



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

4.4. PRORAČUN TOPLINSKE ENERGIJE ZA GRIJANJE I PRIPREMU POTROŠNE TOPLE VODE

poglavlja 4.4.5.-4.4.12. i 4.4.14.

mr.sc. Luka Čarapović, dipl. ing. stroj.
ENERGO PROJEKT d.o.o. Slavonski Brod
mobil. 098/263399
e-mail: luka.carapovic@gmail.com

SVEUČILIŠTE
JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU



JOSIP JURAJ STROSSMAYER
UNIVERSITY OF OSIJEK

SADRŽAJ PREDAVANJA

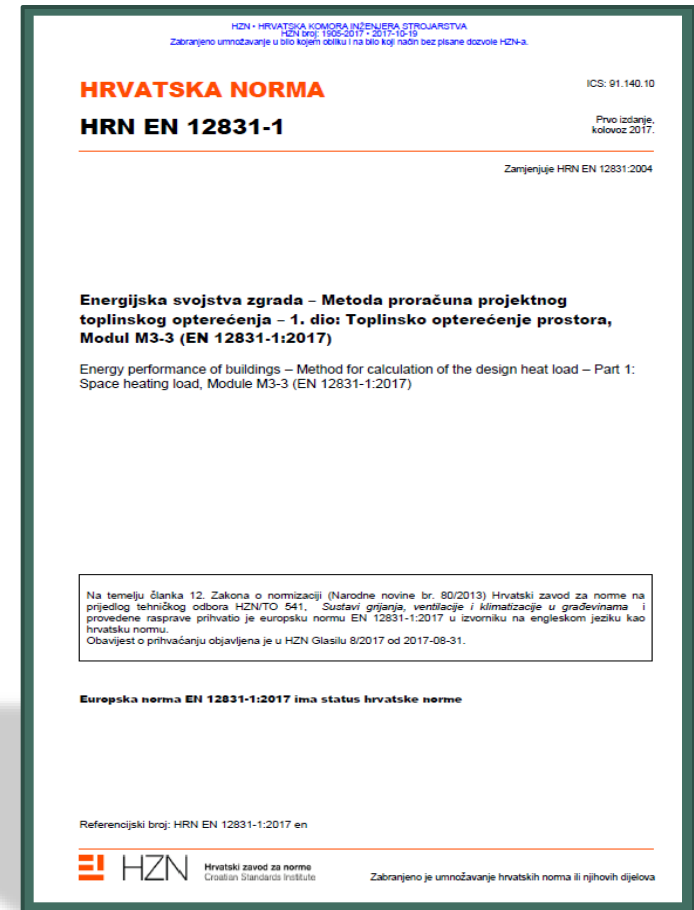
- **4.4. Proračun toplinske energije za grijanje i pripremu tople vode u zgradarstvu**
- 4.4.5. Računski programi i metodologija proračuna gubitka topline
prema normi HRN EN 12 831:2017
- 4.4.6. Godišnja potrebna toplinska energija za zagrijavanje potrošne tople vode Q_w [kWh/a]
prema HRN EN 15316-3-1:2007
- 4.4.7. Godišnji toplinski gubici sustava grijanja $Q_{H,ls}$ [kWh/a]
prema HRN EN 15316:2007
- 4.4.8. Godišnji toplinski gubici sustava za zagrijavanje potrošne tople vode $Q_{w,ls}$ [kWh/a]
prema HRN EN 15316:2007
- 4.4.9. Godišnja isporučena energija zgradi E_{del} [kWh/a]
prema HRN EN 15316:2007, HRN EN 15241:2007, HRN EN 15243:2007
- 4.4.10. Godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/a]
- 4.4.11. Godišnja emisija CO_2 [kg/a]
- 4.4.12. Godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/a]
prema HRN EN ISO 13790:2008, HRN EN 15241:2007, HRN EN 15243:2007
- 4.4.14. Godišnja potrebna energija za pogon pomoćnih sustava (pumpe, regulacija i sl.) Q_{aux} [kWh/a]
prema HRN EN 15316:2007, HRN EN 15241:2007, HRN EN 15243:2007

■ Računski programi i metodologija proračuna gubitaka topline prema normi HRN EN 12831:2017

Norma HRN EN 12831: 2017

Energijska svojstva zgrada - Metoda proračuna projektnog toplinskog opterećenja – 1. dio: Toplinsko opterećenje prostora, Modul M3-3

- **Određivanje nazivne snage uređaja termotehničkih sustava, odnosno za odabir opreme**



Norma HRN EN 12831 donosi:

- metodologiju proračuna projektnog toplinskog opterećenja **za pojedinačne prostore, dijelove zgrada i cijele zgrade**, gdje je projektno toplinsko opterećenje određeno kao toplinska energija potrebna za održavanje zahtijevane unutarnje projektne temperature pod određenim projektnim vanjskim uvjetima
- norma sadrži jednu **standardnu metodu (proračun)** i dvije **pojednostavljene metode (proračun)**

Posebna napomena:

Standardna metoda je za kompletan pristup, a pojednostavljene metode ograničene su na određene slučajeve primjene i granične uvjete.

Tablica 1 – Pozicija ove norme, unutar strukture seta EPB normi

Overarching		Building (as such)		Technical Building Systems										
Sub module	Descriptions		Descriptions		Descriptions	Heating	Cooling	Ventilation	Humidification	Dehumidification	Domestic Hot water	Lighting	Building automation and control	Electricity production
sub1		M1		M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
1	General		General		General	15316-1					15316-1			
2	Common terms and definitions; symbols, units and subscripts		Building Energy Needs		Needs						12831-3			
3	Applications		(Free) Indoor Conditions without Systems		Maximum Load and	12831-1					12831-3			
4	Ways to Express Energy Performance		Ways to Express Energy Performance		Ways to Express Energy Performance	15316-1					15316-1			
5	Building categories and Building Boundaries		Heat Transfer by Transmission		Emission and control	15316-2	15316-2							
6	Building Occupancy and Operating Conditions		Heat Transfer by Infiltration and Ventilation		Distribution and control	15316-3	15316-3				15316-3			

Overarching		Building (as such)		Technical Building Systems										
Sub module	Descriptions		Descriptions		Descriptions	Heating	Cooling	Ventilation	Humidification	Dehumidification	Domestic Hot water	Lighting	Building automation and control	Electricity production
sub1		M1		M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
7	Aggregation of Energy Services and Energy Carriers		Internal Heat Gains		Storage and control	15316-5					15316-5 15316-4-3			
8	Building zoning		Solar Heat Gains		Generation									
8-1					Combustion boilers	15316-4-1					15316-4-1			
8-2					Heat pumps	15316-4-2	15316-4-2				15316-4-2			
8-3					Thermal solar Photovoltaics	15316-4-3					15316-4-3			15316-4-3
8-4					On-site cogeneration	15316-4-4					15316-4-4			15316-4-4
8-5					District heating and cooling	15316-4-5	15316-4-5							15316-4-5
8-6					Direct electrical heater	15316-4-8					15316-4-8			
8-7					Wind turbines									15316-4-10
8-8					Radiant heating, stoves	15316-4-8								

	Overarching		Building (as such)		Technical Building Systems									
Sub module	Descriptions		Descriptions		Descriptions	Heating	Cooling	Ventilation	Humidification	Dehumidification	Domestic Hot water	Lighting	Building automation and control	Electricity production
sub1		M1		M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
9	Calculated Energy Performance		Building Dynamics (thermal mass)		Load dispatching and operating conditions									
10	Measured Energy Performance		Measured Energy Performance		Measured Energy Performance	15378-3					15378-3			
11	Inspection		Inspection		Inspection	15378-1					15378-1			
12	Ways to Express Indoor Comfort			-	BMS									
13	External Environment Conditions													
14	Economic Calculation	15459-1												
NOTE The shaded modules are not applicable.														

Norma HRN EN 12831

1. Standardna metoda

Primjena:

-za kompletan pristup

-dimenzioniranje komponenti sustava grijanja u:

novim zgradama,

značajnim rekonstrukcijama.

2. Pojednostavljena metoda proračuna projektnog toplinskog opterećenja za grijanje jednog prostora

Primjena:

– za određivanje toplinskog opterećenja pojedinačnog prostora

- predaja topline (npr. radijatori)

- hidrauličko uravnoteženje

Norma HRN EN 12831

...

3. Pojednostavljena metoda za proračun projektnog toplinskog opterećenja grijane zgrade

– za određivanje toplinskog opterećenja podsustav proizvodnje (toplinski generator – izvor topline), npr. generator topline

Pojednostavljene metode su primjenjive za prostore:

- 1) Stambene zgrade ili zgrade slične namjene
- 2) Postojeće zgrade / postojeći stambeni fond
- 3) Zgrade s prirodnom ventilacijom

OSNOVNI POJMOVI TERMODINAMIKE

- TOPLINSKI GUBICI – odvedena toplina iz grijanog prostora
- TOPLINSKI DOBICI – dovedena toplina i izvori topline u prostoru
- GRIJANJE – prijenos toplinske energije prostoru (zraku) uzrokovan temperaturnom razlikom između izvora topline i prostora (zraka)
- PRIJENOS OSJETNE TOPLINE – očituje se u promjeni (porastu) temperature zraka.

Općenito, zgrada je u toplinskoj ravnoteži ukoliko vrijedi:

$$\text{TOPLINA ZA GRIJANJE} + \text{TOPLINSKI DOBICI} = \text{TOPLINSKI GUBICI}$$

0

U PRAKSI: kad se računa **projektni toplinski učinak** za grijanje zgrade zanemaruju se toplinski dobici tijekom zime → toplinski učinak sustava grijanja odgovara proračunatim toplinskim gubicima zgrade!

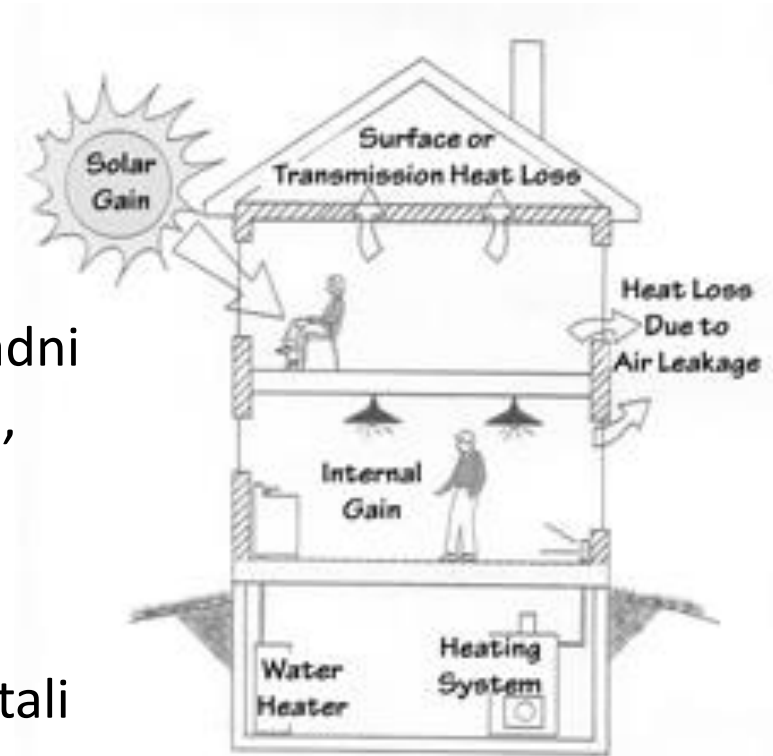
OSNOVNI POJMOVI

TOPLINSKI GUBICI:

- **transmisijski gubici** - prolaz topline iz prostora prema vanjskom okolišu kroz zidove, strop, pod, prozore, vrata, itd.
- **gubici uslijed ventilacije/infiltracije** - hladni vanjski zrak prodire kroz otvore na fasadi, zazoru ili kroz otvorena vrata i prozore i hladi prostor.

TOPLINSKI DOBICI:

- unutarnji izvori - rasvjeta, električni i ostali uređaji, strojevi, osobe
- vanjski izvori - sunčevo zračenje



-TOPLINSKI DOBICI – dovedena toplota i izvori topline u prostoru

1. Unutrašnji izvori topline Q_i

$$Q_i = Q_p + Q_M + Q_E + Q_R$$

Q_p – toplota koju odaju ljudi, [W]

Q_M – toplota koju odaju različiti električni uređaji, [W]

Q_E – dobitak topline od rasvjete, [W]

Q_R – dobitak topline od susjednih prostorija, [W]

Toplina koju odaju ljudi Q_p

$$Q_p = N \cdot Q_{ukupna}$$

N – broj osoba, [-]

Q_{ukupna} – ukupna toplota (osjetna+latentna) koju odaje jedna osoba, [W],

Toplina koju odaju ljudi Q_p (VDI 2078)

		[°C]	18	20	22	23	24	25	26
Ljudi koji <u>ne</u> vrše fizički rad	$Q_{osjetna}$	[W]	100	95	90	85	75	75	70
	$Q_{latentna}$	[W]	25	25	30	35	40	40	45
	Q_{ukupna}	[W]	125	120	120	120	115	115	115
	od.v.p.*	[g/h]	35	35	40	50	60	60	65
Srednje težak rad	Q_{ukupna}	[W]	270	270	270	270	270	270	270
	$Q_{osjetna}$	[W]	155	140	120	115	110	105	95

* odavanje vodene pare, [g/h]

Toplina koju odaju različiti električni uređaji Q_M (VDI 3804)

Električni uređaj	Priključna vrijednost [W]	Trajanje upotrebe [min/h]	Voda [g/h]	Odavanje topline	
				osjetna [W]	ukupna [W]
Računalo (PC)	100..150	60	–	40..50	80..100
Printer	20..30	15	–	5..7	5..7
Ploter	20..60	15	–	5..15	5..15
Električni štednjak	3000	60	2100	1450	3000
	5000	60	3600	2500	5000
Usisavač	200	15	–	50	50
Perilica rublja	3000	60	2100	1450	3000
	6000	60	4200	2900	6000
Centrifuga za rublje	100	10	–	15	15
Hladnjak	100	60	–	300	300
	175	60	–	500	500
Pegla	500	60	400	230	500
Radio	40	60	–	40	40
Televizor	175	60	–	175	175
Aparat za kavu	500	30	100	180	250
	3000	30	500	1200	1500
Toaster	500	30	70	200	250
	2000	30	300	800	1000
Sušilo za kosu-fen	500	30	120	175	250
	1000	30	240	350	500

TRANSMISIJSKI TOPLINSKI GUBICI

Transmisijski gubici (konvekcija + provođenje) u stacionarnom stanju kroz dio ovojnice grijanog dijela zgrade izložen vanjskom okolišu:

$$\phi_T = UA(\theta_i - \theta_e) \quad [W]$$

U – koeficijent prolaska topline, $W/(m^2K)$

A – površina, m^2

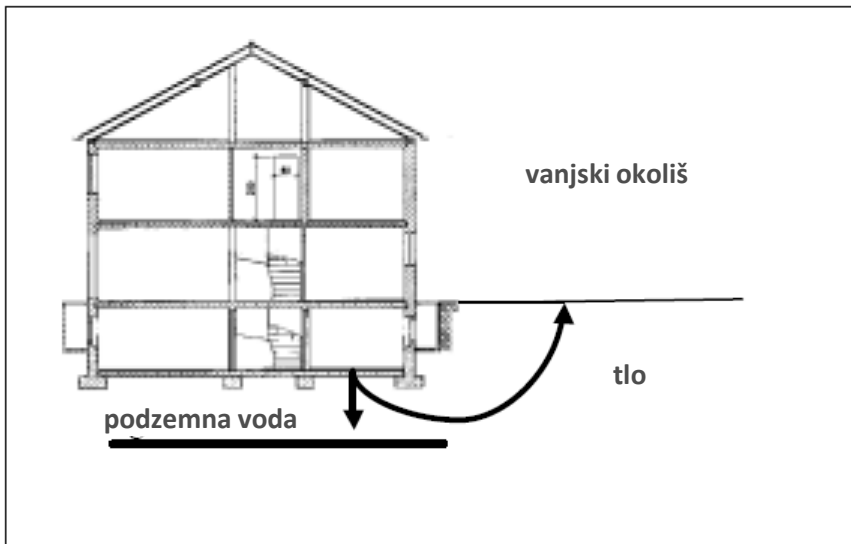
θ_i – temperatura prostora, $^{\circ}C$

θ_e – temperatura vanjskog okoliša, $^{\circ}C$

- gornji izraz vrijedi za zidove, podove, stropove, vrata, prozore, itd.

TRANSMISIJSKI TOPLINSKI GUBICI

- postupak je različit kada se proračunavaju zidovi i podovi u dodiru s tlom, npr. za podrum:



Toplinski tok:

- 1) prema podzemnoj vodi
- 2) kroz tlo prema vanjskom okolišu

- detaljan proračun prema normi EN ISO 13370.

VENTILACIJSKI TOPLINSKI GUBICI

- toplinski tok potreban za zagrijavanje hladnog vanjskog zraka, koji ulazi u zgradu ventilacijom/infiltracijom, na temperaturu prostorije (može iznositi 20-50% ukupnih toplinskih gubitaka):

$$\phi_V = \dot{V} \rho c_p (\theta_i - \theta_e) \text{ [W]}$$

V – volumenski protok vanjskog zraka u prostor, m³/s

ρ – gustoća zraka, ≈1.2 kg/m³

c_p – specifični toplinski kapacitet zraka, ≈1005 J/(kgK)

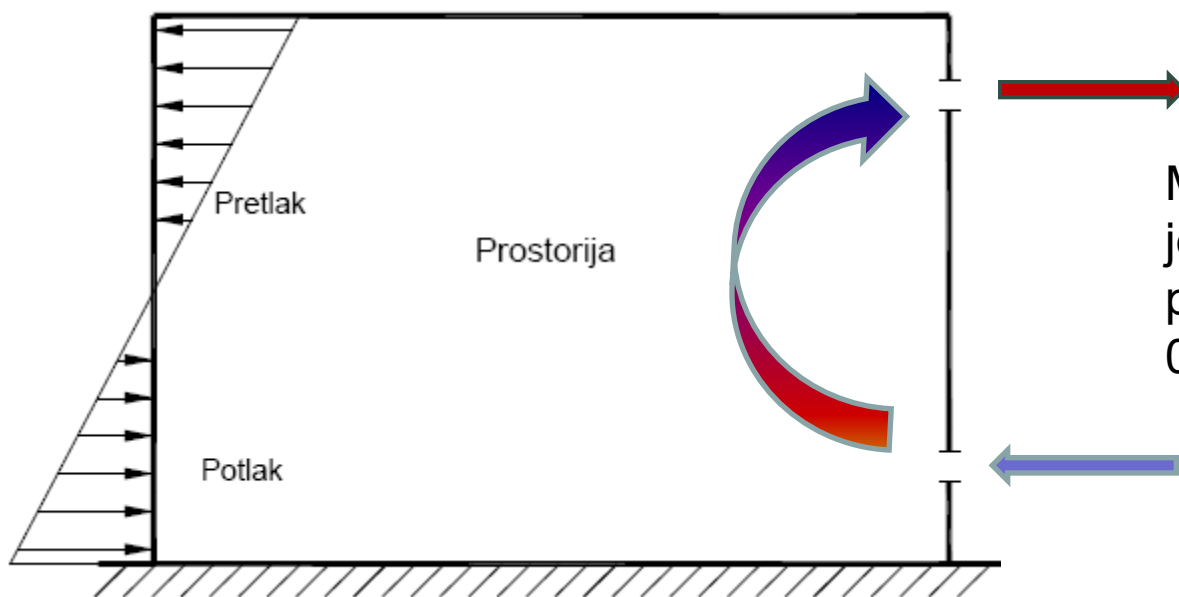
- gornji izraz odnosi se na izmjenu **osjetne** topline (vlažnost zraka nije uzeta u obzir).

- volumenski protok zraka **ovisi o** brzini i smjeru strujanja vjetra, dimenzijama zazora zatvorenih vanjskih prozora i vrata, vrsti i veličini ventilacijskih otvora na oplošju zgrade, itd.

Prodor zraka kroz zazore – infiltracija

- dotok vanjskog zraka u prostoriju kroz zazore na prozorima i vratima

Ako je unutarnja temperatura zraka viša od vanjske temperature zraka, kao što je zimi u grijanim prostorijama, uslijed razlike u gustoći toplijeg i hladnijeg zraka, tlak zraka na vanjski zid raspoređuje se prema shemi:



Minimalni broj izmjena zraka u jednom satu u stambenoj prostoriji ne smije biti manji od 0,5 h⁻¹.

Ventilacija otvaranjem prozora i/ili balkonskih vrata

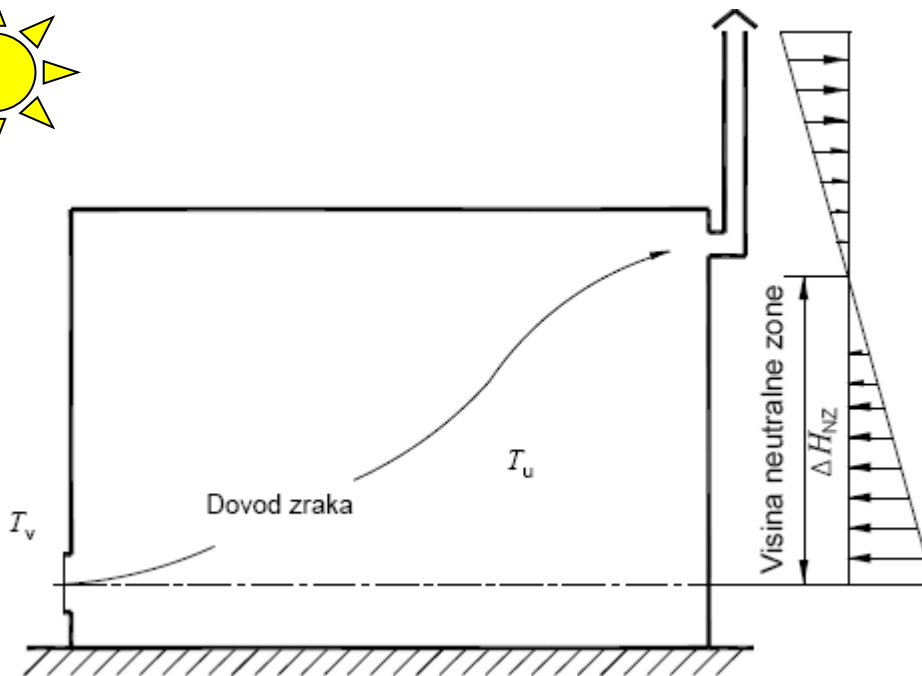
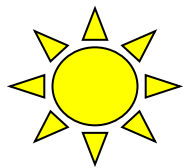
Prirodna je ventilacija kroz otvorene prozore i balkonska vrata najintenzivniji način prirodne ventilacije. Navedeni broj izmjena zraka ovisi o brzini vjetera, razlici između temperatura unutarnjeg i vanjskog zraka, vrsti prozora i roleta te rasporedu prozora u zgradi

Položaj krila vanjskih prozora i vrata	Broj izmjena zraka u satu (h-1)
Prozor zatvoren, vrata zatvorena	0 – 0,5
Prozor otklopljen, rolete drvene spuštene	0,3 – 1,5
Prozor otklopljen bez roleta	0,8 - 4
Prozor poluotvoren	5 - 10
Prozor potpuno otvoren	9 - 15
Prozor i vrata potpuno otvoreni (poprečno provjetravanje)	približno 40

**Broj izmjena zraka pri prirodnoj ventilaciji kroz prozore i vrata
(orijentacijske vrijednosti)**

Ventilacija kroz kanale - Efekt dimnjaka

- Prirodna ventilacija se značajno može povećati u zimskom razdoblju primjenom ventilacijskih kanala koji vode iznad krova objekta.
- Pri dovoljnoj temperaturnoj razlici toplijeg zraka (manje gustoće) u prostoriji od vanjskog zraka (veće gustoće) ventilacija prostora se provodi uzgonskim efektom kroz ventilacijski kanal.



**Shematski prikaz
prirodne ventilacije
kroz ventilacijski kanal**

HRN EN 12831

Standardna metoda -za proračun pojedinog prostora, dijela zgrade i zgrade

Izlazni podaci

Opis	Simbol	Jedinica	Svrha
Projektno toplinsko opterećenje grijanog prostora	$\Phi_{HL,i}$	W	-Dimenzioniranje komponenti podsustava predaje i prijenosa topline
Projektno toplinsko opterećenje dijela zgrade ili zgrade	$\Phi_{HL,BE}$ $\Phi_{HL,build}$	W	-Dimenzioniranje komponenti podsustava proizvodnje topline (izvor) -Ulazna vrijednost za određivanje gubitaka topline podsustava proizvodnje

HRN EN 12831

Ulazni podaci

Simbol	Opis	Jedinica	Izvor (već ili manji prioritet)
$A_{env,i}$	Vanjska ovojnica prostora (i); površina svih građevinskih elemenata (k) grijanog prostor (i) u kontaktu s vanjskim zrakom ili negrijanim prostorima -mogu biti vanjske ili unutarnje dimenzije, Vanjske dimenzije su uvijek prihvatljive (konzervativni pristup)	m^2	Podaci o zgradi, mjerenje
$A_{env,build}$	Vanjska ovojnica zgrade (građevine); površina svih građevinskih elemenata (k) zgrade (građevine) u kontaktu s vanjskim zrakom ili negrijanim prostorima	m^2	Podaci o zgradi, mjerenje

HRN EN 12831

Ulazni podaci

Simbol	Opis	Jedinica	Izvor (već ili manji prioritet)
$A_{env,z}$	Vanjska ovojnica zone (z); površina svih građevinskih elemenata (k) ventilirane zone (z) u kontaktu s vanjskim zrakom ili negrijanim prostorima	m^2	Podaci o zgradi, mjerenje
A_k	Površina građevinskog elementa (k); može biti na temelju unutarnjih ili vanjskih dimenzija ovisno o kontekstu, kako slijedi -Proračun koeficijenata transmisije: A_k se odnosi na iste dimenzije koje su primijenjene i za određivanje U-vrijednosti -Proračun površina ovojnice u kontekst ventilacijskih gubitaka: A_k će se odnositi na iste dimenzije kao i kod određivanja zrakopropusnost pri 50 Pa, koja se određuje ispitivanjem ili preuzeto iz nacionalno dodatka	m^2	Podaci o zgradi, mjerenje

HRN EN 12831

Ulazni podaci

Simbol	Opis	Jedinica	Izvor (već ili manji prioritet)
A_k	Tamo gdje su dimenzije nepoznate, A_k se odnosi na vanjske dimenzije. Upućivanje na vanjske dimenzije su uvijek prihvatljivije (konzervativni pristup).	m^2	Podaci o zgradi, mjerenje
c_{eff}	Volumen - specifični toplinska kapacitet zgrade	$Wh/(m^3 K)$	-Podaci o zgradi -Nacionalni dodatak
c_p	Specifični toplinska kapacitet zraka pod konstantnim tlakom	$Wh/(kg K)$	-Podaci o zgradi, projekt, ventilacijski koncept -Nacionalni dodatak

HRN EN 12831

Ulazni podaci

Simbol	Opis	Jedinica	Izvor (već ili manji prioritet)
$f_{U,k}$	Faktor korekcije zbog utjecaja svojstva dijela zgrade i meteorološke uvjeti koji nisu uzeti u obzir u izračun U-vrijednosti	-	-Podaci o zgradi, mjerenje
h_{Build}	Srednja nadmorska visina	m	-Podaci o zgradi, podaci na gradilištu
h_i	Srednja unutarnja visina prostorije (i); potrebno samo kod visina stropa ≥ 4 m	m	-Podaci o zgradi, mjerenje
$h_{occup,i}$	Visina sobe (i); potrebno samo kod visina stropa ≥ 4 m	m	-Nacionalni dodatak

HRN EN 12831

Ulazni podaci

Simbol	Opis	Jedinica	Izvor (već ili manji prioritet)
$n_{\min,i}$	Minimalna brzina izmjene zraka grijanog prostor (i), zbog kvalitete zraka / higijene i udobnost	h^{-1}	-Podaci o zgradi-projekt -Nacionalni dodatak
$q_{\text{env},50}$ (n_{50})	Propusnost zraka (alternativno, odnos izmjene zraka) pri tlaku od 50 Pa	$m^3/(m^2 \cdot h)$ (h^{-1})	-Podaci o zgradi, projekt, ventilacijski koncept, mjerenje propusnosti -Nacionalni dodatak
$U_{\text{equiv},k}$	Ekvivalentna toplinska provodljivosti građevinskog elementa (k) u dodiru s tlom (g)	$W/(m^2 \cdot K)$	-Nacionalni dodatak

HRN EN 12831

Ulazni podaci

Simbol	Opis	Jedinica	Izvor (već ili manji prioritet)
U_k	Koeficijent toplinske provodljivosti elementa zgrade (k), određen u skladu sa: EN ISO 6946 (neprozirni elementi) i EN ISO 10077-1 (vrata i prozori)	$W/(m^2 \cdot K)$	-Podaci o zgradi -Nacionalni dodatak
V_i	Unutarnji volumen razmatranog grijanog prostor (i)	m^3	-Podaci o zgradi, mjerenje
V_e	Vanjski volumen građevine	m^3	-Podaci o zgradi, mjerenje
$\Phi_{gain,i}$	Dobici topline (snaga) za prostor (i) koja javljaju pod vanjskim projektnim uvjetima	W	-Nacionalni dodatak

HRN EN 12831

Ulazni podaci

Simbol	Opis	Jedinica	Izvor (već ili manji prioritet)
$\Phi_{hu,i}$	Specifična dodatna snaga za zagrijavanje nakon smanjenja temperature u prostoru (i)	W/m ²	-Nacionalni dodatak
$\theta_{e,m}$	Srednja godišnja vanjska temperatura	°C	-Nacionalni dodatak
$\theta_{e,Ref}$	Vanjska projektna temperatura referentne meteorološke stranica	°C	-Nacionalni dodatak
$\theta_{exh,z}$	Temperatura zraka koji se ventilira iz zone (z); opcija: potrebno samo kod ventilacijskih sustava	°C	-Podaci o zgradi, ventilacijski koncept,
$\theta_{int,i}$	Unutarnja projektna temperatura grijanog prostora (i)	°C	-Podaci o zgradi, projekt

HRN EN 12831

Ulazni podaci

Simbol	Opis	Jedinica	Izvor (već ili manji prioritet)
Φ_u	Temperatura susjedne građevine koja se smatra kao negrijana (iako može sadržavati prostore koje su prema projektu grijani)	°C	-Nacionalni dodatak
ρ	Gustoća zraka	m ³ /kg	-Podaci o zgradi, projekt, ventilacijski koncept -Nacionalni dodatak

... i drugi ulazni podaci (poglavlje 6.2. norme)

Poglavlje 6.3. Proračunski postupak

HRN EN 12831

Pojednostavljena metoda -za proračun projektnog toplinskog opterećenja pojedinog prostora

Izlazni podaci

Opis	Simbol	Jedinica	svrha
Projektno toplinsko opterećenje pojedinog grijanog prostora	$\Phi_{HL,i}$	W	-Dimenzioniranje podsustava predaja topline -Hidrauličko uravnoteženje

HRN EN 12831

Ulazni podaci

Simbol	Opis	Jedinica	Izvor (već ili manji prioritet)
A_k	Površina građevinskog elementa (k)	m^2	-Podaci o zgradi, mjerjenje
$f_{int-ext}$	Odnos unutarnjih i vanjskih površina	-	-Podaci o zgradi, -Nacionalni dodatak
U_k	Koeficijent toplinske vodljivosti građevinskog elementa	$W/(m^2 \cdot K)$	-Podaci o zgradi, -Nacionalni dodatak
ΔU_{TB}	Dodatni koeficijent toplinske vodljivosti za toplinske mostove	$W/(m^2 \cdot K)$	-Nacionalni dodatak

HRN EN 12831

Ulazni podaci

Simbol	Opis	Jedinica	Izvor (već ili manji prioritet)
V_i	Vanjski volumen grijanog prostora	m^3	-Podaci o zgradi, mjerjenje
n_i	Odnos izmjene zraka grijanog prostora	h^{-1}	-Podaci o zgradi, -Nacionalni dodatak
$\theta_{int,i}$	Unutarnja projektna temperatura grijanog prostora (i)	$^{\circ}C$	-Podaci o zgradi, projekt
θ_e	Vanjska projektna temperatura	$^{\circ}C$	-Nacionalni dodatak
f_x	Faktor korekcije temperature		-Nacionalni dodatak ove norme

POSTUPAK PRORAČUNA

1. UKUPNI TOPLINSKI GUBITAK POJEDINAČNOG GRIJANOG PROSTORA

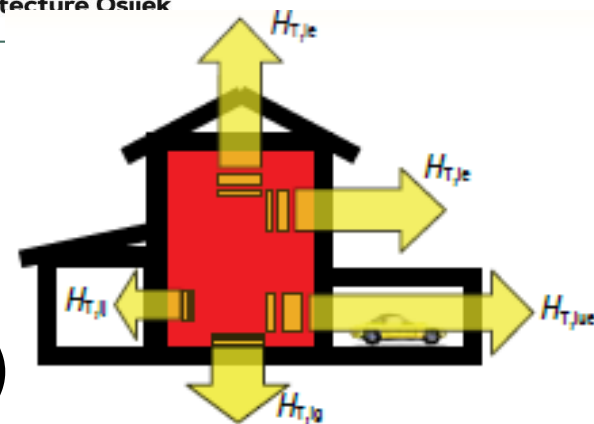
$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i} \quad [W]$$

- $\Phi_{T,i}$ - transmisijski toplinski gubici i-tog grijanog prostora
- $\Phi_{V,i}$ - ventilacijski toplinski gubici topline i-tog grijanog prostora
- $\Phi_{hu,i}$ - dodatak za zagrijavanje nakon smanjenja temperature u prostoru

HRN EN 12831

Transmisijski gubici grijanog prostora

$$\Phi_{T,i} = \sum \Phi_{T,k} = \sum (A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{x,k}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$



- $\Phi_{T,k}$ -transmisijski gubici građevinskog elementa (i)
- A_k -površina građevinskog elementa (k)
- U_k -koeficijent toplinske vodljivosti građevinskog elementa (k)
- ΔU_{TB} -dodatak za toplinske mostove
- $f_{x,k}$ -faktor podešavanja temperature
- $\theta_{int,i}$ -unutarnja projektna temperatura grijanog prostora
- θ_e -vanjska projektna temperatura

Transmisijski gubici se računaju prema vanjskim dimenzijama zidova. Ako su jedino poznati unutarnje dimenzije, vanjske površine se računaju prema

$$A_k = f_{int-ext} \cdot A_{k, inner}$$

Dodatak za toplinske mostove, ΔU_{TB}
-Za standardnu metodu - Tablica B.1.

Selection criteria	Additional thermal transmittance
	ΔU_{TB}
	[W/(m ² ·K)]
New buildings with a high level of heat insulation and attested minimization of thermal bridges that exceeds generally recognized rules of practice	0,02
New buildings in compliance with generally recognized rules of practice regarding the minimization of thermal bridges	0,05
Buildings with mainly internal heat insulation broken by solid ceilings (e.g. reinforced concrete)	0,15
All other buildings	0,10

Dodatak za toplinske mostove, ΔU_{TB}
-Za pojednostavljenu metodu $\Delta U_{TB} = 0,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Faktor podešavanja temperature, $f_{x,k}$

Building elements adjacent to	Correction facto f_x	Index
external air (e)	1,0	ie
unheated spaces or another building entity (u)	0,5	iu
ground (g)	0,3	ig
heated space (j)	0,3	ij

Faktor unutarnjih i vanjskih površina, $f_{\text{int-ext}}$

Building element	$f_{\text{int-ext}}$
Vertical external wall	1,25
Roof	1
Top storey ceiling	1
Floor adjacent to unheated space (cellar, etc.)	1
Floor to the ground	1

HRN EN 12831

Ventilacijski gubici grijanog prostora

$$\Phi_{V,i} = V_i \cdot n_i \cdot \rho_L \cdot c_{p,L} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

V_i -unutarnji volumen (protok zraka) grijanog prostora (i), m^3

n_i -odnos izmjene zraka grijanog prostora (i), h^{-1}

$\rho_L \cdot c_{p,L}$ -konstanta zraka

-pojednostavljeno $\rho_a \cdot c_{p,a} = 0,34$

$\theta_{int,i}$ -unutarnja projektna temperatura grijanog prostora

θ_e -vanjska projektna temperatura



-Odnos izmjene zraka grijanog prostora $n(i)$, h^{-1}

Tablica B.12

Application case (method)	Air tightness level		Air change rate $n [h^{-1}]$
Heat load of single rooms (7)	-		0,5
Building heat load (8)	$n_{50} \leq 3 h^{-1}$	— year of construction ≥ 1995 — buildings with tight windows	0,25
	$3 h^{-1} < n_{50} \leq 6 h^{-1}$	— year of construction < 1995	0,5
	$n_{50} > 6 h^{-1}$	— year of construction < 1977 — buildings with obvious leakages	1

Unutarnja projektna temperatura grijanog prostora, $\Theta_{int,i}$

Tablica B.14

Type of building/space	$\theta_{int,i}$ °C
Single office	20
Landscaped office	20
Conference room	20
Auditorium	20
Cafeteria/Restaurant	20
Classroom	20
Nursery	20
Department store	16
Residential	20
Bathroom	24
Church	15
Museum/Gallery	16

Koeficijent prolaska topline **U** ovisno o godini gradnje

Tablica B.15

Building element		U-Value [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]							
		Build year							
		≤ 1918	1919...48	1949...57	1958...68	1969...78	1979...83	1984...94	≥ 1995
Windows, French doors	Wooden frame, single glazing	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-
	Wooden frame, double glazing	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	-
	Wooden frame, insulation glazing	-	-	-	-	-	-	-	1,8
	Plastic frame, insulating glazing	-	-	-	3,0	3,0	3,0	3,0	1,8
	Metal frame, insulating glazing	-	-	-	4,3	4,3	4,3	4,3	1,8
Roller shutters	old, non-insulated	3,0							
	new, insulated	1,8							

Building element		U-Value [W/(m ² ·K)]							
		Build year							
		≤ 1918	1919...48	1949...57	1958...68	1969...78	1979...83	1984...94	≥ 1995
Doors		3,5							
External walls, walls against ground, internal walls against unheated cellars	Solid construction (masonry, concrete or similar)	1,7	1,7	1,4	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5
	Wooden construction (timber frame construction, prefabricated house or similar)	2,0	2,0	1,4	1,4	0,6	0,5	0,4	0,4
Ceilings against ground or unheated cellars	Solid construction (masonry, concrete or similar)	1,2	1,2	1,5	1,0	1,0	0,8	0,6	0,6
	Wooden beam ceiling	1,0	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4
Roofs and walls between heated and unheated attics	Solid construction	2,1	2,1	2,1	2,1	0,6	0,5	0,4	0,3
	Wooden construction	2,6	1,4	1,4	1,4	0,8	0,5	0,4	0,3
Top storey ceilings and ceilings above ambient (passageways, etc.)	Solid	2,1	2,1	2,1	2,1	0,6	0,5	0,4	0,3
	Wooden beam ceiling	1,0	0,8	0,8	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3

Koeficijent prolaska topline U za građevinske elemente s kasnije postavljenom toplinskom izolacijom

Tablica B.16

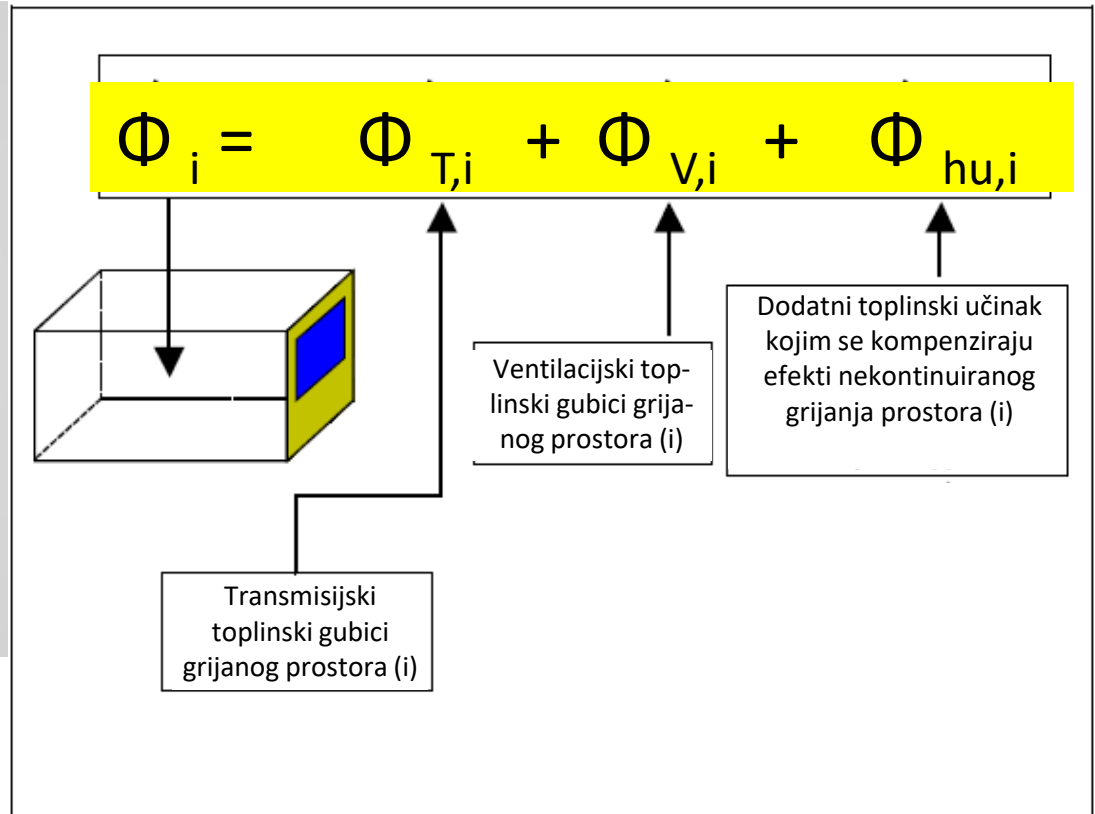
U-Value without additional insulation [W/(m ² ·K)]	U-Value with additional insulation [W/(m ² ·K)]							
	Thickness of additional insulation [cm]							
	2	5	8	12	16	20	30	40
U > 2,5	1,20	0,63	0,53	0,30	0,23	0,19	0,13	0,10
2,0 < U ≤ 2,5	1,11	0,61	0,42	0,29	0,23	0,19	0,13	0,10
1,5 < U ≤ 2,0	1,00	0,57	0,40	0,29	0,22	0,18	0,13	0,10
1,0 < U ≤ 1,5	0,86	0,52	0,38	0,27	0,21	0,18	0,12	0,09
0,7 < U ≤ 1,0	0,67	0,44	0,33	0,25	0,20	0,17	0,12	0,09
0,5 < U ≤ 0,7	0,52	0,37	0,29	0,23	0,18	0,16	0,11	0,09
U ≤ 0,5	0,40	0,31	0,25	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08

vrlo malo
 Smanjenje
 U !!!

Koeficijent prolaska topline U za građevinske elemente na osnovi mjerenja temperature

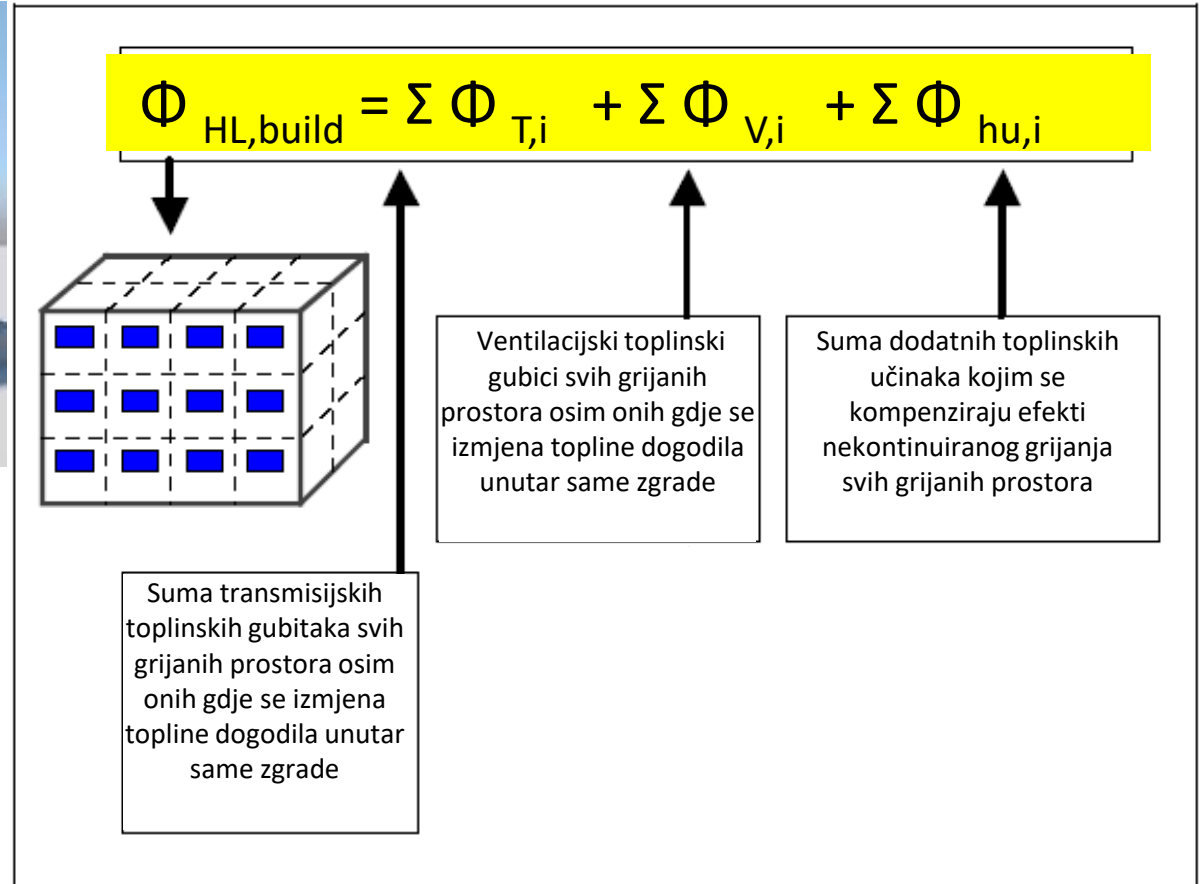
HRN EN 12831

Toplinsko opterećenje pojedinačnog grijanog prostora



POSTUPAK PRORAČUNA

Toplinsko opterećenje cijelog grijanog prostora



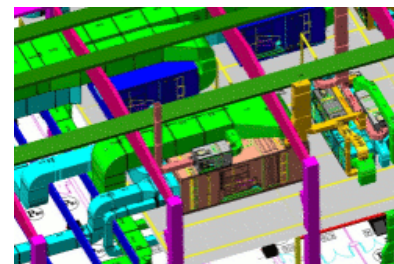
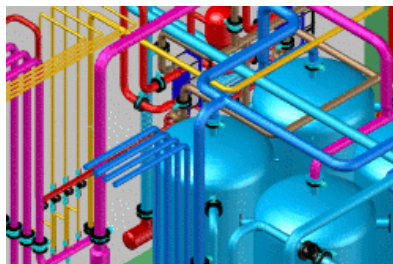
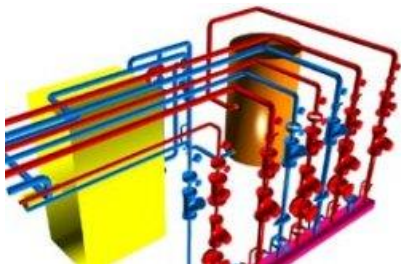
HRN EN 12831

RAČUNSKI PROGRAMI

-Poznatiji računski programi u RH:

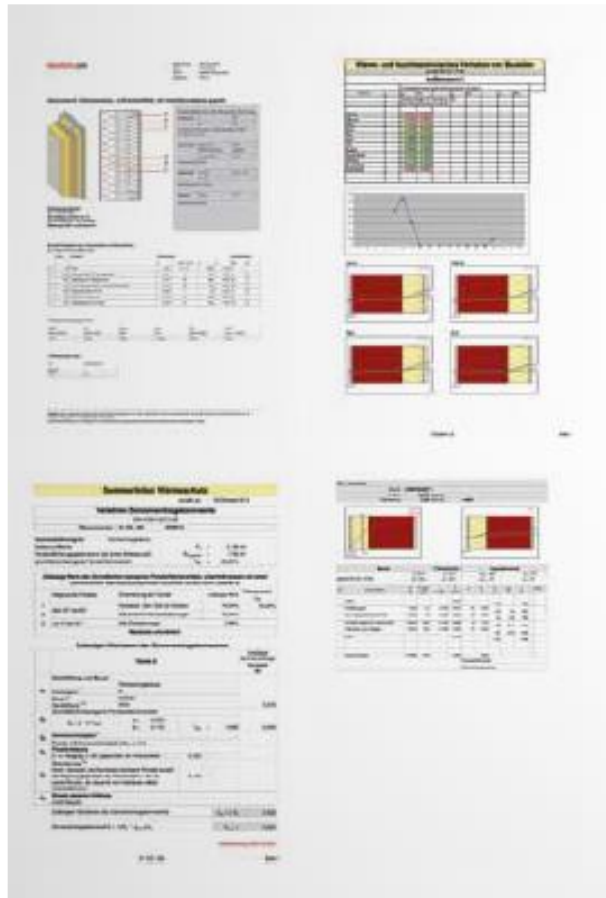
IntegraCAD, Nemetschek AX3000, HT2000, ...

-Sadrže module: fizika zgrade, grijanje, ventilacija, sanitarije, elektro, ...



-Proračun: toplinski proračun prema EN 12831, VDI 2078; toplinski gubici; toplinsko opterećenje za grijanje i hlađenje; proračun instalacije (izbor i dimenzioniranje ogrjevnih tijela, razvoda, postavljanje mreže razvoda, izrada crteža 2D i 3D, specifikacija materijala)

Fizika zgrade



Značenje građevinske fizike u posljednjih nekoliko godina postaje sve veće i važnije. Pojačane potrebe za toplinskom zaštitom objekata dovele su do snažnog utjecaja na razmišljanje prilikom projektiranja objekata u građevinsko-fizikalnoj domeni. Daljnji akcent građevinske fizike je realizacija zaštite od buke stanova i zgrada.

AX3000 vam kod izračuna objekata stoji na raspolaganju sa svojim iskustvom i stručnim znanjem vezano za različite aspekte građevinske fizike. Izračun buke na virtualnom modelu zgrade i dijagrama ostakljenja osjetno dopunjava funkcionalnost.

Prednosti

- Dugogodišnje iskustvo u domeni građevinske fizike.
- Automatsko izdavanje nalaza građevinske fizike iz 3D modela zgrade.
- Izračun buke / Dijagram ostakljenja.
- Mogućnost unosa podataka građevinskih materijala i elemenata.
- Inteligentni info prostorija.

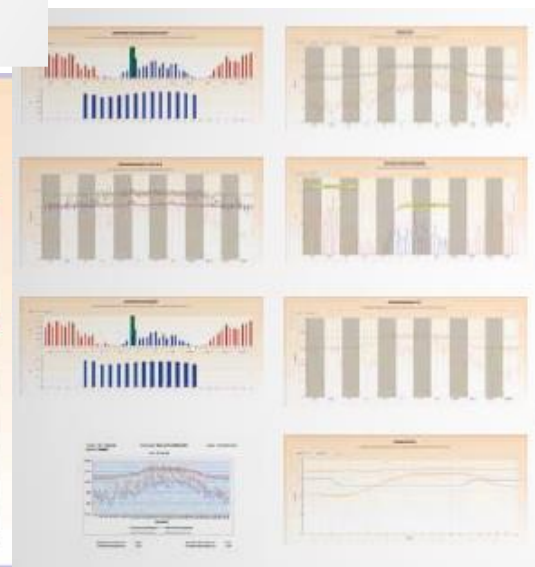


Simulacije

Dinamička simulacija na bazi satnih vremenskih podataka - za čitav svijet!
 Automatsko korištenje definicija zona i uređaja iz Energetske iskaznice.

Koristi za vas

- Proizvoljno definiranje profila za vrijeme korištenja, grijanje i hlađenje.
- Uzimanje u obzir internih opterećenja.
- Uzimanje u obzir orijentacije objekta.
- Uzimanje u obzir pojedinačnog hlađenja i opterećenja.
- Utjecaj građevinskog zasjenjenja i zasjenjenja ograda.
- Izračun temperatura prostorija ili zona za sve dane u godini.
- Izračun i uspoređivanje proizvoljnih proračunskih varijanti.
- Izračun temperatura prostorija i zona tijekom godine ili tijekom dana.
- Dinamički izračun grijanja i hlađenja.
- Grafički prikaz rezultata.



Ventilacije prostora

S modulom Ventilacije po normi DIN 1946-6 i dimenzioniranjem postrojenja nudimo vam inovativni projektantski alat. Jednostavnim vođenjem pri korištenju moguće je postaviti koncept ventilacije za obiteljsku kuću, ali i za zgradu sa više katova i stanova, odnosno korisničkih jedinica.

Na taj način projektiranje može biti generirano za kontroliranu ventilaciju stanova – sasvim i u sklopu integriranog projekta.

AX3000 ventilacija stanova 1946 – tako danas projektiraju profesionalci ventilacije!

Prednosti

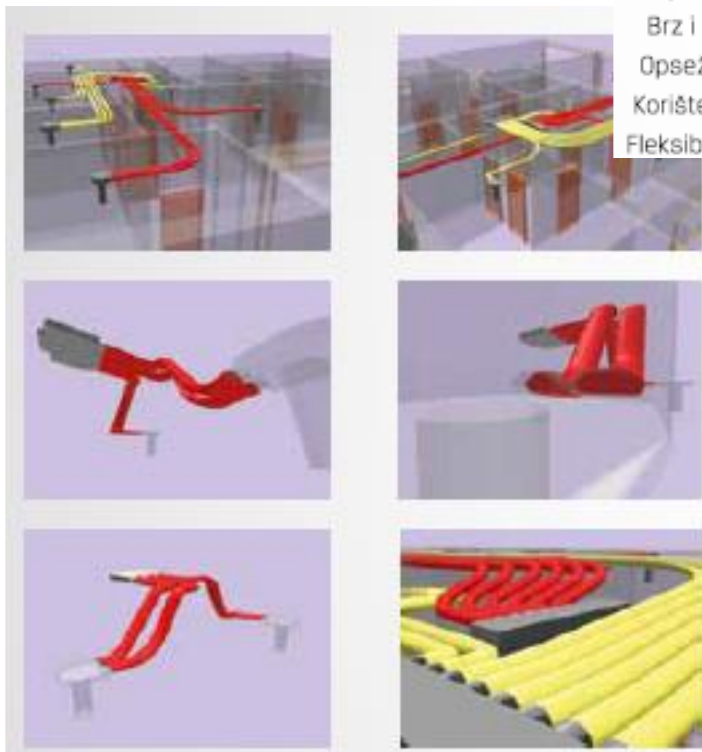
Apsolutno intuitivno korisničko sučelje.

Brz i učinkovita izrada projekta – čak i bez opsežnih uputa.

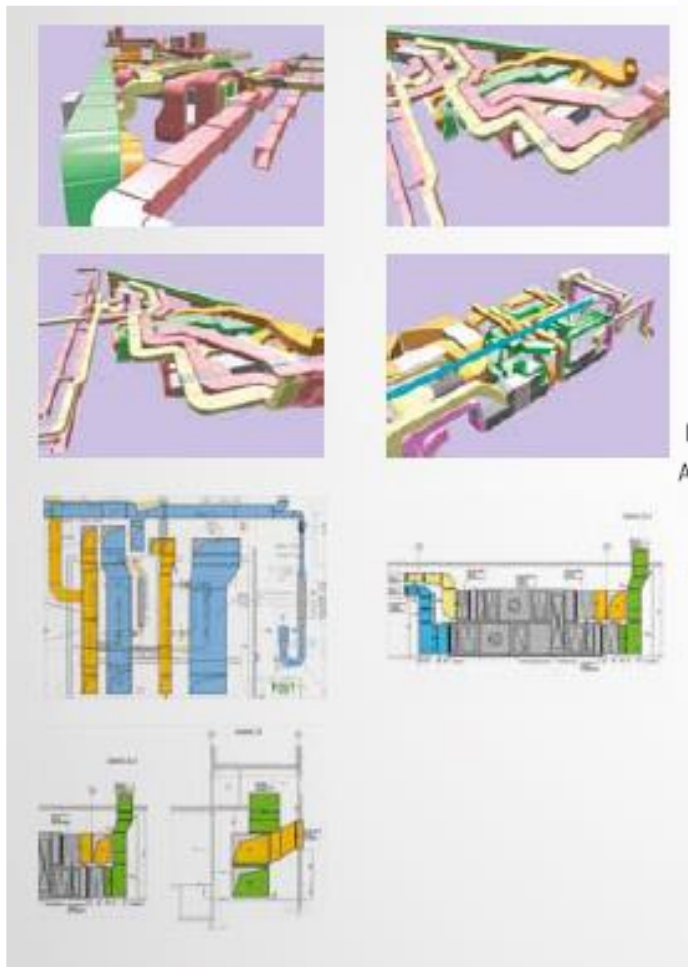
Opsežna biblioteka građevinskih elementa za 3D projektiranje.

Korištenje fleksibilnih i ovalnih cijevi, kao i cijevi s proizvoljnim poprečnim presjekom.

Fleksibilne mogućnosti eksporta.



Ventilacije prostora



Modul Ventilacija je komforan alat za inteligentno projektiranje kod izvođenja i montaže ventilacije. Ističe se dugogodišnjim korištenjem u praksi i ostvarenim iskustvom. Dodatno se ističe brzinom planiranja po „Easyline Sistemu“. Pri tome je moguće jednostavnim konceptom linija trodimenzionalno projektirati kompleksna postrojenja, kanale i uređaje.

Oba načina projektiranja moguće je proizvoljno kombinirati! Tako je i uz pomoć kontrole kolizije različitih elemenata moguće prevladati i savladati i najteže situacije. Integrirani izračun i vizualizacija gubitka pritiska omogućuje brzi pregled odnosa protoka. Isto tako brzo može se izračunati i smanjenje temperature i buke.

AX3000 Ventilacija – Odlično rješenje za profesionalne projektante ventilacije!

Prednosti

Jednostavna i efikasna izrada detaljnih strojarskih nacrti i nacrti instalacija.

Projektiranje i izračuni u više varijanti.

Opsežna 3D biblioteka i baza podataka različitih proizvođača.

Različite mogućnosti konstrukcije posebno za komplicirane i teške situacije gradnje.

Automatska izrada presjeka, 2D-detolja i izometrije.

Grijanje



S modulom Grijanje moguće je projektirati vrlo kompleksna postrojenja grijanja bez većeg utroška vremena. Osnovu za projektiranje čini izračun cijevne mreže definirane u AX3000. Parametri se automatski provode.

Razdjelnik / Glavna konstrukcija

3D konstrukcija cijevi.

Izračun promjera razdjelnika i postavljanje mlaznica različitih dimenzija.

Automatski pristup tabelama prirubnica.

Predefinirane i korisniku orijentirane specifične građevinske grupe

Izračun potreba topline i zadovoljavajuća toplota

Termo teret grijanja po normama DIN EN 12831 i ÖNORM H7500.

Zadovoljavajuća toplota po normi VDI 6030.

Automatski odabir radijatora i postavljanje po normi EN 442.

Radijator po normi VDI 3805.

Modul grijanje

Dvocijevni - „Tichelmann“ sistem grijanja.

Podno grijanje po normama EN 1264 i EN 15377.

„Easyline“ konstrukcija.

Automatski priključak radijatora.

Automatska izrada ispisa ventila.

Definicije drugih medija kao gustoće, viskoziteta i toplinskih kapaciteta.

Opisivanje cjevovoda (automatsko ili ručno).

Schema cjevovoda u 2D ili 3D.

Opsežne procjene i iskazi.

Sanitarije

AX3000 vam nudi opsežnu 3D biblioteku i podatke o proizvođačima sanitarnih elemenata koje se u slučaju potrebe mogu nadopuniti vlastitim podacima i ugradbenim dijelovima. Kao i u modulima Grijanje ili Ventilacija stoje vam na raspolaganju „Easyline Sistem“ s jednostavnim CAD funkcijama kao i bezbrojne mogućnosti prikaza količina.

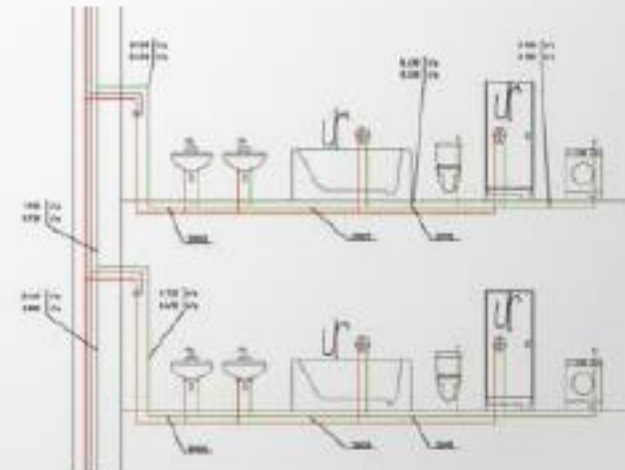
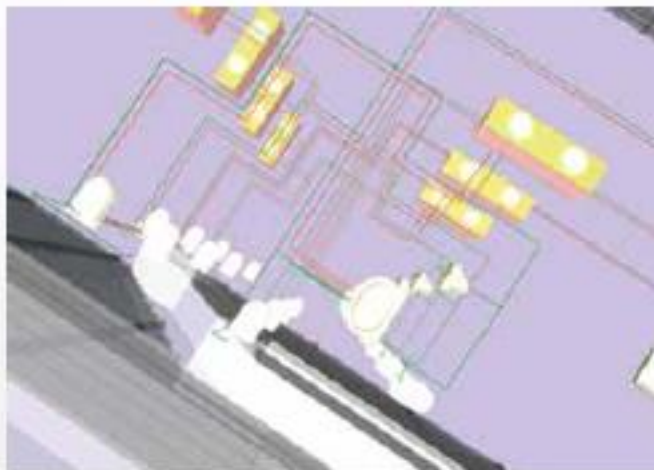
Prednosti

Jednostavno postavljanje kompleksnih postrojenja bez većeg utroška vremena.

Opsežna 3D biblioteka i baza podataka proizvođača.

Easyline moduli čak i za najteže situacije.

Bezbrojne mogućnosti iskaza količina.

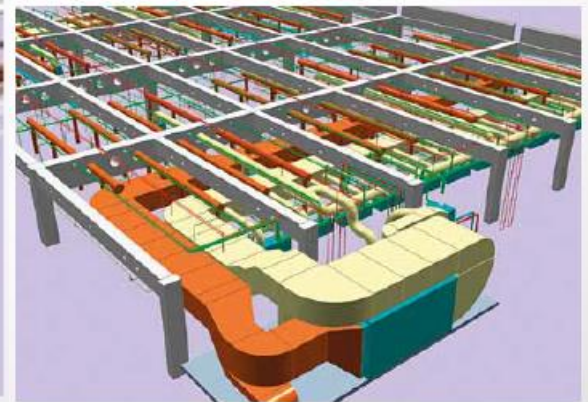
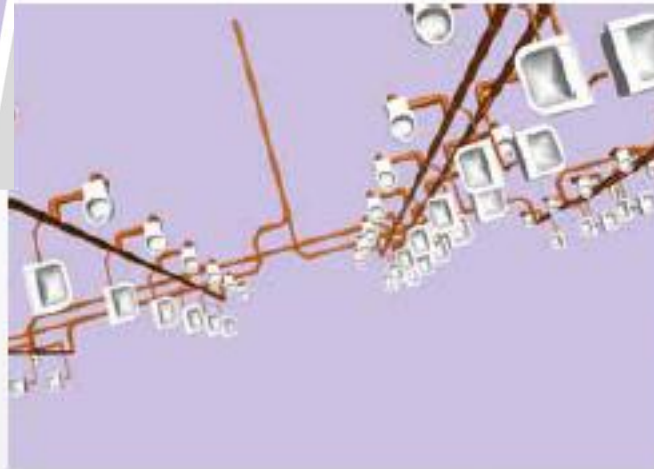
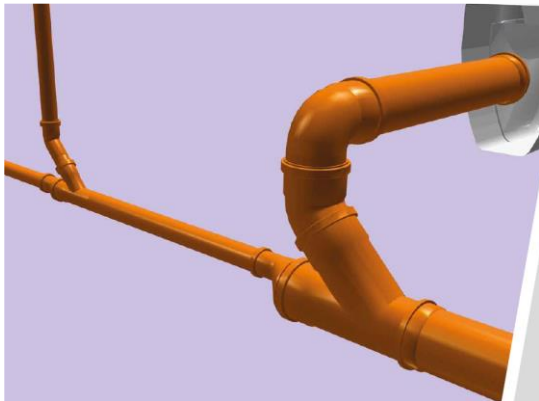


Odvodnja

S modulom Kanalizacija planirate horizontalni linijski sustav za 3D cijevnu mrežu u padu.
Sveobuhvatna 3D biblioteka s datotekom proizvođača nudi vam realistički prikaz mogućnosti.

Prednosti

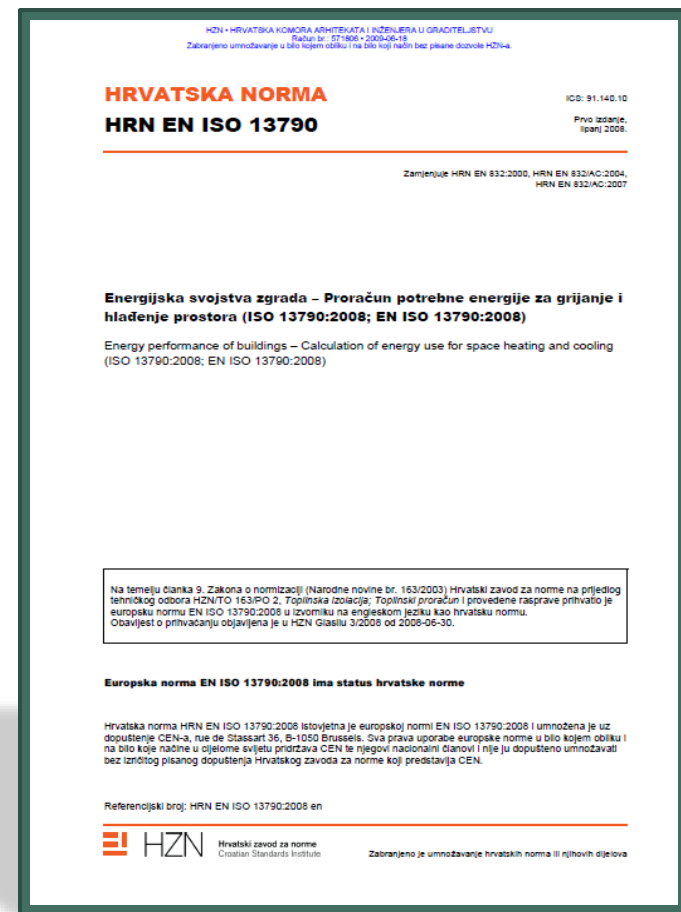
Jednostavno postavljanje kompleksnih sistema bez većeg utroška vremena.
Automatske funkcije priključaka za sanitarne elemente.
Sigurno i brzo projektiranje glavnih cjevovoda sa ili bez pada.
Bezbrojne mogućnosti iskaza količina.



Proračun **potrebne količine topline za grijanje i hlađenje zgrade** za odabrani vremensko razdoblje (satni proračun, mjesečni/sezonski proračun)

Norma HRN EN ISO 13790: 2008

Energijska svojstva zgrada – Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora

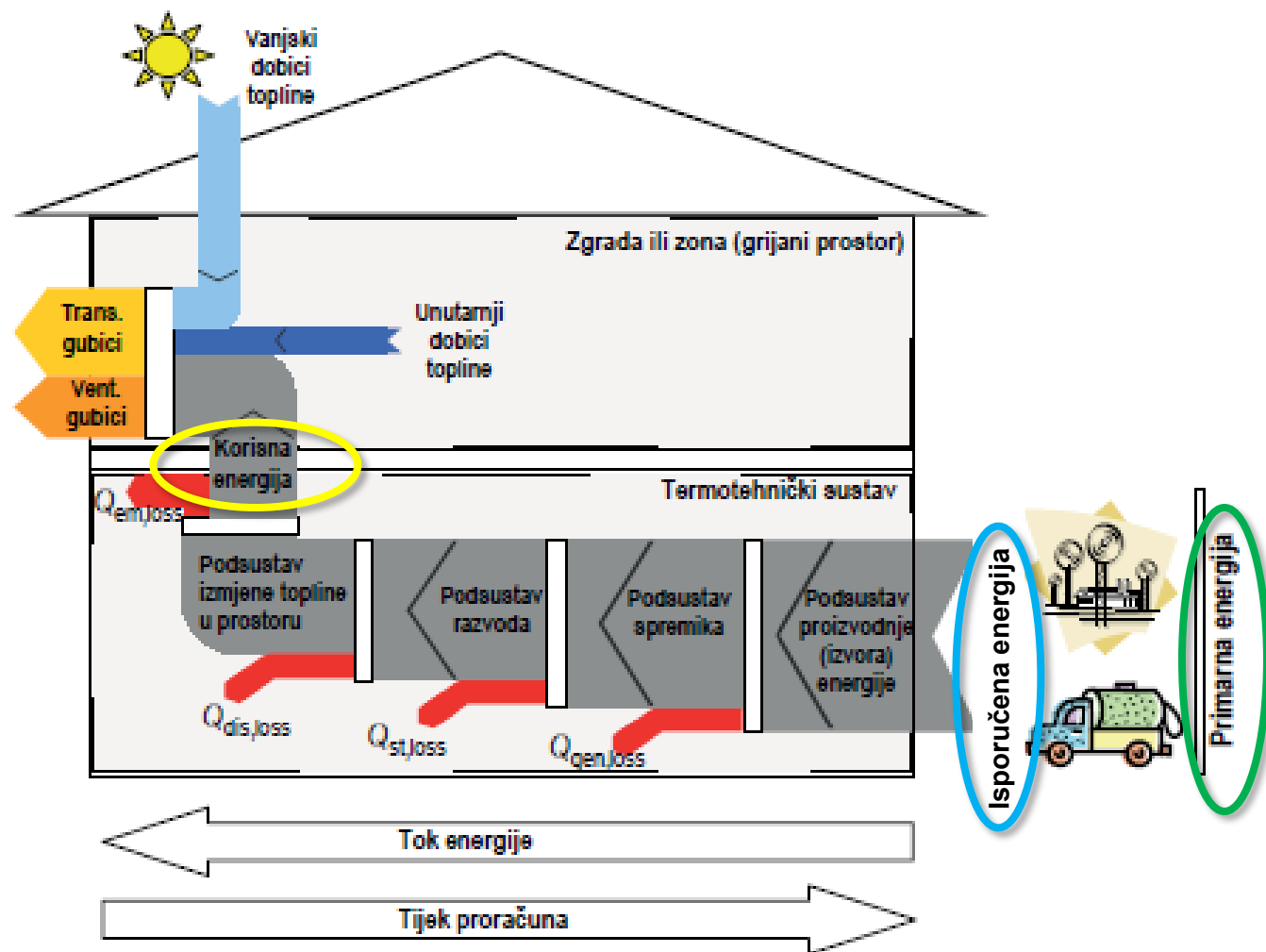


Norma HRN EN ISO 13790: 2008

Norma sadrži:

- kriterije za podjelu zgrade na različite proračunske zone
- metode proračuna prijenosa topline transmisijom i ventilacijom
- metode proračuna unutarnjih i sunčevih toplinskih dobitaka
- djelovanje toplinske inercije zgrade na potrebnu energiju u vezi s prekidima u grijanju i hlađenju zgrade
- metodu proračuna godišnje potrebne energije za grijanje i hlađenje (**korisna energija**, samo osjetna toplina)
- metodu proračuna godišnje potrebne energije za sustav grijanja i hlađenja (**konačna energija**)
- godišnju potrebnu energiju za sustav ventilacije

*Osnovni tokovi
 energije i smjer
 tijeka proračuna
 potrebne **energije**
 za grijanje zgrade*

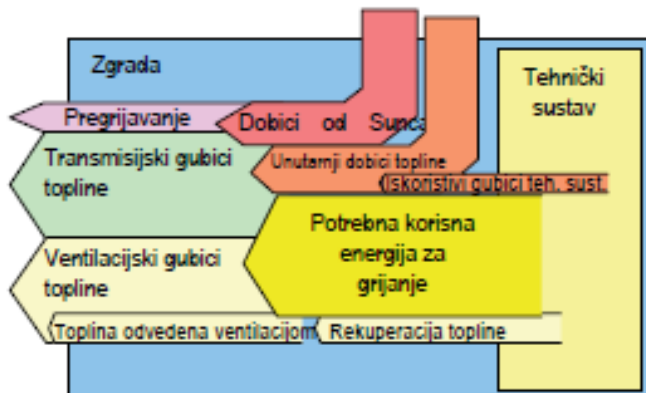


Toplinski tokovi između zgrade i tehničkog sustava

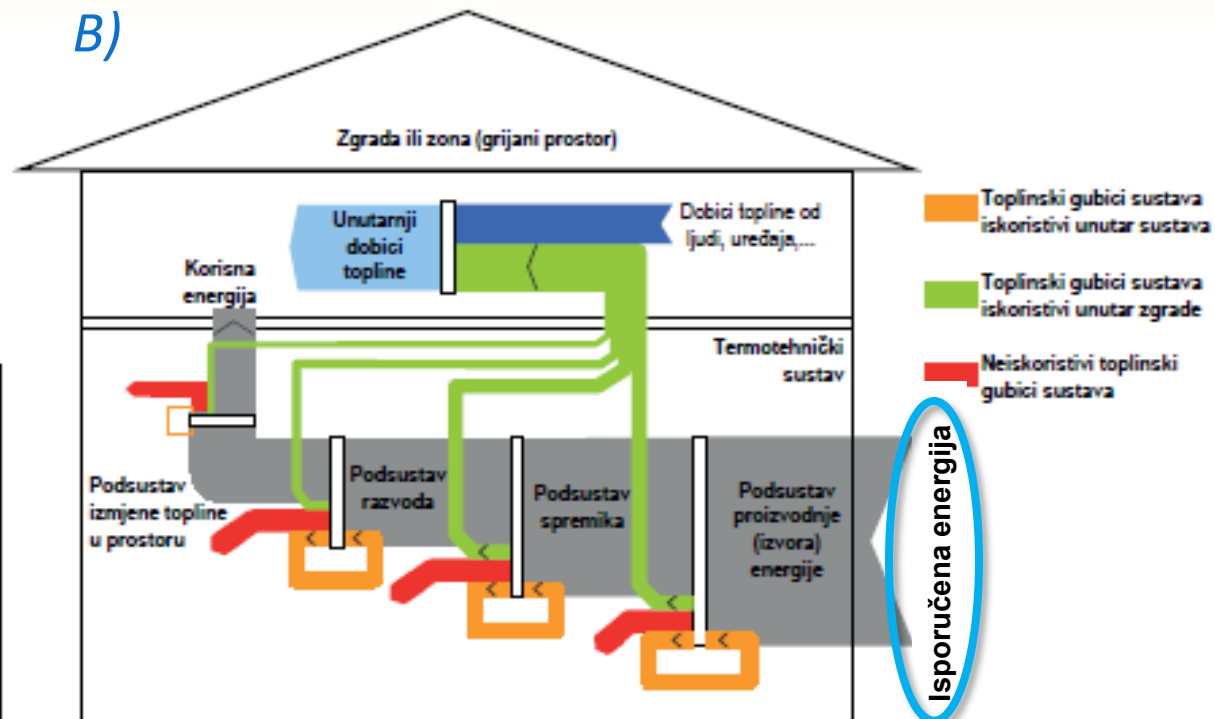
A) Tehnički sustav

B) Zgrade

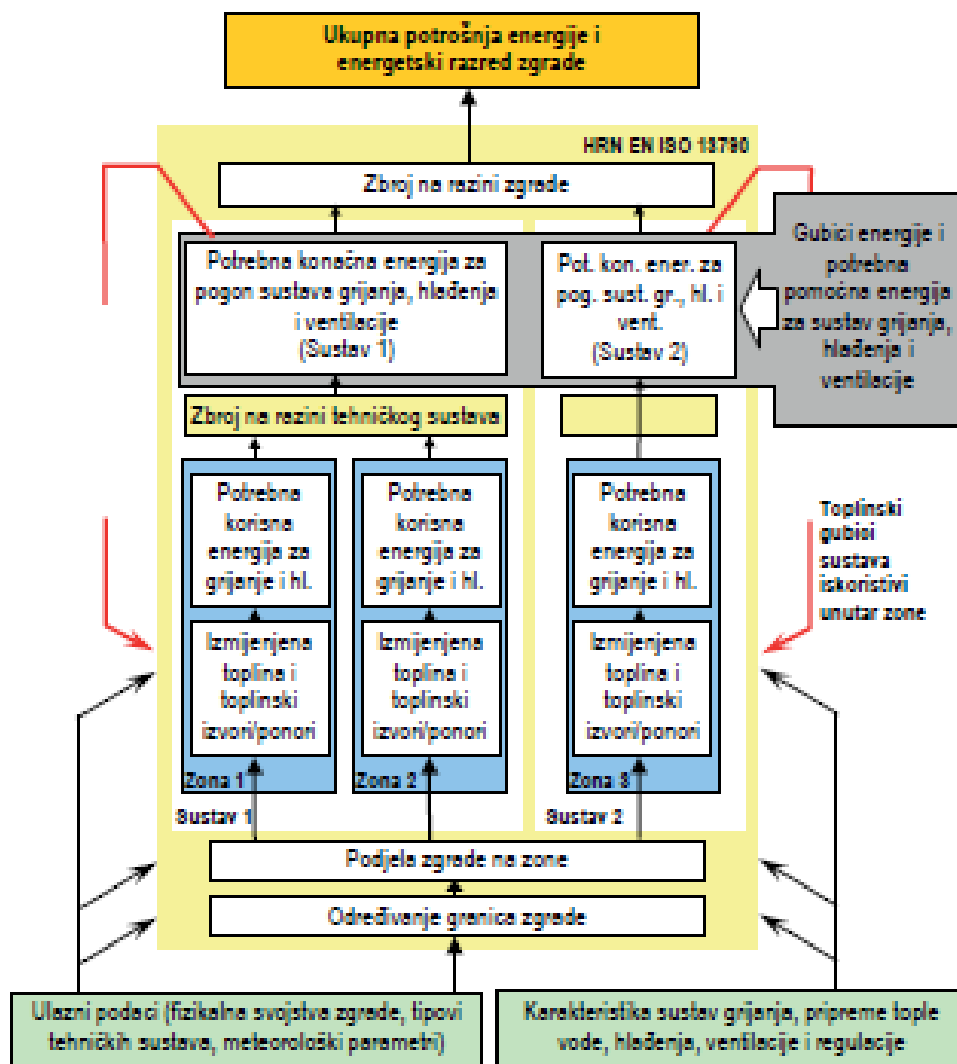
A)



B)

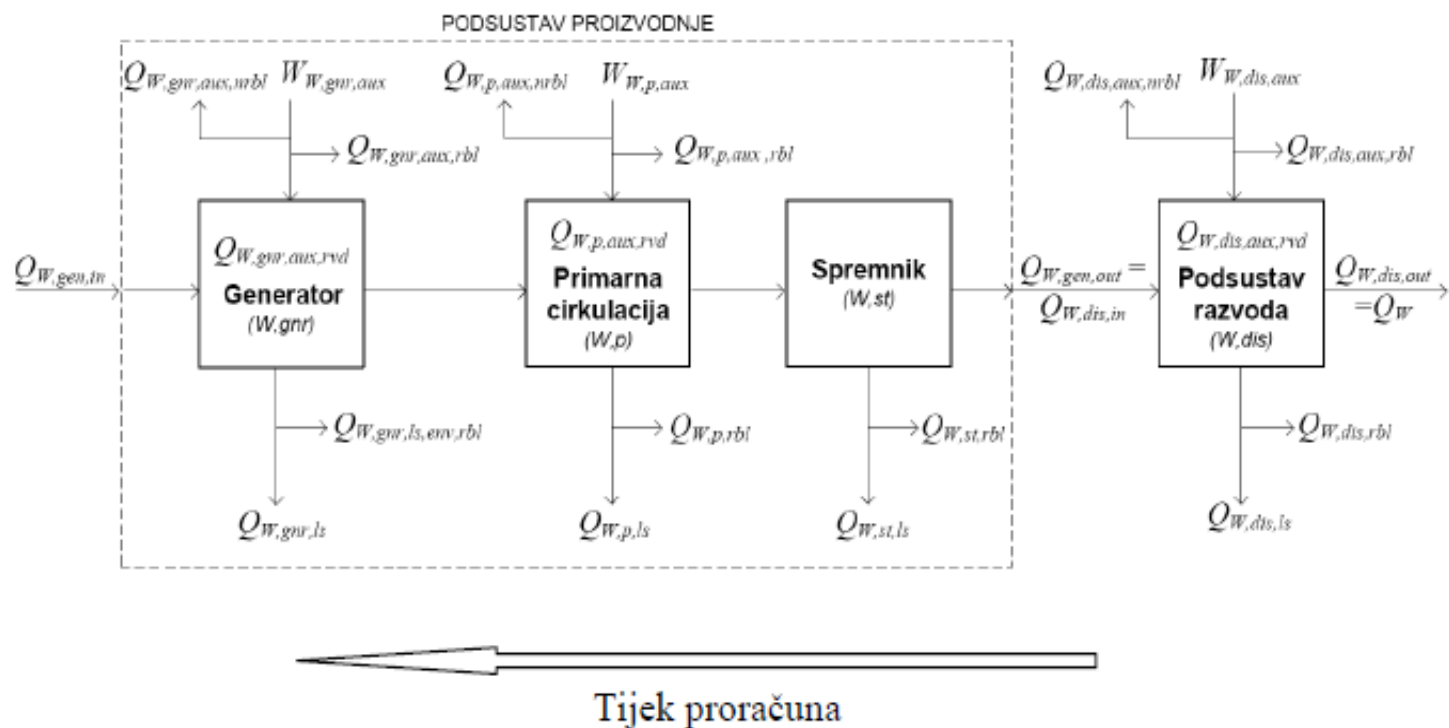


Shema proračuna zgrade u tri zone i dva tehnička sustava



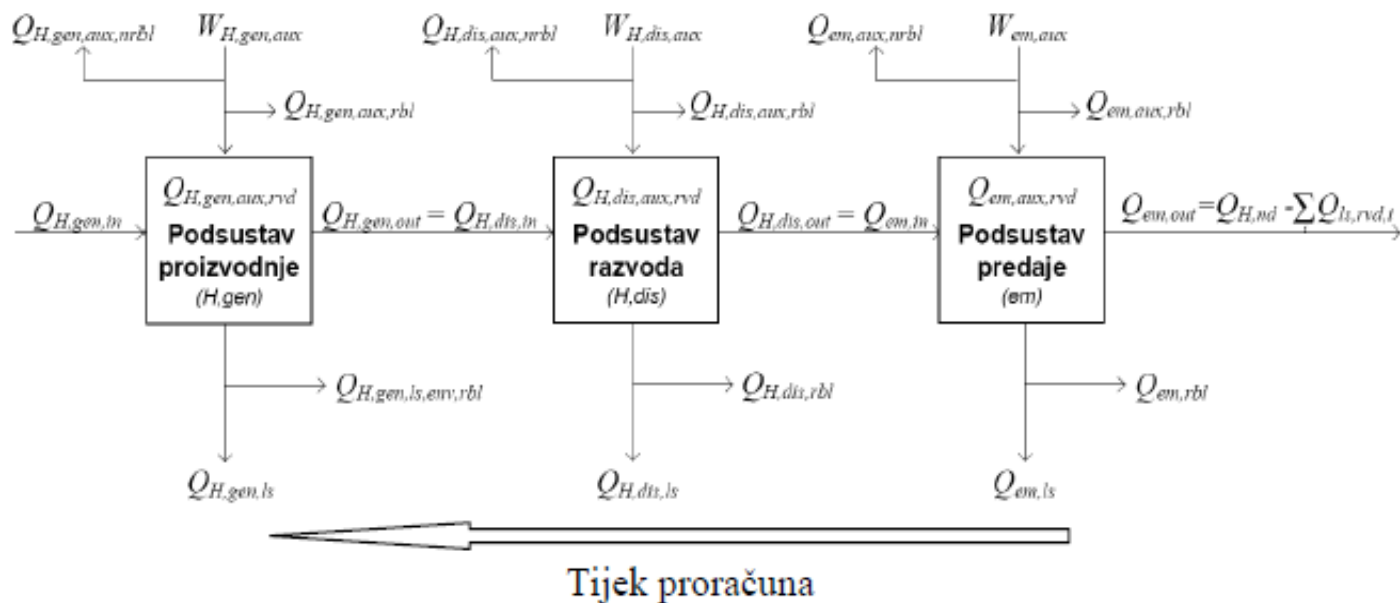
Podjela termotehničkog sustava pripreme potrošne tople vode (PTV) na podsustave s prikazom ulazno/izlaznih veličina

PRIPREMA PTV-a



Podjela termotehničkog **sustava grijanja** na podsustave s prikazom ulazno/izlaznih veličina

GRIJANJE



■ Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]

jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade

$$Q_{H,nd} = (Q_{Tr} + Q_{Ve}) - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \text{ [kWh]} \text{ HRN EN 13790 (3), HRN EN 15316-2-1 (3) (1.1)}$$

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

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

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

$\eta_{H,gn}$ – stupanj iskorištenja toplinskih dobitaka (-), prema Jedn. (52)÷(56) iz HRN EN 13790.

$$Q_{Hnd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \text{ [kWh]}$$

$Q_{H,nd,cont}$ - potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu (kWh);

$Q_{H,ht}$ – ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu grijanja (kWh);

$Q_{H,gn}$ - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja (ljudi, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje) (kWh);

$\eta_{H,gn}$ – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka (-).

Tipovi proračuna

Prema HRN EN ISO 13790, tri su pristupa proračunu potrošnje energije za grijanje i hlađenje s obzirom na vremenski korak proračuna:

- kvazistacionarni proračun na **bazi sezonskih vrijednosti**
- kvazistacionarni proračun na **bazi mjesečnih vrijednosti**
- dinamički proračun **s vremenskim korakom od jednog sata** ili kraćim

-Kod energetskog certificiranja zgrada, **za proračun $Q_{H,nd}$ koristiti se kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti**. Godišnja vrijednost potrebne toplinske energije za grijanje izračunava se kao suma pozitivnih mjesečnih vrijednosti.

Energetski razredi iskazuju se za referentne klimatske podatke (prema podacima iz pravilnika koji se odnosi na energetska certificiranje zgrada).

Referentni klimatski podaci određuju se posebno za **kontinentalnu i za primorsku Hrvatsku u odnosu na broj stupanj dana grijanja**. Za gradove i mjesta koji imaju 2200 i više stupanj dana grijanja godišnje, proračun energetske potrebe se provodi prema referentnim klimatskim podacima za Kontinentalnu Hrvatsku

Za gradove i mjesta koji imaju manje od 2200 stupanj dana grijanja godišnje, proračun energetske potrebe se provodi prema referentnim klimatskim podacima za Primorsku Hrvatsku

Mjesec	$\vartheta_{e,m}$	
	Kont. HR	Prim. HR
I	-0,6	6,6
II	2,2	7,5
III	6,5	9,9
IV	11,2	13,4
V	15,9	18
VI	19,2	21,6
VII	21,1	24,5
VIII	20,1	24
IX	16,4	20,5
X	11,1	16,2
XI	5,6	11,6
XII	0,9	7,9
God.	10,8	15,1

Tablica 1.18 (Prema podacima iz pravilnika koji se odnosi na energetska certificiranje zgrada)
Prosječna mjesečna temperatura zraka za Kontinentalnu i Primorsku Hrvatsku

HRN EN ISO 13790: 2008

Potrebni ulazni podaci za proračun $Q_{H,nd}$, (kWh):

Klimatski podaci:

- S_s – srednja dozračena sunčeva energija za proračunski period, (MJ/m²)
- ϑ_e – srednja vanjska temperatura za proračunski period, (°C)

Belje	-18	N. Gradiška	-18
Benkovac	- 6	Ogulin	-20
Bjelovar	-18	Opatija	- 6
Cres	- 6	Osijek	-18
Crikvenica	- 6	Pazin	- 6
Čakovec	-20	Petrinja	-21
Čazma	-18	Poreč	- 7
Daruvar	-18	Požega	-20
Delnice	-18	Pula	- 6
Donji Miholjac	-18	Rab	- 4
Dubrovnik	- 2	Rijeka	- 8
Đakovo	-18	Rovinj	- 6
Garešnica	-18	Senj	- 6
Gospić	-24	Sisak	-18
Hvar	- 2	Sl. Brod	-18
Imotski	- 6	Slunj	-16
Jastrebarsko	-18	Split	- 4
Karlovac	-18	Šibenik	- 6
Knin	- 9	Topusko	-21
Koprivnica	-18	Trogir	- 4
Krk	- 6	Varaždin	-20
Križevci	-16	Veli Lošinj	- 3
Kutina	-18	Vinkovci	-18
Lepoglava	-21	Virovitica	-20
Lipik	-21	Vukovar	-18
Makarska	- 4	Zadar	- 6
Našice	-18	Zagreb	-15

*Vanjske projektne temperature θ_e [° C]
 za gradove i mjesta u RH (izvan upotrebe)*

TABLIČNI PRIKAZI METEOROLOŠKIH VELIČINA, POLOŽAJA I VISINA ZA KLIMATSKI MJERODAVNE METEOROLOŠKE POSTAJE

Meteorološki parametri u tablicama po postajama

<https://mgipu.gov.hr/UserDocsImages/3569>

SLAVONSKI BROD

h: 88
 ϕ : 45° 9'33"
 λ : 17° 59'43"
 razdoblje: 1991-2010.

Dnevne vrijednosti po mjesecima

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD
θ_{mm} [°C]	0.3	2.4	7.0	11.9	16.9	20.4	22.1	21.5	16.2	11.3	6.3	1.2	11.5
θ_{msd} [°C]	4.2	4.6	4.3	3.8	3.7	3.8	3.2	3.2	3.3	4.2	4.4	4.5	8.6
θ_{minmm} [°C]	-16.4	-12.4	-7.6	-0.5	6.9	8.7	13.7	10.6	7.4	-0.5	-4.8	-13.0	-16.4
θ_{maxmm} [°C]	10.6	14.1	17.5	20.4	25.2	28.9	28.9	28.4	26.4	20.3	18.4	14.7	28.9
θ_{SWmm} [°C]	7.7	10.5	11.8	12.5	13.2	12.9	13.4	13.6	12.5	11.6	9.0	6.7	11.3
R_{mm} [mm]	1.7	1.4	1.5	2.1	2.1	3.1	2.6	2.3	2.8	2.4	2.6	2.0	2.2
φ_{mm} [%]	85	77	71	70	71	72	71	73	78	81	84	86	77

Projektne vrijednosti prema metodologiji iz
HRN EN ISO 15927-5

N	20
θ_{2d}^* [°C]	-10.0
θ_{2d}^{**} [°C]	-11.6
$\theta_{0.4\%}^*$ [°C]	27.7
θ_w^* [°C]	21.4
θ_d^* [°C]	18.2
$\varphi_{p0.4}^*$ [%]	100
$\varphi_{p99.6}^*$ [%]	47

Vrijednosti za projektiranje prema Tehničkom
propisu

N	20
θ_{minym} [°C]	-16.4
θ_{maxym} [°C]	28.9
θ_w^* [°C]	22.9
θ_d^* [°C]	20.2
θ_{SWym} [°C]	15.9

Primjer

Projektne temperature za Slavonski Brod

Proračunski parametri:

ϑ_{int} - unutarnja proračunska temperatura pojedinih temperaturnih zona (°C)

n – broj izmjena zraka svake proračunske zone u jednom satu (h^{-1})

$$\vartheta_{\text{int,H}} = \frac{\sum_s A_{t,s} \cdot \vartheta_{\text{int,H},s}}{\sum_s A_{t,s}} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$\vartheta_{\text{int,H},s}$
 $A_{t,s}$

- unutarnja postavna temperatura za grijanje prostora "s" površine $A_{t,s}$ unutar zone [kWh] i
- površina prostora "s" unutar zone s različitim postavnim temperaturama grijanja prostora [kWh].

*Unutarnje
proračunske
Temperature
Temeljem HRN
EN 13790
Tablica G.12 i
DIN V 18599-10*

Vrsta prostora	Sezona grijanja zimi $\vartheta_{\text{int}}, ^{\circ}\text{C}$	Kontinentalna Hrvatska – sezona hlađenja $\vartheta_{\text{int}}, ^{\circ}\text{C}$	Primorska Hrvatska – sezona hlađenja $\vartheta_{\text{int}}, ^{\circ}\text{C}$
Obiteljske kuće	20	22	24
Stambene zgrade	20	22	24
Uredske, administrativne i druge poslovne zgrade slične pretežite namjene	20	22	24
Školske, fakultetske zgrade, i druge odgojne i obrazovne ustanove	20	22	24
Vrtići	22	22	24
Knjižnice – prostorije za čitanje	20	22	24
Knjižnice – prostorije s policama	20	22	24

Proračunski parametri:

ϑ_{int} - unutarnja proračunska temperatura pojedinih temperaturnih zona (°C)

Vrsta prostora	Sezona grijanja zimi ϑ_{int} , °C	Kontinentalna Hrvatska – sezona hlađenja ϑ_{int} , °C	Primorska Hrvatska – sezona hlađenja ϑ_{int} , °C
Bolnice i zgrade za rehabilitaciju	22	22	24
Hoteli, moteli i sl.	20	22	24
Muzeji	20	22	
Ostale zgrade sa stalnim radom (kolodvori, i sl.)	20	22	24
Robne kuće, trgovački centri, trgovine	20	22	24
Sportske zgrade	18	22	24
Radionice i proizvodne hale	18	22	24
Kongresni centri	20	22	24
Kazališta i kina	20	22	24
Kantine	20	22	24
Restorani	20	22	24
Kuhinje	20	22	24
Serverske sobe, kompjuterski centri	-	24	26
Spremišta opreme, arhive	16	22	24
Bazeni	26	26	26
Zgrade koje nisu navedene	20	22	24

*Unutarnje
proračunske
Temperature
Temeljem HRN
EN 13790
Tablica G.12 i
DIN V 18599-10*

Podaci o zgradi:

- A_k – ploština pojedinih građevnih dijelova zgrade (m^2);
- A_f – površina kondicionirane zone zgrade s vanjskim dimenzijama (m^2);
- A_k – ploština korisne površine zgrade (m^2);
za stambene zgrade može se približno odrediti $A_k = 0,32 V_e$
- A – ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade (omotač grijanog dijela zgrade), uređena prema HRN EN ISO 13789:2007, dodatak B, za slučaj vanjskih dimenzija (m^2);
- V_e – bruto obujam, obujam grijanog dijela zgrade kojemu je oplošje A (m^3);
- V – neto obujam, obujam grijanog dijela zgrade u kojem se nalazi zrak (m^3);
Taj se obujam određuje koristeći unutarnje dimenzije ili prema približnom izrazu $V = 0,76 \cdot V_e$ za zgrade do tri etaže, odnosno $V = 0,8 \cdot V_e$ u ostalim slučajevima
- f – udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja

Podaci o termotehničkim sustavima:

- način grijanja zgrade,
- izvori energije koji se koriste za grijanje i pripremu PTV-a,
- vrsta ventilacije (prirodna, prisilna),
- vođenje i regulacija sustava grijanja,
- karakteristike unutarnjih izvora topline.

Rezultati proračuna:

Izlazni rezultati proračuna prema HRN EN ISO 13790 su mjesečni podaci za svaku zonu i ukupni sezonski podaci:

1) REŽIM GRIJANJA

- transmisijski toplinski gubici
- ventilacijski toplinski gubici
- unutarnji toplinski dobici (ljudi, rasvjeta, uređaji)
- ukupni toplinski dobici od sunčeva zračenja
- faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje
- broj dana grijanja u mjesecu/godini
- potrebna toplinska energija za grijanje svedena na grijani prostor

Proračunske zone

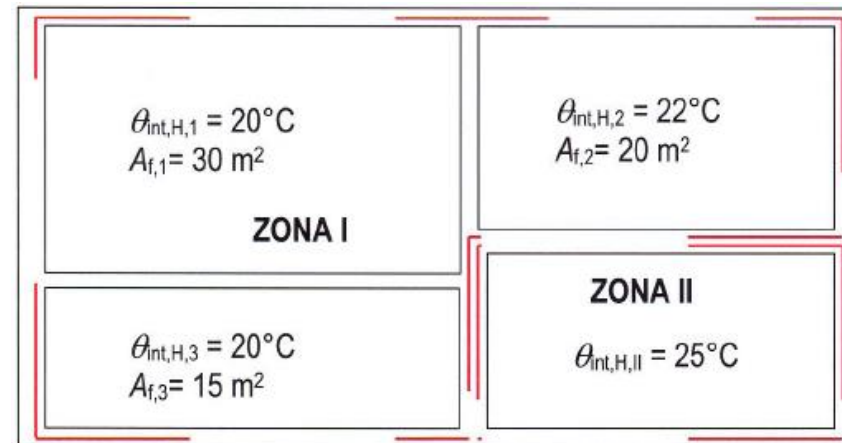
Podjela na proračunske zone za koje se odvojeno računa potrebna energija za grijanje (i hlađenje), te se za svaku zonu zasebno izdaje energetska certifikat, provodi se za dijelove zgrade ako se razlikuju:

- vrijednosti unutarnje projektne temperature za više od 4 °C,
- namjena drugačija od osnovne i to u iznosu od 10 % i više neto podne površine prostora veće od 50 m²,
- u pogledu ugrađenog termotehničkog sustava i njegovog režima uporabe

Proračun prema normi HRN EN ISO 13790 moguć je na tri načina:

- cijela zgrada tretirana kao jedna zona,
- zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutarnjih temperatura <5°C, pa se izmjena topline između samih zona ne uzima u obzir
- zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutarnjih temperatura ≥5°C, pa se izmjena topline između zona uzima u obzir

*-Primjer podjele
zgrade u dvije zone*



Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd}$

Sumiranje se provodi za sve mjesece u godini ako su vrijednosti mjesečne potrebne toplinske energije za grijanje pozitivne.

Proračun $Q_{H,nd,cont}$ uključuje sljedeći izraz:

$$Q_{Hndcont} = Q_{Tr} + Q_{Ve} - \eta_{H,gn}(Q_{int} + Q_{sol}) \quad [\text{kWh}]$$

Q_{Tr} – izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh);

Q_{Ve} – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu (kWh);

$\eta_{H,gn}$ – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka (-);

Q_{int} – unutarnji toplinski dobici zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta) (kWh);

Q_{sol} – toplinski dobici od Sunčeva zračenja (kWh).

Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje QH,nd *-neki ulazni podaci*

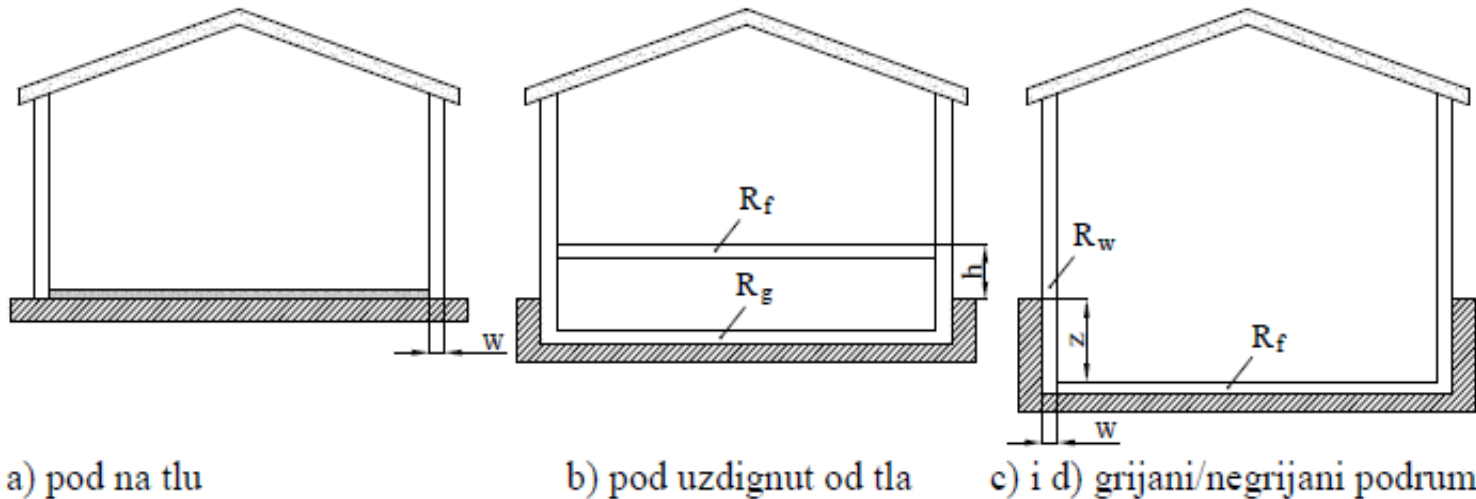
Broj izmjena zraka u ovisnosti o zrakopropusnosti prostora (HRN EN 13789 Tablica 2)

Ako je broj izmjena zraka n_{ue} nepoznat, potrebno je za n_{ue} uzeti onaj broj izmjena zraka koji je najbliži vrijednosti iz Tablice 2

Br.	Tip zrakopropusnosti	n_{ue} [1/h]
1	Bez prozora i vrata prema vanjskom okolišu, svi spojevi dobro zabrvljeni, bez ventilacijskih otvora prema vanjskom okolišu	0,1
2	Svi spojevi dobro zabrvljeni, bez ventilacijskih otvora prema vanjskom okolišu	0,5
3	Svi spojevi dobro zabrvljeni, mali ventilacijski otvori	1
4	Postoji zrakopropusnost zbog pojedinih otvorenih spojeva ili stalno otvorenih ventilacijskih otvora	3
5	Postoji zrakopropusnost zbog brojnih otvorenih spojeva ili velikih ili brojnih stalno otvorenih ventilacijskih otvora	10

Koeficijent prolaska topline U i koeficijenti H_{pi} i H_{pe} računaju se posebno za četiri različita slučaja (Slika dolje):

- a) pod na tlu
- b) pod uzdignut od tla
- c) grijani podrum
- d) negrijani podrum



Različite izvedbe poda

Faktor zaklonjenosti zgrade od nestrujavanja vjetra, f_w (HRN EN ISO 13370 Tablica 2)

Lokacija zgrade	Primjer	f_w [-]
Zaklonjena	Centar grada	0,02
Umjereno zaklonjna	Predgrađe	0,05
Otvorena	Ruralno područje	0,10

HRN EN ISO 13790: 2008

→ ODABRANO: **MJESEČNI PRORAČUN**, uz mogućnost toplinskog povezivanja više proračunskih zona.

- **potrebna toplinska energija za grijanje – stalni pogon** (izraz vrijedi i za mjesečni proračun):

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \quad [\text{kWh/a}]$$

$Q_{H,ht}$ – uk. toplinski gubici zgrade u periodu grijanja prema vanjskom okolišu, kWh

$Q_{H,gn}$ – ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja, kWh

$\eta_{H,gn}$ – bezdimenzijski faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje.

Napomena: U gornji izraz **nije** uključena **latentna** toplina, npr. za ovlaživanje.

Kod podjele zgrade na proračunske zone, proračun se provodi uzimajući u obzir toplinsku povezanost zona ako je razlika u vrijednosti unutarnje projektne temperature između susjednih zona 5°C ili veća. Po istom kriteriju vrši se i proračun transmisije topline na susjedne zgrade.

HRN EN ISO 13790: 2008

- bezdimenzijski faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje (unutarnjih dobitaka i dobitaka od sunčevog zračenja), računa se za svaki mjesec i za svaku proračunsku zonu:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}} \quad \text{ako je } \gamma_H > 0 \text{ i } \gamma_H \neq 1$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad \text{ako je } \gamma_H = 1$$

$$\eta_{H,gn} = \frac{1}{\gamma_H} \quad \text{ako je } \gamma_H < 0$$

- gdje je γ_H omjer toplinskih dobitaka i gubitaka:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$$

- bezdimenz. numerički parametar a_H je funkcija **vremenske konstante zgrade τ** :

$$a_H = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0}$$

	a_0	τ_0 [h]
Mjesečni proračun	1	15
Sezonski proračun	0.8	30

HRN EN ISO 13790: 2008

- vremenska konstanta zgrade:

$$\tau = \frac{C_m / 3600}{H_{tr} + H_{Ve}} \quad [h]$$

- unutarnji toplinski kapacitet zgrade ili proračunske zone:

$$C_m = \sum_j \kappa_j A_j \quad [J/K]$$

κ_j – unut. toplinski kapacitet građevnog dijela zgrade j prema EN ISO 13786, J/(m²K)

A_j – površina građevnog dijela zgrade j , m²

HRN EN ISO 13790: 2008

C_m se može odrediti na sljedeći način:

$$C_m = 370 \text{ kJ/(m}^2\text{K)} \cdot A_f$$

- za zgrade s masivnim unutarnjim i vanjskim zidovima (plošna masa veća od 550 kg/m²),

za ostale zgrade prema donjoj tablici pri čemu je A_f (m²) površina kondicionirane zone zgrade s vanjskim dimenzijama

Klasa zgrade	C _m kJ/K	Plošna masa kg/m ²
Vrlo lagana	80 x A _f	m' ≤ 100
Lagana	110 x A _f	250 ≥ m' ≥ 100
Srednje teška	165 x A _f	400 ≥ m' ≥ 250
Teška	260 x A _f	550 ≥ m' ≥ 400
Masivna gradnja	370 x A _f	m' ≥ 550

Proračun efektivnog toplinskog kapaciteta grijanog dijela zgrade kao funkcija plošne mase materijala

HRN EN ISO 13790: 2008

„Vrlo lagana“

Vanjska ovojnica - lagane montažne i polumontažne konstrukcije od drveta ili metala s ispunom od toplinsko-izolacijskih materijala i tankim završnim oblogama, ili toplinskim panelima kao završnom oblogom. Unutarnji zidovi izvedeni kao suhomontažni, od porobetona, šuplje ili pune opeke debljine do 15,00 cm.

„Lagana“

Zgrada izvedena pretežno od laganih građevnih materijala – vanjska ovojnica od porobetona (plino ili pjenobetona), šuplje opeke od gline gustoće $\leq 900 \text{ kg/m}^3$, te laganih pregradnih zidova (suhomontažni, od porobetona, opeke debljine do 15,00 cm i sl.).

„Srednje teška“

Zgrada izvedena pretežno od šuplje opeke od gline gustoće $>900 \text{ kg/m}^3$ i s udjelom armirano-betonskih dijelova do 15% ukupne ploštine vanjskih zidova, zgrada s vanjskim zidovima od pune opeke od gline, te s laganim ili masivnim pregradnim zidovima.

HRN EN ISO 13790: 2008

„Teška“

Zgrada izvedena od šuplje ili pune opeke od gline gustoće $>900 \text{ kg/m}^3$ i debljine $> 20,00 \text{ cm}$ i s udjelom armirano-betonskih dijelova više od 15% ukupne ploštine vanjskih zidova, zgrada sa zidovima od šupljih blokova od betona, te masivnim unutarnjim pregradnim zidovima.

„Masivna gradnja“

Zgrada od vanjskih armirano-betonskih zidova debljine $\geq 20,00 \text{ cm}$, te masivnim unutarnjim pregradnim zidovima.

HRN EN ISO 13790: 2008

- za potrebe pojedinog proračuna (grijanje, hlađenje), **toplinski gubici proračunske zone za promatrani vremenski period t** su:

$$Q_{ht} = (H_{tr} + H_{ve})(\theta_{int} - \theta_e)t \quad [Wh]$$

H_{tr} – koeficijent transmisijskih gubitaka prorač. zone prema EN ISO 13789, W/K

H_{ve} – koeficijent ventilacijskih gubitaka prorač. zone, W/K

θ_{int} – unutarnja projektna temperatura zone, ° C

θ_e – srednja vanjska temperatura za proračunski period (npr. mjesečna), ° C

t – proračunski vremenski period, h

Napomena: Toplinski tok izračunat prema gornjem izrazu ili njegov dio mogu u nekim vremenskim periodima imati negativan predznak.

HRN EN ISO 13790: 2008

- **koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka** određuje se prema normi EN ISO 13789 iz slijedećeg izraza:

$$H_{tr} = H_D + H_g + H_U + H_A \quad [W/K]$$

H_D – koeficijent transmisijskog gubitka prema vanjskom okolišu, W/K

H_g – stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka prema tlu, W/K

H_U – koeficijent transmisijskog gubitka kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu, W/K

H_A – koeficijent transmisijskog gubitka prema susjednoj zgradi, W/K

HRN EN ISO 13790: 2008

- ukupni **toplinski dobici** za proračunsko razdoblje:

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad [Wh]$$

- unutarnji toplinski dobici za promatrani vremensko razdoblje t [h]:

$$Q_{int} = \left[\sum_k \Phi_{int,mn,k} \right] t + \left[\sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \right] t \quad [Wh]$$

$\Phi_{int,mn,k}$ – srednji učinak unutarnjeg **izvora topline u grijanom prostoru za prorač. period**, W

$\Phi_{int,mn,u,l}$ – srednji učinak unutarnjeg **izvora topline u susjednom negrijanom prostoru**, W

$b_{tr,1}$ – faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom 1 prema EN ISO 13789

Susjedni negrijani prostor je negrijani prostor izvan granica proračunske zone.

HRN EN ISO 13790: 2008

Unutarnji toplinski izvori:

- osobe
- oprema
- rasvjeta

Unutarnji toplinski dobici Q_{int} od ljudi i uređaja računaju se s vrijednošću 5 W/m² ploštine korisne površine za stambene prostore, a 6 W/m² za poslovne prostore

HRN EN ISO 13790: 2008

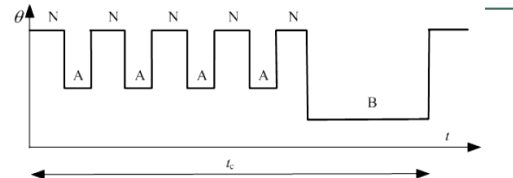
-U slučaju **smanjenja unutarnje temperature ili prekidanog grijanja**, norma sadrži proračunske postupke za smanjenje potrebne energije s obzirom na trajanje prekida u periodu grijanja.

-Prekid grijanja **ne mora se posebno proračunavati** (može se proračunati kao stalno grijanje s prilagođenom unutarnjom temperaturom) ukoliko je:

- oscilacija unutarnje temperature tijekom prekida grijanja $< 3^{\circ} \text{C}$.
- vremenska konstanta zgrade $\tau < 20\%$ vremena trajanja najkraćeg prekida grijanja.

Također, prekid grijanja **ne mora se posebno proračunavati** (može se proračunati kao stalno grijanje s projektnom unutarnjom temperaturom) ukoliko je:

- vremenska konstanta zgrade τ trostruko (3 x) veća od vremena trajanja najduljeg prekida grijanja



HRN EN ISO 13790: 2008

- u slučaju **kraćeg prekida grijanja** ili režima sa sniženom unutarnjom temperaturom (npr. **noću, vikendom**), a kada nisu ispunjeni prethodni zahtjevi, za proračun potrebne energije za grijanje za proračunski period koristi se izraz:

$$Q_{H,nd,interm} = a_{H,red} Q_{H,nd} \quad [\text{kWh}]$$

$$a_{H,red} = 1 - b_{H,red} \frac{\tau_0}{\tau} \gamma_H (1 - f_{H,hr})$$

$$\begin{aligned} (a_{H,red})_{\min} &= f_{H,hr} \\ (a_{H,red})_{\max} &= 1 \end{aligned}$$

$b_{H,red}$ – iskustveni korelacijski faktor, (ponuđena vrijednost = 3)

$f_{H,hr}$ – vremenski udio broja sati pogona s projektnom unutarnjom temperaturom grijanja kao dio od jednog tjedna, (npr. za 14 sati pogona s θ_{int} tijekom 5 radnih dana = $(14 \times 5) / (24 \times 7) = \mathbf{0.42}$)

Vrijeme rada sustava grijanja/hlađenja za nestambene zgrade (temeljem DIN V 18599-10 Tablica 4)

Namjena prostora	Period korištenja (h)*	Broj sati rada sustava grijanja/hlađenja**, t_d (h/dan)	Broj dana rada sustava grijanja / hlađenja u tjednu, $d_{use,tj}$ (dan/tj)
Uredske, administrativne i druge poslovne zgrade slične pretežite namjene	07:00 – 18:00	13	5
Školske, fakultetske zgrade, i druge odgojne i obrazovne ustanove	08:00 – 20:00	14	5
Vrtići	07:00 – 18:00	13	5
Knjižnice – prostorije za čitanje	08:00 – 20:00	14	6
Knjižnice – prostorije s policama	08:00 – 20:00	14	6
Bolnice i zgrade za rehabilitaciju	00:00 – 24:00	24	7
Hoteli, moteli i sl.	00:00 – 24:00	24	7
Muzeji	00:00 – 24:00	24	7
Ostale zgrade sa stalnim radom (kolodvori, i sl.)	00:00 – 24:00	24	7
Robne kuće, trgovački centri, trgovine	08:00 – 21:00	15	6
Sportske zgrade	08:00 – 23:00	17	6
Radionice i proizvodne hale	07:00 – 19:00	14	5
Kongresni centri	09:00 – 18:00	11	3
Kazališta i kina	13:00 – 23:00	12	5
Kantine	08:00 – 15:00	9	5
Restorani	10:00 – 00:00	16	6
Kuhinje	10:00 – 23:00	15	6
Serverske sobe, kompjuterski centri	00:00 – 24:00	24	7
Garaže	00:00 – 24:00	24	7
Spremišta opreme, arhive	07:00 – 18:00	13	5
Zgrade koje nisu navedene	07:00 – 19:00	14	5

* Sustav grijanja/hlađenja s radom počinje 2 sata prije početka korištenja prostora

** U Algoritmu za ventilaciju/klimatizaciju ove vrijednosti se odnose na vrijeme rada sustava mehaničke ventilacije/klimatizacije $t_{ve,mech}$.

HRN EN ISO 13790: 2008

- u slučaju **duljeg prekida grijanja** i hlađenja (npr. **škole tijekom praznika**) ili režima sa promijenjenom unutarnjom temperaturom, za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje u proračunskom periodu u kojem se zgrada ne koristi, vrijede izrazi:

$$Q_{H,nd} = (1 - f_{H,nocc}) Q_{H,nd,occ} + f_{H,nocc} Q_{H,nd,nocc} \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{H,nd,occ}$ – potrebna energija za grijanje za cijeli mjesec uz projektnu unutarnju temperaturu, kWh

$Q_{H,nd,nocc}$ – potrebna energija za grijanje za cijeli mjesec uz promijenjenu unutarnju temperaturu (zgrada se ne koristi), kWh

$f_{H,nocc}$ – vremenski **udio broja dana** u jednom mjesecu **kada se zgrada ne koristi** u sezoni grijanja

Prema
HRN EN ISO 13790
Tablica G.12
Ulazni proračunski podaci

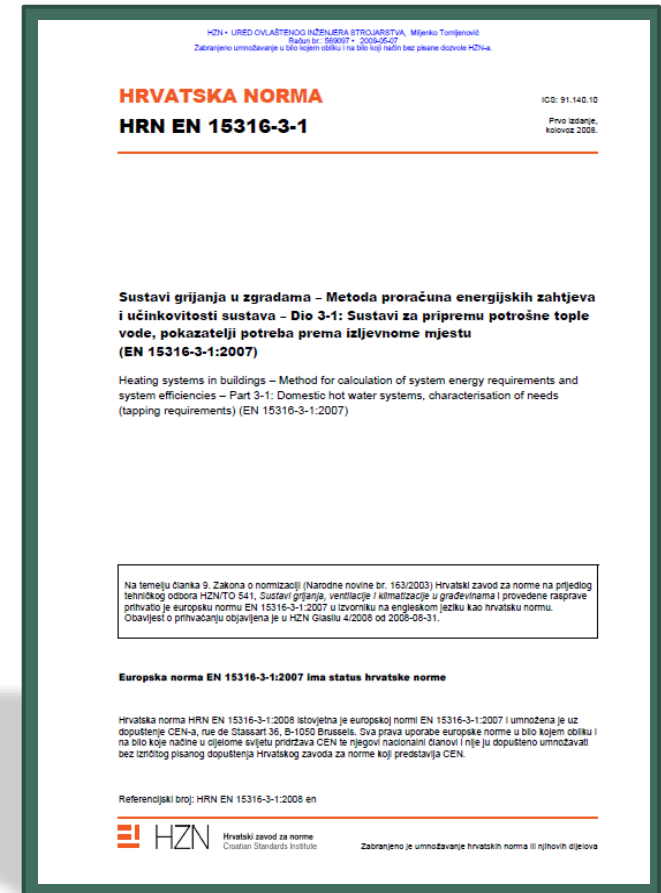
Building type	a	b	c	d	e	f	g	h	i) Other types				Unit
Building category Input data	Single-family houses	Apartment blocks	Offices	Education buildings	Hospitals	Restaurants	Trade services	Sports facilities	Meeting halls	Industrial buildings	Warehouses	Indoor swimming pools	
Internal set-point temperature in winter	20	20	20	20	22	20	20	18	20	18	18	28	°C
Internal set-point temperature in summer	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	28	°C
Area per person (occupancy)	60	40	20	10	30	5	10	20	5	20	100	20	m ² /person
Average heat flow per person	70	70	80	70	80	100	90	100	80	100	100	60	W/person
Metabolic gain per conditioned floor area	1,2	1,8	4,0	7,0	2,7	20,0	9,0	5,0	16,0	5,0	1,0	3,0	W/m ²
Presence time per day (monthly average)	12	12	6	4	16	3	4	6	3	6	6	4	h
Annual electricity use per conditioned floor area ^a	20	30	20	10	30	30	30	10	20	20	6	60	kWh/m ²
Part of electricity use within conditioned part of building	0,7	0,7	0,9	0,9	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	0,7	—
Airflow rate with external air per conditioned floor area ^a	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,2	0,7	0,7	1,0	0,7	0,3	0,7	m ³ /(h·m ²)
Airflow rate with external air per person	42	28	14	7	30	6	7	14	5	14	30	14	m ³ /(h·person)
Heating need for hot water per conditioned floor area ^a	10	20	10	10	30	60	10	80	10	10	1,4	80	kWh/m ²

■ Godišnja potrebna toplinska energija za zagrijavanje potrošne tople vode Q_w [kWh/a] prema HRN EN 15316-3-1:2007

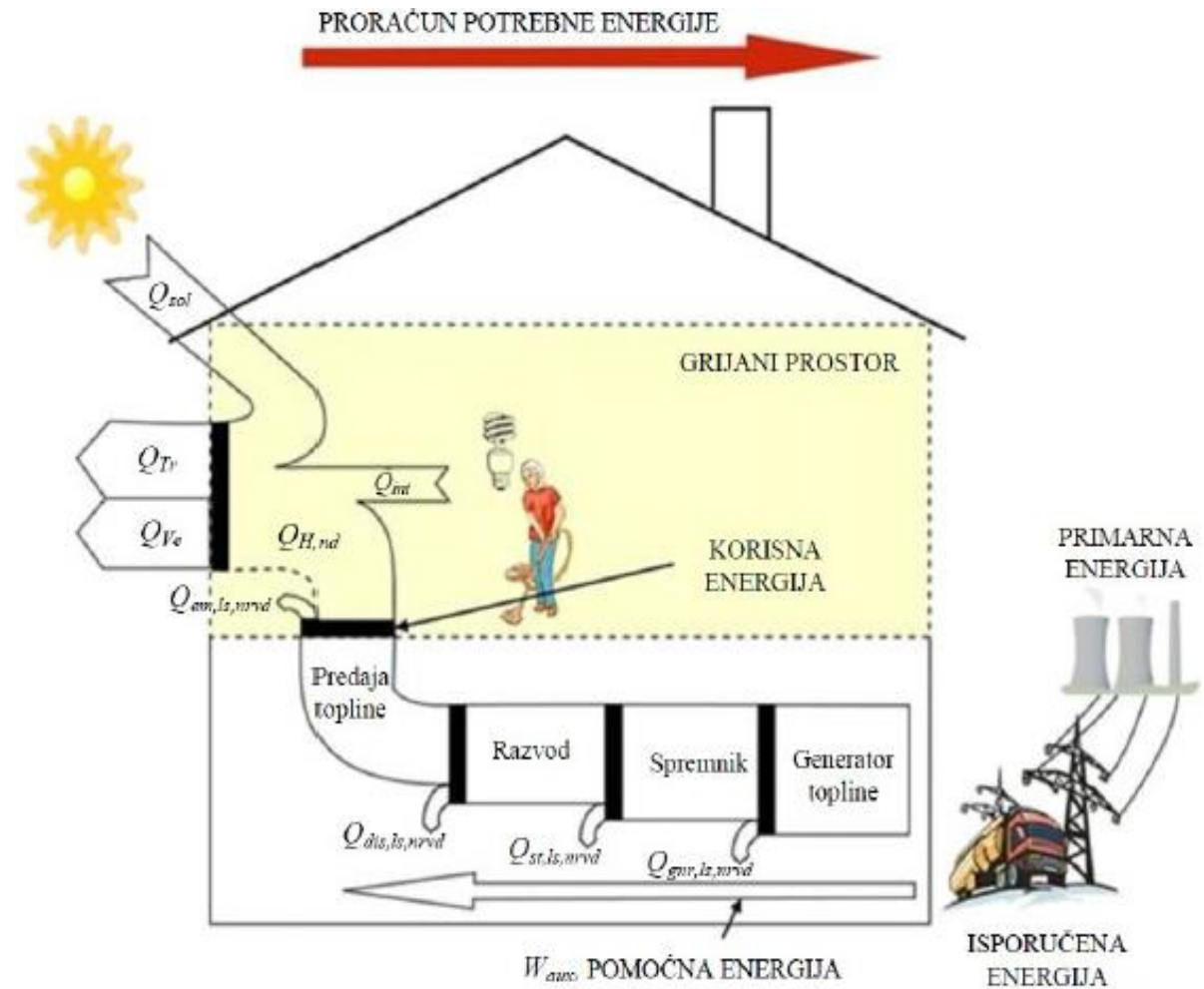
Norma EN 15316-3-1

Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Dio 3-1:
Sustavi za pripremu potrošne tople vode, pokazatelji potreba prema izljevnom mjestu

- sadrži metode proračuna potrebne toplinske energije za pripremu potrošne tople vode (PTV) u zgradi

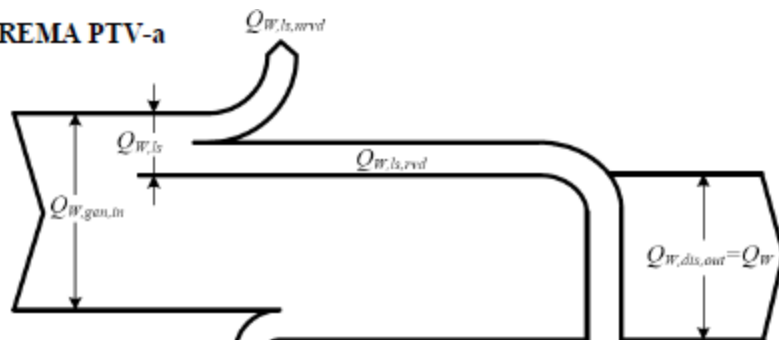


Energetski tokovi u zgradi s termotehničkim sustavom za grijanje



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

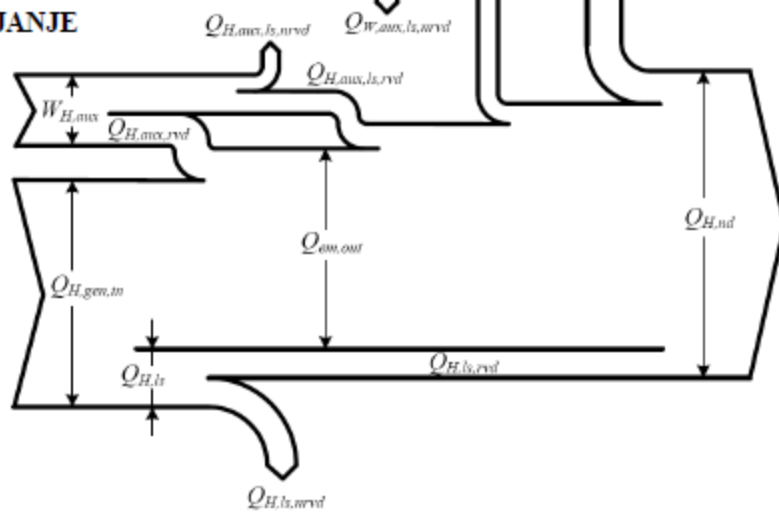
PRIPREMA PTV-a



Q_W
 $Q_{H,nd}$
 $Q_{W,dis,out}$
 $Q_{em,out}$
 $Q_{W,ls,rvd}$
 $Q_{H,ls,rvd}$
 $Q_{W,ls,nrvd}$
 $Q_{H,ls,nrvd}$
 $Q_{W,ls}$
 $Q_{H,ls}$
 $Q_{W,aux,ls,rvd}$
 $Q_{H,aux,ls,rvd}$
 $Q_{W,aux,ls,nrvd}$
 $Q_{H,aux,ls,nrvd}$
 $Q_{W,aux,rvd}$
 $Q_{H,aux,rvd}$
 $W_{W,aux}$
 $W_{H,aux}$
 $Q_{W,gen,in}$
 $Q_{H,gen,in}$

- potrebna toplinska energija za pripremu PTV-a (kWh);
- potrebna toplinska energija za grijanje prostora (kWh);
- toplinska energija na izlazu iz podsustava razvoda PTV-a (kWh);
- toplinska energija na izlazu iz podsustava predaje (kWh);
- iskorišteni toplinski gubici sustava pripreme PTV-a (kWh);
- iskorišteni toplinski gubici sustava grijanja (kWh);
- neiskorišteni toplinski gubici sustava pripreme PTV-a (kWh);
- neiskorišteni toplinski gubici sustava grijanja (kWh);
- ukupni toplinski gubici sustava pripreme PTV-a (kWh);
- ukupni toplinski gubici sustava grijanja (kWh);
- iskorišteni toplinski gubici pomoćnih uređaja sustava pripreme PTV-a (kWh);
- iskorišteni toplinski gubici pomoćnih uređaja sustava grijanja (kWh);
- neiskorišteni topl. gubici pomoćnih uređaja sustava pripreme PTV-a (kWh);
- neiskorišteni toplinski gubici pomoćnih uređaja sustava grijanja (kWh);
- vraćena pomoćna energija u sustav pripreme PTV-a (kWh);
- vraćena pomoćna energija u sustav grijanja (kWh);
- pomoćna energija sustava pripreme PTV-a (kWh);
- pomoćna energija sustava grijanja (kWh);
- toplinska energija na ulazu u podsustav proizvodnje PTV-a (kWh);
- toplinska energija na ulazu u podsustav proizvodnje (kWh).

GRIJANJE



Norma EN 15316-3-1

Ulazni podaci:

- temperatura potrošne tople vode $\theta_{W,del} \text{ } ^\circ \text{C}$
- temperatura vodovodne vode $\theta_{W,0} \text{ } ^\circ \text{C}$
- volumen dnevne potrošnje tople vode $V_{W,day} \text{ m}^3/\text{d}$

Period proračuna:

- mjesečni,
- sezona grijanja,
- period izvan sezone grijanja

HRN EN 15316-3-1

1. Stambena zgrada

$$Q_W = \frac{Q_{W,A,a}}{365} \cdot A_k \cdot d \quad [\text{kWh}]$$

A_k – korisna površina zgrade (m^2);

d – broj dana u promatranom periodu (dan);

Q_W – toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a u promatranom periodu (kWh)

$Q_{W,A,a}$ – specifična toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a ($\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$),

- za zgrade do 3 stambene jedinice $12.5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$,

- za zgrade s više od 3 stambene jedinice $16 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

HRN EN 15316-3-1

2. Nestambena zgrada

$$Q_W = 4,182 \cdot V_{W,f,day} \cdot f \cdot (\theta_{W,del} - \theta_{W,0}) \cdot d' / 3600 \quad [\text{kWh}]$$

$V_{W,f,day}$ – dnevna potrošnja PTV-a po jedinici pri temperaturi $\theta_{W,del}$ (lit/jedinici/dan), Tablica 6.1;

f – broj jedinica (npr. kreveta);

$\theta_{W,del}$ – temperatura PTV-a ($^{\circ}\text{C}$), $\theta_{W,del} = 60^{\circ}\text{C}$;

$\theta_{W,0}$ – temperatura svježe vode ($^{\circ}\text{C}$), $\theta_{W,0} = 13,5^{\circ}\text{C}$.

$d_{use,tj}$ – broj dana korištenja sustava u tjednu (d/tj) (iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790);

d' – broj dana u promatranom periodu (dan), $d' = d_{use,tj} / 7 \cdot \text{broj dana u mjesecu}$;

HRN EN 15316-3-1

- volumen dnevne potrošnje PTV za nestambene zgrade:

Vrijednost *specifične potrošnje*
PTV za nestambene zgrade
 Iz HRN EN B.1

Vrsta aktivnosti	$V_{w,f,dan}$ [lit/jedinici/dan]	$f[-]$
Smještaj	28	Broj kreveta
Zdravstvena ustanova bez smještaja	10	Broj kreveta
Zdravstvena ustanova sa smještajem-bez praonice rublja	56	Broj kreveta
Zdravstvena ustanova sa smještajem-sa praonicom	88	Broj kreveta
Izobrazba	Potrošnja PTV-a se ne uzima u obzir	
Uredi		
Kazališta		
Dučani		

Ugostiteljstvo, 2 obroka/dan, tradicionalna hrana	21	Broj gostiju po obroku
Ugostiteljstvo, 2 obroka/dan, samoposluživanje	8	Broj gostiju po obroku
Ugostiteljstvo, 1 obrok/dan, tradicionalna hrana	10	Broj gostiju po obroku
Ugostiteljstvo, 1 obrok/dan, samoposluživanje	4	Broj gostiju po obroku

Vrijednost *specifične potrošnje*
PTV za nestambene zgrade
Iz HRN EN B.1
-nastavak

Hotel, 1-zvjezdica, bez praonice rublja	56	Broj kreveta
Hotel, 1-zvjezdica, s praonicom rublja	70	Broj kreveta
Hotel, 2-zvjezdice, bez praonice rublja	76	Broj kreveta
Hotel, 2-zvjezdice, s praonicom rublja	90	Broj kreveta
Spotski objekti	101	Broj tuševa
Skladištenje	Potrošnja PTV-a se ne uzima u obzir	
Industrija		
Transport		
Ostalo		

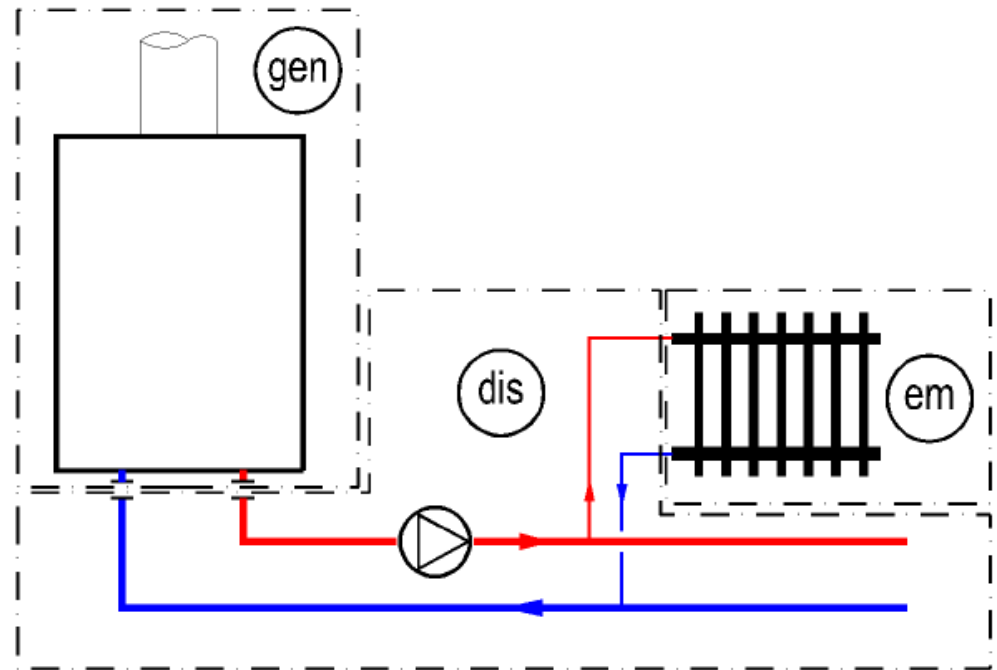
■ **Godišnji toplinski gubici sustava grijanja $Q_{H,ls}$ [kWh/a] prema HRN EN 15316:2007**

$$Q_H = Q_{H,nd} + Q_W + \textcircled{Q_{H,ls}} + Q_{W,ls}$$

-primjer podjele

-Temelji se na analizi
sljedećih podsustava
temotehničkog sustava
grijanja:

- podsustava izmjene (*em*)
- podsustav razvoda (*dis*)
- podsustav izvora (*gen*)



HRN EN 15316

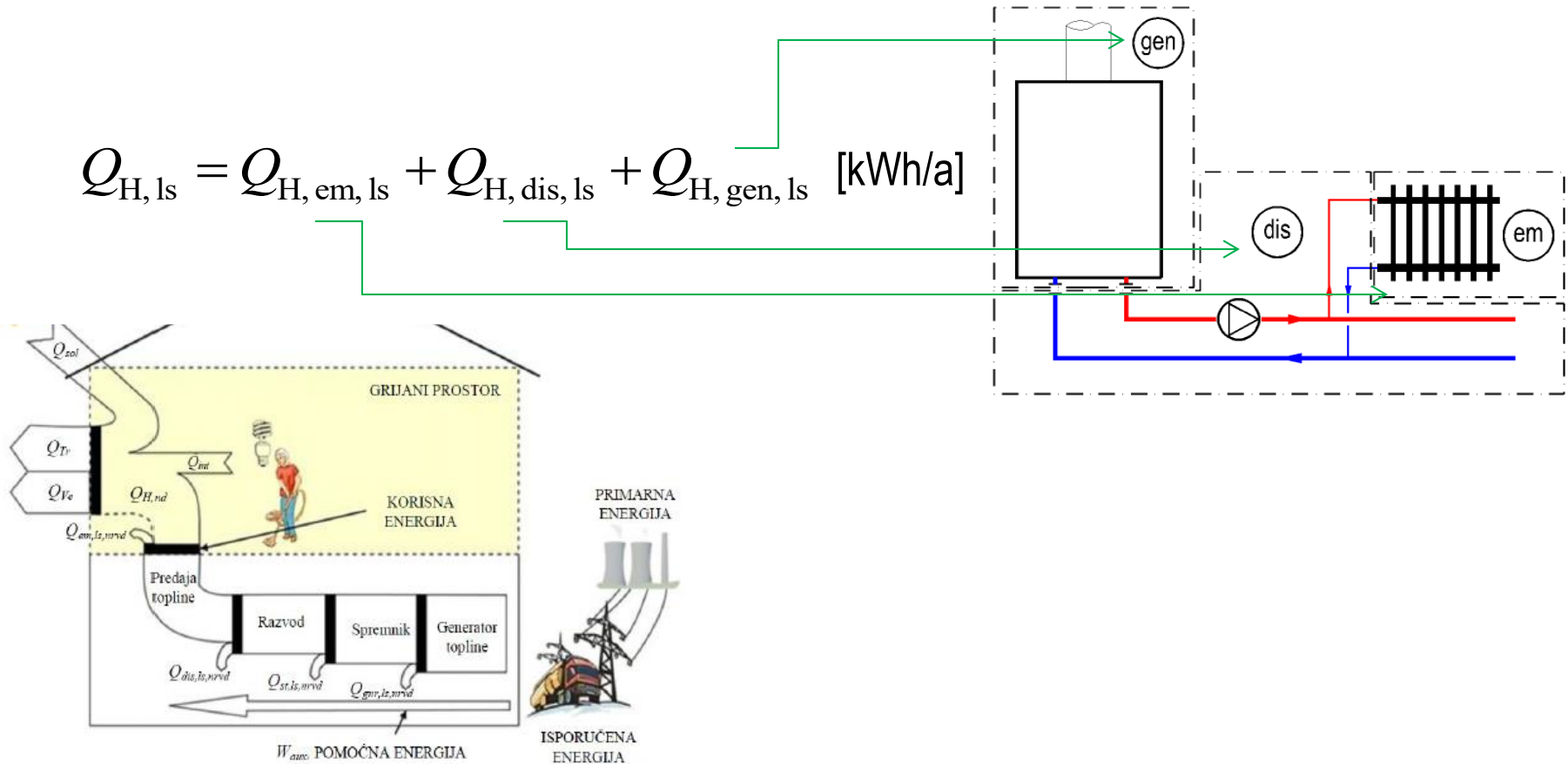
Proračun pojedinih gubitaka toplinske energije i pomoćne energije vrši se prema sljedećim normama:

- za proračun **pod sustava izmjene topline** HRN EN 15316-2-1 (*Sustavi grijanja u zgradama - Metoda proračuna energetskega zahtjeva i učinkovitosti sustava - Dio 2-1: Sustavi za grijanje prostora zračenjem topline*)
- za proračun **pod sustava razvoda** HRN EN 15316-2-3:2007 (*Sustavi grijanja u zgradama - Metoda proračuna energetskega zahtjeva i učinkovitosti sustava - Dio 2-3: Razvodi sustava grijanja prostora*)
- za proračun **pod sustava izvora topline** HRN EN 15316-4-X (*Sustavi grijanja u zgradama - Metoda proračuna energetskega zahtjeva i učinkovitosti sustava i to u ovisnosti o vrsti pod sustava*
 - dio 4-1: Sustavi za proizvodnju topline izgaranjem (kotlovi)*
 - dio 4-2: Sustavi za proizvodnju topline, sustavi dizalica topline*
 - dio 4-3: Sustavi za proizvodnju topline, toplinski sustavi Sunčeva zračenja*
 - dio 4-4: Sustavi za proizvodnju topline, sustavi kogeneracije uklopljeni u zgradu*
 - dio 4-5: Sustavi za proizvodnju topline za grijanje prostora, pokazatelji i kvaliteta daljinskog grijanja i sustava velikog volumena*
 - dio 4-6: Sustavi za proizvodnju topline, fotonaponski sustavi*
 - dio 4-7: Sustavi za proizvodnju topline izgaranjem biomase*

HRN EN 15316

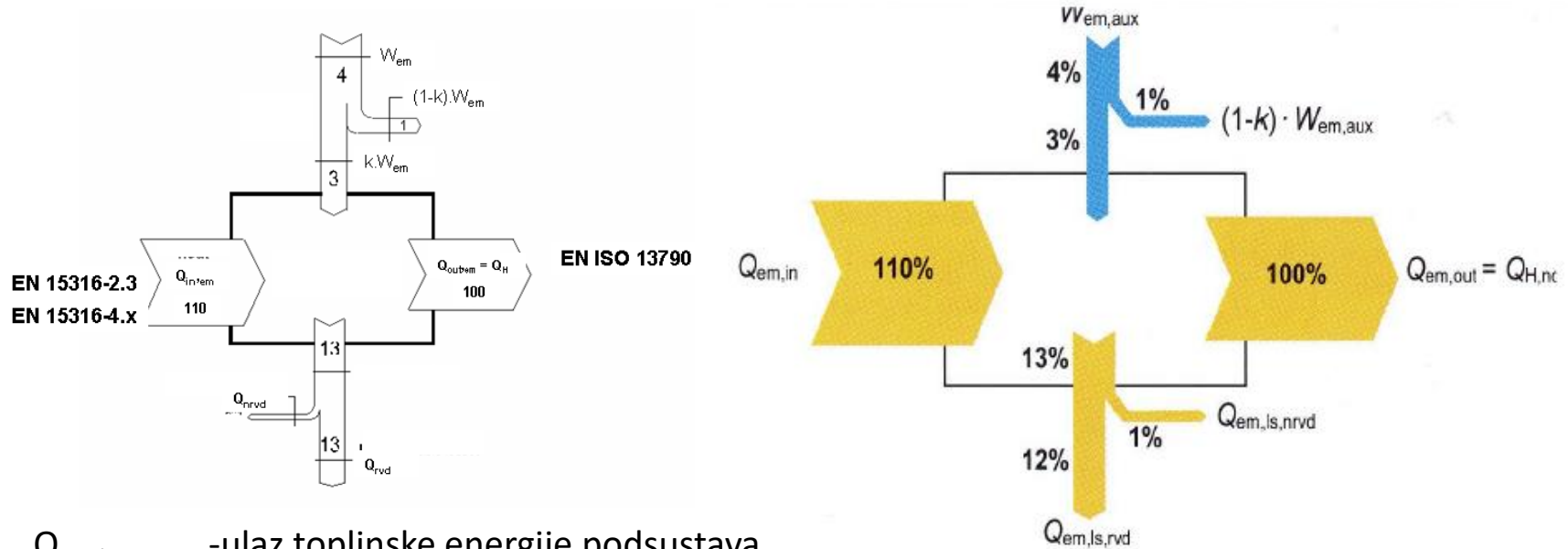
- ukupni godišnji toplinski gubici (nepovratni) sustava grijanja (općenito):

$$Q_{H, ls} = Q_{H, em, ls} + Q_{H, dis, ls} + Q_{H, gen, ls} \quad [\text{kWh/a}]$$



HRN EN 15316

Osnovna bilanca energije pod sustava izmjene topline u prostoru



- $Q_{em,in}$ - ulaz toplinske energije pod sustava
- $Q_{em,out}$ - izlaz toplinske energije (jednak potrebnoj korisnoj energiji za grijanje prostora)
- $W_{em,aux}$ - potrebna pomoćna energija pod sustava
- k - udio iskoristive pomoćne energije u pod sustavu
- $Q_{em,ls,rd}$ - gubici toplinske energije pod sustava koji su iskorišteni za grijanje prostora (ne pod sustava nego zgrade)
- $Q_{em,ls,nrvd}$ - gubici toplinske energije pod sustava koji nisu iskorišteni za grijanje prostora

HRN EN 15316-2-1

Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Dio 2-1: Sustavi za **grijanje prostora zračenjem (izmjenom) topline**

Period proračuna: mjesečni, sezona grijanja

Toplinska energija koju je potrebno dovesti podsustavu predaje toplinske energije u grijani prostor

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

$Q_{em,out}$ – toplinska energija na izlazu iz podsustava predaje (kWh);

$Q_{em,aux,rvd}$ – vraćena pomoćna energija (kWh);

$Q_{em,ls}$ – toplinski gubici podsustava predaje (kWh).

HRN EN 15316-2-1

Norma sadrži (izlazni rezultat):

- **Proračun $Q_{em,ls}$ – Metoda s korištenjem učinkovitosti**, metode proračuna **toplinskih gubitaka** podsustava izmjene topline (ogrjevna tijela,...)
- **Proračun pomoćne energije $W_{em,aux}$** metodu proračuna **pomoćne energije** za pogon elemenata podsustava (regulacija, pumpe, ventilatori...)
- **Proračun iskoristivih toplinskih gubitaka** metodu proračuna **povratnih toplinskih gubitaka** podsustava.

Proračun $Q_{em,ls}$ – Metoda s korištenjem učinkovitosti

Ulazne veličine:

- f_{hydr} – faktor hidrauličke ravnoteže razvoda radnog medija (-), Tablica 2.1;
- f_{im} – faktor intermitentnog rada (kod primjene vremenski određene regulacije smanjenja temperature za svaku pojedinu prostoriju) (-), $f_{im}= 0,97$, (za kontinuirani rad $f_{im}= 1$);
- f_{rad} – faktor utjecaja zračenja (uzima se u obzir samo kod visine prostorije $h>4$ m, uza toplovodne panele, cijevne i direktne grijalice zračenjem te podno grijanje), $f_{rad}=0,85$;
- η_{str} – učinkovitost predaje uslijed vertikalne raspodjele temperatura (-), Tablice 2.2-2.6;
- η_{ctr} – učinkovitost predaje uslijed djelovanja regulacije temperature prostorije(-), Tablice 2.2-2.6;
- η_{emb} – učinkovitost predaje uslijed specifičnih gubitaka kroz vanjske površine (ugrađeni sustavi) (-), Tablice 2.2÷2.6.

Faktor hidrauličke ravnoteže - Tablica 2.1 (HRN EN A.2)

Utjecajni parametri	Faktor hidrauličke ravnoteže f_{hydr}
Ne-uravnoteženi sustavi	1,03
Potpisano izvješće o uravnotežavanju u skladu s HRN EN 14336 - više od 8 ogrjevnih tijela po automatskom regulatoru tlaka ili samo statički uravnoteženi sustavi	1,01
Potpisano izvješće o uravnotežavanju u skladu s HRN EN 14336 - najviše 8 ogrjevnih tijela po automatskom regulatoru tlaka	1,00

Učinkovitost za slobodno stojeća ogrjevna tijela (radijatore) (visina prostorije ≤ 4 m)

- Tablica 2.2 (HRN EN A.1)

Utjecajni parametri		Učinkovitosti		
		η_{str}	η_{ctr}	η_{emb}
Regulacija temperature prostora	Neregulirana, s centralnom regulacijom temperature polaza		0,80	
	Regulacija preko referentne prostorije		0,88	
	P-regulator (2 K)		0,93	
	P-regulator (1 K)		0,95	
	PI-regulator		0,97	
	PI-regulator (s funkcijom optimizacije, npr. u ovisnosti o periodu boravka)		0,99	
		η_{str1}	η_{str2}	
Nad-temperatura (referentna $\theta_i = 20^\circ\text{C}$)	60 K (npr. 90/70)	0,88		
	42,5 K (npr. 70/55)	0,93		
	30 K (npr. 55/45)	0,95		
Specifični toplinski gubici kroz vanjske površine	Ogrjevno tijelo smješteno uz unutrašnji zid		0,87	1
	Ogrjevno tijelo smješteno uz vanjski zid:			
	- staklena površina bez zaštite od zračenja		0,83	1
	- staklena površina sa zaštitom od zračenja		0,88	1
	- normalni vanjski zid		0,95	1

Učinkovitosti za ugradbena ogrjevna tijela (panelna) (visina prostorije $h \leq 4$ m)

- Tablica 2.3 (HRN EN A.3)

Utjecajni parametri		Učinkovitosti			
		η_{str}	η_{ctr}	η_{emb}	
Regulacija temperature prostora	Ogrjevni medij – voda:				
	- neregulirana		0,75		
	- neregulirana, s centralnom regulacijom temperature polaza		0,78		
	- neregulirana s uspostavom prosječne vrijednosti razlike temp. polaza i povrata		0,83		
	- regulacija preko referentne prostorije		0,88		
	- dvopoložajni (on-off)/P-regulator		0,93		
	- PI regulator		0,95		
	Električno grijanje				
Sustav	- dvopoložajni (on-off) regulator		0,91		
	- PI regulator		0,93		
	Podno grijanje:			η_{emb1}	η_{emb2}
	- mokri sustav	1		0,93	
	- suhi sustav	1		0,96	
	- suhi sustav s podnom oblogom	1		0,98	
Specifični toplinski gubici kroz naliježne površine	Zidno grijanje	0,96		0,93	
	Stropno grijanje	0,93		0,93	
	Površinsko grijanje bez minimalne izolacije prema HRN EN 1264				0,86
	Površinsko grijanje s minimalnom izolacijom prema HRN EN 1264				0,95
	Površinsko grijanje sa 100% boljom izolacijom u donosu na traženu u HRN EN 1264				0,99

Učinkovitosti za zračno grijanje, ventilacijski sustavi u nestambenim zgradama (visina prostorije $h \leq 4$ m)

- Tablica 2.4 (HRN EN A.6)

Opis sustava	Parametar regulacije	η_{em}	
		niska kvaliteta regulacije	visoka kvaliteta regulacije
Dodatno grijanje ubacivanog zraka (dodatni grijač)	Temperatura prostorije	0,82	0,87
	Temperatura prostorije (stupnjevana regulacija temperature ubacivanog zraka)	0,88	0,90
	Temperatura otpadnog zraka	0,81	0,85
Grijanje optočnog zraka (indukcijski grijači, ventilokonvektori)	Temperatura prostorije	0,89	0,93

Učinkovitosti za prostore visine $h = 4 \div 10$ m - Tablica 2.5 (HRN EN A.7)

Utjecajni parametri			Učinkovitosti					
			η_{str}				η_{ctr}	η_{emb}
			4 m	6 m	8 m	10 m		
Regulacija temp. prostora	Neregulirana						0,80	
	Dvopoložajni (on-off) regulator						0,93	
	P-regulator (2 K)						0,93	
	P-regulator (1 K)						0,95	
	PI-regulator						0,97	
	PI-regulator (s optimizacijom)						0,99	
Sustavi grijanja	Radijatori		0,98	0,94	0,88	0,83		1
	Topli zrak <u>bez</u> dodatne vertikal. cirkulacije	Horizont. istrujav.	0,98	0,94	0,88	0,83		1
		Vertikal. istrujav.	0,99	0,96	0,91	0,87		1
	Topli zrak <u>s</u> dodatnom vertikal. cirkulacijom	Horizont. istrujav.	0,99	0,97	0,94	0,91		1
		Vertikal. istrujav.	0,99	0,98	0,96	0,93		1
	Toplovodni paneli		1,00	0,99	0,97	0,96		1
	Stropne IC grijalice (cijevne)		1,00	0,99	0,97	0,96		1
	Stropne IC grijalice		1,00	0,99	0,97	0,96		1
	Podno grijanje	Integrirano u konstrukciju Toplinski odvojeno	1,00	0,99	0,97	0,96		0,95
								1

Učinkovitosti za prostore visine $h > 10$ m - Tablica 2.6 (HRN EN A.8)

Utjecajni parametri			Učinkovitosti				
			η_{str}			η_{ctr}	η_{emb}
			12 m	15 m	20 m		
Regulacija temp. prostora	Neregulirana					0,80	
	Dvopoložajni (on-off) regulator					0,93	
	P-regulator (2 K)					0,93	
	P-regulator (1 K)					0,95	
	PI-regulator					0,97	
	PI-regulator (s optimizacijom)					0,99	
Sustavi grijanja	Topli zrak bez dodatne vertikal. cirkulacije	Horizont. istrujav.	0,78	0,72	0,63		1
		Vertikal. istrujav.	0,84	0,78	0,71		1
	Topli zrak s dodatnom vertikal. cirkulacijom	Horizont. istrujav.	0,88	0,84	0,77		1
		Vertikal. istrujav.	0,91	0,88	0,83		1
	Toplovodni paneli		0,94	0,92	0,89		1
	Stropne IC grijalice (cijevne)		0,94	0,92	0,89		1
	Stropne IC grijalice		0,94	0,92	0,89		
	Podno grijanje		0,94	0,92	0,89		
		Integrirano u konstrukciju					0,95
		Toplinski odvojeno					1

Proračun pomoćne energije $W_{em,aux}$

Ulazne veličine:

- Φ_{em} – nazivna snaga instaliranih ogrjevnih tijela (kW);
- P_{ctr} – električna snaga sustava regulacije (W), podaci proizvođača ili Tablica 2.7;
- d – broj dana u promatranom periodu (dan);
- n_{fan} – broj ventilatora;
- n_{pmp} – broj dodatnih pumpi (one koje nisu uzete u obzir u podsustavu razvoda);
- P_{fan} – nazivna potrošnja električne energije (W), podaci proizvođača ili Tablica 2.8;
- P_{pmp} – nazivna potrošnja električne energije za dodatne pumpe (W), podaci proizvođača ili prema jedn.

(HRN EN C.1) Nazivne vrijednosti pomoćne energije sustava regulacije
 - Tablica 2.7

Utjecajni parametri		P_{ctr} [W]
Sustav regulacije s pomoćnom energijom	Električni sustav regulacije s elektromotornim pogonom	0,1 (po pogonskom elementu)
	Električni sustav regulacije s elektro-toplinskim pogonom	1,0 (po pogonskom elementu)
	Električni sustav regulacije s elektromagnetskim pogonom	1,0 (po pogonskom elementu)

Nazivne vrijednosti pomoćne energije ventilatora za dobavu zraka u prostorima visine $h \leq 4$ m
 - Tablica 2.8 (HRN EN C.2)

Utjecajni parametri		P_{fan} [W]
Ventilator	Ventilokonvektor	10
	Električno grijan ventilokonvektor	10
	Termoakumulacijsko grijanje s dinamičkim odavanjem topline	12
	Termoakumulacijsko grijanje s kontinuiranim odavanjem topline	12

Nazivne vrijednosti pomoćne energije ventilatora i sustava regulacije u prostorima visine $h > 4$ m - Tablica 2.9 (HRN EN C.3)

Utjecajni parametri		$P_{H,aux}$ [W]
Generator topline smješten u tretiranom prostoru	Stropne IC grijalice	25 (po jedinici)
	Stropne IC grijalice (cijevne) do 50 kW (regulacija i ventilator zraka za izgaranje)	80 (po jedinici)
	Stropne IC grijalice (cijevne) iznad 50 kW (regulacija i ventilator zraka za izgaranje)	100 (po jedinici)
	Zagrijač zraka s atmosferskim plamenikom i aksijalnim ventilatorom za optočni zrak (regulacija i ventilator zraka za izgaranje)	$0,014 \cdot Q_{h,b}$
	Zagrijač zraka s ventilatorskim plamenikom i radijalnim ventilatorom za optočni zrak (regulacija i ventilator optočnog i zraka za izgaranje)	$0,022 \cdot Q_{h,b}$
Utjecajni parametri		$P_{em,aux}$ [W]
Indirektno grijani zagrijač zraka	Zagrijač zraka u tretiranom prostoru ($h \leq 8$ m)	$0,012 \cdot Q_{h,b}$
	Zagrijač zraka u tretiranom prostoru ($h > 8$ m)	$0,016 \cdot Q_{h,b}$
	Vertikalni ventilator za optočni zrak ($h \leq 8$ m)	$0,002 \cdot Q_{h,b}$
	Vertikalni ventilator za optočni zrak ($h > 8$ m)	$0,013 \cdot Q_{h,b}$

HRN EN 15316-2-3

Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Dio 2-3: **Razvodi sustava grijanja prostora**

Period proračuna: mjesečni, sezona grijanja

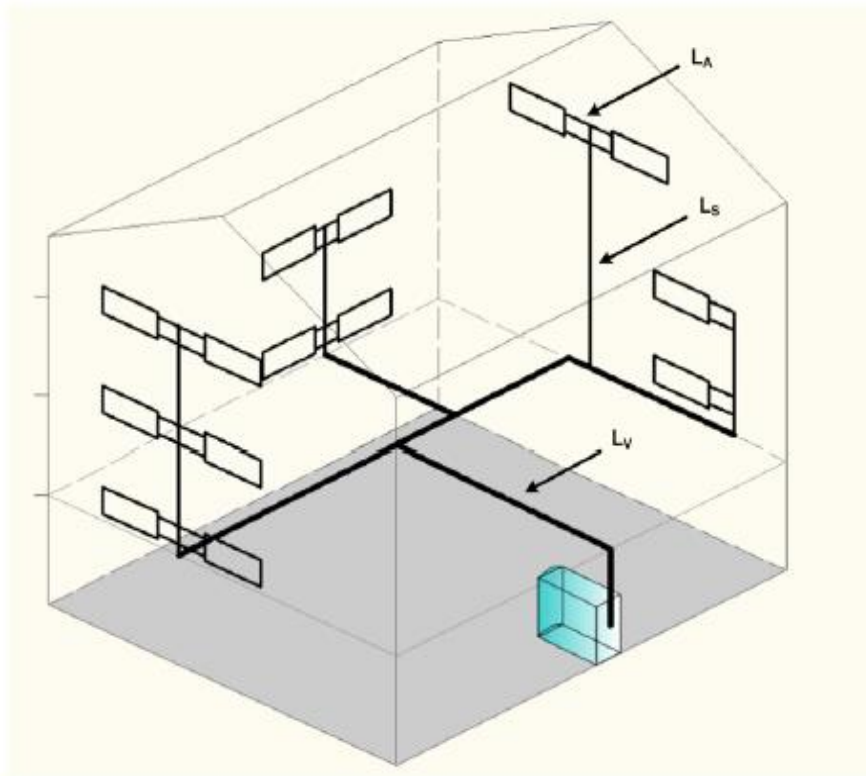
Proračun se provodi za sve dionice, kroz grijane i negrijane prostore, a dobivene vrijednosti se zbrajaju.

Ulazne veličine:

- L_j – duljina pojedine dionice cjevovoda (m), iz projektne dokumentacije, en. pregleda ili Slika 3.1 i Tablice 3.1÷3.3;
- Ψ_j – koeficijent toplinskih gubitaka pojedine dionice cjevovoda (W/mK), Jedn. (3.1b-d) ili Tablica 3.4;
- θ_m – prosječna temperatura ogrjevnog medija – funkcija faktora opterećenja β_{dis} (°C);
- $\theta_{i,j}$ – temperatura okolišnog zraka pojedine dionice (°C);
- t_{uk} – broj sati u promatranom periodu (h)
 $t_{uk} = t_d \cdot d_{use,tj} / 7$. $L_{H,m,i}$ kod mjesečne metode,
 $T_{uk} = 1$ h kod satne metode.
- t_d – dnevni broj sati rada sustava kad je $QH,nd > 0$ (h/d)
- $d_{use,tj}$ – broj dana rada sustava u tjednu (d/tj) (iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790);
- $L_{H,m,i}$ – broj dana kad ima potrebe za grijanjem u pojedinom mjesecu (d/mj), iz Algoritma prema EN ISO 13790),

HRN EN 15316-2-3

Podjela cjevovoda u sustavu razvoda ogrjevnog medija, slika 3.1 Algoritma (HRN EN A.1)



- L_V – cjevovodi između generatora i vertikalala;
- L_S – cjevovodi vertikalala;
- L_A – spojni cjevovodi s ogrjevnim tijelima

HRN EN 15316-2-3

Dvocijevni sustav razvoda

Aproksimacija duljine cjevovoda (dvocijevni sustav grijanja) - Tablica 3.1 (HRN EN A.4)

Veličina	Dio L_V (od generatora do vertikala)	Dio L_S (vertikale)	Dio L_A (spojni cjevovodi)
Prosječna okolišna temperatura, $\theta_{t,j}$ [°C]	13 za negrijani prostor 20 za grijani prostor	20	20
Duljina cjevovoda ako su u vanjskim zidovima, L_j [m]	$2 \cdot L_L + 0,01625 \cdot L_L \cdot L_w^2$	$0,025 \cdot L_L \cdot L_w \cdot h_{lev} \cdot N_{lev}$	$0,55 \cdot L_L \cdot L_w \cdot N_{lev}$
Duljina cjevovoda ako su u unutarnjim zidovima, L_j [m]	$2 \cdot L_L + 0,0325 \cdot L_L \cdot L_w + 6$	$0,025 \cdot L_L \cdot L_w \cdot h_{lev} \cdot N_{lev}$	$0,55 \cdot L_L \cdot L_w \cdot N_{lev}$

L_L – duljina zgrade (zone), m

L_w – širina zgrade (zone), m

N_{lev} – broj grijanih etaža,

h_{lev} – visina etaže, m

Napomena 1: Navedene veličine se odnose samo na dijelove zgrade ili zone koje pokriva jedan krug grijanja

Napomena 2: Posljednja etaža kod koje nema cjevovoda vertikalno se ne ubraja u N_{lev}

Napomena 3: Kod prizemnica se uzima $N_{lev}=1$ a $h_{lev}=0,1$ m

HRN EN 15316-2-3

Dvocijevni sustav razvoda

Aproksimacija duljine cjevovoda (jednocijevni sustav grijanja) - Tablica 3.2 (HRN EN A.5)

Veličina	Dio V (od generatora do vertikala)	Dio S (vertikale)	Dio A (spojni cjevovodi)
Prosječna temperatura okoline, θ_{Lj} [°C]	13 za negrijani prostor 20 za grijani prostor	20	20
Duljina cjevovoda u unutarnjim zidovima, L_j [m]	$2 \cdot L_L + 0,0325 \cdot L_L \cdot L_w + 6$	$0,025 \cdot L_L \cdot L_w \cdot h_{lev} \cdot N_{lev}$ $+ 2 \cdot (L_L + L_w) \cdot N_{lev}$	$0,1 \cdot L_L \cdot L_w \cdot N_{lev}$

Ekvivalentne duljine ventila - Tablica 3.3 (HRN EN A.7)

Ventili uključujući prirubnice	Ekvivalentna duljina u [m] (promjer ≤ 100 mm)	Ekvivalentna duljina u [m] (promjer > 100 mm)
Neizolirani	4,0	6,0
izolirani	1,5	2,5

Aproksimacija koef. toplinskih gubitaka Ψ [W/mK] za razne cjevovode u novim i postojećim zgradama - Tablica 3.4 (HRN EN A.6)

Godina ili klasa zgrade	Dio razvoda		
	Dio V	Dio S	Dio A
Izolirane cijevi			
Od 1995 – pretpostavka da je debljina izolacije jednaka vanjskom promjeru cijevi	0,2	0,3	0,3
1980 do 1995– pretpostavka da je debljina izolacije jednaka polovici vanjskog promjera cijevi	0,3	0,4	0,4
Do 1980	0,4	0,4	0,4
Cijevi položene u vanjskim zidovima		ukupno/ iskoristivo*	
		(%)	
Vanjski zid neizoliran		60	
Vanjski zid izoliran izvana		90	
Vanjski zid bez izolacije ali manjeg koef. prolaska topline $U=0,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$		70	

*(ukupno=ukupni topl. gubitak cjevovoda / iskoristivo = iskoristivi gubitak cjevovoda)

HRN EN 15316-3-2

Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Dio 3-2: Sustavi za **pripremu potrošne tople vode**, razvod

Period proračuna: mjesečni, sezona grijanja, period izvan sezone grijanja

Proračun toplinskih gubitaka (metoda na temelju duljine cjevovoda i profila korištenja)

Toplinski gubici sustava razvoda u promatranom periodu (za dijelove koji nisu dio cirkulacijske petlje)

$$Q_{W,dis,ls,nc} = \alpha_{W,dis} \cdot Q_W \quad [\text{kWh}]$$

$\alpha_{W,dis}$ – faktor gubitka toplinske energije (-);

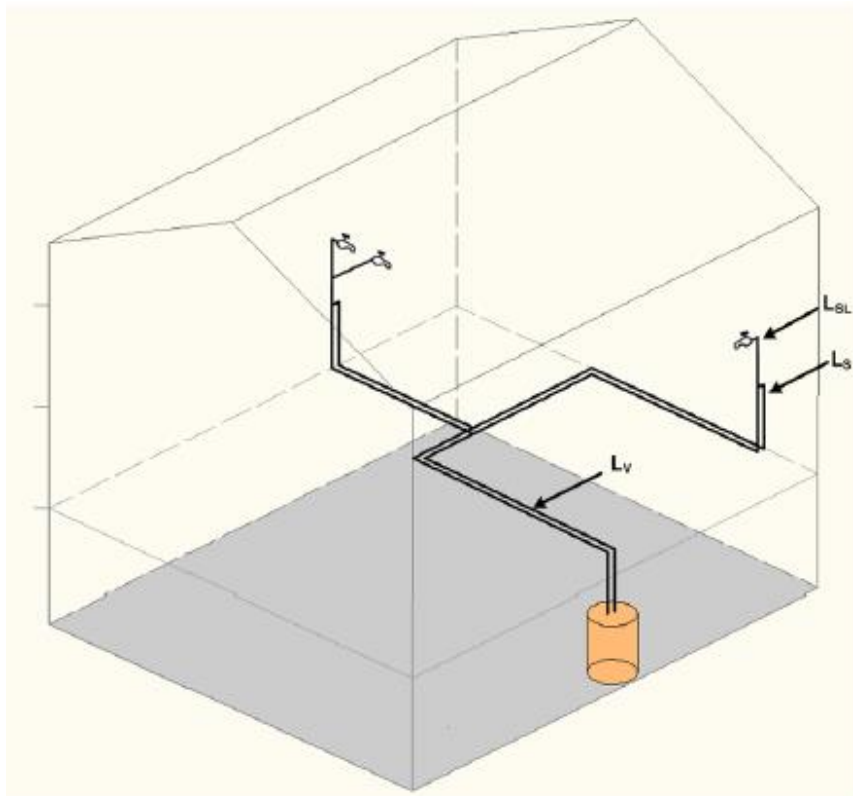
Q_W – potrebna toplinska energija za pripremu PTV-a u promatranom periodu (kWh),

Ulazne veličine:

- $L_{W,dis,hs,i}$ – duljina dionice razvodnog cjevovoda izvan cirkulacijske petlje u grijanom prostoru (m), iz projektne dokumentacije, en. pregleda ili Tablica 7.1, kod decentraliziranih sustava bez cirkulacijske petlje Tablica 7.2;
- $L_{W,dis,nhs,i}$ – duljina dionice razvodnog cjevovoda izvan cirkulacijske petlje u negrijanom prostoru (m), iz projektne dokumentacije, en. pregleda ili Tablica 7.1;
- $d_{use,tj}$ – broj dana korištenja sustava u tjednu (d/tj);
- d – broj dana u promatranom periodu (dan), $d = d_{use,tj} / 7 * dmj$;

HRN EN 15316-3-2

Podjela cjevovoda u sustavu razvoda PTV-a, slika 7.1 Algoritma (HRN EN D.1)



L_V – cjevovodi između generatora i vertikalna;
 L_S – cjevovodi vertikalna;
 L_{SL} – individualni spojni cjevovodi izvan cirkulacijske petlje

Aproksimacija duljine cjevovoda razvoda PTV-a s cirkulacijskom petljom

Tablica 7.1 (HRN EN D.1)

Veličina	Dio L_V (od generatora do vertikala)	Dio L_S (vertikale)	Dio L_{SL} (spojni cjevovodi)
Prosječna okolišna temperatura izvan sezone grijanja, $\theta_{amb,i}$ [°C]	22		
Prosječna okolišna temperatura, $\theta_{amb,i}$ [°C]	13 za negrijani prostor 20 za grijani prostor	20	20
Duljina cirkulacijske petlje, $L_{W,i}$ [m]	$2 \cdot L_L + 0,0125 \cdot L_L \cdot L_w$	$0,075 \cdot L_L \cdot L_w \cdot N_{lev} \cdot h_{lev}$	-
Duljina glavnog razvodnog cjevovoda izvan cirkulac. petlje, $L_{W,dis,i}$ [m]	$L_L + 0,0625 \cdot L_L \cdot L_w$	$0,038 \cdot L_L \cdot L_w \cdot N_{lev} \cdot h_{lev}$	-
Duljina spojnih cjevovoda u prostorijama s zajedničkim zidom, $L_{W,dis,i}$ [m]	-	-	$0,05 \cdot L_L \cdot L_w \cdot N_{lev}$
Duljina individualnih cjevovoda u ostalim slučajevima, $L_{W,dis,i}$ [m]	-	-	$0,075 \cdot L_L \cdot L_w \cdot N_{lev}$

L_L – najveća razvijena duljina zgrade
ili zone (m);

L_w – najveća razvijena širina zgrade
ili zone (m);

h_{lev} – visina kata (m);

N_{lev} – broj etaža.

Napomena 1: Navedene veličine se odnose samo na dijelove zgrade ili zone koje pokriva jedan krug razvoda PTV-a

Napomena 2: Posljednja etaža kod koje nema cjevovoda vertikala se ne ubraja u N_{lev}

Napomena 3: Kod prizemnica se uzima $N_{lev}=1$ a $h_{lev}=0,1$ m

HRN EN 15316-3-3

Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Dio 3-3: Sustavi za pripremu potrošne tople vode, zagrijavanje

Period proračuna: mjesečni, sezona grijanja, period izvan sezone grijanja

Toplinski gubici indirektno grijanog spremnika potrošne tople vode (PTV)

$$Q_{W,st,ls} = U_{W,st} \cdot (\theta_{w,st,av} - \theta_{amb,avg}) \cdot 24 \cdot d_{mj} / 1000 \quad [\text{kWh}]$$

Ulazne veličine:

- $\theta_{w,st,av}$ – prosječna temperatura vode u spremniku ($^{\circ}\text{C}$), $\theta_{w,st,av} = 60^{\circ}\text{C}$;
 $\theta_{amb,avg}$ – prosječna temperatura okolišnog zraka,
 $\theta_{amb,avg} = 20^{\circ}\text{C}$ ako je spremnik smješten u grijanom prostoru;
 $\theta_{amb,avg} = \theta_{e,avg} + (20^{\circ}\text{C} - \theta_{e,avg})/2$ ako je spremnik smješten u negrijanom prostoru unutar zgrade;
 $\theta_{amb,avg} = \theta_{e,avg}$ ako je spremnik smješten u prostoru izvan zgrade.
 $\theta_{e,avg}$ – prosječna vanjska temperatura u promatranom periodu (Tablica 10.2), ($^{\circ}\text{C}$);
 d_{mj} – broj dana u mjesecu (dan)

HRN EN 15316-4-1

Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Dio 4-1: Sustavi za **proizvodnju topline izgaranjem** (kotlovi)

Period proračuna: satni, mjesečni, sezona grijanja, izvan sezone grijanja

Proračun prosječne snage podsustava proizvodnje

Ulazne veličine:

(iz projektnog rješenja ili iz ostalih dijelova ove norme)

$Q_{\text{out,gen,H}}$ – toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu razvoda (kWh),

$$(Q_{H,\text{gen,out}} = Q_{H,\text{dis,in}})$$

t_{ci} – broj sati u promatranom periodu (h), ($t_{\text{ci}} = t_{\text{uk}}$)

t_{uk} – broj sati u promatranom periodu (h)

$t_{\text{uk}} = t_d \cdot d_{\text{use,tj}} / 7 \cdot L_{H,m,i}$ kod mjesečne metode,

$t_{\text{uk}} = 1$ h kod satne metode.

t_d – dnevni broj sati rada sustava kad je $Q_{H,nd} > 0$ (h/d);

$d_{\text{use,tj}}$ – broj dana rada sustava u tjednu (d/tj);

$L_{H,m,i}$ – broj dana kad ima potrebe za grijanjem u pojedinom mjesecu (d/mj), iz Algoritma prema HRN EN ISO 13790),

HRN EN 15316-4-1

Proračun učinkovitosti kotla (oslanja se na direktivu Boiler Efficiency Directive 92/42/EEC).

Proračun učinkovitosti kotla dijeli toplinske gubitke na tri režima pogona:

- **Proračun korigirane učinkovitosti kotla na 100% opterećenja**
- **Proračun korigirane učinkovitosti kotla na djelomičnom opterećenju**
- **Proračun toplinskih gubitaka kotla na 0% opterećenja (stanje pripravnosti)**

Proračun korigirane učinkovitosti kotla na 100% opterećenja

Učinkovitost kod punog opterećenja mjeri se kod srednje temperature kotlovske vode od 70 °C. Dobivena vrijednost mora se preračunavati ako se temperatura vode razlikuje za više od 5 K u odnosu na definiranu temperaturu. Mogu se koristiti podaci proizvođača ili, ako nisu poznati, standardne vrijednosti dane u Tablicama u nastavku.

Ulazne veličine:

- c_1, c_2 – koeficijenti za proračun učinkovitosti kotla (%), dani u Tablici 4.3 Tablicama 4.3a i 4.3b;
- $\Phi_{Pn, ltd}$ – nazivna snaga kotla s ograničenom maksimalnom vrijednošću od 400 kW. Ako je nazivna snaga kotla veća od 400 kW, uzima se vrijednost od 400 kW, (kW);
- $\theta_{gnr, w, test, Pn}$ – srednja temperatura vode u kotlu, u uvjetima ispitivanja pri punom opterećenju (°C), (70 °C prema EN 303), Tablica 4.4;
- $f_{corr, Pn}$ – faktor korekcije kod punog opterećenja (%/°C), Tablica 4.4. Uzima u obzir promjenu stupnja djelovanja u ovisnosti o promjeni srednje temperature vode u kotlu.

Koeficijenti za proračun učinkovitosti kotla i ograničenje temperature

-Tablica 4.3a (HRN EN 15316-4-1 B.1)

Učinkovitost kotla pri punom opterećenju, u ovisnosti o učinku, dana je slijedećim izrazom:

$$\eta_{gnr,Pn} = c_1 + c_2 \cdot \log\left(\frac{\phi_{Pn,lid}}{1kW}\right) \quad [\%]$$

Vrsta kotla	Godina proizvodnje	c ₁ [%]	c ₂ [%]	c ₃ [%]	c ₄ [%]	θ _{gnr,w,min}
Kotlovi na kombinirano gorivo	prije 1978	77,0	2,0	701,0	3,0	50 °C
	1978 do 1987	79,0	2,0	74,0	3,0	50 °C
Kotlovi na kruto gorivo	prije 1978	78,0	2,0	72,0	3,0	50 °C
	1978 do 1994	80,0	2,0	75,0	3,0	50 °C
	poslije 1994	81,0	2,0	77,0	3,0	50 °C
Standardni kotlovi						
Atmosferski kotlovi na plin	prije 1978	79,5	2,0	76,0	3,0	50 °C
	1978 do 1994	82,5	2,0	78,0	3,0	50 °C
	poslije 1994	85,0	2,0	81,5	3,0	50 °C
Toplovodni kotao s ventilatorskim plamenikom	prije 1978	80,0	2,0	75,0	3,0	50 °C
	1978 do 1986	82,0	2,0	77,5	3,0	50 °C
	1987 do 1994	84,0	2,0	80,0	3,0	50 °C
	poslije 1994	85,0	2,0	81,5	3,0	50 °C
Instaliran zamjenski plamenik (samo toplovodni kotao s ventilatorskim plamenikom)	prije 1978	82,5	2,0	78,0	3,0	50 °C
	1978 do 1994	84,0	2,0	80,0	3,0	50 °C

Koeficijenti za proračun učinkovitosti kotla i ograničenje temperature

-Tablica 4.3a (HRN EN 15316-4-1 B.1)

Vrsta kotla	Godina proizvodnje	c ₁ [%]	c ₂ [%]	c ₃ [%]	c ₄ [%]	$\theta_{gnr,w,min}$
Niskotemperaturni kotlovi						
Atmosferski kotlovi na plin	1978 do 1994	85,5	1,5	86,0	1,5	35 °C
	poslije 1994	88,5	1,5	89,0	1,5	35 °C
Protočni zagrijač vode (11 kW, 18 kW i 24 kW)	prije 1987	86,0	0,0	84,0	0,0	$\theta_{i,brm}$
	1987 do 1992	88,0	0,0	84,0	0,0	$\theta_{i,brm}$
Toplovodni kotao s ventilatorskim plamenikom	prije 1987	84,0	1,5	82,0	1,5	35 °C
	1987 do 1994	86,0	1,5	86,0	1,5	35 °C
	poslije 1994	88,5	1,5	89,0	1,5	35 °C
Instaliran zamjenski plamenik (samo toplovodni kotao s ventilatorskim plamenikom)	prije 1987	86,0	1,5	85,0	1,5	35 °C
	1987 do 1994	86,0	1,5	85,0	1,5	35 °C

Koeficijenti za proračun učinkovitosti kondenzacijskog kotla i ograničenje temperature

-Tablica 4.3b (HRN EN 15316-4-1:2017 B.1)

Vrsta kotla	Godina proizvodnje	c_1 [%]	c_2 [%]	c_3 [%]	c_4 [%]	$\theta_{gnr,w,est,Pn}$	$\theta_{gnr,w,min}$
Kondenzacijski kotlovi							
Kondenzacijski kotlovi	prije 1987	89,0	1,0	95,0	1,0	60 °C	20 °C
	prije 1987	92,0	1,0			30 °C	20 °C
	1987 do 1994	91,0	1,0	97,5	1,0	60 °C	20 °C
	1987 do 1994	92,0	1,0			30 °C	20 °C
	poslije 1994	92,0	1,0	98,0	1,0	60 °C	20 °C
	poslije 1994	93,0	1,0			30 °C	20 °C
Poboljšani kondenzacijski kotlovi¹⁾	poslije 1999 plinski/uljni	94,0	1,0	103,0	1,0	60 °C	20 °C
	poslije 1999 uljni	102,0	0,3			30 °C	20 °C
	poslije 1999 plinski	102,0	1,0			30 °C	20 °C

Proračun korigirane učinkovitosti kotla na djelomičnom opterećenju

Učinkovitost pri djelomičnom opterećenju $\eta_{gnr,Pint}$ mjeri se kod srednje temperature kotlovske vode $\theta_{gnr,w,test,Pint}$. Dobivena vrijednost mora se korigirati prema stvarnoj prosječnoj temperaturi kotla pojedine instalacije. Mogu se koristiti podaci proizvođača ili, ako nisu poznati, standardne vrijednosti dane u Tablicama

Ulazne veličine:

- c_3, c_4 – koeficijenti za proračun učinkovitosti kotla (%), dani u Tablici 4.3;
- $\Phi_{Pn, ltd}$ – nazivna snaga kotla s ograničenom maksimalnom vrijednošću od 400 kW. Ako je nazivna snaga kotla veća od 400 kW, uzima se vrijednost od 400 kW, (kW);
- $\theta_{gnr,w,test,Pn}$ – srednja temperatura vode u kotlu, u uvjetima ispitivanja pri djelomičnom opterećenju (°C), vrijednosti dane u Tablici 4.5;
- $f_{corr,Pn}$ – faktor korekcije (%/°C), Tablica 4.5 ili podaci proizvođača

Tablica 4.5 (HRN EN 15316-4-1 B.3) Standardne vrijednosti faktora korekcije pri djelomičnom opterećenju i prosječne ispitne temperature vode u kotlu

Učinkovitost kotla pri djelomičnom opterećenju, u ovisnosti o učinku, dana je slijedećim izrazom:

$$\eta_{gnr,Pint} = c_3 + c_4 \cdot \log\left(\frac{\phi_{Pn,lid}}{1kW}\right) \quad [\%]$$

Vrsta kotla	Prosječna temperatura vode u kotlu na ispitnim temperaturama, pri djelomičnom opterećenju $\theta_{gnr,w,test,Pint}$	Korekcijski faktor $f_{corr,Pint}$
Standardni kotao	50 °C	0,05 % /°C
Niskotemperaturni kotao	40 °C	0,05 % /°C
Plinski kondenzacijski kotao	30 °C (*)	0,2 % /°C
Uljni kondenzacijski kotao	30 °C (*)	0,1 % /°C
(*) Temperatura vode povrata		

Proračun toplinskih gubitaka kotla na 0% opterećenja (stanje pripravnosti)

Ulazne veličine:

Φ_{pn} – nazivni učinak kotla (kW);

c_5, c_6 – koeficijenti za proračun učinkovitosti kotla (%), dani u Tablici 4.6;

$\Delta\theta_{gnr, test, P0}$ – razlika između prosječne temperature kotla i temperature prostorije u kojoj se nalazi kotao (°C). Podaci proizvođača ili standardne vrijednosti dane Tablici 4.6;

$\theta_{brm, i}$ – unutarnja temperatura prostorije u kojoj je kotao smješten (°C), Tablici 4.7.

Koeficijenti za proračun gubitaka topline u stanju pripravnosti

-Tablica 4.6. (HRN EN 15316-4-1 B.2)

Vrsta kotla	Godina proizvodnje	c_5 [%]	c_6 [-]	$\Delta\theta_{gnr, test, P0}$ [°C]
Kotlovi na kombinirano gorivo	do 1987	12,5	-0,28	50
Kotlovi na kruto gorivo	prije 1978	12,5	-0,28	50
	1978 do 1994	10,5	-0,28	50
	poslije 1994	8,0	-0,28	50
Standardni kotlovi				
Atmosferski kotlovi na plin	prije 1978	8,0	-0,27	50
	1978 do 1994	7,0	-0,3	50
	poslije 1994	8,5	-0,4	50
Toplovodni kotao s ventilatorskim plamenikom (ulje/plin)	prije 1978	9,0	-0,28	50
	1978 do 1994	7,5	-0,31	50
	poslije 1994	8,5	-0,4	50

Koeficijenti za proračun gubitaka topline u stanju pripravnosti

-Tablica 4.6. (HRN EN 15316-4-1 B.2)

Niskotemperaturni kotlovi				
Atmosferski kotlovi na plin	do 1994	7,5	-0,3	50
	poslije 1994	6,5	-0,35	50
Protočni zagrijač vode (11 kW, 18 kW i 24 kW)	do 1994	3,0	0,0	50
Kombinirani kotlovi KSp ^{a)}	poslije 1994	3,0	0,0	50
Kombinirani kotlovi DL ^{b)}	poslije 1994	2,4	0,0	50
Toplovodni kotao s ventilatorskim plamenikom (ulje/plin)	do 1994	8,0	-0,33	50
	poslije 1994	5,0	-0,35	50
Kondenzacijski kotlovi				
Kondenzacijski kotlovi (ulje/plin)	do 1994	8,0	-0,33	50
	poslije 1994	4,8	-0,35	50
Kombinirani kotlovi KSp (11 kW, 18 kW i 24 kW) ^{a)}	poslije 1994	3,0	0,0	50
Kombinirani kotlovi DL (11 kW, 18 kW i 24 kW) ^{b)}	poslije 1994	2,4	0,0	50
^{a)} KSp: Kotao sa ugrađenim zagrijačem PTV-a (ugrađen mali akumulacijski spremnik, 2L<V<10L). ^{b)} DL: Kotao sa ugrađenim zagrijačem PTV-a (ugrađen izmjenjivač topline, V<2L).				

Standardne temperature prostorija u kojima je smješten kotao

-Tablica 4.7 (HRN EN 15316-4-1 B.7)

Smještaj kotla	Faktor redukcije temperature b_{brm} [-]	Temperatura prostorije u kojoj se nalazi kotao $\theta_{i,brm}$ [°C]
U prostoru izvan zgrade	1	θ_{ext}
U kotlovnici	0,3	13
U prostoru ispod krova	0,2	5
U grijanom prostoru	0,0	20

ISPORUČENA ENERGIJA - GODIŠNJA (potrebna toplinska energija sustava) - zbroj godišnje potrebne toplinske energije

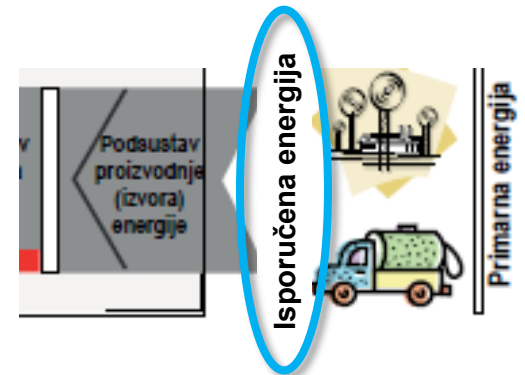
za grijanje

za zagrijavanje potrošne tople vode

toplinskih gubitaka godišnjih sustava u zgradi.

- godišnja potrebna toplinska energija sustava (općenito):

$$Q_H = Q_{H,nd} + Q_W + Q_{H,ls} + Q_{W,ls} \quad [\text{kWh/a}]$$



- **Godišnja isporučena energija zgradi E_{del} [kWh/a] prema HRN EN 15316:2007, HRN EN 15241:2007, HRN EN 15243:2007**

GODIŠNJA ISPORUČENA ENERGIJA E_{del} - energija dovedena tehničkim sustavima zgrade tijekom jedne godine za pokrivanje energetske potrebe za grijanje, hlađenje, ventilaciju, potrošnu toplu vodu, rasvjetu i pogon pomoćnih sustava.

ISPORUČENA ENERGIJA E_{del}

Prema Algoritmu

Sustav grijanja (s jednim generatorom)

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

Sustav pripreme PTV-a (s jednim generatorom)

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

Sustav s dizalicom topline

$$W_{H,gen,aux} + W_{W,gen,aux} = W_{HW,gen,aux}$$

Ukupno isporučena energija u termotehnički sustav zgrade

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

Kod sustava s dizalicom topline potrebno je dodati $E_{HW, hp,in}$

Kod sunčanog sustava potrebno je pridodati $W_{sol,aux}$

GODIŠNJA ISPORUČENA ENERGIJA E_{del}

Sustavi s kontinuiranim radom (bez prekida zbog noćnog rada i/ili vikenda)

Isporučena godišnja energija - grijanje

$$E_{H,del,a} = \sum_i E_{H,del,m,i} \cdot L_{H,m,i} / d_i \quad [\text{kWh/a}]$$

$E_{H,del,a}$ -ukupno isporučena pri kontinuiranom radu u razdoblju grijanja (kWh/a)

$E_{H,del,m,i}$ -isporučena energija pri kontinuiranom radu (24 h/d i d_i dana u mjesecu) u i-tom mjesecu (kWh/mj)

d_i -ukupni broj dana u i-tom mjesecu

$L_{H,m,i}$ -broj dana rada sustava grijanja u i-tom mjesecu (d/mj), HRN EN ISO 13790

Sustavi s nekontinuiranim radom (s prekidom zbog noćnog rada i/ili vikenda)

$$E_{H,del,a} = \sum_i \alpha_{H,red,i} E_{H,del,m,i} \cdot L_{H,m,i} / d_i \quad [\text{kWh/mj}]$$

$\alpha_{H,red,i}$ –redukcijski faktor koji uzima u obzir prekide u grijanju u i-tom mjesecu, HRN EN ISO 13790

GODIŠNJA ISPORUČENA ENERGIJA E_{del}

Kod proračuna **satnom metodom** isporučene energije se dobije iz

$$E_{H,prim,m,i} = \sum_j E_{H,prim,h,j} \cdot 24 / t_{v,mech} \cdot d_i \quad [\text{kWh/mj}]$$

$E_{H,prim,h,j}$ -isporučena energija pri kontinuiranom radu j-tom satu (kWh)

$t_{v,mech}$ -dnevni broj sati rada mehaničkog sustava (h/d)

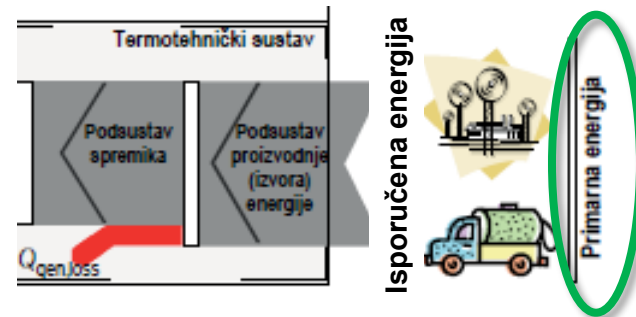
Kod proračuna **mjesečnom metodom** primarna energija se dobije iz

$$E_{H,prim,m,i} = E_{H,prim,i} \cdot 24 / t_{v,mech} \quad [\text{kWh/mj}]$$

$E_{H,prim,i}$ -isporučena energija pri dnevnom radu od $t_{v,mech}$ sati i d_i dana u i-tom mjesecu
(kWh/mj)

- **Godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/a]**

GODIŠNJA PRIMARNA ENERGIJA E_{prim} - računski određena količina energije za potrebe zgrade tijekom jedne godine koja nije podvrgnuta nijednom postupku pretvorbe



PRIMARNA ENERGIJA, E_{prim}

Prema Algoritmu

Općenito

$$E_{\text{prim}} = \sum_i (f_{p,i} \cdot Q_{\text{gen},in,i}) + \sum_j (f_{p,el} \cdot W_{\text{aux},j}) \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{\text{gen},in,i}$ -isporučena energija i-tom generatoru topline (kWh)

$W_{\text{aux},j}$ -energija za pogon pojedinog pomoćnog uređaja (kWh)

$f_{p,i}$ -faktor primarne energije za i-ti izvor topline

$f_{p,el}$ -faktor primarne energije za električnu energiju

Faktori primarne energije i emisija CO₂

Tablično su dani faktori primarne energije i faktori emisija CO₂

Energent	Faktor primarne energije [-]	Emisija CO ₂ [kg CO ₂ /GJ]	Emisija CO ₂ [kg CO ₂ /MWh]
Kameni ugljen	1,0381	95,49	343,78
Mrki ugljen	1,0540	98,09	353,14
Lignit	1,0814	105,13	378,48
Ogrjevno drvo	1,0000	8,08	29,09
Drveni briketi	1,0000	9,10	32,76
Drveni peleti	0,123	9,56	34,4
Drvena sjecka	0,154	11,76	42,35
Drveni ugljen	1,000	7,27	26,17
Sunčeva energija	0,000	0,00	0,00
Geotermalna energija	0,000	0,00	0,00
Prirodni plin	1,095	61,17	220,20
UNP	1,160	72,47	260,88
Petrolej	1,033	73,54	264,73
Ekstra lako loživo ulje	1,138	83,21	299,57
Loživo ulje	1,130	86,20	310,31
Električna energija	1,614	65,22	234,81

Električna energija		1,614	65,22	234,81
Daljinska toplina	Hrvatska prosjek	1,494	100,69	362,49
	CTS ZG+OS (kogeneracija)	1,466	97,59	351,33
	KO - prosjek za HR	1,597	109,57	394,46
	CTS ZG (kogeneracija)	1,462	96,05	345,78
	CTS OS (kogeneracija)	1,478	110,15	396,53
	KO - prosjek za ZG	1,559	107,86	388,31
	KO - prosjek za OS	1,529	93,66	337,18
	KO - prosjek za RI	1,569	106,84	384,62
	KO - prosjek za Sl. Brod	1,385	100,12	360,42
	KO - prosjek za Split	1,540	132,48	476,94
	KO - prosjek za KA	1,434	115,77	416,77
	KO - prosjek za VŽ	1,489	91,27	328,56
	KO - prosjek za Vinkovce	1,442	103,52	372,66
	KO - prosjek za Vukovar	1,363	86,00	309,61
	KO - prosjek za Sisak	2,419	148,13	533,25
	KO - prirodni plin	1,350	82,74	297,88
	KO - loživo ulje	1,444	124,41	447,88
	KO - ekstra lako loživo ulje	1,429	118,87	427,94

Navedeni faktori primarne energije i faktori emisija CO₂ se koriste **isključivo** za izračun primarne energije i godišnje emisije CO₂ za potrebe izračuna energetske svojstva zgrade sukladno važećem tehničkom propisu, kao i u svrhu izrade energetskog certifikata i *Izvešća o provedenom energetskom pregledu zgrade*.

PRIMARNA ENERGIJA, E_{prim}

Sustav grijanja (s jednim generatorom)

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

Sustav pripreme PTV-a (s jednim generatorom)

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

Ukupna primarna energija za termotehnički sustav zgrade

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

Kod sustava s dizalicom topline potrebno je dodati $E_{HW, hp, in} \cdot f_{pl, el}$

Kod sunčanog sustava potrebno je dodati $W_{sol, aux} \cdot f_{pl, el}$

GODIŠNJA PRIMARNA ENERGIJA – grijanje, E_{prim}

Sustavi s kontinuiranim radom (bez prekida zbog noćnog rada i/ili vikenda)

$$E_{H, \text{prim}, a} = \sum_i E_{H, \text{prim}, m, i} \cdot L_{H, m, i} / d_i$$

$E_{H, \text{prim}, a}$ -ukupna primarna energija pri kontinuiranom radu u razdoblju grijanja (kWh/a)

$E_{H, \text{prim}, m, i}$ -primarna energija pri kontinuiranom radu u i-tom mjesecu (kWh/mj)

d_i -ukupni broj dana u i-tom mjesecu

$L_{H, m, i}$ -broj dana rada sustava grijanja u i-tom mjesecu, HRN EN ISO 13790

Sustavi s nekontinuiranim radom (s prekidom zbog noćnog rada i/ili vikenda)

$$E_{H, \text{prim}, a} = \sum_i \alpha_{H, \text{red}, i} E_{H, \text{prim}, m, i} \cdot L_{H, m, i} / d_i \quad [\text{kWh/mj}]$$

$\alpha_{H, \text{red}, a}$ –redukcijski faktor koji uzima u obzir prekide u grijanju u i-tom mjesecu,
HRN EN ISO 13790

GODIŠNJA PRIMARNA ENERGIJA – grijanje, E_{prim}

Kod proračuna **satnom metodom** primarna energija se dobije iz

$$E_{H, \text{prim}, m, i} = \sum_j E_{H, \text{prim}, h, j} \cdot 24 / t_{v, \text{mech}} \cdot d_i \quad [\text{kWh/mj}]$$

$E_{H, \text{prim}, h, j}$ -primarna energija pri kontinuiranom radu j-tom satu (kWh)

$t_{v, \text{mech}}$ -dnevni broj sati rada mehaničkog sustava (h/d)

Kod proračuna **mjesečnom metodom** primarna energija se dobije iz

$$E_{H, \text{prim}, m, i} = E_{H, \text{prim}, i} \cdot 24 / t_{v, \text{mech}} \quad [\text{kWh/mj}]$$

$E_{H, \text{prim}, i}$ -primarna energija pri dnevnom radu od $t_{v, \text{mech}}$ sati i d_i dana u i-tom mjesecu (kWh/mj)

GODIŠNJA PRIMARNA ENERGIJA – PTV, E_{prim}

Prema Algoritmu PTV

Općenito

$$E_{\text{prim}} = \sum_i (f_{p,i} \cdot Q_{\text{gen},in,i}) + \sum_j (f_{p,el} \cdot W_{\text{aux},j}) \quad [\text{kWh}]$$

- $Q_{\text{gen},in,i}$ -isporučena energija i-tom generatoru topline (kWh)
- $W_{\text{aux},j}$ -energija za pogon pojedinog pomoćnog uređaja (kWh)
- $f_{p,i}$ -faktor primarne energije za i-ti izvor topline
- $f_{p,el}$ -faktor primarne energije za električnu energiju

■ Godišnja emisija CO₂ [kg/a]

GODIŠNJA EMISIJA CO₂ –

Godišnja emisija CO₂ se računa prema isporučenoj energiji u sustav

Sustav grijanja (s jednim generatorom)
(općenito za satne ili mjesečne vrijednosti)

$$CO_{2,H} = Q_{H,gen,in} \cdot C_{p,i} + \left(W_{H,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{H,em,aux} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot} + W_{H,gen,aux} \right) \cdot C_{el} \quad [kg]$$

Sustav hlađenja (s jednim generatorom)
(općenito za satne ili mjesečne vrijednosti)

$$CO_{2,C} = E_{C,gen,del,el} \cdot C_{el} + \left(W_{C,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{C,em,aux,fan} + W_{C,aux,cond} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot} \right) \cdot C_{el} \quad [kg]$$

$C_{p,i}$ - faktor pretvorbe za i -ti izvor energije (-),
 C_{el} - faktor pretvorbe za električnu energiju (-)

Ukupna godišnja emisija CO₂

$$CO_{2,a} = CO_{2,H,a} + CO_{2,C,a} \quad [kg]$$

Godišnje vrijednosti CO_{2,H,a} i CO_{2,C,a} se računaju u analogiji s proračunom godišnjih vrijednosti E_{del,a} i E_{prim,a} za režim grijanja i hlađenja u ovisnosti o načinu rada sustava (kontinuirani/nekontinuirani rad)

- **Godišnja potrebna energija za pogon pomoćnih sustava (pumpe, regulacija i sl.) Q_{aux} [kWh/a] prema HRN EN 15316:2007, HRN EN 15241:2007, HRN EN 15243:2007**

-Sustavi grijanja, hlađenje, ventilacije i pripremu PTV trebaju i **energiju za pogon pomoćnih uređaja**, uglavnom električnu energiju, i to za rad sustava regulacije i upravljanja, **omogućujući cirkulaciju radnih medija i izmjenu toplinske energije**, tj. služi za pogon ventilatora, crpki, kompresora i sl.

$$Q_{aux} = W_{h,aux} + W_{c,aux} + W_{ve,aux} \quad [\text{kWh}]$$

gdje su:

- | | |
|--------------|---|
| $W_{h,aux}$ | -godišnja potrebna pomoćna energija za sustav grijanja [kWh] |
| $W_{c,aux}$ | -godišnja potrebna pomoćna energija za sustav hlađenja [kWh] |
| $W_{ve,aux}$ | -godišnja potrebna pomoćna energija za sustav ventilacije [kWh] |

Npr. **godišnja potrebna pomoćna energija za sustav grijanja** - $W_{h,aux}$ [kWh]
se izračunava posebno za podsustave

- $W_{H,em, aux}$ -izmjene topline u prostoru (el.en. za ventilatore konvek.)
- $W_{H,dis, aux}$ -razvoda toplinske energije (el.en. za pogon crpki)
- $W_{H,gen, aux}$ -izvora (proizvodnje) toplinske energije

Dio pomoćne energije kao što je i s dijelom toplinskih gubitaka sustava se može rekuperirati i iskoristiti za grijanje i/ili pripremu PTV i to za: grijanje prostora unutar zgrade i neposredno u pripadajućem podsustavu (npr. crpka predaje toplinu vodi i zraku u prostoru).

Iznos pomoćne energije koji se može iskoristiti unutar zgrade potrebno je ubrojiti u unutarnje dobitke zgrade.

Pomoćna energija **podstava proizvodnje**

Ukupna pomoćna energija za kotao, računa se prema sljedećem izrazu

$$W_{gr,aux} = [P_{aux,Px} \cdot t_{ci} \cdot \beta_{gr} + P_{aux,off} \cdot t_{ci} \cdot (1 - \beta_{gr})] / 1000 \quad [\text{kWh}]$$

- $P_{aux,off}$ – pomoćna energija tijekom mirovanja sustava (W). Ako je kotao tijekom mirovanja odvojen od izvora električne struje, onda vrijedi $P_{aux,off} = 0$, inače vrijedi $P_{aux,off} = P_{aux,P0}$
- t_{ci} – proračunski period (h).

Ukupna pomoćna energija podstava proizvodnje

$$W_{H,gen,aux} = \sum W_{gr,aux} \quad [\text{kWh}]$$

Pomoćna energija **pod sustava razvoda**

Pomoćna energija potrebna za (kontinuirani) pogon pumpi u promatranom periodu se računa prema

$$W_{H,dis,aux} = \frac{P_{hydr,des}}{1000} \cdot \beta_{dis} \cdot t_{uk} \cdot f_{NET} \cdot f_{HB} \cdot f_{G,PM} \cdot e_{dis} \quad [\text{kWh}]$$

$P_{hydr,des}$ – projektna hidraulička snaga (W)

β_{dis} – faktor opterećenja

e_{dis} – faktor energetskeg utroška

Ulazne veličine:

f_{NET} – korekcijski faktor hidrauličke mreže (za jednocijevne i dvocijevne mreže)

f_{HB} – korekcijski faktor hidrauličke ravnoteže mreže

$f_{G,PM}$ – korekcijski faktor za generatore topline s integriranom pumpom

Pomoćna energija **pod sustava predaje**

Pomoćna energija $W_{em,aux}$

Ulazne veličine:

- Φ_{em} – nazivna snaga instaliranih ogrjevnih tijela (kW);^[2]
- P_{ctr} – električna snaga sustava regulacije (W), podaci proizvođača
- d – broj dana u promatranom periodu (dan)^[2]
- N_{fan} – broj ventilatora
- n_{pmp} – broj dodatnih pumpi (one koje nisu uzete u obzir u podsustavu razvoda)^[2]
- P_{fan} – nazivna potrošnja električne energije (W), podaci proizvođača
- P_{pmp} – nazivna potrošnja električne energije za dodatne pumpe (W), podaci proizvođača

$$P_{pmp} = 50 \cdot [\dot{Q}_{LH}]^{0,08} \quad [W]$$

Q_{LH} – nazivna potrošnja električne energije zagrijača zraka (kW)

Pomoćna energija **pod sustava predaje**

Vrijeme rada u promatranom periodu

$$t_{rad} = \frac{Q_{em,out}}{\Phi_{em}} \quad [h]$$

Pomoćna energija sustava regulacije u promatranom periodu

$$W_{ctr} = \frac{P_{ctr} \cdot d \cdot 24}{1000} \quad [kWh]$$

Pomoćna energija za ventilatore i dodatne pumpe u promatranom razdoblju

$$W_{others} = \frac{(P_{fan} \cdot n_{fan} + P_{pmp} \cdot n_{pmp}) \cdot t_{rad}}{1000} \quad [kWh]$$

Ukupna pomoćna energija za pod sustav razvoda u promatranom periodu

$$W_{em,aux} = W_{ctr} + W_{others} \quad [kWh]$$

Pomoćna energija **sustava PTV**

Pomoćna energija potrebna za pogon pojedine cirkulacijske pumpe u cirkulacijskoj petlji u promatranom periodu se računa prema

$$W_{W,dis,aux} = \frac{P_{hydr}}{1000} \cdot t_W \cdot d \cdot e_{pmp,ef} \quad [\text{kWh}]$$

P_{hydr} –hidraulička snaga cirkulacijske pumpe (W)

$e_{pmp,ef}$ –faktor energetskeg utroška (-).

Ukupni toplinski gubici podsustava razvoda

$$Q_{W,dis,ls} = Q_{W,dis,ls,nc} + Q_{W,dis,ls,col} \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{W,dis,ls,nc}$ – toplinski gubici dijelova sustava razvoda izvan cirkulacijske petlje (kWh)

$Q_{W,dis,ls,col}$ – toplinski gubici cirkulacijske petlje (kWh)

Pomoćna energija za solarni sustav

Pomoćna energija za pogon pumpi kruga kolektora (kWh) se računa prema

$$W_{col,aux,m} = P_{aux,nom} \cdot t_{aux,m} / 1000 \text{ [kWh]}$$

$P_{aux,nom}$ - nazivna snaga pumpe (W), podatak proizvođača ili

$$P_{aux,nom} = 25 + 2 \cdot A \text{ [W]}$$

Mjesečno vrijeme rada pumpe

$$t_{aux,m} = (2000 \text{ h}) \cdot \frac{E_{sol,in,m}}{E_{sol,in,a}} \text{ [h]}$$

Hvala na
pozornosti!

$E_{sol,in,m}$ –mjesečno sunčevo ozračenje na plohu kolektora (kWh/m²), tablica

$E_{sol,in,a}$ – ukupno godišnje sunčevo ozračenje na plohu kolektora (kWh/m²) tablica

Ukupno godišnje vrijeme rada pumpe je 2000 h (prema HRN EN 12976) .