevnega medija grelnega registra sistema HVAC [kWh] (izračun identičen kot v točki 9.7)

$Q_{h^*,s,l}$  – toplotne izgube akumulatorja toplote sistema HVAC [kWh] (izračun enak kot v točki 9.8.6.1)

## 9.15.7

## Hlajenje HVAC

## 9.15.7.1

Hladilni register

Potreben hlad hladilnega registra

$$Q_{c^*} = Q_{v,c,M} + Q_{vc,em} + Q_{vc,d} \quad [\text{kWh}] \quad (387)$$

$Q_{v,c,M}$  – potreben hlad za hlajenje zraka [kWh] (enačba 375)

$Q_{vc,em}$  – toplotne izgube končnega vpihovalnega elementa sistema HVAC [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 zunaj stavbe [m<sup>2</sup>]

$t_{c^*,M}$  – mesečni potreben čas delovanja naprave za hlajenje HVAC [h] (enačba 389)

Potreben mesečni čas delovanja hladilnega registra sistema HVAC

$$t_{c^*} = t_{c,r} \cdot \frac{b_{bv^*,M}}{b_{vc^*,a}} \quad [\text{h}] \quad (389)$$

$$b_{bv^*,M} = \frac{Q_{v,c,M}}{\dot{Q}_{vc,max}} \quad [\text{h}] \quad (390)$$

$$b_{vc^*,a} = \sum b_{vc^*,M} \quad [\text{h}] \quad (391)$$

$t_{c,r}$  – relativni letni časovni interval delovanja hladilnega sistema [h]

$$(t_{c,r} = 1 \text{ h})$$

$b_{bv^*,M}$  – potrebni mesečni čas delovanja sistema za hlajenje HVAC [h]

$b_{vc^*,a}$  – potrebni letni čas delovanja sistema za hlajenje HVAC [h]

$\dot{Q}_{vc,max}$  – maksimalna hladilna moč sistema HVAC [kW] (enačba 353)

$Q_{v,c,M}$  – mesečni potreben hlad [kWh] (enačba 375)

## 9.15.7.2

Potreben hlad za hlajenje sistema HVAC

$$Q_{c^*,out,g} = Q_{c^*} + Q_{c^*,em} + Q_{c^*,d} + Q_{c^*,s} \quad [\text{kWh}] \quad (392)$$

$Q_{c^*,out,g}$  – potreben hlad generatorja hlada za sistem HVAC [kWh]

$Q_{c^*}$  – potreben hlad hladilnega registra sistema HVAC [kWh] (enačba 387)

$Q_{c^*,em}$  – izgube hlada na končnem vpihovalnem elementu sistema HVAC [kWh] (enačba 393)

$Q_{c^*,d}$  – izgube hlada v razvodnem hladilnem sistemu od generatorja hlada do hladilnega registra [kWh] (enačba 394)

$Q_{c^*,s}$  – izgube hlada akumulatorja hlada [kWh]  $Q_{c^*,s} = 0 \text{ kWh}$

$$Q_{c^*,em} = Q_{c^*} \cdot \left[ (1 - \eta_{c^*,em}) + (1 - \eta_{c^*,em,sens}) \right] \quad [\text{kWh}] \quad (393)$$

$Q_{c^*}$  – potreben hlad hladilnega registra sistema HVAC [kWh] (enačba 387)

$\eta_{c^*,em}$ ,  $\eta_{c^*,em,sens}$  – učinkovitost hladilnega registra sistema HVAC in senzibilni izkoristek prenosa hlada (tabela 62)

$$Q_{c^*,d} = (1 - \eta_{c^*,d}) \cdot Q_{c^*} \quad [\text{kWh}] \quad (394)$$

$Q_{c^*}$  – potreben hlad hladilnega registra sistema HVAC [kWh] (enačba 387)

$\eta_{c^*,d}$  – učinkovitost razvodnega sistema (od generatorja hlada do hladilnega registra) (tabela 62)

Tabela 62:

Hladilni sistem	$\eta_{c^*,em,sens}$			$\eta_{c^*,em}$	$\eta_{c^*,d}$
	Brez zahtev za vlažnost zraka	S toleranco	Brez tolerance		
Hladna voda 6/12	0,84	0,94	1	0,90	0,95 <sup>[1]</sup> /0,90 <sup>[2]</sup>
Hladna voda 14/18	1	1	1	0,90	0,95 <sup>[1]</sup> /0,90 <sup>[2]</sup>
Hladna voda 18/20	1	1	1	1,00	1,00
Neposredno uparjanje	0,87	0,94	1	0,90	0,95 <sup>[1]</sup> /0,90 <sup>[2]</sup>
Hlajenje s hladilnim stolpom	1	1	1	0,95	0,95 <sup>[1]</sup> /0,90 <sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup> Napeljave znotraj stavbe.

<sup>[2]</sup> Napeljave zunaj stavbe.

### 9.15.7.3

#### 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/(m<sup>3</sup>/h)] (tabela 60 ali tabela 61)

$\dot{V}_{mech,M}$  – povprečni mesečni pretok svežega zraka [m<sup>3</sup>/h]

oziroma

$$Q_{st^*} = Q_{v,st,M} \quad [\text{kWh}] \quad (396)$$

$Q_{st^*}$  – potrebna energija generatorja vlage [kWh]

#### 9.15.7.3.1

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:

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

#### 9.15.7.3.2

Potrebna dodatna energija (pri ovlaževanju z vodo)

Potrebna dodatna energija pri ovlaževanju z vodo je določena z enačbo

$$W_{st,aux} = \dot{V}_{mech,M} \cdot P_{el,st} \cdot t_{st} \cdot f_{st,h} \quad [\text{kWh}] \quad (398)$$

$W_{st,aux}$  – potrebna dodatna energija pri ovlaževanju

$\dot{V}_{mech,M}$  – povprečni mesečni pretok svežega zraka [m<sup>3</sup>/h]

$P_{el,st}$  – specifična električna moč črpalke [W/(m<sup>3</sup>/h)] (tabela 64)

$f_{st,h}$  – čas delovanja ovlaževanja [h]

$t_{st}$  – faktor obremenitve – vpliv regulacije [-] (tabela 64)

Tabela 64:

Regulacija		Moč $P_{el,st}$ [W/ (m <sup>3</sup> /h)]	Faktor $f_{sth}$ 6 g/kg	Faktor $f_{sth}$ 8 g/kg
Kontakt- ni in nama- kalni	Nere- guliran, regu- lacija z venti- lom	0,01	1	1
Obtočni razpr- šilni	Neregu- liran	0,20	1	1
	Regu- lacija z venti- lom	0,20	1	1
	Taktno (propor- cional- no)	0,20	0,35	0,50
	Regu- lacija vrtljajev	0,20	0,20	0,30
Visoko- tlačni	Regu- lacija vrtljajev	0,04	0,35	0,50

## 9.16 DALJINSKO OGREVANJE

### 9.16.1

#### Toplotne izgube toplotne podpostaje

Toplotne izgube toplotne podpostaje so določene z enačbo

$$Q_{h,DO,i} = H_{DS} \cdot (\theta_{DS} - \theta_i) \cdot \frac{d_M}{365} \quad [\text{kWh}] \quad (399)$$

$Q_{h,DO,i}$  – toplotne izgube podpostaje [kWh]

$H_{DS}$  – faktor [-] (enačba 400)

$\theta_{DS}$  – povprečna temperatura ogrevalnega medija sistema daljinskega ogrevanja [°C] (enačba 401)

$\theta_i$  – 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]

$$\theta_{DS} = D_{DS} \cdot \theta_{prim,DS} + (1 - D_{DS}) \cdot \theta_{sek,DS} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (401)$$

$\theta_{DS}$  – 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 9.4)

Tabela 65:

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:

	Koefficient $B_{DS}$ : razred toplotne izolacije komponent toplotne podpostaje po SIST 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

## 10 SNOVNI PODATKI

### 14. člen (vhodni podatki)

(2) Pri izračunih, kjer so potrebni snovni podatki (vključno s toplotno prevodnostjo) o uporabljenih materialih, se uporabijo podatki o gradbenih proizvodih iz listine o skladnosti za posamezen proizvod v skladu s predpisi, ki urejajo dajanje gradbenih proizvodov v promet. Če teh podatkov ni, se za običajne gradbene proizvode uporabijo podatki iz 10. točke tehnične smernice.

Kadar konkretni podatki o gradbenem materialu niso dostopni in gre za običajne materiale, se pri izračunih uporabijo snovni podatki navedeni v tabeli 1.

Tabela 1

Material	Gostota, $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Specifična toplota, $c$ [J/(kgK)]	Toplotna prevodnost, $\lambda$ [W/(mK)]	Difuzijska upornost vodni pari, $\mu$
I. ZIDOVI				
1. Polna opeka (izvotljenost 0 do 15 %)	1800	920	0,76	12
	1600	920	0,64	9
	1400	920	0,58	7
	1200	920	0,47	5
2. Mrežasta in votla opeka (gostota skupaj z odprtini)	1400	920	0,61	6
	1200	920	0,52	4
3. Porozna opeka	800	920	0,33	2,5
4. Klinker opeka, polna klinker opeka, izvotljena	1900	880	1,05	35
	1700	880	0,79	30
5. Bloki iz elektrofiltrskega pepela	1500	920	0,58	5
	1300	920	0,47	4
6. Silikatna polna opeka	2000	920	1,10	20
	1800	920	0,99	16
	1600	920	0,79	13
7. Silikatna votla opeka (gostota skupaj z odprtini)	1400	920	0,70	7
	1200	920	0,56	4
8. Porolit	1200	920	0,52	4
9. Žlindrin termoblok (gostota skupaj z odprtini)	1600	920	0,64	4
	1400	920	0,58	4
	1200	920	0,52	4

10. Bloki iz porobetona	440	860	0,13	5
	460	860	0,14	5
	500	860	0,16	5
	650	860	0,18	5
11. Bloki iz celičastega betona	800	1050	0,35	7
	600	1050	0,27	5
12. Polni bloki iz lahkega betona	1000	840	0,47	4
	1200	840	0,52	5
	1400	840	0,64	7
	1600	840	0,80	9
13. Betonski bloki z odprtinami v dveh vrstah, iz lahkega betona (gostota brez odprtin)	1000	1050	0,44	2
	1200	1050	0,49	3
	1400	1050	0,56	4
14. Enako kot 13, odprtine v treh vrstah (gostota brez odprtin)	1400	1050	0,49	5
	1600	1050	0,56	6
15. Zid iz naravnega kamna	2000	920	1,16	22
16. Betonski votlaki z odprtinami v treh vrstah (gostota skupaj z odprtinami)	1600	960	0,74	10
17. Porozna opeka			0,22 do 0,35	
II. MALTE				
18. Apnena malta	1600	1050	0,81	10
19. Podaljšana apnena malta	1700	1050	0,85	15
	1800	1050	0,87	20
	1900	1050	0,99	25
20. Cementna malta Cementni estrih	2100	1050	1,40	30
	2200	1050	1,40	30
21. Pigmentna fasadna malta	1850	1050	0,70	15
22. Cementna malta in lateks (sintetični dodatki)	1900	1050	0,70	30
23. Mavčna in apnena mavčna malta Lahka mavčna malta	1500	920	0,70	9
	1000	920	0,47	4
24. Perlitna malta Toplotnoizolacijska malta Mavčna malta na trstiki Mavčna malta na rabi mreži	500	1050	0,13	4
	600	920	0,19	6
	1000	920	0,47	3
	1200	920	0,58	4
III. NARAVNI KAMEN IN ZEMLJA				
25. Granit, gnajs	2600 do 2800	920	3,5	65
26. Gosti apnenec, dolomit, marmor	2600 do 2850	920	2,3 do 3,5	65
27. Peščenec, amorfni apnenec	2 600	920	1,7	50

28. Pesek in drobn gramoz	1500 do 2000	840	1,2 do 1,7	15	
29. Zraščeno zemljišče, humus	1500 do 2000	840	1,5 do 2,6	50	
IV. POLNILA					
30. Pesek, suh	1800	840	0,58	1,4	
31. Gramoz, suh	1700	840	0,81	1,5	
32. Zdrobljena opeka	800	840	0,41	1,3	
33. Zdrobljena pluta	50	840	0,04	1,1	
34. Perlit, nasut	100	840	0,05	1,3	
35. Keramzit, nasut	400	840	0,22	1,3	
36. Oblanci	250	2090	0,09	1,2	
38. Nasuta zemlja (vlažna)	1700	840	2,1		
V. BETONI					
39. Betoni s kamnitimi agregati	2500	960	2,33	90	
	2400	960	2,04	60	
	2200	960	1,51	30	
	2000	960	1,16	22	
	1800	960	0,93	15	
40. Keramzitni betoni	1400	1000	0,58	10	
	1200	1000	0,47	6	
	1000	1000	0,38	4	
	800	1000	0,29	3	
41. Parjeni, celični betoni	800	1050	0,29	7	
	600	1050	0,23	5	
	500	1050	0,19	3	
	400	1050	0,14	2	
42. Beton iz opečnega drobirja	1600	920	0,76	6	
	1400	920	0,58	4	
	1200	920	0,47	3	
43. Beton iz žindre	1600	960	0,76	5	
	1400	960	0,58	4	
	1200	960	0,47	3	
VI. MATERIALI ZA OBLOGE					
44. Azbestne cementne plošče					
	– nestisnjene	1800	960	0,35	20
	– stisnjene, utrjene s paro	2100	960	0,41	50
	– stisnjene, utrjene na zraku	2100	960	0,41	20
– porozne, utrjene s paro	850	960	0,21	5	
45. Mavčne kartonske plošče debeline					
	– do 15 mm	900	840	0,21	12
	– do 18 mm	900	840	0,23	8



46. Polne mavčne plošče	1400	840	0,70	12
	1200	840	0,58	8,5
	1000	840	0,47	6
47. Mavčne plošče s polnili, odprtini ali porozne	800	840	0,35	4
	600	840	0,29	3
48. Klinker ploščice	1900	920	1,05	100
49. Ploščice iz opeke	1800	920	0,79	20
50. Fasadne plošče, glazirane	1800	920	0,92	300
51. Keramične ploščice – stenske, glazirane	1700	920	0,87	200
	2300	920	1,28	200
52. Keramični mozaik – 50 mm x 50 mm – 16 % rege – 20 mm x 20 mm – 21 % rege – 12 mm x 12 mm – 26 % rege				140
	1900	880	0,99	100
				90
53. Stekljeni mozaik – 20 mm x 20 mm – 20 % votlin				
	2300	840	0,70	150
54. Linolej	1200	1880	0,19	500
55. Guma	1000	1 470	0,16	10 000
56. Vnaprej izdelani betonski elementi	2500	960	2,33	90
	2400	960	2,04	70
57. Lahki betonski elementi	1200	920	0,47	10
58. Plošče iz gostih apnencev, dolomita in marmorja Plošče iz peščenjaka	2650 do 2850	880	2,33	65
	2600	880	2,33	50
59. Okensko steklo	2500	840	0,81	10 000
60. Armirano steklo	2600	840	0,44	100 000
61. Votli stekleni bloki	1100	840	0,44	4 000
62. Les – hrast – smreka, bor	700 do 800	2090 do 2510	0,21	40 do 60
	500 do 600	2090	0,14	70
63. Panelne plošče, obstojne v vodi – težke, za zunanje obloge – lažje, za notranje obloge	600	2090	0,12	60
	620	2090	0,13	60
	400	2090	0,08	30
64. Vezane plošče, obstojne v vodi – za notranje obloge	660	2090		100
	550	2090	0,14	60
65. Iverne plošče – trde – mehke	1000	1880	0,12	17
	400	2090	0,058	6
	300	2090	0,052	3

	200	2090	0,047	2
66. Iverne plošče, stisnjene	600	2090	0,099	60
67. Plošče iz lesne volne (izolit, heraklit ipd.)				
– debeline 15 mm	550	2010	0,140	11
– debeline 25 mm	500	1670	0,099	8
– debeline 35 mm	450	1670	0,093	6
– debeline 50 mm	400	1670	0,081	5
68. Papirnate tapete	600	1340	0,15	5
– pralne	700	1340	0,15	10
– plastične	700	1250	0,20	3 000
69. Bitumen	1100	1050	0,17	1 200
70. Asfalt	2100	1050	0,70	2 500
– asfalt, 20 mm	1900	1050	0,70	2 000
71. Bitumenska lepenka	1100	1460	0,19	2 000
72. PVC, homogen	1400	960	0,23	10 000
PVC, na klobučevini	800	960	0,12	3 000
73. Vinil azbestne plošče	950	960	0,16	1 000
74. Preproge				
– napeti tufting	250	1230	0,070	1,5
– lepljeni tufting	270	1230	0,081	10
– iglana lepljena	300	1460	0,090	10
75. Deske za tla	520	1670	0,140	15
76. Parket	700	1670	0,21	15
77. Trde plošče iz lesenih vlaken	900	1670	0,19	70
78. Polietilenske folije	1000	1250	0,19	80 000
79. PVC-folija, mehka	1200	960	0,19	42 000
80. Bitumenski trak z vložkom aluminjske folije debeline				
0,1 mm	900	1460	0,19	100 000
0,2 mm	950	1460	0,19	150 000
81. Bitumenski trakovi, zvarjeni, debeline 5 mm, z aluminjsko folijo 0,2 mm	1000	1460	0,19	140 000
82. Strešna lepenka	1100	1460	0,19	2000
83. Večkratni bitumenski premaz, armiran v eni plasti – 10 mm	1100	1460	0,17	10 000
84. Večplastna bitumenska hidroizolacija debeline 13 do 16 mm	1100	1460	0,19	14 000
Večplastna bitumenska hidroizolacija na perforirani lepenki	1200	1460	0,19	14 000
85. PVC strešni trakovi, mehki	1200	960	0,19	20 000
86. PIB (poliizobutil) trakovi	1600	960	0,26	300 000

87. CR (kloropren-kavčuk) trakovi	1300	1000	0,23	100 000
88. CSM (klorosulfidni polietilen) trakovi	1500	1000	0,30	80 000
89. EPDM (etilen-propilen-kavčuk) trakovi	1200	1040	0,30	100 000
90. Strešniki	1900	880	0,99	40
91. Skrilne plošče	2800	820	2,90	120
92. Azbestne cementne plošče	1800	960	0,35	50
VII. KOVINE				
93. Jeklo	7800	460	53,5	
– lito jeklo	7200	500	46,5	600 000
94. Aluminijska folija debeline 0,10	2700	940	203	600 000
0,15				700 000
0,20				800 000
95. Bakrena folija debeline 0,10	9000	380	380	700 000
0,15				800 000
96. Svinec	11 500	130	35	
97. Cink	7100	390	110	
VIII. TOPLOTNI IZOLATORJI				
98. Steklena volna	14	840	0,038	1
	23	840	0,034	1
	30	840	0,032	1
	60	840	0,032	1
	80	840	0,034	1
99. Kamena volna	30	840	0,038	1
	80	840	0,034	1
	100	840	0,033	1
	160	840	0,037	1
	180	840	0,039	1
100. Steklena pena	145	840	0,056	10 000
101. Pluta, ekspandirana, impregnirana	120	1670	0,041	10
	160	1670	0,044	22
102. Plošče iz prešite trstike	800	1260	0,046	2
103. Plošče iz stiskane slame (stramit)	350	1470	0,098	3
104. Brizgani azbest	400	1670	0,12	38
	600	1670	0,13	40
105. Lesni beton	550	1465	0,14	5
	800	1465	0,24	10
106. Sintetične plošče iz večplastnega poliestra	1400	1590	0,19	50 000
	1500	1090	0,23	50 000

107. Plošče iz akrilne smole	1180	1000	0,19	8 000
108. PVMD in PVC plošče	1400	960	0,21	16 000
109. Polistirenske plošče (v blokih)	15	1260	0,041	25
	20	1260	0,041	35
	25	1260	0,041	40
	30	1260	0,041	45
110. Polistiren, izdelan v kalupih	20	1260	0,041	40
	25	1260	0,041	50
	30	1260	0,041	60
111. Fenolne plošče, rezane iz blokov	40	1260	0,041	35
	60	1260	0,041	40
112. Poliuretanske plošče, izrezane iz blokov	30	1380	0,035	40
	40	1380	0,035	50
113. PVC-plošče	50	1260	0,041	200
114. Urea plošče	15	1260	0,040	3
115 Ekstrudirani polistiren (XPS) do vključno debeline 80 mm z gladko površino do vključno debeline 80 mm z brušeno površino nad debelino 80 mm z gladko površino nad debelino 80 mm z brušeno površino	33	1500	0,035	50
	33	1500	0,035	120
	33	1500	0,038	50
	33	1500	0,038	120
116. Ovčja volna	20	900	0,040	1
117. Kokosova vlakna	100	1600	0,045	1
118. Vlknaste lesne plošče	190	2000	0,045	10
119. Toplotnoizolacijski ometi			0,09 do 0,25	8 do 10
120. Celulozna vlakna	85	1800	0,040	1
121. Bombaž	20	840	0,040	1
122. Perlitne plošče	150	1000	0,060	5
123. Penjeno steklo	140	1100	0,060	∞
124. Poliuretanska pena	15	1500	0,025	30
	80	1500	0,040	100
125. Perlitno nasutje	90	1000	0,055	3

## 11 DODATKI

### Dodatek 1

Tabela 2. Specifične emisije CO<sub>2</sub><sup>[1]</sup> za posamezne vrste energentov

Energent	Na enoto kuriva	Na energijsko enoto
zemeljski plin	1,9 kg/Sm <sup>3</sup>	0,20 kg/kWh
utekočinjeni naftni plin	2,9 kg/kg	0,215 kg/kWh
ekstra lahko kurilno olje	2,6 kg/l	0,265 kg/kWh
lahko kurilno olje	3,2 kg/kg	0,28 kg/kWh
daljinska toplota	0,33 kg/kWh	0,33 kg/kWh*
električna energija	0,53 kg/kWh	0,53 kg/kWh
rjavi premog (domači)	1,5 kg/kg	0,32 kg/kWh
rjavi premog (tuj)	1,88 kg/kg	0,40 kg/kWh
lignit (domači)	1,0 kg/kg	0,33 kg/kWh

<sup>[1]</sup> Podatki se uporabijo v primeru, ko dobavitelj ne poda emisij za svoj vir energenta oziroma energije.

Tabela 3: Faktorji pretvorbe za izračun letne primarne energije za posamezne vrste energentov

Energent	Faktor pretvorbe
Kurilno olje	1,1
Plin	1,1
Premog	1,1
Lesna biomasa	0,1
Električna energija	2,5
Daljinsko ogrevanje brez kogeneracije	1,2
Daljinsko ogrevanje s kogeneracijo	1,0

Letna primarna energija za delovanje stavbe se določi tako, da se letna dovedena energija za delovanje sistemov v stavbi pomnoži s faktorjem pretvorbe, določenim v tabeli 3.

### Dodatek 2

Izvelek iz Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02 in 105/02) o zahtevah notranjega toplotnega okolja

#### 2. Toplotno okolje

##### 11. člen

- (1) Projektirani ali izmerjeni občutek človekovega toplotnega okolja se izrazi skladno z zahtevami standarda SIST ISO 7730, točki 3.1 in 4. Če obleka in aktivnost nista opredeljeni, znašata vrednosti za obleko v povprečju 0,5 clo (0,078 m<sup>2</sup> K/W) v času brez ogrevanja (letnem) in 1,0 clo (0,155 m<sup>2</sup> K/W) v ogrevalnem (zimskem) obdobju pri aktivnosti 1,2 met (sedenje).
- (2) Toplotno okolje mora biti tako, da je indeks PPD manjši od 15 %, indeks PMV pa v mejah -0,7 < PMV < +0,7.

##### 12. člen

- (1) V prostorih mora biti zagotovljena takšna vlažnost zraka, da s svojim neposrednim oziroma posrednim učinkom ne vpliva na ugodje in zdravje ljudi ter ne povzroči nastanka površinske kondenzacije na stenah.
- (2) Pri temperaturi zraka med 20 in 26 °C je območje dopustne relativne vlažnosti med 30 in 70 %.
- (3) V stanovanjskih prostorih je priporočljiva relativna vlažnost zraka pod 60 %, kar zmanjšuje rast alergenih in patogenih organizmov. Pri klimatizaciji prostorov mora biti zagotovljena relativna vlažnost zraka pod 60 %.
- (4) Optimalna občutena temperatura v odvisnosti od aktivnosti in obleke uporabnika prostora se določi skladno s SIST CR 1752, slika A.2, kategorija C.

## 13. člen

- (1) Gibanje zraka v prostoru je pri optimalni občuteni temperaturi dopustno, če je odstotek nezadovoljnih uporabnikov prostora manjši od 25 % – po metodologiji iz standarda SIST CR 1752, točka A.2.4.3.
- (2) Dopustne srednje hitrosti zraka v bivalni coni so podane v SIST CR 1752, slika A.3, kategorija C, v odvisnosti od lokalne temperature zraka v prostoru in intenzitete turbulence. Območje sprejemljivosti srednje hitrosti zraka pri normalnih pogojih predstavlja območje pod ustrezno krivuljo intenzitete turbulence.
- (3) Hitrosti zraka v bivalni coni pri temperaturi zraka prostora, kot je določena s prejšnjim členom, tveganju prepiha 25 % in intenziteti turbulence 40 % se načrtujejo skladno s tabelo 4 pod točko 2 Načrtovana hitrost zraka v prilogi 1 tega pravilnika. Hitrosti zraka ne smejo biti presežene pri normalnem delovanju sistema, presežene so lahko samo pri časovno omejenem intenzivnem prezračevanju.

## 14. člen

- (1) Parametri za toplotno ugodje sedeče osebe v bivalni coni so naslednji:
  1. temperatura zraka:
    - v času brez ogrevanja med 22 °C in 26 °C, priporočljivo 23 °C do 25 °C,
    - v času ogrevanja med 19 °C in 24 °C, priporočljivo 20 °C do 22 °C;
  2. navpična temperaturna razlika zraka med glavo in gležnji za sedečo osebo (med 0,1 m in 1,1 m nad podom) manjša od 3 K, v vseh drugih primerih manjša od 4 K;
  3. površinska temperatura poda med 17 °C in 26 °C, pri sistemu talnega ogrevanja do 29 °C (izjemi sta prostori z nestalno prisotnostjo in prostori s posebno namembnostjo);
  4. pod oziroma talna obloga poda zaradi svojega neposrednega oziroma posrednega vpliva ne sme onesnaževati zraka v prostoru in ne sme vplivati na ugodje in zdravje uporabnikov prostorov;
  5. največja sevalna temperaturna asimetrija:
    - za hladno steno < 13 °C,
    - za toplo steno < 35 °C,
    - za hladen strop < 18 °C,
    - za topel strop < 7 °C.
 Z oblikovanjem stavbe in s senčili je treba v času hlajenja preprečiti vpliv neposrednega sončnega sevanja v bivalni coni;
  6. priporočena srednja hitrost zraka:
    - v času ogrevanja in hlajenja 0,15 m/s,
    - v ostalem času 0,2 m/s.

## 15. člen

- (1) Količina vtoka (zunanjega) zraka se uravnava po dejanskih potrebah obremenjenosti in času zasedenosti z uporabnikom prostora.
- (2) Zaradi varčevanja z energijo se v stavbah ali v delih stavb, ki se prezračujejo mehansko in kjer je volumska izmenjava zraka v bivalni coni ali v celotnem prostoru večja,  $n > 0,7 \text{ h}^{-1}$ , vgradijo naprave za pridobivanje toplote zavrženega ali odtočnega zraka. Naprave za pridobivanje toplote zavrženega ali odtočnega zraka morajo imeti pri projektnih pogojih učinek  $\eta > 65 \%$ , razen:
  - $\eta \geq 50 \%$  pri vgradnji ploščnega prenosnika toplote in toku zraka  $> 15000 \text{ m}^3/\text{h}$ ,
  - $\eta \geq 45 \%$  pri vgradnji ploščnega prenosnika toplote in toku zraka  $\leq 15000 \text{ m}^3/\text{h}$  ali toplotne cevi,
  - $\eta \geq 40 \%$  pri vgradnji lamelnega prenosnika toplote ali če je obratovanje prezračevalne naprave občasno (do 150 ur letno).
- (3) Vgradnja naprave za vračanje toplote ni potrebna pri prezračevanju toka zraka do  $1200 \text{ m}^3/\text{h}$ , v posebnih primerih (npr. vir toksičnih ali eksplozijskih snovi) in v primerih, ko dokazano tega ni mogoče izvesti.
- (4) Regenerativni prenosniki toplote se lahko uporabljajo le v primerih, ko zavrženi ali odtočni zrak ne vsebujeta tobačnega dima ali drugih škodljivih onesnaževalcev.









