



Provedba energetske certifikacije zgrada u RH i regiji

ALGORITAM ZA ODREĐIVANJE ENERGIJSKIH ZAHTJEVA I UČINKOVITOSTI TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA U ZGRADAMA

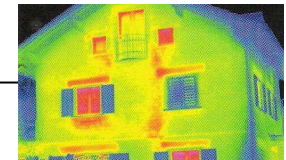
Autori:

Doc.dr.sc. Damir Dović, dipl.ing.

Alan Rodić, mag.ing.mech.

Doc.dr.sc. Vladimir Soldo, dipl.ing.

Prof.dr.sc. Srećko Švaić, dipl.ing.



Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama

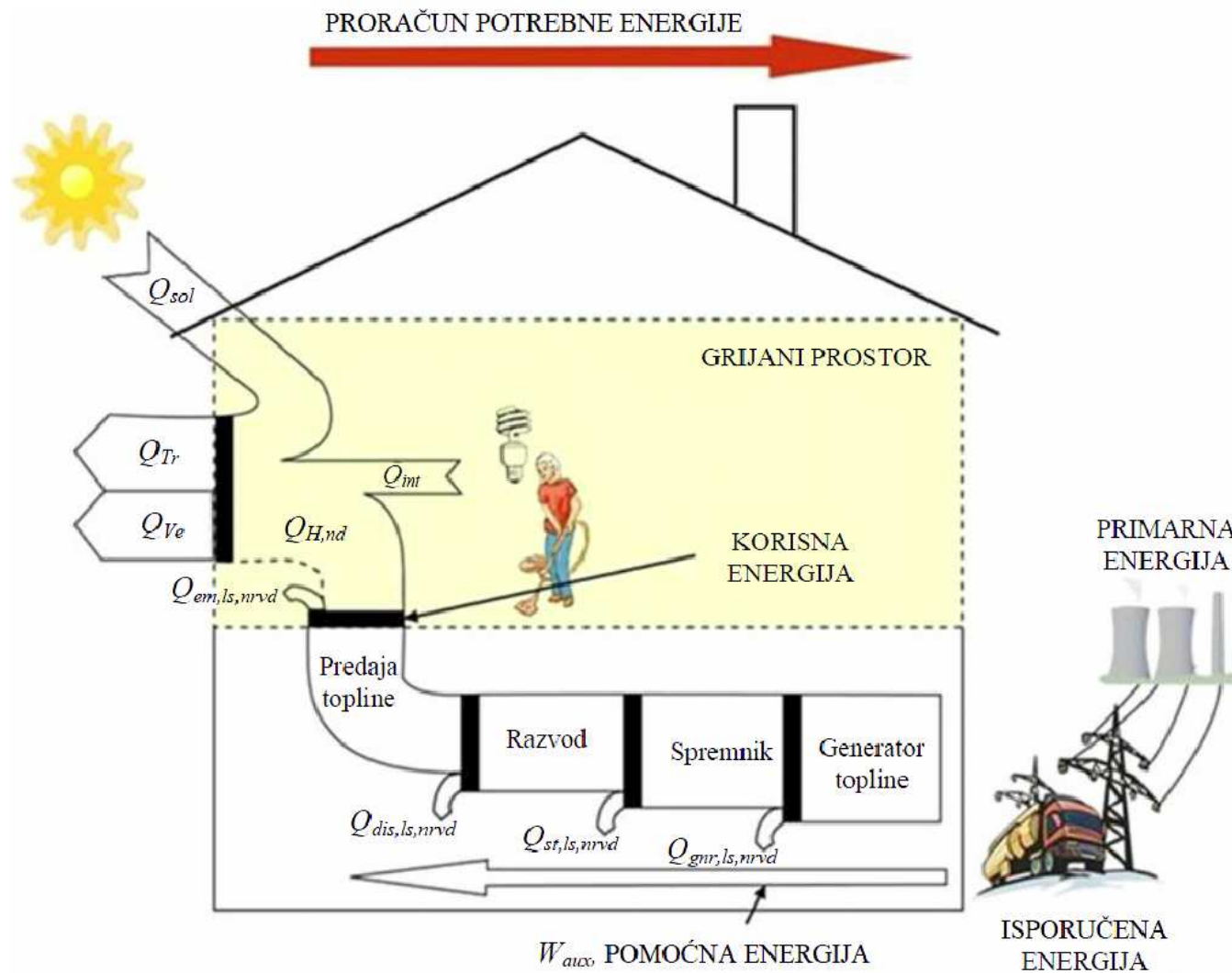
- algoritam se temelji na normama na koje upućuje *Pravilnik o energetsom certificiranju zgrada* (NN br. 36/10) – u skladu s *Direktivom o energetskim svojstvima zgrada 2002/91/EC* i njenom novelacijom, *2010/31/EC*
- *Norme skupine HRN EN 15316 obuhvaćaju*
 - konvencionalne sustave grijanja prostora i pripreme PTV-a
 - sustave s dizalicama topline
 - sunčane toplovodne sustave

Algoritam definira:

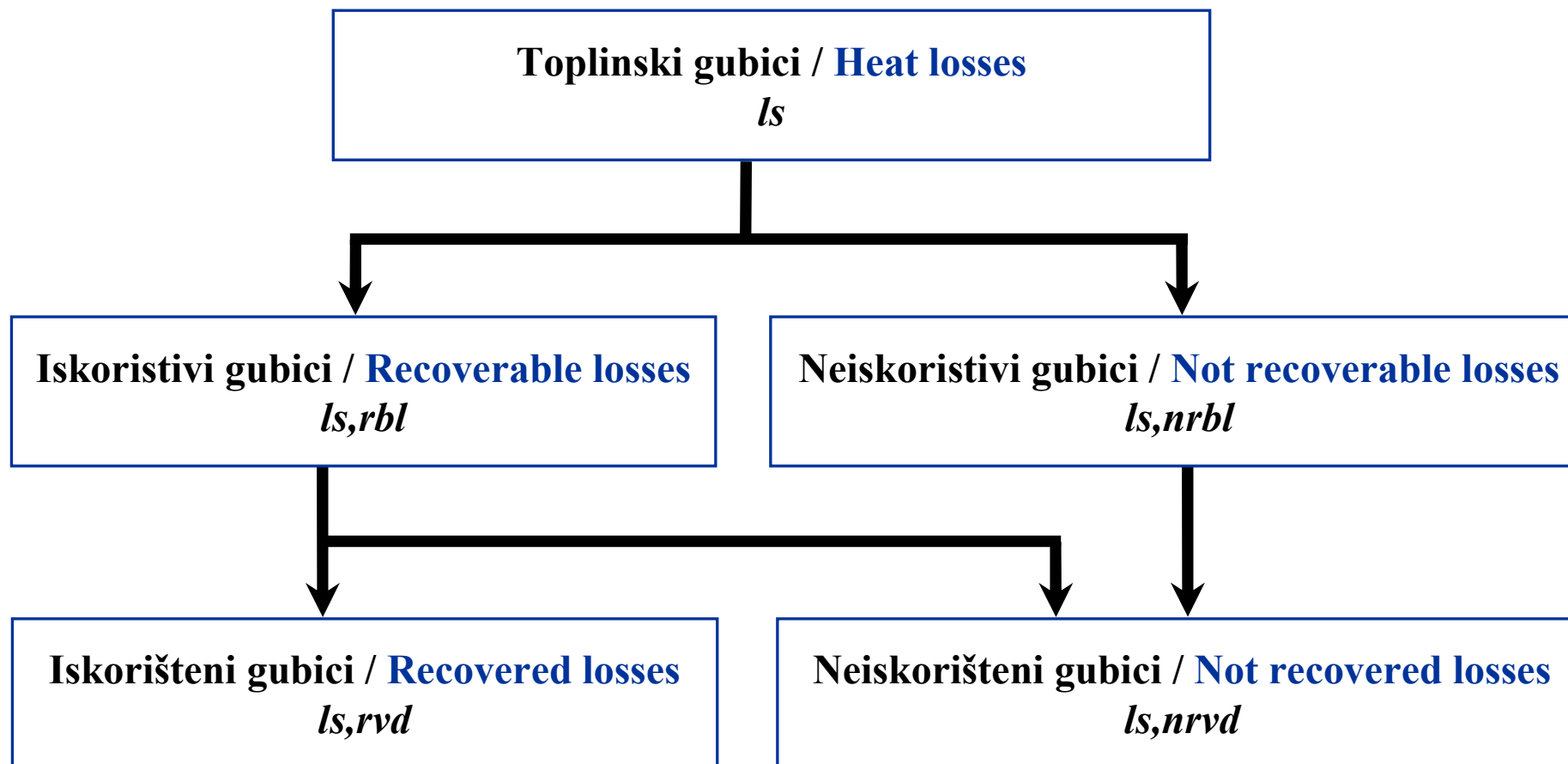
- postupak proračuna isporučene i primarne energije zgrade za zadani $Q_{H,nd}$
- postupak ispunjavanja en. certifikata temeljem izlaznih veličina

Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama

KONCEPT



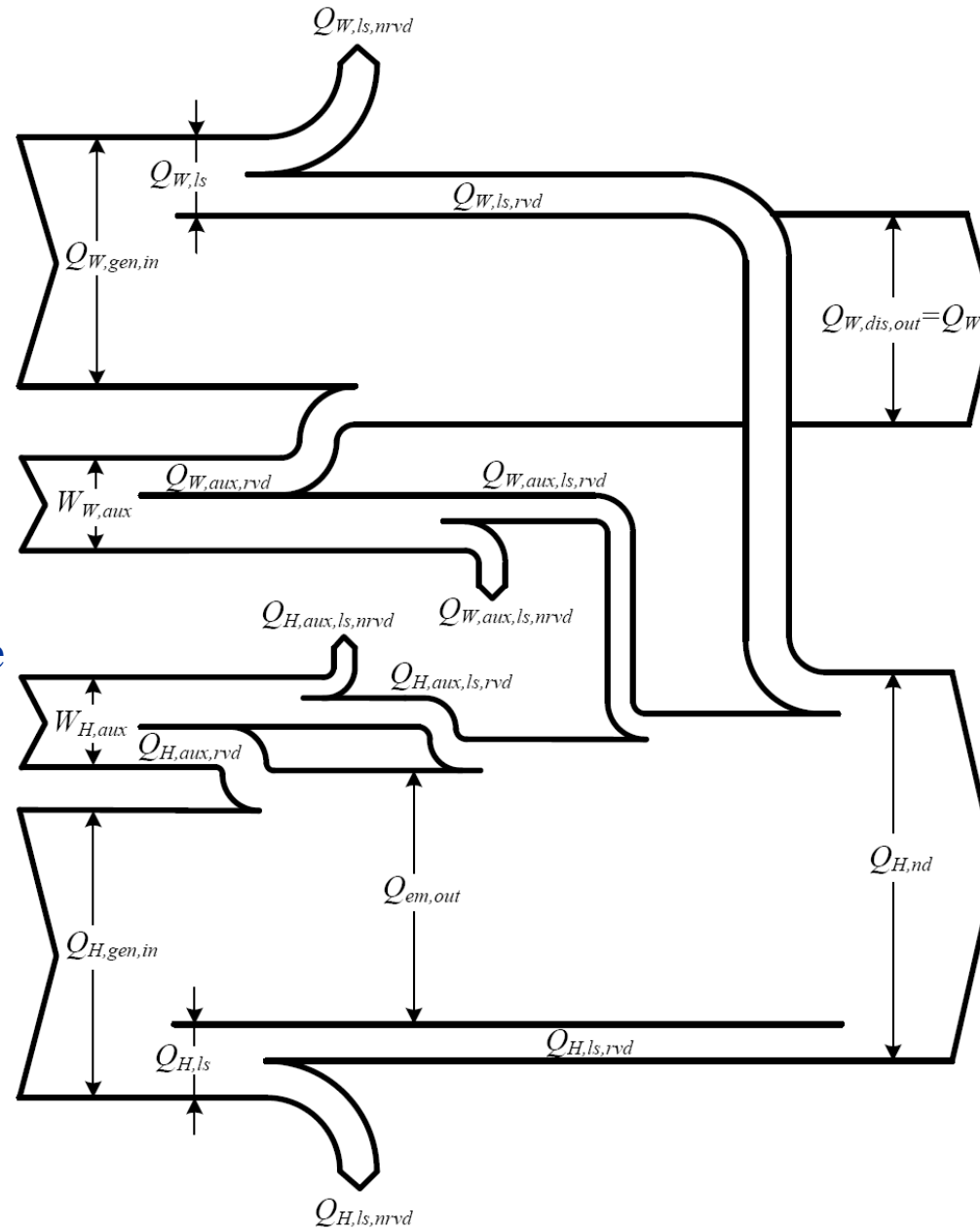
Podjela toplinskih gubitaka (prema HRN EN 15316-1 i HRN EN 15306)



Energetski tokovi u termotehničkom sustavu za grijanje i pripremu PTV-a

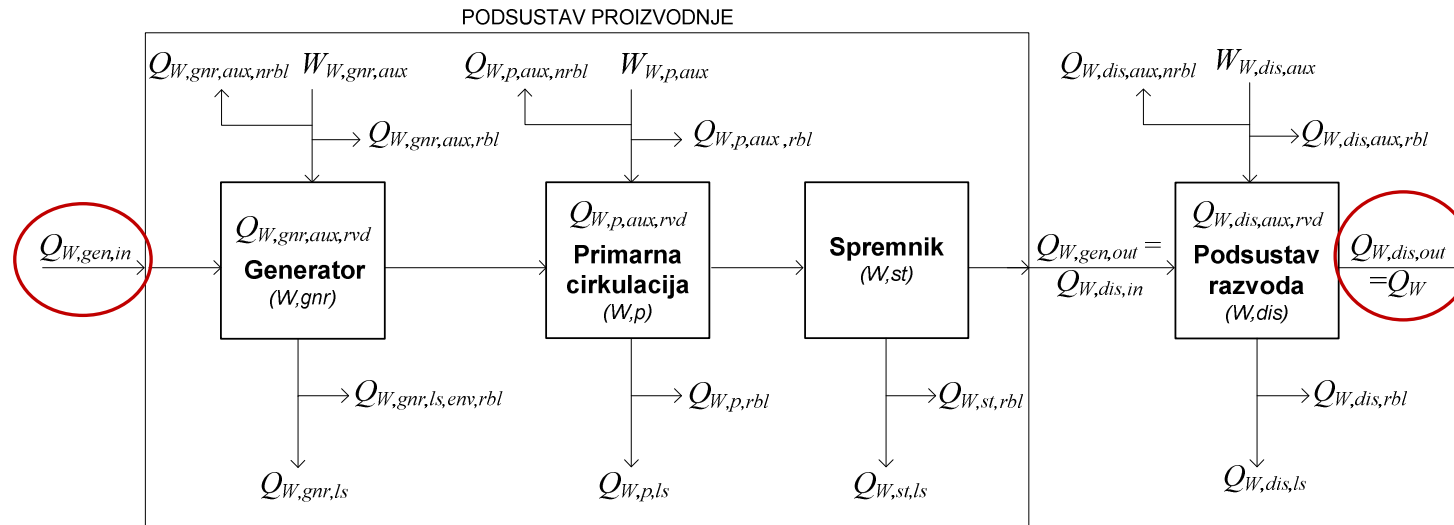
PTV

Grijanje

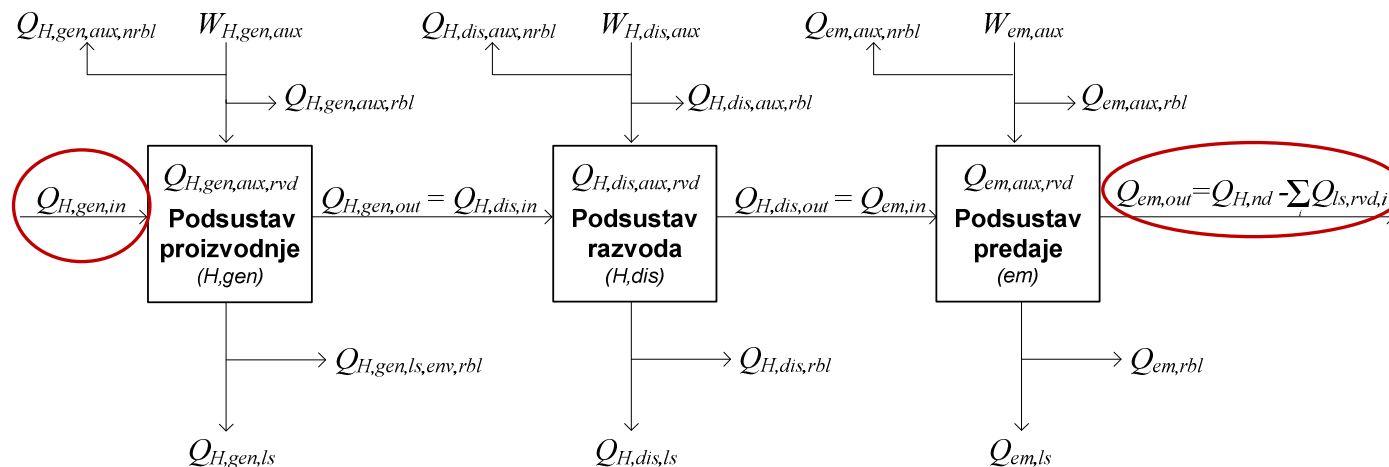


Podjela termotehničkog sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode (PTV) na podsustave s prikazom ulazno/izlaznih veličina

PRIPREMA PTV-a



GRIJANJE



Period proračuna

- proračun je moguće provesti na godišnjoj, sezonskoj, mjesečnoj ili dnevnoj razini,
- u slučaju sunčanih sustava i dizalica topline proračun se može provesti jedino na razini mjeseca i sati tijekom godine, respektivno.
- u energetske certifikat zgrade unose se kumulativne vrijednosti dobivene proračunom na mjesečnoj razini.
- ukupan broj dana sezone grijanja određuje se prema HRN EN 13790 (točka 7.4.1).

-NAPOMENA: Za brzi orijentacijski proračun u sklopu postupka pronalaženja optimalnih mjera poboljšanja, preporuča se provesti proračun na sezonskoj razini (npr. za sezonu grijanja $d=205$ dana, za period izvan sezone grijanja $d=160$ dana).

Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama

- **Potrebna toplinska energija za grijanje, $Q_{H,nd}$ definirana je prema:**

$$Q_{H,nd} = (Q_{Tr} + Q_{Ve}) - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad [\text{kWh}] \quad \text{HRN EN 13790, HRN EN 15316-2-1}$$

gdje je,

Q_{Tr} – transmisijski toplinski gubici (kWh);

Q_{Ve} – ventilacijski toplinski gubici (kWh);

$\eta_{H,gn}$ – stupanj iskorištenja toplinskih dobitaka ili gubitaka (-), prema HRN EN 13790;

$Q_{H,gn}$ – toplinski dobitci od ljudi, uređaja, rasvjete i sunčevog zračenja (kWh).

- **Ulazna veličina je toplinska energija $Q_{em,out}$ koju je ogrjevnim tijelima potrebno isporučiti u grijani prostor, a računa se iterativno prema:**

$$Q_{em,out} = Q_{H,nd} - \sum Q_{ls,rvd,i} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{temeljem 6.1.3 iz HRN EN 15603})$$

gdje je,

$\sum Q_{ls,rvd,i}$ - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka sustava grijanja i pripreme PTV (kWh);

$$Q_{ls,rvd,i} = \eta_{rvd} \cdot Q_{rbl,i} \quad [\text{kWh}] \quad (\text{temeljem 6.1.3 iz HRN EN 15603})$$

• **HOLISTIČKI PRISTUP (HRN EN 15603)** - početni uvjet $Q_{em,out} = Q_{H,nd} \rightarrow$ računa se $\sum Q_{ls,rbl,i}$

• u narednim koracima se $Q_{em,out}$ računa prema gornjoj jednadžbi dok razlika vrijednosti iz posljednja dva koraka $< 1\%$

* stupanj iskorištenja iskoristivih gubitaka:

$$\eta_{rvd} = 0,8 \cdot \eta_{H,gn}$$

Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama

- **Iskorištena (vraćena) pomoćna energija, $Q_{aux,rvd}$ načelno je definirana prema:**

$$Q_{aux,rvd} = A \cdot W_{aux} \quad [\text{kWh}]$$

gdje je,

A – udio vraćene pomoćne energije radnom mediju, karakterističan za pojedini podsustav (-);

W_{aux} – potrebna pomoćna energija za pojedini podsustav (kWh);

- **Općenito, toplinska energija na ulazu u pojedini podsustav računa se kao**

$$Q_{in} = Q_{out} - Q_{aux,rvd} + Q_{ls} \quad [\text{kWh}]$$

gdje je,

Q_{in} – toplinska energija koju je potrebno isporučiti u promatrani podsustav (kWh);

Q_{out} – toplinska energija na izlazu iz promatranog podsustava koja se isporučuje u drugi podsustav, ili u prostor ako se radi o podsustavu predaje topline (kWh);

$Q_{aux,rvd}$ – vraćena pomoćna energija, putem radnog medija, u promatrani podsustav (kWh);

Q_{ls} – ukupni toplinski gubici promatranog podsustava (kWh).

Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama

- **Isporučena energija, $E_{H(W),del}$ definirana je za sustav grijanja ili pripremu PTV-a (s jednim generatorom topline) prema:**

$$E_{H(W),del} = Q_{H(W),gen,in} + (W_{em,aux} + W_{H(W),dis,aux} + W_{H(W),gen,aux}) \quad [\text{kWh}]$$

gdje je,

$Q_{H(W),gen,in}$ – energija isporučena generatoru topline (kWh);

$W_{em,aux}$ – energija potrebna za pogon pomoćnih uređaja podsustava predaje (kWh);

$W_{H(W),dis,aux}$ – energija potrebna za pogon pomoćnih uređaja podsustava distribucije (kWh);

$W_{H(W),gen,aux}$ – energija potrebna za pogon pomoćnih uređaja podsustava proizvodnje (kWh);

- **Ukupna isporučena energija, E_{del} za termotehnički sustav zgrade računa se prema:**

$$E_{del} = E_{H,del} + E_{W,del} \quad [\text{kWh}]$$

Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama

- **Potrebna primarna energija, $E_{H(W),prim}$ definirana je za sustav grijanja ili pripremu PTV-a (s jednim generatorom topline) prema:**

$$E_{H(W),prim} = Q_{H(W),gen,in} \cdot f_{p,i} + (W_{em,aux} + W_{H(W),dis,aux} + W_{H(W),gen,aux}) \cdot f_{p,el} \quad [\text{kWh}]$$

gdje je,

$f_{p,i}$ – faktor primarne energije za promatrani izvor energije (-);

$f_{p,el}$ – faktor primarne energije za električnu energiju (-).

- **Ukupna primarna energija, E_{prim} za termotehnički sustav zgrade računa se prema:**

$$E_{prim} = E_{H,prim} + E_{W,prim} \quad [\text{kWh}]$$

Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama

PRIMJER PRORAČUNA

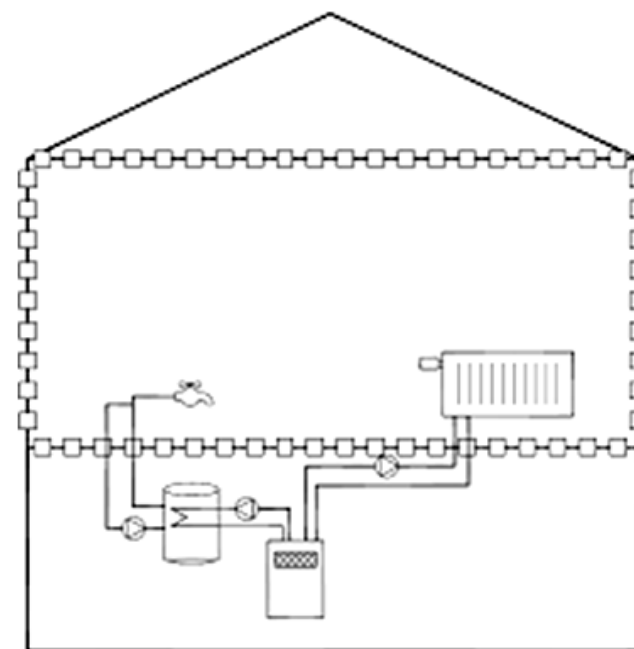
- **Analiziran je termotehnički sustav za grijanje prostora i pripremu PTV-a u stambenoj zgradi**

Karakteristike promatrane zgrade:

- dvokatnica, s korisnom površinom $A_k=150 \text{ m}^2$
- smještaj u kontinentalnoj klimatskoj zoni

Karakteristike promatranog termotehničkog sustava:

- plinski toplovodni kotao nazivne snage 30 kW
- indirektno grijani spremnik PTV-a volumena 150 L
- cirkulacijska petlja PTV-a
- radijatori u temperaturnom režimu rada $70/55^\circ\text{C}$



Pojednostavljeni shematski prikaz analiziranog termotehničkog sustava

Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama

Pregled svih izlaznih veličina iz proračuna potrebnih za proračun primarne energije

	Sezona grijanja, kWh	Izvan sezone grijanja, kWh	Ukupno kWh/a
Podsustav predaje, grijanje			
$Q_{em,out} = Q_{H,nd} - \sum_i Q_{ls,rvd,i}$	23480		23480
$Q_{em,ls}$	3483		3483
$W_{em,aux}$	5		5
$Q_{em,aux,rvd}$	0		0
$Q_{em,aux,rbl}$	5		
$Q_{em,in}$	26962		26962
Podsustav razvoda, grijanje			
$Q_{H,dis,out} = Q_{em,in}$	26962		26962
$Q_{H,dis,ls}$	1293		1293
$Q_{H,dis,rbl}$	1143		1143
$W_{H,dis,aux}$	220		220
$Q_{H,dis,aux,rvd}$	165		165
$Q_{H,dis,aux,rbl}$	27		27
$Q_{H,dis,in}$	28090		28090
Podsustav razvoda, PTV			
$Q_{W,dis,out} = Q_W$	1027	848	1875
$Q_{W,dis,ls}$	113	93	206
$Q_{W,dis,ls,col}$	1768	1458	3226
$Q_{W,dis,rbl}$	1858	0	1858
$W_{W,dis,aux}$	31	26	57
$Q_{W,dis,aux,rvd}$	23	19	43
$Q_{W,dis,aux,rbl}$	4	0	4
$Q_{W,dis,in}$	2885	2380	5264


Podsustav proizvodnje, grijanje			
$Q_{H,gen,out} = Q_{H,dis,in}$	28090		28090
$Q_{H,gen,ls}$	10010		10010
$Q_{H,gen,ls,em,rbl}$	1131		1131
$W_{H,gen,aux}$	63		63
$Q_{H,gen,aux,rvd}$	47		47
$Q_{H,gen,aux,rbl}$	11		11
$Q_{H,gen,in}$	38054		38054
$Q_{HW,in}$	41377	5099	46476
Podsustav proizvodnje, PTV			
$Q_{W,gen,out} = Q_{W,dis,in}$	2885	2380	5264
$Q_{W,st,ls}$	446	316	762
$Q_{W,st,rbl}$	223	0	223
$Q_{W,p,ls}$	4	3	7
$Q_{W,p,rbl}$	2	0	2
$Q_{W,gnr,ls}$	0	2453	2453
$Q_{W,gnr,ls,em,rbl}$	0	0	0
$W_{W,p,aux}$	13	11	23
$W_{W,gnr,aux}$	0	59	59
$W_{W,gen,aux}$	13	70	83
$Q_{W,p,aux,rvd}$	10	8	19
$Q_{W,gnr,aux,rvd}$	0	44	44
$Q_{W,gen,aux,rvd}$	10	53	63
$Q_{W,p,aux,rbl}$	1	0	1
$Q_{W,gnr,aux,rbl}$	0	0	0
$Q_{W,gen,aux,rbl}$	1	0	1
$Q_{W,gen,in}$	3324	5099	8423

Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama

Pregled rezultata proračuna za sezonu grijanja i izvan sezone grijanja

	Sezona grijanja, kWh	Izvan sezone grijanja, kWh	Ukupno kWh/a	Grijanje, kWh/a	PTV, kWh/a
Ukupna toplinska potreba, $Q_{H,nd} + Q_W$ ($Q_{H,nd}$ ili Q_W)	28027	848	28875	27000	1875
Ukupni toplinski gubici, $\Sigma Q_{ls,i}$	17116	4324	21440	14786	6654
Iskoristivi toplinski gubici, $\Sigma Q_{ls,rbl,i}$	4357	0	4357	2274	2083
Vraćena pomoćna energija, $\Sigma Q_{aux,rvd,i}$	246	72	318	212	106
Iskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja, $\Sigma Q_{aux,rbl,i}$	44	0	44	38	5
Iskorišteni toplinski gubici, $\Sigma Q_{ls,rvd,i}$	3520	0	3520	1850	1670
Pomoćna energija, $\Sigma W_{aux,i}$	331	96	427	287	140
Isporučena toplinska energija generatorima, $Q_{gen,in}$	41377	5099	46477	38054	8423
Isporučena energija, E_{del}	41709	5195	46904	38341	8563
Primarna energija, E_{prim}	46510	5896	52406	42721	9685
Koeficijent utroška primarne energije, e_p (primarna/toplinska potreba)	1,66	6,96	1,81	1,58	5,17

Energetski certifikat zgrade

 <p>prema Direktivi 2002/91/EC</p>	Zgrada <input checked="" type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća		
	Vrsta zgrade		
	K.č. k.o.		
	Adresa		
	Mjesto		
	Vlasnik / investitor		
	Izvođač		
	Godina izgradnje		
	Energetski certifikat za stambene zgrade	$Q''_{H,nd,ref}$ kWh/(m ² a)	Izračun 180
		A+	≤ 15
A		≤ 25	
B		≤ 50	
C		≤ 100	
D		≤ 150	
E		≤ 200	
F		≤ 250	
G		> 250	
Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat			
Ovlaštena fizička osoba			
Ovlaštena pravna osoba			
Imenovana osoba			
Registarski broj ovlaštene osobe			
Broj energetskog certifikata			
Datum izdavanja/rok važenja			
Potpis			
Podaci o zgradi			
A_K [m ²]	150		
V_e [m ³]	467		
f_0 [m ⁻¹]	0,76		
$H''_{tr,adj}$ [W/(m ² K)]	0,95		

Energetski certifikat zgrade

Klimatski podatci	
Klimatski podaci (kontinentalna ili primorska Hrvatska)	kontinentalna
Broj stupanj dana grijanja SD [Kd/a]	3083
Broj dana sezone grijanja Z [d]	200
Srednja vanjska temperatura u sezoni grijanja θ_e [°C]	5,3
Unutarnja projektna temperatura u sezoni grijanja θ_i [°C]	21



Podaci o termotehničkim sustavima zgrade	
Način grijanja zgrade (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor)	centralno
Izvori energije koji se koriste za grijanje i pripremu potrošne tople vode	standardni plinski toplovodni kotao 30 kW s ind. grijan. spremnikom 150 Lit + radijatori + cirkulac. PTV
Način hlađenja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor)	
Izvori energije koji se koriste za hlađenje	
Vrsta ventilacije (prirodna, prisilna bez ili s povratom topline)	prirodna
Vrsta i način korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije	
Udio obnovljivih izvora energije u potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje [%]	

	Za referentne klimatske podatke		Za stvarne klimatske podatke		Zahtjev	
	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]	Dopušteno [kWh/(m ² a)]	Ispunjeno DA / NE
$Q_{H,nd}$	27000	180			80	
Q_W	1875	13				
$Q_{H,js}$	12936	86				
$Q_{W,js}$	4983	33				
Q_H	46794	312,0				
E_{od}	46904	312,7				
E_{optm}	52406	349				
CO ₂ [kg/a]	9522					

Objašnjenje:

obvezna ispunjena

ispunjava se opcijski

ZAKLJUČAK

- veliki broj ulaznih veličina
- iterativna struktura proračuna
- proračun je moguće provesti pomoću tabličnog kalkulatora
- potrebno je još izraditi i algoritme za proračun $Q_{H,nd}$ i $Q_{C,nd}$ (HRN EN 13790) te energijskih zahtjeva i učinkovitosti sljedećih sustava:

- sustavi mehaničke ventilacije i klimatizacije
- kogeneracijski sustavi
- sustavi daljinskog/blokovskog grijanja
- PV sustavi

HVALA NA PAŽNJI !

www.fsb.hr/encert

ddovic@fsb.hr