

GRADIVO A-2

Analiza energetske izgub v sistemih daljinskih ogrevanj



Inštitut za daljinsko energetiko

Direktor:

Miran Zager

VSEBINA:

- **A-1: Optimiranje temperatur delovanja sistemov daljinskih ogrevanj**
- **A-2: Analize energetske izgube v sistemih DOT**
- **A-3: Prehod na pametne sisteme DOT**
- **A-5: Možnosti za optimizacije sistemov DOT**
- **B-3: Uporaba odpadne toplote za potrebe sistemov DOT**
- **D-1: Ukrepi za izboljšanja organizacije upravljanja sistemov DOT**
- **E-1: Možni ukrepi za povečanje privlačnosti sistemov DOT**

Podrobneje popisane teme izobraževanj	Pomembnost izbrane teme za operaterje DS (1 najmanj, 5 največ)
Analiza energetskih izgub v sistemih daljinskih ogrevanj	4,0

Precejšen delež energijskih izgub pri daljinskih energetskih sistemih je povezan s transportom energije do potrošnika, zaradi tega je nujno pazljivo načrtovanje, dimenzioniranje in upravljanje sistema.

Pozornost je potrebno nameniti tudi toplotnim izgubam, ki nastopijo zaradi izgub v toplotnih postajah, puščanj systemske tekočine in raznih napak ter poškodb na cevni mreži.

Pri transportu toplote iz mesta proizvodnje energije do porabnikov nastopijo toplotne izgube:

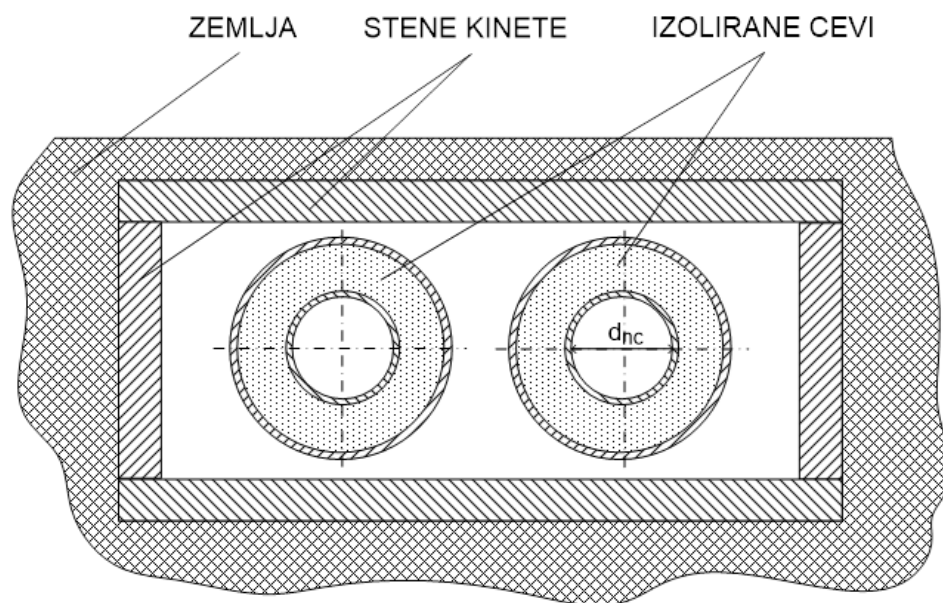
- na cevni mreži,
- v toplotnih postajah,
- z dodajanjem systemske vode.

Zmanjšamo jih lahko s povečanjem debeline in kvalitete izolacije, z optimizacijo obratovanja ter z boljšo tesnostjo sistema.

Podzemni vročevodi v betonskih kinetah

Kjer izvedba s predizoliranimi cevmi ni možna ali gre za sanacijo obstoječe vročevodne mreže, se lahko vročevodno omrežje izvaja z jeklenimi cevmi, položenimi v betonski kineti. Glede na način izdelave kinete delimo na:

- a) *Tipizirane AB kinete s pokrovom* so industrijsko izdelane kinete, ki se transportirajo na mesto vgradnje.
- b) *Klasično grajene kinete* je potrebno izdelati na klasičen način na gradbišču. Uporabimo jih, kjer ni mogoče uporabiti tipizirane kinete.



Nadzemni vročevodi

Polaganje nadzemnih vročevodov je enostavnejše in ima zaradi tega stroškovne prednosti. Vendar je ta sistem postavitve v zgoščenih naseljih, zaradi urbanističnega izgleda, le omejeno uporaben . Običajno se polaga zlasti vzdolž železnic in avtocest ter v industrijskih conah.

Vročevodi, vodeni v kinetah, v stavbah ali nadzemno do dimenzije DN 200, morajo biti izdelani iz jeklenih cevi iz celega, ki ustrezajo naslednjim standardom :

- mere, mase: SIST ENV 10220; DIN 2448,
- dobavni pogoji: DIN 1629.

Vročevodi večjih dimenzij se izdelujejo iz jeklenih spiralno varjenih cevi po standardu:

- mere, mase: DIN 2458.

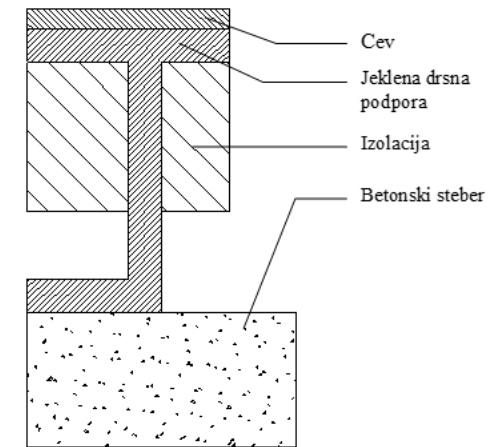
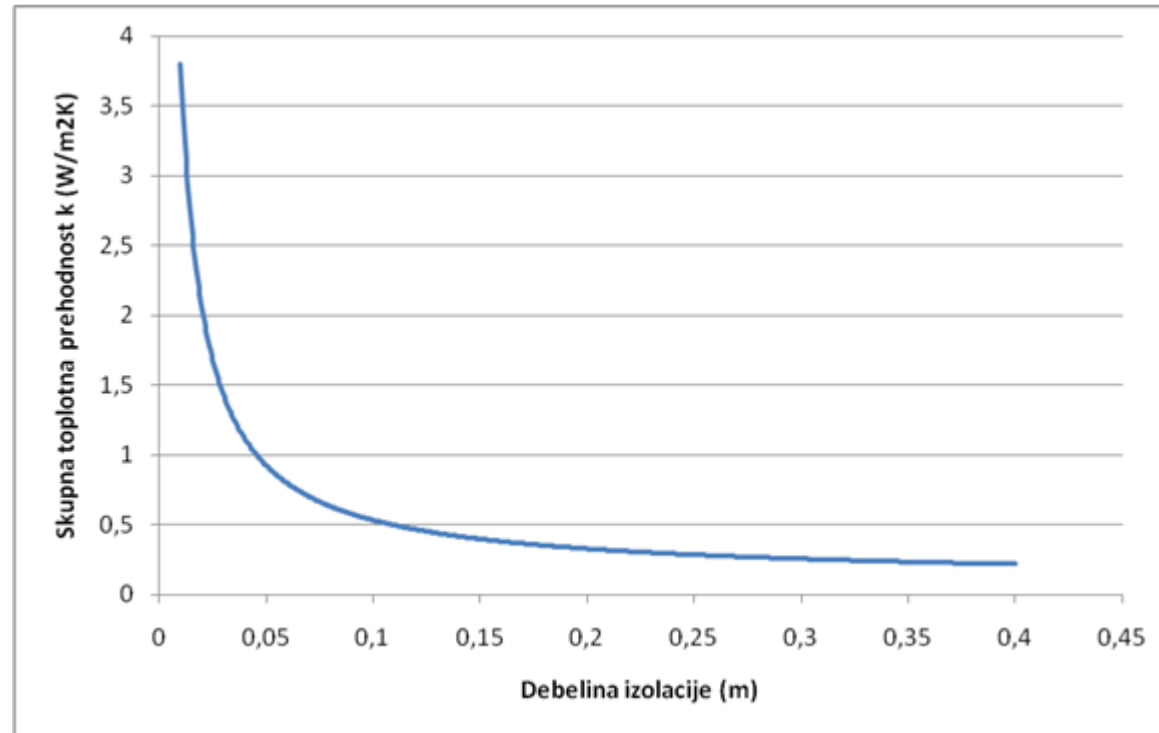
Cevni loki morajo ustrezati DIN 2605-2

Izračun skupne toplotne prehodnosti cevi premera 250mm

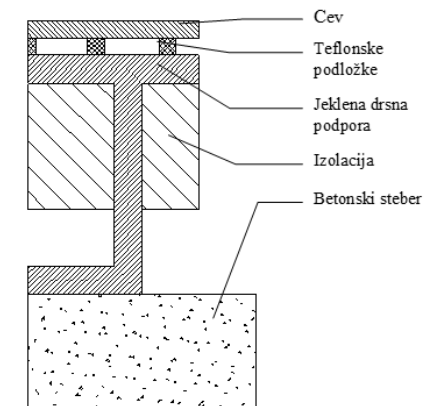
$$\alpha_{\text{notranja stena}} = 5000 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$\alpha_{\text{zunanja stena}} = 30 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$\lambda_{\text{izolacije}} = 0,04 \text{ W/mK}$$



Neustrezna konstrukcija drsne podpore izrazit toplotni most

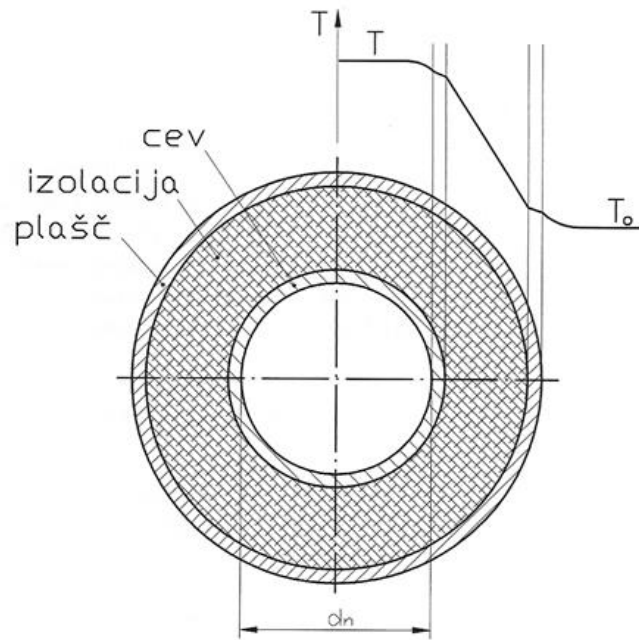


Ustrezna konstrukcija drsne podpore – prekinjen toplotni most

RAČUNSKE METODE ZA DOLOČEVANJE TOPLOTNIH IZGUB VROČEVODNE MREŽE

Zaradi temperaturne razlike med zunanjo površino cevovoda in okoliškim zrakom nastopi toplotni tok v smeri cevovod $\Rightarrow$ zrak [2] .

$$\dot{Q} = A_{\text{ref}} \cdot k_{\text{stap}} \cdot \Delta T$$



Porazdelitev temperatur na izolirani cevi [16]

1. **Analitični izračun toplotnih izgub nadzemnih cevi**
2. **Analitični izračun toplotnih izgub cevi v betonskih kinetah**
3. **Analitični izračun toplotnih izgub podzemnih vročevodov iz predizoliranih cevi**
4. **Analitično eksperimentalna določitev toplotnih izgub vodilnih in drsnih podpor**
5. **Uporaba programskega paketa Fluent za numerični izračun toplotnih izgub cevovoda in podpor**

Toplotne izgube v toplotnih postajah

Toplotne postaje obravnavamo kot objekte z določenimi toplotnimi izgubami v odvisnosti od konstrukcije objekta. Toplotnih izgub v tem primeru ne računamo na poznan način zaradi raznovrstnosti toplotnih virov, notranja temperatura pa tudi ni poznana in ni omejena na neko določeno vrednost. Zato si pomagamo z metodo volumskih toplotnih izgub. Toplotne postaje so glede na vrsto razdeljene v 3 razrede

- | | |
|--------------------------|---|
| 1) lahka gradnja | $q_v = 75 \text{ do } 85 \text{ W/m}^3$ |
| 2) srednje težka gradnja | $q_v = 45 \text{ do } 55 \text{ W/m}^3$ |
| 3) težka gradnja | $q_v = 30 \text{ do } 40 \text{ W/m}^3$ |

Naštete vrednosti veljajo za projektno temperaturo -18°C in temperaturo v prostoru 22°C .

Na podlagi opisanega lahko izračunamo računske toplotne izgube:

$$\dot{Q}_{ra\check{c}} = V \cdot q_v$$

Te računske toplotne izgube potem korigiramo glede na dejansko temperaturno razliko med temperaturo v toplotni postaji in zunanjo temperaturo:

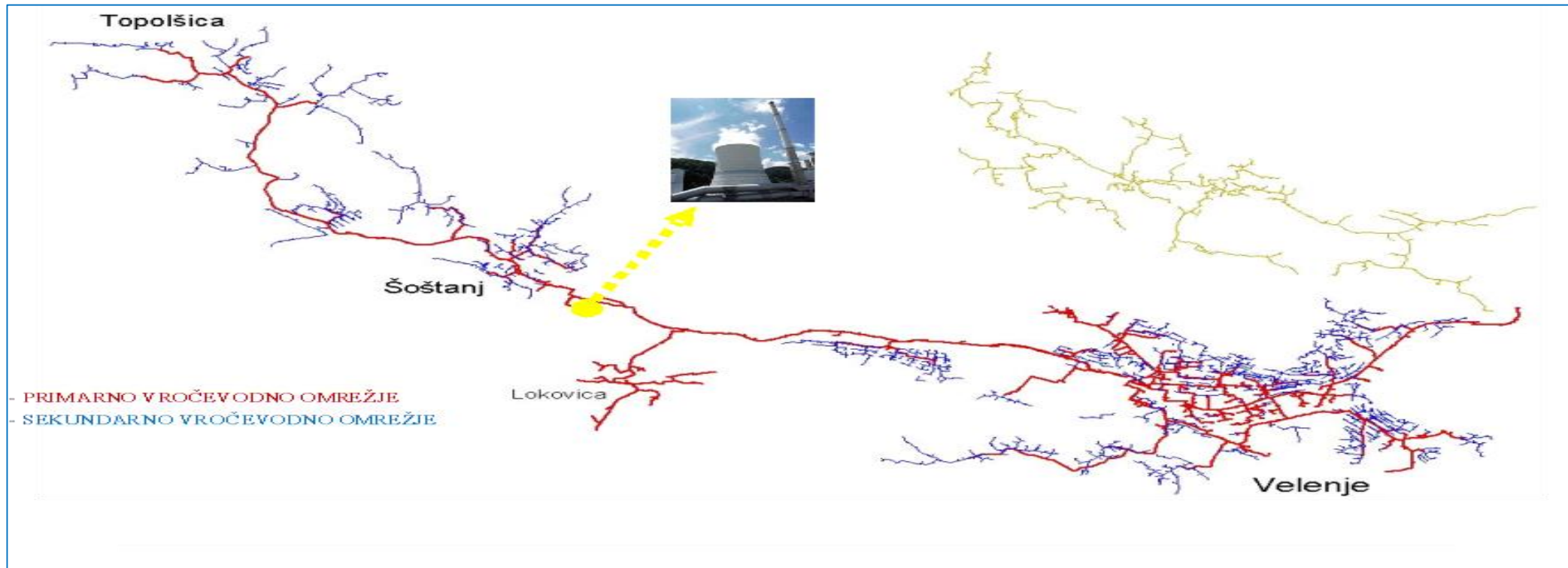
$$\dot{Q}_{dejp} = \dot{Q}_{ra\check{c}} \frac{\Delta T_{dej}}{\Delta T_{ra\check{c}}}$$

Dejansko temperaturno razliko dobimo na osnovi meritev zunanje in notranje temperature v različnih časovnih obdobjih.

Toplotne izgube zaradi dodajanja sistemske vode

V sistemu toplovodnega omrežja se občasno pojavijo različne netesnosti in okvare, ki povzročijo izgubo sistemske vode. Slednje hkrati pomeni tudi izgubo toplote. Toplotni tok, ki ga izgubljammo z vodo izračunamo iz bilančne enačbe:

$$\dot{Q}_{dv} = \dot{m}_{dv} c_{p,dv} (T_{vc} - T_{dv})$$



IZHODIŠČNI PODATKI O ANALIZIRANEM VROČEVODU 2x NO 350 TEŠ-CEP

Analiza je bila narejena za naslednje podatke:

- magistralni vod TEŠ – CEP dolžine 5430m,
- število drsnih podpor $n_{dp} = 1810$,
- število vodilnih podpor $n_{vp} = 217$,
- temperatura vode v cevi 140°C ,
- temperatura okolice -10°C ,
- toplotna prevodnost steklene volne $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$,
- toplotna prevodnost aluminija $\lambda = 202,4 \text{ W/mK}$,
- toplotna prevodnost azbestne podloške $\lambda = 0,05 \text{ W/mK}$,
- toplotna prestopnost na zunanji steni cevi (cev – zrak) $\alpha_z = 30 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- dejanske, izmerjene toplotne izgube $\dot{Q}_{izmerjene} = 456 \text{ W/m}$.

Lastnosti vode pri temperaturi 413K:

- dinamična viskoznost: $\eta = 2 \cdot 10^{-4} \text{ kg/ms}$
- gostota: $\rho = 926 \text{ kg/m}^3$
- toplotna prevodnost: $\lambda = 0,684 \text{ W/mK}$
- specifična toplota: $c_p = 4285 \text{ J/kgK}$

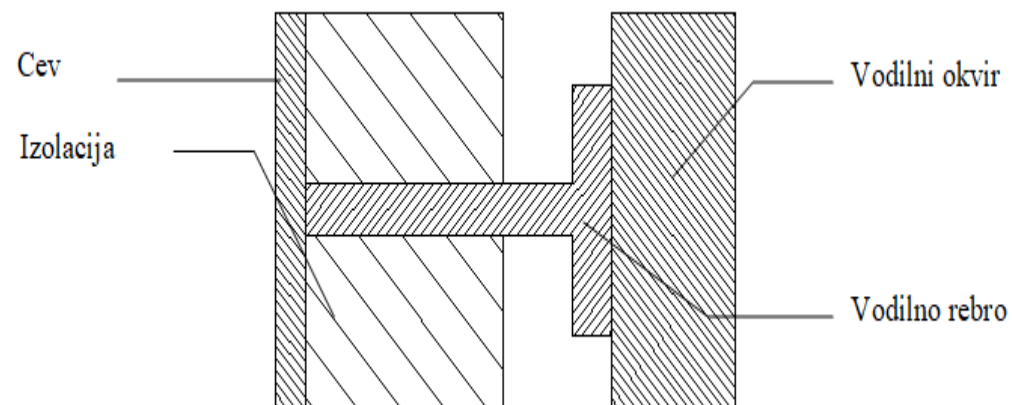
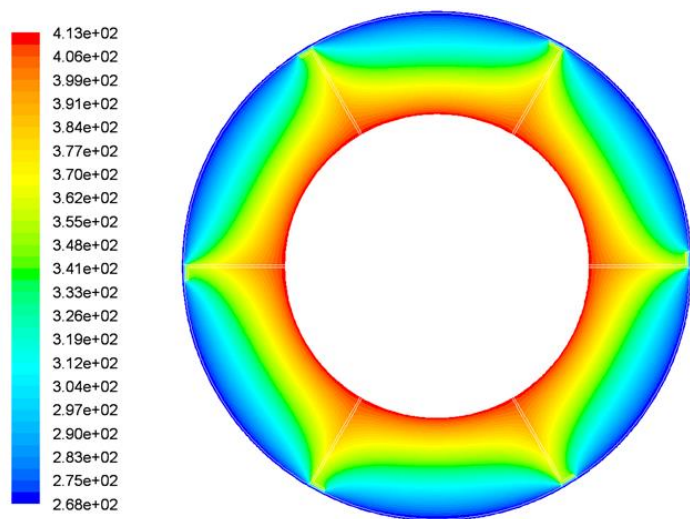
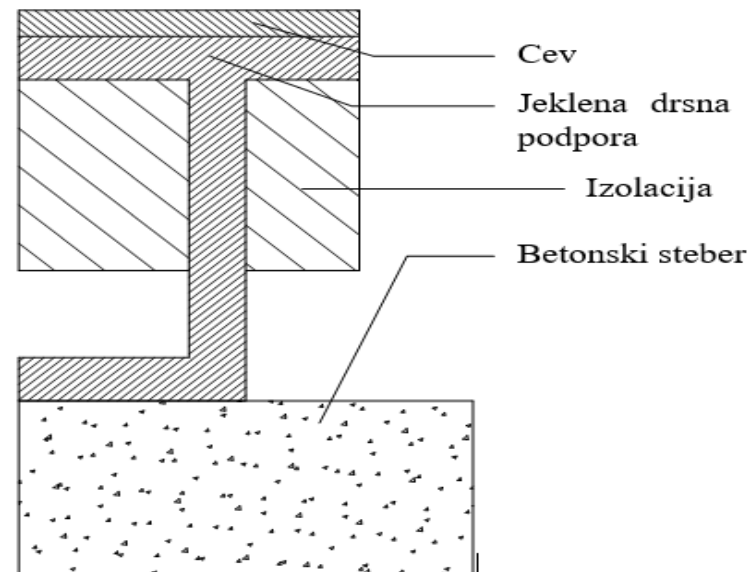
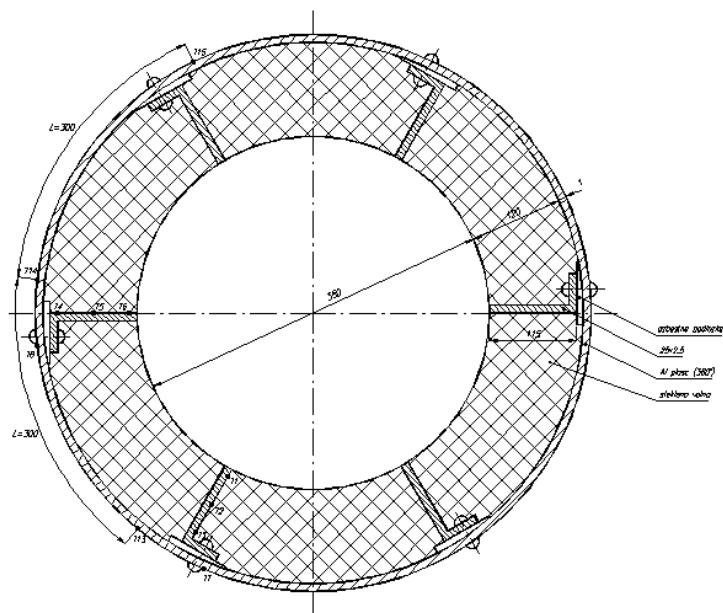
Hitrost vode v cevi:

$$v = 2 \text{ m/s}$$

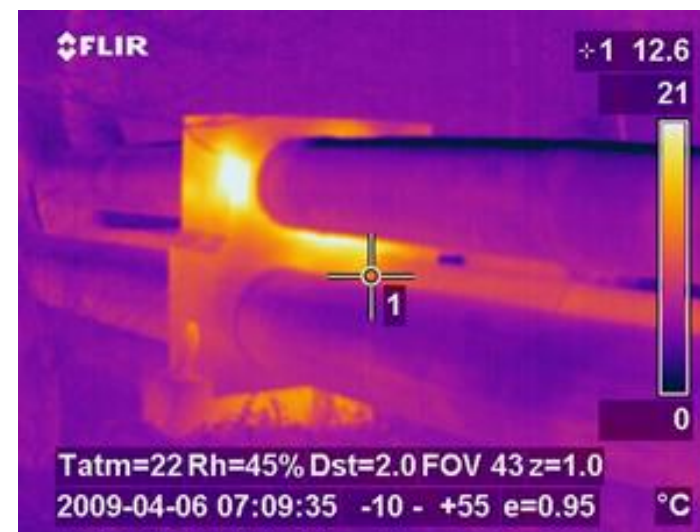
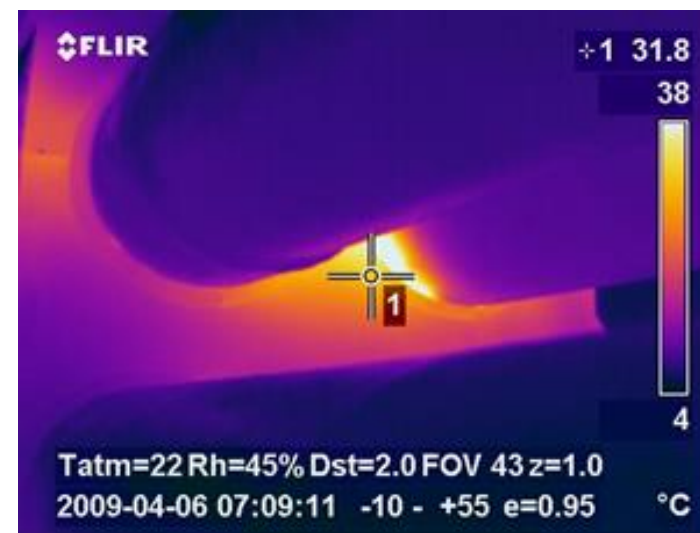
Hidravlični premer cevi:

$$d_H = 0,350 \text{ m}$$

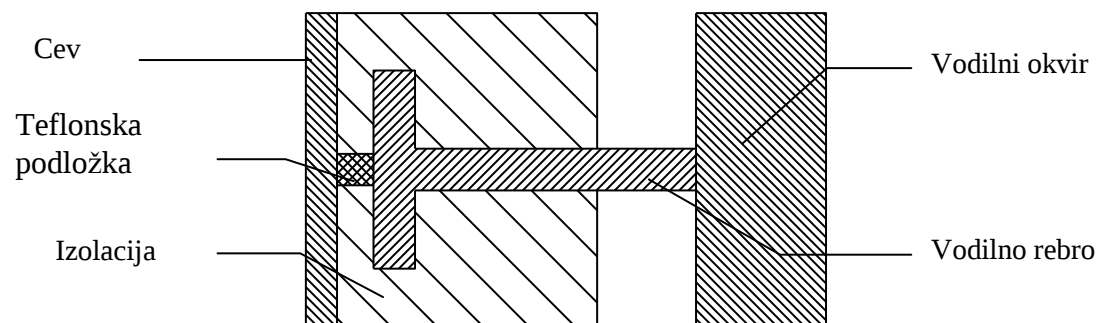
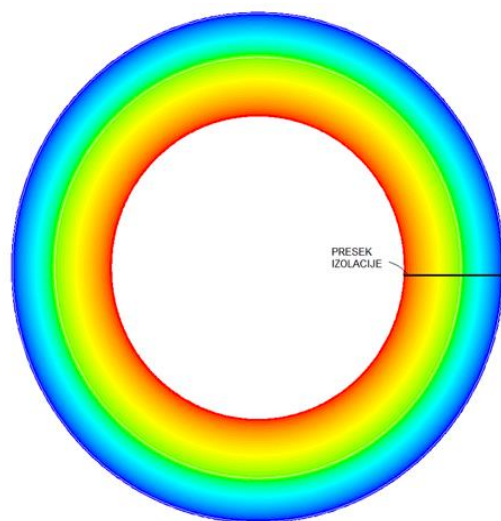
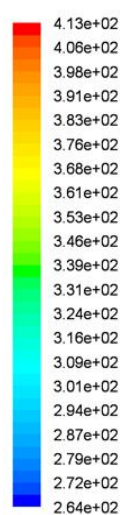
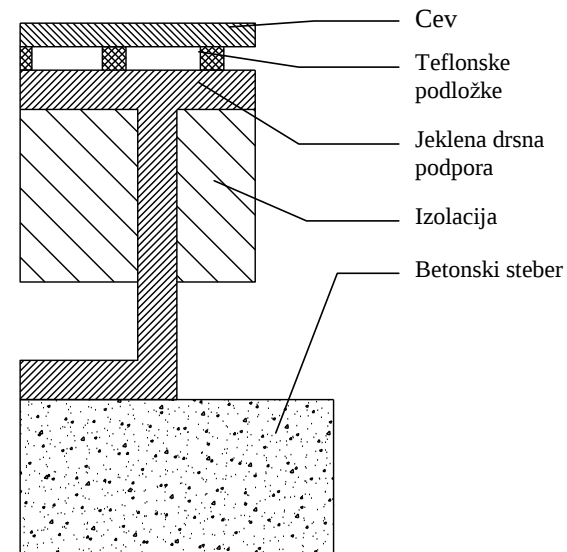
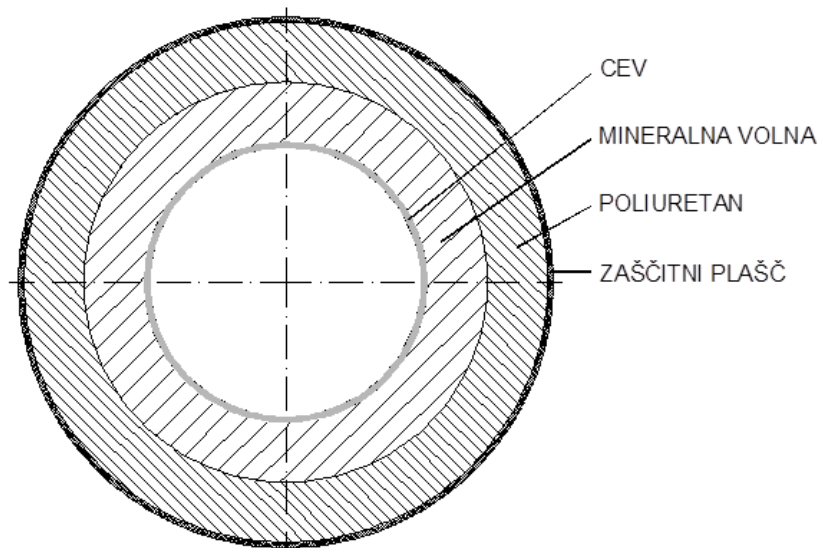
PRVOTNA IZVEDBA IZOLACIJ IN PODPORJA



TERMOGRAFSKA PREIZKAVA PRVOTNEGA STANJA



REKONSTRUIRANA IZVEDBA IZOPLACIJ IN PODPORJA

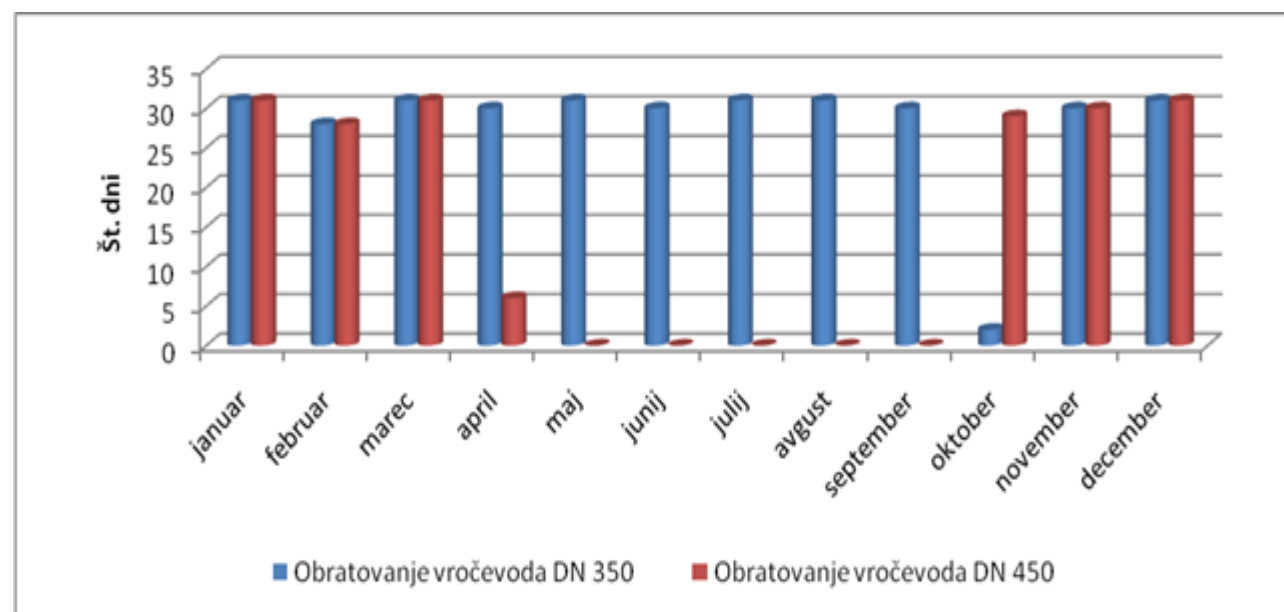
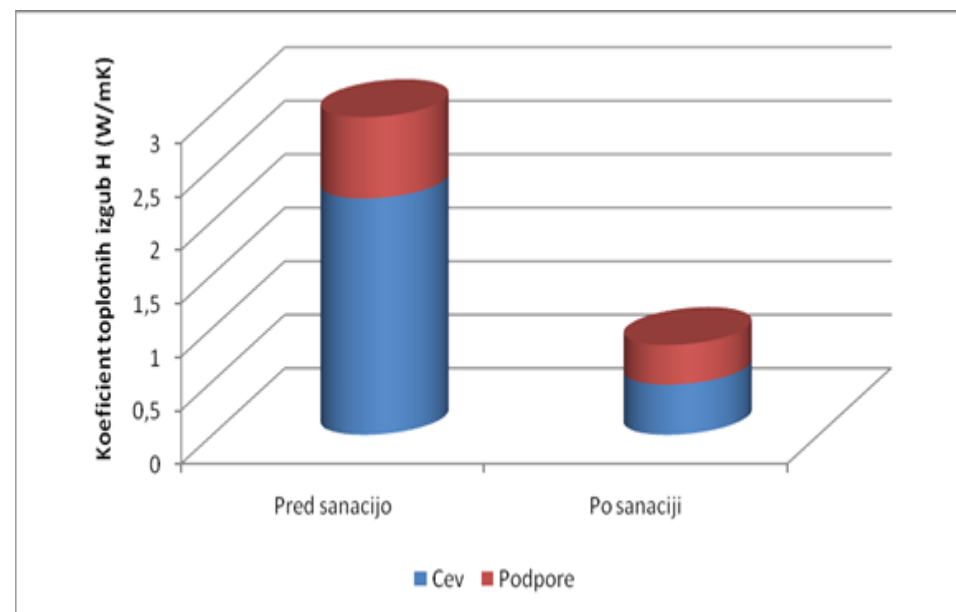


VREDNOTENJE SANACIJE DOVODNEGA VROČEVODA TEŠ – CEP ,2 x NO 350 , dolžine 5,43 km

Toplotne izgube pri pogojih $\Rightarrow T_{vc} = 140^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{okoliškega zraka}} = -10^{\circ}\text{C}$

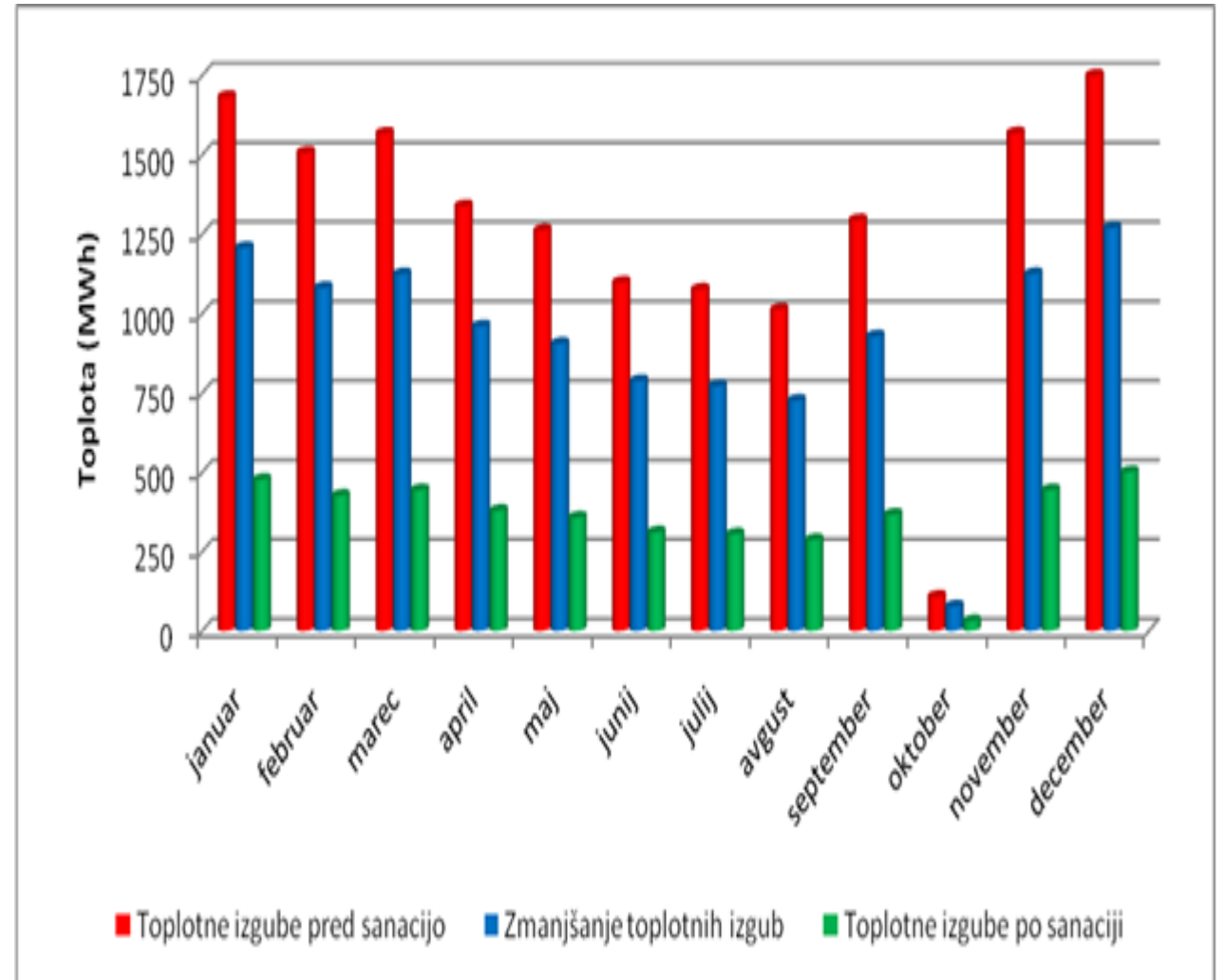
Tabela 7: Primerjava toplotnih izgub magistralnega voda TEŠ – CEP (NO350)

	Toplotne izgube cevi (W/m)	Toplotne izgube podpor (W/m)	Toplotne izgube vročevoda (W/m)	Delež izgub od stanja pred sanacijo (%)
Pred sanacijo	331,0	114,3	445,3	100
Po sanaciji	70,6	56,1	126,7	28



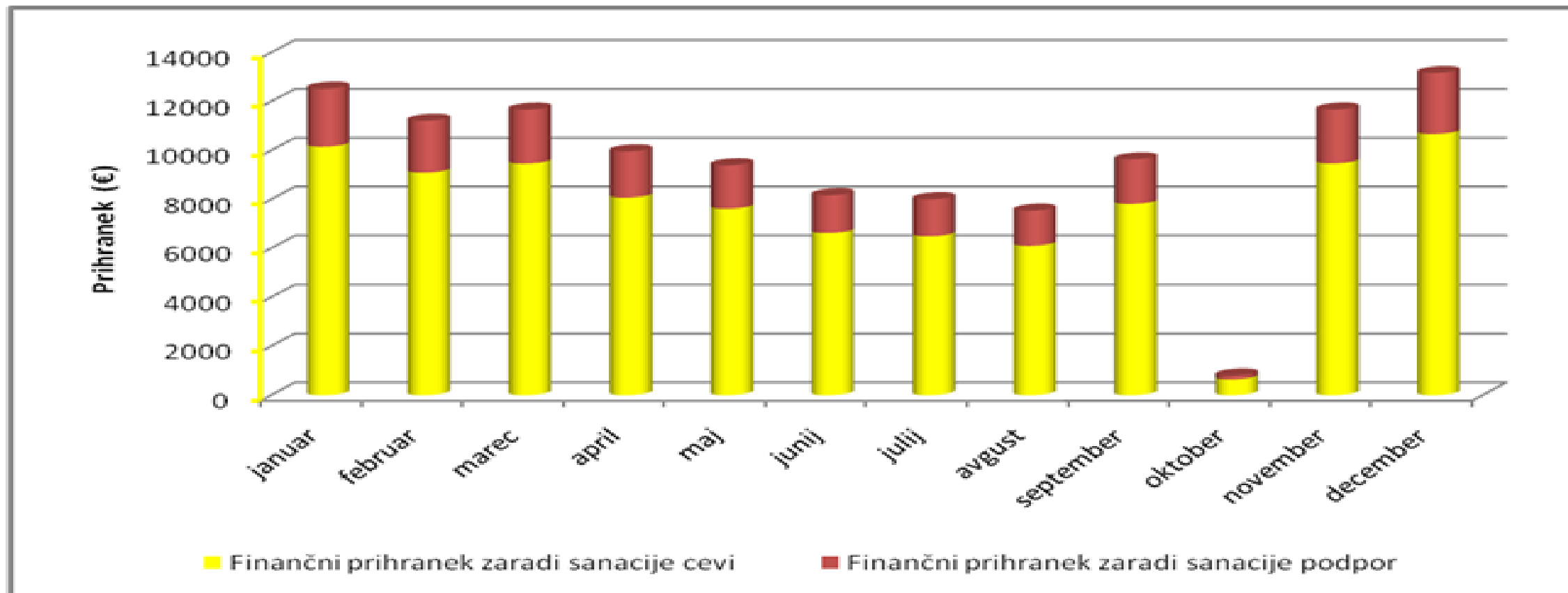
Učinek zmanjšanja toplotnih izgub vročevoda 2x NO 350 , dolžine 5,43 km v MWh

Meseci	Toplotne izgube pred sanacijo (MWh)	Zmanjšanje toplotnih izgub (MWh)	Toplotne izgube po sanaciji (MWh)
januar	1682	1206	476
februar	1506	1080	426
marec	1567	1124	443
april	1337	959	378
maj	1261	904	357
junij	1097	787	310
julij	1075	771	304
avgust	1011	725	286
september	1294	928	366
oktober	108	77	30
november	1568	1124	443
december	1769	1268	500



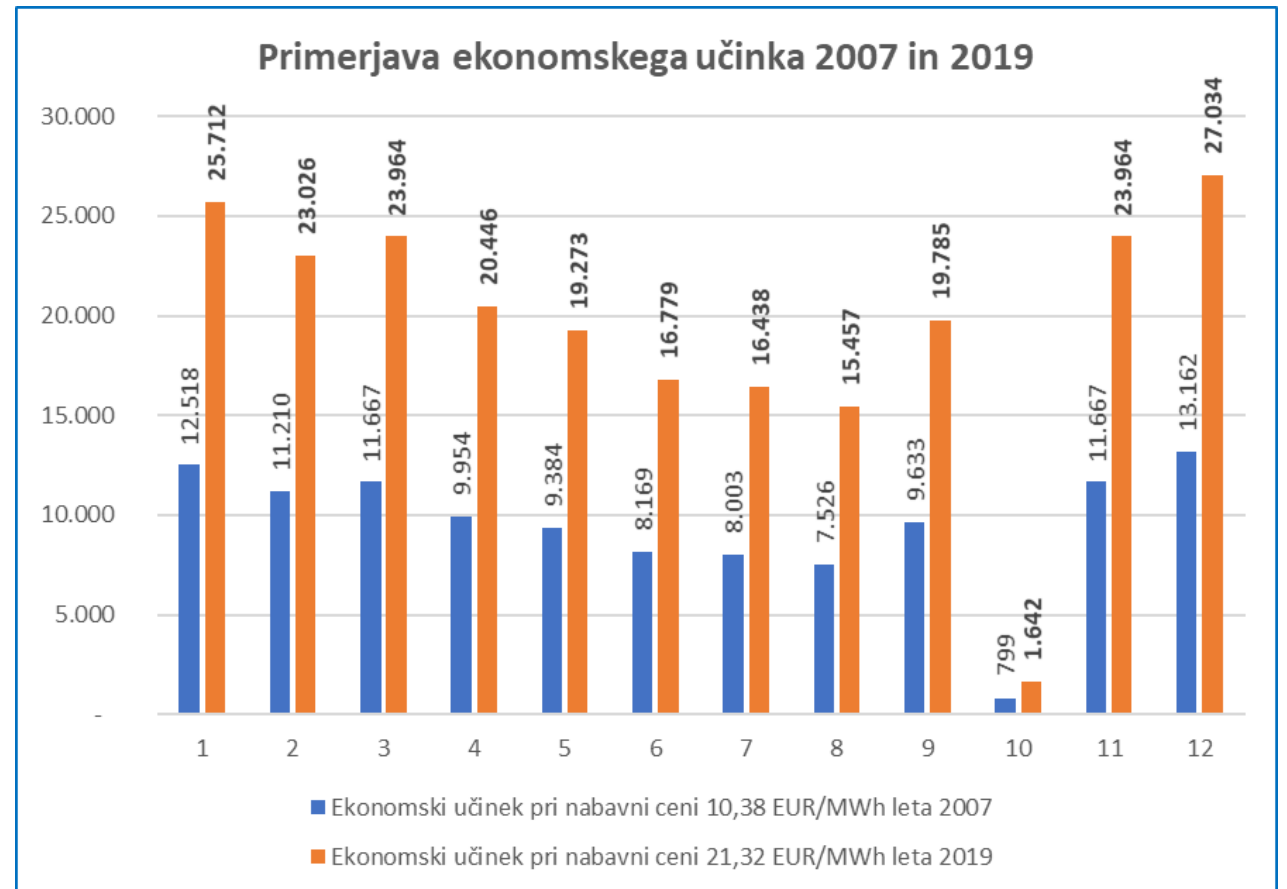
Ekonomsko vrednotenje toplotnih izgub leta 2007

Cilj ekonomskega vrednotenja je izračun finančnega prihranka zaradi manjše količine nabavljene toplote za pokritje toplotnih izgub dovodnega vročevoda TEŠ – CEP NO 350. Ob tem je upoštevana nabavna cena toplote 10,38 EUR/MWh, ki je veljala leta 2007.

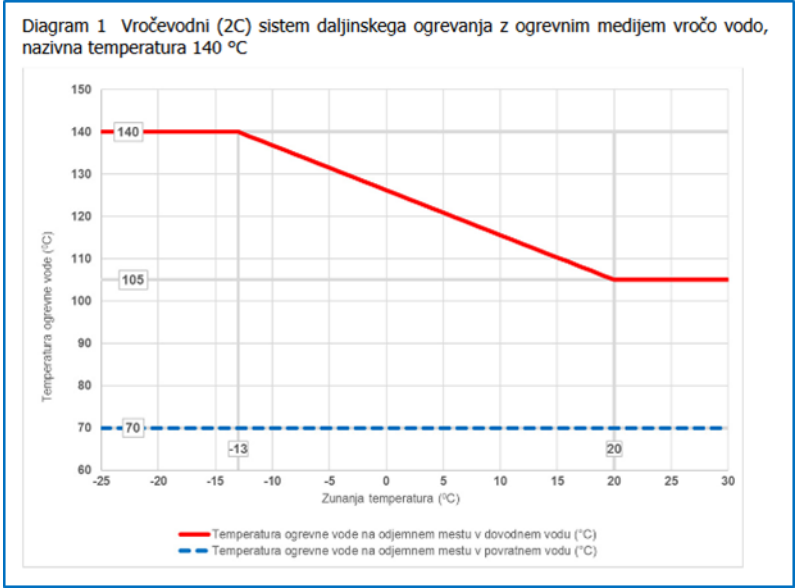


Ekonomsko vrednotenje toplotnih izgub na vročevodu 2 x NO 350 med letom 2007 in 2019

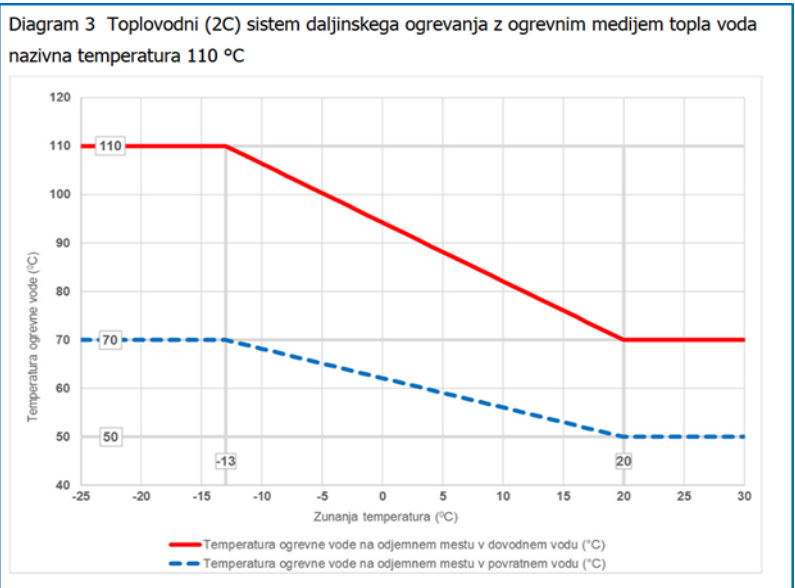
Meseci	Toplotne izgube pred sanacijo (MWh)	Zmanjšanje toplotnih izgub (MWh)	Toplotne izgube po sanaciji (MWh)	Ekonomski učinek pri nabavni ceni 10,38 EUR/MWh leta 2007	Ekonomski učinek pri nabavni ceni 21,32 EUR/MWh leta 2019
januar	1.682	1.206	476	12.518	25.712
februar	1.506	1.080	426	11.210	23.026
marec	1.567	1.124	443	11.667	23.964
april	1.337	959	378	9.954	20.446
maj	1.261	904	357	9.384	19.273
junij	1.097	787	310	8.169	16.779
julij	1.075	771	304	8.003	16.438
avgust	1.011	725	286	7.526	15.457
september	1.294	928	366	9.633	19.785
oktober	108	77	30	799	1.642
november	1.568	1.124	443	11.667	23.964
december	1.769	1.268	500	13.162	27.034
SKUPAJ	15.275	10.953	4.319	113.692	233.518



V PRIMERU ZNIŽANJA TEMPERATURNEGA REŽIMA iz 140/70 na 110/60 bi lahko dosegli, pri povprečni letni temperaturi okolice (+5 st.C), še dodatno 18,5 % , ZNIŽANJE TOPLOTNIH IZGUB



Sedanje stanje v st. C				Možna bodoča stanja v st.C			
T dovoda	T povratka	Teperturna	T-okolice	T dovoda	T povratka	Optimirana teperturna	Zmanjšanje
sedaj	sedaj	razlika	povprečna	optimirana	optimirana	razlika	toplotnih izgub v (%)
T-st	T-rt	Dt	T-out	T-so	T-ro	Dt	
140	70	70	5	110	60	50	- 18,52
130	70	60	5	100	50	50	- 12,00
130	70	60	5	85	65	20	- 12,00
120	70	50	5	95	45	50	- 13,04
110	60	50	5	75	55	20	- 14,29



Sedanje stanje v st. C				Možna bodoča stanja v st.C			
T dovoda	T povratka	Teperturna	T-okolice	T dovoda	T povratka	Optimirana teperturna	Zmanjšanje
sedaj	sedaj	razlika	povprečna	optimirana	optimirana	razlika	toplotnih izgub v (%)
T-st	T-rt	Dt	T-out	T-so	T-ro	Dt	
140	70	70	-13	110	60	50	- 28,10
130	70	60	-13	100	50	50	- 23,08
130	70	60	-13	85	65	20	- 23,08
120	70	50	-13	95	45	50	- 24,81
110	60	50	-13	75	55	20	- 26,83

Energija je vedno bolj dragoceni vir zato se vse dejavnosti trudijo, da znižajo energijske izgube. Zmanjšanje energijskih izgub postaja eden od najtežjih izzivov za nadaljnji razvoj civilizacije in tehnologije.

Uporabljeni viri:

LITERATURA

- (1) Andrej Ljubenko, diplomsko delo, april 2009, Izboljšanje energetske učinkovitosti sistemov daljinskega ogrevanja
- (2) Miran Zager, prof. dr. Alojz Poredoš, Andrej Ljubenko, Konferenca SDDE, marec 2010, Učinki sanacije magistralnega vročevoda TEŠ-CEP v Šaleški dolini
- (3) Arhiv KP Velenje, PE Energetika, 2008 do 2013

HVALA ZA VAŠO POZORNOST