

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Nízkopotenciální odpadní teplo produkované JE Temelín a
jeho možné využití

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Jan Vejvoda

České Budějovice, 2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan VEJVODA**
Osobní číslo: **Z13525**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agropodnikání**
Název tématu: **Nízko-potenciální odpadní teplo produkované JE Temelín
a jeho možné využití**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce:

Cílem práce je nalezení potenciálně vhodných řešení pro využití nízko-potenciálního odpadního tepla, které vzniká při provozu JE Temelín. Diplomant se zaměří především na řešení, která nejsou z oblasti zemědělské produkce.

Metodický postup:

1. Seznámit se s problematikou činnosti JETE.
2. Vyžádat si potřebná experimentální data a provést jejich analýzu.
3. Na základě výsledků této analýzy navrhnout potenciálně vhodná řešení pro využití odpadního tepla.
4. Detailněji rozpracovat alespoň jedno navrhované řešení.
5. Vypracovat diplomovou práci.


Navrhovaná řešení budou konzultována se zástupci JE Temelín.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: minimálně 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

Klik, F., Daliba, J.: Jaderná energetika. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 189 s. ISBN 80-010-2550-0;
Doležal, J., Šťastný, J., Špetlík, J., Bouček, S., Brettschneider, Z.: Jaderné a klasické elektrárny. Praha - České vysoké učení technické v Praze, 2011, ISBN: 978-80-01-04936-5;
Využití odpadního tepla elektráren pro intenzivní skleníkové hospodářství: Sborník přednášek z celostátní konference 1. vyd. Ostrava: DT ČSVTS, 1983, 113 s.;
Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: Fyzika. Vutium Brno, 2007, ISBN 8021418680;
Baláš, M. et al.: Kotle a výměníky tepla. Vydání první, Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2009.

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání diplomové práce: 10. listopadu 2013
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2015


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. března 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Jan Vejvoda

Poděkování

Děkuji doc. RNDr. Petru Bartošovi, Ph.D. za cenné rady, projevenou trpělivost a ochotu při konzultování diplomové práce.

Anotace

Tato diplomová práce je zaměřena na přehled možností jak využít odpadní nízkopotenciální teplo produkované Jadernou elektrárnou Temelín provozovanou skupinou ČEZ. Ukazuje současné technologické možnosti pro využití nízkopotenciálních zdrojů tepla v primární formě, nebo jako odpadní produkt při zpracovatelských procesech. Druhá část je zaměřena na využití odpadního tepla temelínské elektrárny pro volnočasové aktivity ve formě vodního relaxačního centra, respektive jako varianta centrálního zásobování teplem v sousedících obcích.

Klíčová slova

nízkopotenciální teplo, tepelné čerpadlo, velkokapacitní skleník, relaxační bazén

Annotation

This thesis aims to provide an overview of possibilities of using low-potential waste heat produced at the CEZ Temelin Nuclear Power Plant. It also shows current technological possibilities of using low-potential heat sources in the primary form or as a waste by-product in leisure time aquapark, eventually the waste heat used as a source of central heat system supply victim village.

Key words

low-potential heat, heat pump, large capacity greenhouse, relaxation swimming pool

Obsah

Úvod.....	11
1 Nízkopotenciální teplo	12
1.1 Charakteristika nízkopotenciálního tepla	12
1.2 Současné možnosti využití nízkopotenciálního tepla	12
ZOO Ústí nad Labem	12
Topná soustava v Děčíně	13
2 Technologie pro zhodnocení nízkopotenciálního tepla	15
2.1 Transformace nízkopotenciálního tepla.....	15
2.1.1 Výměníky tepla	15
2.1.2 Tepelná čerpadla	18
2.1.3 Dodavatelé zařízení pro transformaci tepelné energie v České republice	20
2.1.4 Vedlejší transformační technologie	21
2.2 Technologie přenosu tepla	24
2.2.1 Rozvod vody	24
3 Elektrárna Temelín jako zdroj nízkopotenciálního tepla	26
3.1 Stručný popis činnosti Jaderné elektrárny Temelín.....	26
3.2 Nízkopotenciální teplo v JE Temelín	27
4 Faktory omezující využití tepla z ETE	28
4.1 Technologické faktory.....	28
4.2 Legislativní a bezpečnostní faktory	29
5 Návrh využití nízkopotenciálního tepla.....	30
5.1 Rekreační centrum a kryté koupaliště	31
5.1.1 Situační plán	31
5.1.2 Spotřeba energií	32
5.1.3 Zdroj tepelné energie.....	33

5.1.4	Tepelná čerpadla	36
5.1.5	Parametry přepravované topné vody	38
5.1.6	Zhodnocení investice.....	40
5.2	Využití odpadního tepla pro vytápění RD	42
5.2.1	Situační plán	42
5.2.2	Energetické nároky RD.....	43
5.2.3	Celková spotřeba tepla pro vytápění	47
5.2.4	Zhodnocení investice.....	48
6	Závěr	49
7	Seznam zdrojů.....	50
	Seznam obrázků	52
	Přílohy.....	53
	Hodnoty zdroje.....	56

Úvod

Při téměř všech technologických procesech vzniká odpadní teplo, které již není možné dále přímo využít ve výrobním či zpracovatelském procesu. Je to kvůli jeho nízkému energetickému potenciálu. Stejná situace nastává během výroby elektrické energie v elektrárnách, a to včetně Jaderné elektrárny Temelín.

Každý výrobní blok Jaderné elektrárny Temelín produkuje při jmenovitém výkonu odpadní teplo o výkonu přibližně 2 GW, které je ve formě vodní páry vypouštěno bez užitku do ovzduší. Jeví se proto jako vhodné nalézt pro odpadní teplo možnost jeho využití, a to jednak z hlediska ekonomického, tak s ohledem na životní prostředí. Studie zkoumající možnosti využití tepla produkovaného JE Temelín byly zpracovávány již během plánování a výstavby elektrárny.

Cílem této diplomové práce je zhodnocení možných řešení pro využití nízkopotenciálního tepla produkovaného během provozu Jaderné elektrárny Temelín. Vybrané varianty byly zpracovány s ohledem na technické možnosti, bezpečnostní opatření a byla provedena stručná ekonomická zhodnocení pro vypracované varianty.

1 Nízkopotenciální teplo

1.1 Charakteristika nízkopotenciálního tepla

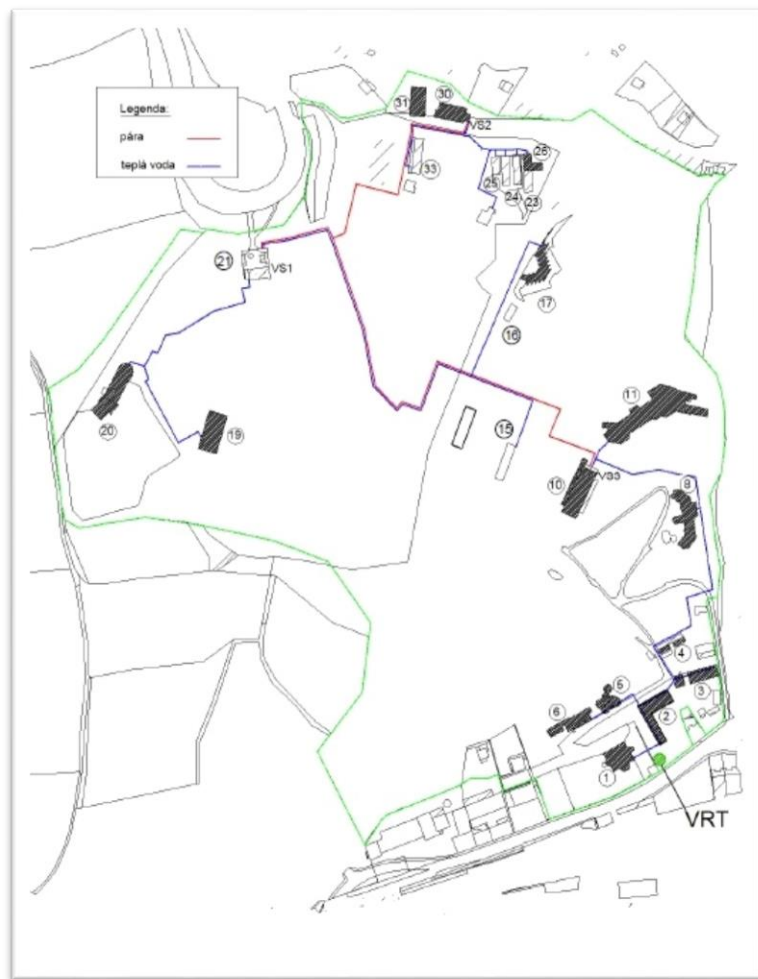
Nízkopotenciální teplo se nachází prakticky neustále v prostředí všude kolem nás. Je víc než lákavé, a dnes již za pomoci techniky možné, jeho využití. Toto nízkopotenciální teplo obsažené v zemi, vodě i ve vzduchu je ukládáno jako důsledek dopadající sluneční energie a jako důsledek geotermální energie (energie zemského jádra, radioaktivní rozpad uvnitř Země), ale i jako procesní odpad při průmyslových činnostech a přeměně energie. Současné technologie využívající energetické zdroje o nízké teplotě se zaměřují na zvyšování teploty pomocí tepelných čerpadel. Ta umožňují převést velké množství nízkopotenciálního tepla na médium s vyšší teplotou nosného média [1]. O možném využití tepelné energie rozhoduje vedle nosiče tepla a jeho množství zejména teplota nosiče, na který je tato energie vázána.

1.2 Současné možnosti využití nízkopotenciálního tepla

V současné praxi fungují ve světovém měřítku, ale i na území České republiky, projekty, využívající převážně jako zdroj tepla nízkopotenciální geotermální energii upravenou pomocí tepelných čerpadel.

ZOO Ústí nad Labem

Energie se získává z artézských vrtů o hloubce 515 metrů pod zemským povrchem, kdy termální voda dosahuje při průměrném průtoku 12 litrů za sekundu teploty 32 °C. Pro transformaci geotermální energie o nízkém potenciálu slouží soustava tepelných čerpadel se sdruženým tepelným výkonem 960 kW [2]. Spotřeba tepelné energie je tímto systémem kryta ze 64%.



Obrázek 1: Schéma rozvodu tepla v ZOO Ústí [2]

Topná soustava v Děčíně

V Děčíně je geotermální energie, s nízkým potenciálem upraveným pomocí tepelného čerpadla, využívána pro vytápění téměř poloviny města. Provozovatelem se stala společnost MW Energie. Tepelnou energii Děčín získává z podzemního jezera, z něhož vytéká voda o teplotě 30 °C. Upravenou vodu ochlazenou na 10 °C využívají v Děčíně také jako pitnou vodu.

Geotermální voda čerpaná z podzemního jezera je potrubím vedena k výměňikovým stanicím, odkud je dalším potrubím navedena do

předávacích stanic. V těchto stanicích dochází k přípravě vody pro jednotlivé využití, a to buď pro vytápění obytných domů, nebo pro využití jako TUV [3].

Čokoládovna Nestlé Halifax (UK)

Potravinářský provoz společnosti Nestlé v Halifaxu využívá soustavu vysokoteplotních tepelných čerpadel s oběžným médiem ve formě amoniaku, čímž umožňuje dosažení teplot od 60 do 90 °C. Získané teplo je využíváno pro predehřívání technologických kapalin. Zdrojem nízkopotenciálního tepla jsou technologické procesy, při kterých dochází k odebírání tepla. Nízkopotenciální teplo je transportováno pomocí glykolu do tepelných čerpadel. Systém umožňuje využití tepelných čerpadel i jako samostatně pracující chladicí zařízení. Při využívání soustavy k chlazení je odváděn tepelný výkon při cílové teplotě 0 °C ve výši 3 MWt s topným faktorem 4,0; při provozu využívajícím odebrané teplo k vyhřívání technologií je k dispozici výkon 1,25 MWt za teploty 60 °C, při těchto podmínkách je dosahováno výjimečného topného faktoru – COP = 6,38 [4]. Instalací tohoto zařízení bylo dosaženo 39% úspory z roční spotřeby černého uhlí, roční emise oxidu uhličitého tím poklesly o 191 tun [4].

2 Technologie pro zhodnocení nízkopotenciálního tepla

Z důvodu nesouladu zdroje tepla s místem spotřeby a jeho požadované povahy, je nutné využít zařízení, která uvedený nesoulad místa, množství a nosného média řeší.

2.1 Transformace nízkopotenciálního tepla

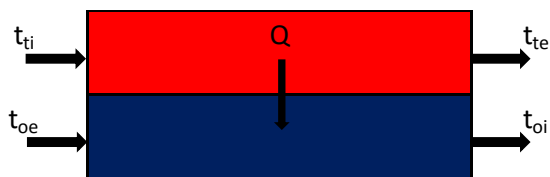
2.1.1 Výměníky tepla

Výměníky tepla jsou zařízení pro uskutečnění průběžného nebo přerušovaného přenosu tepelné energie mezi dvěma nebo více proudícími teplonosnými médii. Dochází zde k předávání tepla z teplého (ohřívacího) média do média chladnějšího (ohřívajícího). Charakteristickým rysem výměníků tepla v energetice je omezení pracovních médií převážně na vodu, vodní páru, vzduch a spaliny [6].

Výměníky tepla je možné podle směru proudění teplonosného média do tří hlavních typů: souprouté, protiproudé a směšovací.

a) Souprouté

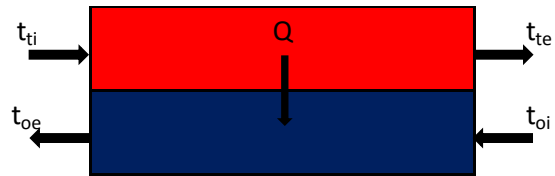
Souprouté výměníky tepla jsou charakterizovány vzájemně rovnoběžným směrem jednotlivých teplonosných médií. Teplonosná média se pohybují v souhlasném směru.



Obrázek 2: Schéma souproutého výměníku

b) Protiproudé

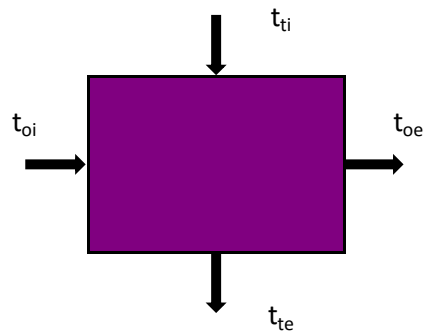
Protiproudé výměníky tepla jsou charakterizovány vzájemně rovnoběžným směrem jednotlivých teplotních médií. Teplotní média se pohybují proti sobě.



Obrázek 3: Schéma protiproudého výměníku

c) Křížové

Křížové výměníky tepla jsou charakterizovány vzájemně kolmým pohybem jednotlivých teplotních médií [6].



Obrázek 4: Schéma křížového výměníku

Výměníky tepla je též možné dělit podle způsobu sdílení tepla na rekuperační, regenerační, kontaktní a směšovací.

a) Rekuperační

V rekuperačním výměníku jsou obě pracovní látky nepropustně odděleny stěnou, která tvoří teplosměnnou plochu.

b) Regenerační

V regeneračním výměníku se obě média v pracovním prostoru střídají, přičemž přenos tepelné energie se uskutečňuje pomocí akumulárního materiálu výměníku.

c) Kontaktní

U kontaktního výměníku se obě média v pracovním prostoru promíchávají a předávají si tepelnou energii, následně jsou od sebe odděleny. Tyto výměníky se využívají pro nemísitelná média, nejsou vybavena teplosměnnou plochou, která by oddělovala obě média.

d) Směšovací

Pro směšovací výměníky je rovněž typické, že nemají teplosměnnou plochu. Během jejich práce dojde ke smíchání médií a vytvoření stejnorodé směsi. Práce odpovídá kalorimetrické rovnici.

$$(1) m_1 \cdot c_1 \cdot (T - T_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (T_2 - T)$$

kde

m_1, m_2 – hmotnost látky 1,2 [kg],

c_1, c_2 – měrná tepelná kapacita látky 1,2 [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$],

T_1, T_2 – termodynamická teploty látky 1,2 [K],

T – termodynamická teplota směsi [K]

2.1.2 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo je zařízení, které odebírá teplo z vnějšího prostředí (z nízkoenergetického zdroje) a dokáže pomocí cyklu komprese a expanze plynu získat z těchto nízkoenergetických zdrojů potřebné teplo ve formě teplotnosného média o teplotě kolem 60 °C. Tím umožňuje využití nízkopotenciálního tepla, které nelze využít běžným přímým způsobem. Tepelné čerpadlo pracuje na stejném principu jako chladnička, která odebírá teplo ze svého vnitřního prostoru a předává jej zadní stranou do místnosti. Tepelné čerpadlo využívá tepla získaného od okolního prostředí k odpaření chladicí kapaliny. Tato pára je poté kompresorem stlačena a díky dodané práci dochází k uvolnění tepla o vyšší teplotě, která je dodávána topnému médiu. Celý cyklus se poté opakuje [7].

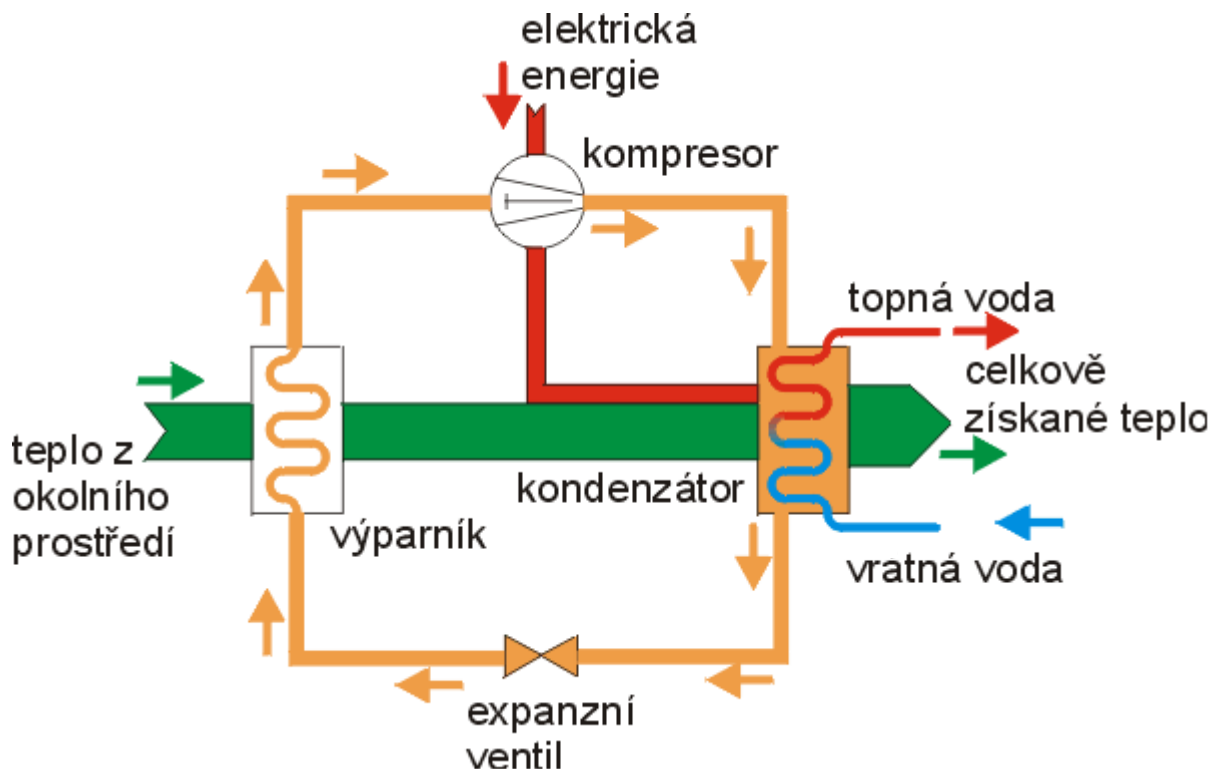
Tepelné čerpadlo má dvě části, primární okruh (sběrač tepla + vlastní tepelné čerpadlo) a sekundární okruh (topná soustava). Vlastní tepelné čerpadlo má čtyři hlavní části:

Výparník je výměník tepla, kde se ohřívá pracovní médium (chladiivo). Chladiivo má tu vlastnost, že se i při nejnižších (venkovních) teplotách odpařuje. Přivede-li se venkovní vzduch nebo voda k výměníku tepla (výparníku), ve kterém cirkuluje pracovní médium, odejme takovému zdroji tepla potřebné výparné teplo a přejde z kapalného do plynného stavu. Zdroj tepla se tím o několik stupňů ochladí [7].

Kompresor plynné pracovní médium nasaje a stlačí. Tím že se zvětší jeho tlak, stoupne také jeho teplota - pracovní médium je tedy „přečerpáno“ na vyšší teplotní úroveň. K tomu je zapotřebí vynaložit elektrickou (nebo jinou) energii. Ta však nepředstavuje energii ztracenou, ale zvyšuje energetický (tepelný) potenciál pracovního média, které se dále dostává do kondenzátoru [7].

Kondenzátor je další výměník, ve kterém pracovní médium odevzdá získané teplo resp. je mu odňato teplem nosnou látkou, např. vodou pro teplovodní vytápění. Tím dojde ke zkapalnění pracovního média.

Expanzní ventil redukuje tlak pracovního média na původní nízký tlak. Pracovní médium tím předalo energii a pokračuje do výparníku, kde se opět ohřeje.



Obrázek 5: Schéma tepelného čerpadla [9]

2.1.2.1 Topný faktor

Topný faktor (Coefficient of Performance, COP) je podíl příkonu a výkonu tepelného čerpadla. $\varepsilon = \frac{P}{P_0}$

ε – topný faktor [-]

P – tepelný výkon na kondenzátoru [W]

P_0 – příkon tepelného čerpadla [W]

Topný faktor závisí na teplotě nízkopotenciálního zdroje – čím je vyšší teplota zdroje, tím je vyšší topný faktor a tedy i účinnost.

Hodnota topného faktoru se v praxi pohybuje mezi 2 a 6. V případě topného faktoru 4 to tedy znamená, že na 10 kW dodané energie do kompresoru tepelného čerpadla získáme 40 kW [8] tepelné energie na výstupu.

2.1.3 Dodavatelé zařízení pro transformaci tepelné energie v České republice

- CIATIK TRADE
 - Dodává TČ CIAT s výkony od 5 do 1400 kW
 - Hydrociat: tepelné čerpadlo typu voda/voda pro průmyslové vytápění a chlazení. Zařízení jsou vhodná pro průmyslové použití s požadovanou teplotu na výstupu do 55 °C. Jeho použití je omezeno na provozy s možností oběhu chladiva na bázi halogenderivátů R407C nebo R134a.
 - Trubkové výměníky tepla se směnným výkonem 25 až 25 000 kW
- Alfa Laval
 - Celosvětový výrobce zařízení pro přenos tepla a úpravu kapalin
 - Dodává výměníky o směnném výkonu do 7000 kW všech typů s nepřímým přenosem tepla
- VIESSMANN
 - Dodavatel velkých tepelných čerpadel KWT do výkonu soustavy 2000 kW, která jako oběžný médium používají R134a nebo vysokotlaké soustavy plněné CO₂.
 - Skupina tepelných čerpadel pro využití průmyslového odpadního tepla s teplotou vody 25 – 35 °C s efektivní činností do 60 °C
- Tepelná čerpadla IVT s.r.o.
 - Jednotky o výkonu do 65 kW, pro větší výkony řazení do kaskád. Na výstupní větvi při 60 °C dosahují topného faktoru 5,5. Oběžná soustava využívá chladivo R134a.

2.1.4 Vedlejší transformační technologie

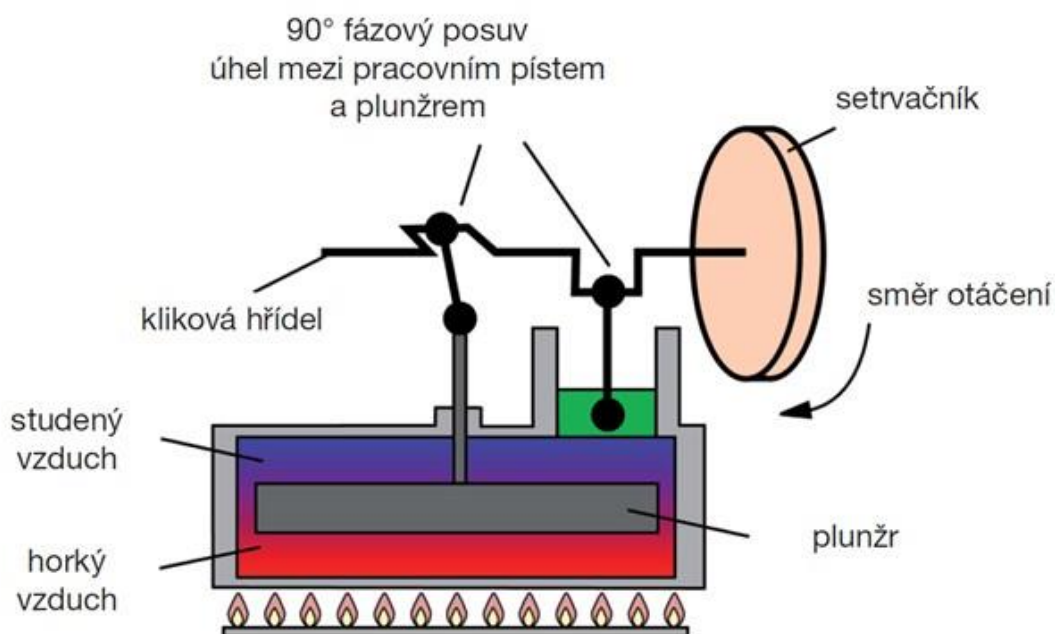
Vedle tepelných čerpadel existují i další technologie pro využití nízkopotenciálního tepla. Níže uvedená zařízení jsou schopna využívat zdroje tepla o různých teplotách. Jejich výstupem je točivý moment. Patří mezi ně stirlingův motor a organický rankinův cyklus

Stirlingův motor

Toto tepelné zařízení si nechal v roce 1816 patentovat pod tehdejším názvem teplovzdušný motor Robert Stirling.

V tomto stroji se uskutečňuje tepelný oběh s vnějším zdrojem tepla, což umožňuje využití téměř jakéhokoliv paliva a zdroje tepla. Stroj poskytuje mechanickou energii, kterou lze odebírat na klikovém hřídeli [10].

V současné době jsou na trhu zařízení s elektrickým výkonem do 50 kW na jednotku.

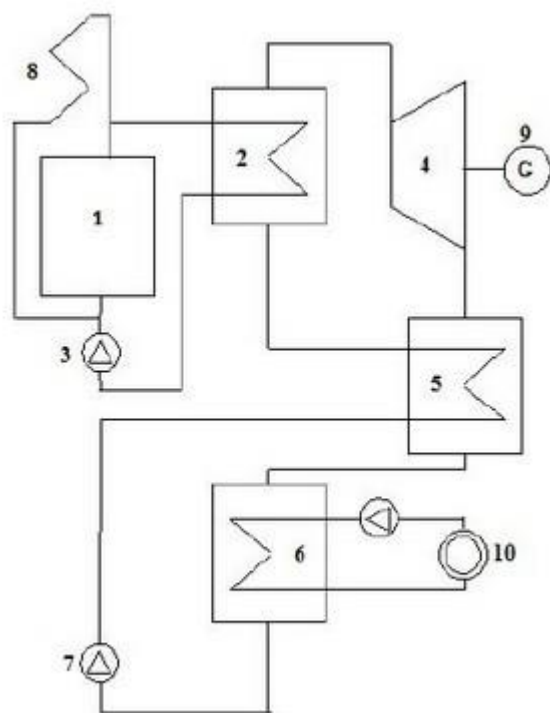


Obrázek 6: Schéma stirlingova motoru [11]

Organický rankinův cyklus

Organický rankinův cyklus (ORC) je v podstatě elektrárenský kondenzační cyklus, který používá namísto vody resp. vodní páry jako pracovní látku v primárním okruhu směs organických sloučenin. Díky této modifikaci je možné využívat nižších vstupních teplot – od 30 °C – a využít tak i nízkopotenciální zdroje tepla pro pohon rotačního stroje. K pohonu zařízení se využívá nejčastěji oleje s křemíkovými vazbami [12], který je svými termodynamickými vlastnostmi vhodný k použití v tepelném oběhu. Výhodou využití oleje je rovněž schopnost setrvat v kapalném stavu i při vysokých teplotách za nižšího přetlaku než při použití vody.

Ve výparníku předává olej teplo do sekundárního okruhu, kde se pracovní organická látka vypařuje, dosahuje většího tlaku než má olej a organické páry jsou vedeny do parní turbíny, kde expandují. Pára je za turbínou vedena do kondenzátoru, kde kondenzuje po odebrání výparného tepla chladicí vodou, která pak dodává teplo do objektů připojených na tuto tepelnou síť. Organické látky použité jako náhrada vody v sekundárním tepelném oběhu musí splňovat přísné předpisy a normy ve vztahu k životnímu prostředí [12].



1. Topeniště
2. Parogenerátor
3. Oběhové čerpadlo 1
4. Turbína
5. Regenerátor
6. Kondenzátor
7. Oběhové čerpadlo 2
8. Okruh bezpečnostního chlazení
9. Generátor
10. Chlazení

Obrázek 7: Blokové schéma ORC [13]

Využití ORC

Odpadní teplo

U využití odpadního tepla se vývoj zaměřuje na technologie, které mohou obnovit a převést odpadní teplo na elektrickou energii, s cílem zlepšit celkovou účinnost a snížit emise. Obnova energie z výfukových plynů motoru představuje potenciál ve zlepšení v celkové účinnosti motoru. Spalovací motor přemění zhruba jen jednu třetinu energie obsažené v palivu na mechanickou energii. Největších teplot dosahujeme ve spalínách, proto většinou zde jsou tepelné výměníky na předání tepla ORC. Některé aplikace ORC využívají odpadní teplo přímo z průmyslového procesu, např. sušení. Obecně platí, že horká voda a nízkotlaká pára z kogeneračních systémů je vhodná pro procesy o nízkých teplotách, jako je vytápění nebo ohřev teplé užitkové vody. Rekuperace tepla pomocí ORC je účinná technologie k regeneraci odpadní energie a jejímu následnému efektivnímu využití.

2.2 Technologie přenosu tepla

Horká voda je jedním z nejrozšířenějších nosičů tepla a energie v průmyslu. Využití vody jako nejběžnějšího nosiče tepla je dáno její snadnou dostupností, fyzikálními vlastnostmi (při 20 °C) – měrná tepelná kapacita $4,2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, kinematická viskozita $0,001 \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$ a dostupnými technologiemi pro její úpravu pro mechanické i chemické čištění. Tato kapitola se zabývá způsobem rozvodu horké vody od zdroje k místu její spotřeby.

2.2.1 Rozvod vody

Systém rozvodu horké vody tvoří důležitý spojovací článek mezi zdrojem horké vody a jejím spotřebičem. Horká voda je v širokém měřítku používána pro topné účely. Při návrhu systému horkovodu je nutné uvažovat především s následujícími faktory: volba vhodného průměru potrubí a rychlost proudění kapaliny v něm, vytvoření dostatečného tlaku teplonosného média pro překonávání výškových rozdílů horkovodu a tlakových ztrát, které vznikají v potrubí a armaturách. Pro dopravu tepla je rovněž nutné použití izolace potrubí, aby byly na nejvyšší míru omezeny tepelné ztráty během přepravy.

Přepravní potrubí je možné vést povrchovou cestou nesené na pylonech nebo uložení v zemním tělese. Pro povrchové vedení mluví nižší náklady na výstavbu a snazší kontrola pláště teplovodu nebo horkovodu. Nevýhody představují vzhledové vlastnosti, která tak narušují krajinný ráz a narušení přírodních pozemních migračních cest. Uložení do zemního tělesa vyžaduje rozsáhlé zemní práce a vysoké náklady na výstavbu. Podpovrchové uložení je omezeno i geologickými podmínkami, např. žulový masív, které by vyžadovaly tunelovou ražbu.

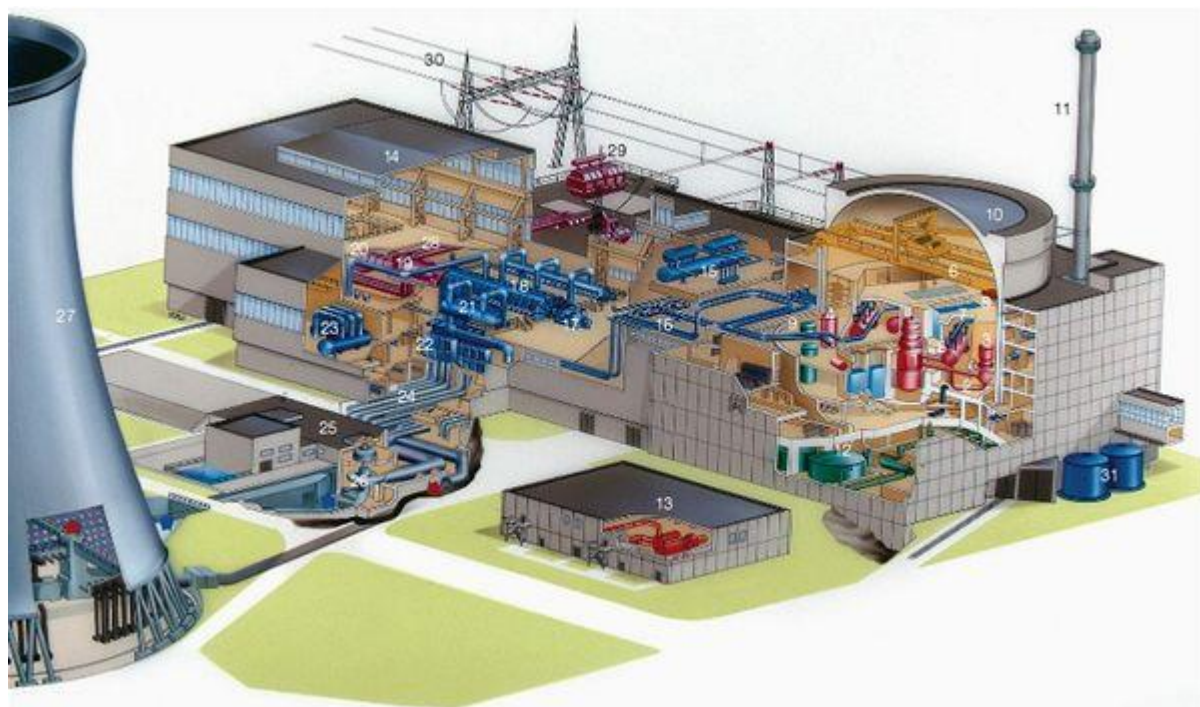
2.2.1.1 Materiál potrubí

Horkovody mohou být z různých druhů uhlíkatých ocelí, avšak nejefektivnější potrubí pro vodovody jsou laminát nebo plasty (nejčastěji polyetylen - s vodou do cca 80 °C). Horkovody bývají vyrobené z uhlíkatých ocelí určených pro zvýšené teploty, např.: ČSN EN 10216-2 Bezešvé ocelové trubky pro tlakové nádoby a zařízení - Technické dodací podmínky- Část 2: Trubky z nelegovaných a legovaných ocelí se zaručenými vlastnostmi při zvýšených teplotách. Tyto trubky musí mít do tloušťky stěny započítanou korozní přírážku – 1 mm na 20 let životnosti [14].

3 Elektrárna Temelín jako zdroj nízkopotenciálního tepla

Jaderná elektrárna Temelín je situována v jižních Čechách 25 km od Českých Budějovic. Jedná se o elektrárnu se dvěma tlakovodními reaktory VVER 1000 typu 320. Každý z těchto reaktorů má instalovaný tepelný výkon 3120 MWt, turbogenerátory mají elektrický výkon 1080 MWe. Zbytek získané tepelné energie odchází bez užitku do ovzduší ve formě nízkopotenciálního tepla vázaného ve vodní páře.

3.1 Stručný popis činnosti Jaderné elektrárny Temelín



Obrázek 8: Řez jadernou elektrárnou [14]

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Reaktor | 5. Parogenerátory |
| 2. Potrubí primárního okruhu | 6. Manipulační jeřáb |
| 3. Hlavní cirkulační čerpadlo | 7. Bazén na použité palivo |
| 4. Kompenzátor objemu | 8. Zavázeční zařízení |
| | 9. Hydroakumulátory |

10. Kontejnment	17. Vysokotlaký díl	24. Potrubí chladicí
11. Ventilační komín	turbíny	vody
12. Soustava	18. Nízkotlaký díl	25. Čerpací stanice
havarijního	turbíny	26. Čerpadlo chladicí
chlazení	19. Generátor	vody
13. Dieselgenerátor	20. Budič	27. Chladicí věž
14. Strojovna	21. Separátor	28. Vývod elektrické
15. Napájecí nádrž	22. Kondenzátor	energie
16. Hlavní parní	23. Výměník	z generátoru
potrubí		29. Transformáto

[15]

3.2 Nízkopotenciální teplo v JE Temelín

Odpadním produktem při výrobě elektrické energie v turbogenerátoru je voda s nízkou energetickou hladinou o teplotě v terciálním okruhu mezi 25 až 34 °C, která je chladicími věžemi elektrárny ve formě vodní páry vypouštěna do ovzduší. Díky vysokému množství ($6\,000\text{ m}^3\cdot\text{hod}^{-1}$) odpadní vody se i přes nízkou teplotu odpadní vody nabízí možnosti pro její využití především po zvýšení tepelného potenciálu podle odběrného místa.

Štěpnou reakcí každého výrobního bloku je uvolněno 3120 MW tepelného výkonu. Po průchodu turbogenerátorem je přibližně 1/3 tepelné energie transformována na energii elektrickou. Zbylá část energie uvolněné ze štěpné reakce je pomocí vody odváděna čerpadly k ochlazení v chladicích věžích. Pro energii odváděnou do chladicích věží je vhodné najít využití, čímž dojde ke snížení neefektivních ztrát i ovlivňování ovzduší odparem vody. Během špičkového provozu může být uvolňováno z každé chladicí věže až $413\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ [16].

4 Faktory omezující využití tepla z ETE

Možnosti, jak teplo využít v dalších procesech, jsou limitovány jednak parametry, vlastnostmi zdroje a povahou teplotního média. Jelikož se předpokládá odběr teplotního média z chráněného prostoru jaderné elektrárny Temelín, je nutné dodržet i bezpečnostní opatření pro vyvedení látky z areálu a její návrat ve smyčce po použití. Omezení rovněž klade v případě umístění odběrného místa mimo přímou návaznost zdroje a odběrného místa stavba teplovodu a s teplovodem související ochranná pásma a vlastnické vztahy k přilehlým nemovitostem.

4.1 Technologické faktory

Navzdory rozvoji technologií, a tím i dostupné techniky, jsou kladeny překážky pro využití zdrojů tepla, především z pohledu transportu. Vlastnosti přenosové soustavy jsou blíže popsány v kapitole 2.2. Limity pro konkrétní případ jsou dány přepravovaným množstvím specifikovaným v kapitolách 5.1 a 5.2. Vedle přepravní kapacity je nutno zohlednit i tlakové ztráty ve vedení tvořené dopravní výškou a ztrátami tření v potrubí. Podle těchto proměnných je nutno dimenzovat čerpací stanice s jejich charakteristikami.

Z důvodu požadavku na trvalou dodávku tepla je nutné mít systém zálohován sekundárním tepelným zdrojem pro případy plánované i neplánované odstávky jaderného reaktoru a tím i zdroje nízkopotenciálního tepla. Pro tyto případy je uvažováno použití kotlů na zemní plyn, v případě relaxačního areálu i vytápění kotly na lehké topné oleje.

4.2 Legislativní a bezpečnostní faktory

Ochranné pásmo zařízení na výrobu nebo rozvod tepelné energie je po obou stranách vymezeno plochou pod tímto zařízením a dále svislými rovinami. Pásmo ochrany je vymezené ve vzdálenosti 2,5 m od svislých rovin uzavřeného objektu výrobního zařízení případně od tepelného vedení. Vyvedení transportního potrubí z areálu elektrárny nese navíc omezení v podobě nutnosti zabezpečení proti vniknutí osoby po obou površích potrubí pro vedení od dimenze DN250.

Rozvodné tepelné zařízení nebo jeho části mohou křížit pozemní či drážní komunikace za předpokladu, že neohrozí jejich využitelnost nebo bezpečnost, bezprostředně neohrozí životy, zdraví či majetek osob. Nesmí být ohroženy vodní toky, datová vedení včetně telekomunikačních. Všechna potrubní vedení musí být konstruována takovým způsobem, aby do soukromého vlastnictví zasahovala co možná nejméně. Zároveň je nutné na nejvyšší míru omezit souběh dvou nebo více zařízení. Souběh je definován stavem, kdy jedno zařízení zasahuje do druhého přímo, nebo svým bezpečnostním ochranným pásmem.

Rozvodná zařízení se navrhují tak, aby během jejich sestavení a po dobu jejich revizí, případně opravách provozovatelem byly dodržovány předepsané technologické postupy, bylo přihlédnuto k zájmům vlastníků přilehlých nemovitostí. Je také nutné během oprav s potřebou zemních prací tyto činnosti provádět způsobem šetrným. Vlastníci nemovitostí, v nichž je umístěno rozvodné tepelné zařízení nebo jeho část nezbytná pro dodávku třetím osobám, jsou povinni umístění a provozování tohoto zařízení veřejného zájmu strpět.

Hledisko bezpečnosti zahrnuje potřebu ochrany prostředí při poruše, havárii vedení teplovodu. Je proto nutné rozdělit potrubí na oddělitelné sekce, případně umožnit odpuštění teplotnosné kapaliny.

5 Návrh využití nízkopotenciálního tepla

První rozsáhlejší úvahy o možnostech využití odpadního tepla byly publikovány v roce 1989 ve sborníku „Využití energií z Jaderné elektrárny Temelín.“ Oproti stavu před 25 lety se rozšířily technologické možnosti využití nízkopotenciálního tepla, především díky rozvoji technologie tepelných čerpadel, jak již bylo nastíněno v předcházejících kapitolách.

S ohledem na podmínky okolí a po konzultacích se zástupci ČEZ a obce Temelín byly v této práci diskutovány dvě alternativy pro využití odpadní energie z elektrárny. Jednu variantu představuje relaxační areál denního typu. Druhá varianta představuje možnost využití odpadního tepla pro vytápění obytných a komunálních prostor.

5.1 Rekreační centrum a kryté koupaliště

S ohledem na podmínky a vybavení v okolí je jednou z možností stavba komplexního zařízení pro relaxaci a využití volného času. Podle dostupných projekčních podkladů stávajících zařízení podobného typu lze uvažovat se spotřebou tepelné energie z nízkopotenciálního zdroje, v tomto případě odpadního tepla z temelínské elektrárny.

5.1.1 Situační plán



Obrázek 9: Poloha zdroje a místa spotřeby tepla

Volnočasový areál v navrhované podobě je vybaven centrálním plaveckým bazénem s 8 drahami o délce 25 m a hloubce 1,8 – 2,3 m. Druhá sekce je vybavena atrakcemi v podobě 80 m tobogánu, 2 chrličů vody, 1 vodním hříbem a přímou čtyř dráhovou skluzavkou, 2 kruhovými vanami s bublinovou lázní. Wellness část obsahuje 1 saunu finského typu

o kubatuře 6,5 m³ a tureckou saunu o objemu 10 m³, na které navazuje pokojová část s centrem tělové péče poskytujícím masáže, solárium a úpravy končetin.

5.1.2 Spotřeba energií

- Teplo

Bazénové komplexy (bazénová hala a příslušenství, tj. sprchy, sociální zařízení, šatny, komunikační plochy, restaurační zařízení, doplňkové relaxační místnosti a provozní prostory) jsou v převážné míře vytápěny kombinací teplovzdušného vytápění vzduchotechnickým zařízením s úpravou vzduchu a pro pomocné prostory teplovodním vytápěním topnými tělesy, v místech přímého kontaktu podlahy s rostlým podložím doplněné o podlahové vytápění.

Teplonosnou látkou je v převážné míře teplá voda, horká voda nebo pára. Pára se využívá pro ohřev vzduchotechnického zařízení, případně k ohřevu užitkové a doplňovací vody. Bazénové haly jsou v převážné míře vytápěny teplovzdušně a vzduchotechnické zařízení plní současně úlohu vytápěcího a větracího zařízení, udržujícího nejen stálou teplotu vzduchu minimálně o 2 – 3 °C vyšší než teplotu vody v bazénovém tělese, ale i kontrolovanou vlhkost vzduchu. Ostatní zbývající plochy, tvořící malou část komplexu, bývají vybaveny teplovodní soustavou s topnými tělesy, případně teplovodním podlahovým vytápěním.

V provozu plaveckého bazénu je celoročně prováděn ohřev vody bazénové, dále ohřev vody pro účely očistného sprchování a úklid. Tepelné ztráty bazénové vody obsahují ztrátu přestupu z bazénu do země nebo konstrukcí, ztráty přestupem v zařízení pro cirkulaci a úpravu vody, ztrátu tepla odparem vody z hladiny bazénu. Další spotřebou je teplo pro ohřev ředící vody, doplňované podle hygienického předpisu do bazénu v závislosti na počtu návštěvníků ve výši 30 litrů na osobu, hygienická výměna vody v bazénu může být realizována denně po ukončení provozu, nebo průběžně během dne na základě predikované návštěvnosti. Další významnou spotřebu tepla tvoří ohřev teplé užitkové vody pro očistné sprchy, kterými prochází

každý návštěvník k bazénu jednak na přístupu ze šatny k bazénu, jednak při odchodu z bazénu do šaten. Ohřev bazénové vody je prováděn výměníky tepla, zařazenými do recirkulačního okruhu, ohřev přídatné ředící vody a vody pro očistné sprchy je prováděn zpravidla samostatným systémem výměníků. K pokrytí tepelných ztrát obálkou budovy slouží kombinované vzduchotechnické zařízení pro ohřev a úpravu parametrů vzduchu ve vnitřních prostorech a teplovodní vytápění.

- Elektrická energie

Elektrická energie je významnou složkou energetické bilance plaveckých bazénů a dalších zařízení s významným oběhem vody. Elektrická energie je v převážné většině odebírána z rozvodné sítě energetických společností, v menší pak z vlastního kogeneračního zdroje. Odběr elektřiny se většinou realizuje v tarifních sazbách B3 až B5. V případě, že je bazén součástí sportovního komplexu lze odběr realizovat v tarifu B2. Tato forma energie je spotřebována především pro účely osvětlení a pro pohony čerpadel v systému cirkulace vody a otopném systému a ventilátorů vzduchotechniky. Z hlediska nároků na příkon elektrické energie jsou nejvyšší nároky na pohon cirkulačních čerpadel, druhou nejvýznamnější skupinu tvoří osvětlení vnitřních prostor. U v současnosti provozovaných krytých koupališť vybavených vodními atrakcemi tvoří spotřebu elektřiny ze 70 – 75% příkon cirkulačních čerpadel a 20% na osvětlení.

5.1.3 Zdroj tepelné energie

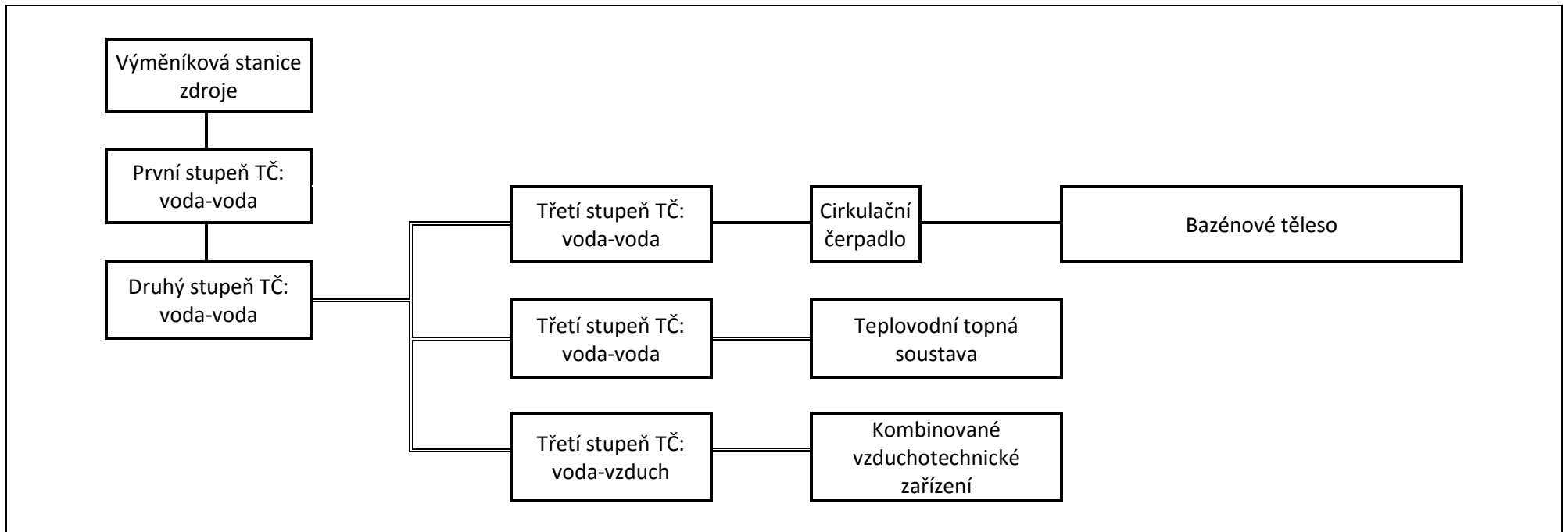
Pro vysokou spotřebu tepelné energie bazénu a relaxačního areálu je pro svou polohu vzhledem k místu spotřeby vhodnou variantou využít nízkopotenciální teplo z Jaderné elektrárny Temelín, namísto využívání energetického zdroje ve formě zemního plynu, nebo páry odebrané za parogenerátory.

Po porovnání energetických nároků podobných zařízení pro odpočinek a odhadu předpokládané velikosti a návštěvnosti byla odhadnuta spotřeba tepelné energie. Bylo proto navrženo použití kaskády

tepelných čerpadel pokrývající nároky na teplo. Pro návrh bylo uvažováno využití sériově používaných TČ ve třech stupních, přičemž první a druhý stupeň je umístěn u výměňkové stanice zdroje tepla, terciálního okruhu Jaderné elektrárny Temelín. Tato část topné kaskády využívá systém voda-voda. Třetí stupeň by byl v místě spotřeby, kde je podle výstupu diverzifikován. Pro třetí stupeň se přítok již předeřáté topné vody rozdělí do třech okruhů s tepelnými čerpadly:

- voda-voda pro ohřev náplně bazénového tělesa přes výměňkovou stanici
- voda-voda pro vytápění provozních prostor teplovodními topnými tělesy
- voda-vzduch využité pro vytápění kombinovaným vzduchotechnickým zařízením

Níže je uvedeno blokové schéma pro využití tepelných čerpadel dle jejich výstupu a množství dodávaného tepla.



Obrázek 10: Blokové schéma vytápění bazénu

Mezi umístěním zdroje tepla a místem odběru, tj. Jaderná elektrárna Temelín a jihozápadní část obce Temelín, je nutnost zřízení dopravního potrubí pro transport teplonosného média, v tomto případě vodu. Pro vlastní vedení se předpokládá využití předizolovaného potrubí zajišťující na daném úseku téměř zanedbatelné tepelné ztráty. Pro jeho výstavbu je možné využití buď podzemního, nebo povrchového vedení. Pro tyto varianty je nutné zmínit jejich omezení a náročnost na výstavbu. S ohledem na světlost potrubí přesahujícímu 250 mm je nutnost užití zabezpečovacího zařízení zabraňujícímu neoprávněnému vniknutí osob do areálu elektrárny.

Teplovod je využit pouze pro transport tepla. Po průchodu topné vody je vratným potrubím vrácena zpět do výměňkové stanice zdroje nízkopotenciálního tepla. Součástí vedení musí být i sekční uzávěry a ventil pro nouzový odtok teplé i ochlazené vody s vratnou smyčkou.

5.1.4 Tepelná čerpadla

Vytápění areálu pro volný čas, především bazénu a jeho příslušenství, je předpokládáno využít odpadní teplo z jaderné elektrárny, které je upraveno pomocí tepelných čerpadel, na rozdíl od dnešního standardu, kdy je vytápění realizováno pomocí kogeneračních jednotek, nebo přímým spalováním zemního plynu. Podle projektu fungujících zařízení je nejvíce tepelné energie spotřebováno pro ohřev vody a v případě budov, které nejsou navrženy jako nízkoenergetické též k zajištění vytápění bazénových hal teplovzdušným systémem.

Zařízení podobného zaměření a menší velikosti uvedené v tabulce 1, průměrně spotřebují celkově 800 kW [17] tepelné energie.

Zařízení	Aquapark Horažďovice [18]	Bazén Litomyšl [17]	Wellness Kuřim [17]	ML Nové Město na Moravě [17]	Aquapark Olomouc krytá sekce [19]
Kapacita	250	175	236	240	250
Roční návštěvnost	130 000	90 000	200 000	125 000	180 000
Tepelný příkon – elektřina [kW]	100	200	148	180	266 kW TČ
Tepelný příkon – plyn [kW]	530	490	1100	450	-

Všechna uvedená zařízení odebírají elektrickou energii nebo zemní plyn pro krytí tepelných ztrát ve čtyřech oblastech provozu:

- 1) ohřev bazénové vody pro krytí ztrát prostupem do podložky, výparem a objem vody pro hygienickou výměnu
- 2) vytápění bazénové haly a úpravy vzduchu
- 3) okruh topných těles pro pomocné prostory
- 4) zásobníkové ohřivače pro technologickou a mycí vodu

Tabulka 1: Návrh zdrojů tepla

Odběr tepla	Tepelné ztráty	Zdroj tepla	Jmenovitý výkon
Ohřev vody v bazénovém tělese	400 kW [17]	TČ: voda-voda	5×90 kW
Úprava vzduchu	300 kW [20]	TČ: voda- vzduch	4×90 kW
Vytápění pomocných prostor	100 kW [21]	TČ: voda-voda	2×55 kW
Zásobníkové ohřivače vody	40 kW [20]	Kotel: zemní plyn	25+15 kW

5.1.5 Parametry přepravované topné vody

Tepelná energie uložená v topné vodě musí být dopravena k místu spotřeby. Pro transport do místa spotřeby byl uvažován teplovod s topnou a vratnou větví vybavený sekčními uzávěry a nouzovými ventily pro možnost vypuštění okruhu v případě havárie.

Pro průtok kapaliny je potřeba nucený pohyb pomocí čerpadel. Ta kryjí překonání výškových rozdílů na trase a tlakové ztráty v potrubí. Souhrny parametrů teplovodu, respektive přepravované vody jako teplonosného média jsou uvedeny v tabulkách 2 a 3.

Množství přepravovaného tepla

$$(2) Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

kde

m – hmotnost homogenní směsi [kg]

c – měrná tepelná kapacita [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

ΔT – rozdíl teplot [K]

- Tepelný výkon

$$(3) P = \frac{Q}{t}$$

kde

Q – práce (odebraná energie) [J]

t – čas [s]

Tabulka 2: Parametry topného média

Parametr	Hodnota
Tepelný výkon	800 kW
Teplota vody na přívodu	50 °C
Teplota vody vratné větve	30 °C

- Tlakové ztráty třením

$$(4) p_{zt} = \frac{\lambda}{d} \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \cdot l$$

kde

p_{zt} – tlaková ztráta třením [Pa]

λ – součinitel tření [-], $\lambda = 64/\text{Re}$, kde Re – reynoldsovo číslo

d – vnitřní průměr potrubí [m]

ρ – hustota vody [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$], při 5 – 110 °C: $\rho = 1000 - (t - 4) \cdot [0,097 + 0,0036 \cdot (t - 4)]$, kde t

– teplota proudící kapaliny

w – rychlost proudění kapaliny v potrubí [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

l – délka potrubí

Tabulka 3: Parametry teplovodu

Parametr	Hodnota
Dimenze	DN250 mm
Vzdálenost	2500 m
Rychlost proudění	0,47 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Tlaková ztráta	18 kPa

5.1.6 Zhodnocení investice

Varianta plaveckého bazénu s relaxačním areálem byla posouzena vedle technických možností též z pohledu investice do projektu obcí Temelín. Náklady na stavbu uvedené v tabulce 4 byly vypočítány s ohledem na soudobé realizační akce obdobného rozsahu a oblasti.

Roční náklady na provoz a příjmy z provozu byly hodnoceny na základě cen potřebných energií z energetické burzy. Bylo počítáno se spotřebou tepla krytou pomocí tepelných čerpadel o celkovém výkonu 800 kW. Na provozních nákladech se dále podílí silová elektřina, voda a její úprava a plyn. Roční provozní náklady jsou shrnuty v tabulce 5.

Tabulka 4: Náklady na vybudování relaxačního areálu

Stavební náklady	80 000 000 Kč
Sestava tepelných čerpadel	9 000 000 Kč
Těleso teplovodu	5 000 000 Kč
Zemní práce + montáž	3 000 000 Kč
Náklady na výstavbu celkem	97 000 000 Kč

Tabulka 5: Roční náklady na provoz

	Spotřebované množství	Náklady Kč
Silová elektřina	400 MWh·rok ⁻¹	900 000 Kč
Plyn	120 000 m ³ ·rok ⁻¹	1 500 000 Kč
Voda + úprava	10 000 m ³ ·rok ⁻¹	800 000 Kč
Lidské zdroje	20 zaměstnanců	6 000 000 Kč
Provozní výdaje		3 000 000 Kč
Celkové roční náklady		12 200 000 Kč

Příjmy areálu, které jsou tvořeny téměř výhradně vstupným, jsou shrnuty v tabulce 6. Předpokládá se roční návštěvnost 100 – 120 tis. návštěvníků.

Průměrná hodinová cena byla stanovena ve výši 110 Kč·hod⁻¹.

Tabulka 6: Přehled tržeb za rok

Roční obsazenost	110 000 hod·rok ⁻¹
Průměrná hodinová cena	110 Kč·hod ⁻¹
Roční tržby ze vstupného	12 100 000 Kč

Tabulka 7: Roční bilance provozu

Celkové roční náklady	12 200 000 Kč
Tržby za rok	12 100 000 Kč
Roční bilance nákladů	-100 000 Kč

Z výše uvedených dat vyplývá, že provozování takového areálu nepřináší zisk. Realizace by byla možná pouze ve formě služby občanům za podpory investora. Plánovaná životnost objektu dosahuje 40 až 50 let bez zásadní rekonstrukce. Systém vytápění tepelnými čerpadly vyžaduje pravidelnou údržbu okruhu včetně repasí kompresorových stanic po 12 až 15 letech.

5.2 Využití odpadního tepla pro vytápění RD

Druhou variantu představuje využít odpadní teplo jako zdroj centrálního zásobování teplem. Pro toto využití je nutná transformace odpadního tepla pomocí tepelných čerpadel a jeho následné využití v nízkooteplotních topných soustavách s teplotním spádem 50/30 °C.

5.2.1 Situační plán

Zdrojem centrálního zásobování tepla bylo uvažováno pro obce v okolí Jaderné elektrárny Temelín se zástavbou nejméně 80 domů, případně pro lokality s očekávaným rozvojem. Jedná se o obce Temelín a její část Kočín a Dříteň.



Obrázek 11: Situační plán pro CZT

5.2.2 Energetické nároky RD

Každý stavební objekt je charakterizován spotřebou energií – především tepelné. Celková spotřeba tepelné energie je dána prostupem tepla konstrukcí objektu a tepelnými ztrátami větráním s infiltrací dle níže uvedeného vzorce. Do spotřeby tepelné energie se rovněž zahrnuje spotřeba tepla pro ohřev teplé užitkové vody.

$$(5) Q_c = Q_p + Q_v + Q_{TUV} \text{ [W]}$$

kde

Q_p – ztráty prostupem pláštěm objektu [W],

Q_v – ztráty tepla větráním [W],

Q_{TUV} – tepelný příkon pro ohřev teplé užitkové vody [W].

5.2.2.1 Energetické ztráty prostupem tepla

$$(6) Q_p = k \cdot S \cdot (t_i - t_e)$$

kde

k – koeficientu prostupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$],

S – plocha obvodové konstrukce [m^2],

t_i – vnitřní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$],

t_e – venkovní výpočtová teplota pro klimatickou oblast [$^{\circ}\text{C}$].

5.2.2.2 Energetické ztráty větráním a infiltrací

Energetické ztráty způsobené přirozenou i nucenou výměnou vzduchu v objektu se vypočítají podle vzorce umístěného níže

$$(7) Q_v = 1\,300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e)$$

kde

V_v – objemový tok větracího vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

t_i – vnitřní výpočtová teplota,

t_e – venkovní výpočtová teplota pro klimatickou oblast.

5.2.2.3 Spotřeba tepla pro vytápění

Roční spotřeba tepelné energie pro vytápění objektu vychází z tepelných ztrát objektu, možností regulace a délky topného období. Topné

období pro navrhovanou lokalitu je během let 2005 – 2014 dlouhé v průměru 244 dní.

$$(8) Q_{top} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot D \cdot Q_c}{t_{is} - t_{es}}$$

kde

ε – koeficient stálosti vytápění,

η_o – účinnost regulace vytápění,

η_r – účinnost rozvodu topné soustavy,

D – denostupně [$K \cdot \text{dny}^{-1}$],

Q_c – ztráty tepla prostupem konstrukcí a výměnou vzduchu [W],

t_{is} – průměrná vnitřní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$],

t_{es} – střední hodnota venkovní teploty během topné sezóny [$^{\circ}\text{C}$].

Vytápěcí denostupně jsou definovány jako součin délky topného období d [počet dní] a rozdílu průměrné vnitřní výpočtové teploty t_{is} [$^{\circ}\text{C}$] a střední hodnoty venkovní výpočtové teploty t_{es} [$^{\circ}\text{C}$].

$$(9) D = d \cdot (t_{is} - t_{es})$$

V tabulce 8 jsou shrnuty tepelné ztráty objektu pro běžné konstrukce domů s užitnou plochou 100 m².

Tabulka 8

Typ objektu	Střední hodnota TZ [kW]	Roční spotřeba tepla [MWh _t ·rok ⁻¹]
Starší konstrukce	15	34
Běžná novostavba	10	23
Nízkoenergetický	7	15
Pasivní	3,5	7,8
Nulový	1	2,2

5.2.2.4 Spotřeba tepla pro ohřev TUV

Druhou sekcí odběru tepelné energie je ohřev teplé užitkové vody. V porovnání s výše uvedenými spotřebami tepla pro vytápění prostor je

odběr tepla pro ohřev TUV u standardních konstrukcí třetinový. Množství potřebného tepla je závislé na teplotě vstupní vody lišící se během roku, koncové teploty na výstupu a odebírané množství závisující především na množství odběratelů. Dle průměrných hodnot z ČSN bylo vypočítáno množství tepla pro ohřev TUV ve výši $8,5 \text{ MWh}_t \cdot \text{rok}^{-1}$.

Tepelná energie potřebná pro ohřev teplé užitkové vody se vypočítá pomocí vzorce 10.

$$(10) \quad Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{(t_{TUV} - t_{sl})}{(t_{TUV} - t_{sz})} \cdot (N - d)$$

kde

$Q_{TUV,d}$ – denní spotřeba tepla pro ohřev TUV [J],

t_{TUV} – teplota TUV [$^{\circ}\text{C}$],

t_{sl} – teplota studené vody v létě [$^{\circ}\text{C}$],

t_{sz} – teplota studené vody v zimě [$^{\circ}\text{C}$],

N – délka pracovního období soustavy v roce [dny] pro trvale obydlené objekty se uvažuje 365 dní ročně,

d – délka topné sezóny [dny]

Denní spotřeba tepla pro ohřev TUV

$$(11) \quad Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot V_{TUV} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TUV} - t_s)$$

kde

V_{TUV} – objemová spotřeba TUV, pro kterou se uvažuje $0,082 \text{ m}^3 \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ nejméně však $0,2 \text{ m}^3$ za den,

z – energetické ztráty během přepravy TUV (podle přepravní vzdálenosti a izolace potrubí se uvažuje $0,5 - 1$),

ρ – hustota vody ($1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$),

c – měrná tepelná kapacita (voda o teplotě 20°C $4,2 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$),

t_{TUV} – teplota teplé užitkové vody (dle ČSN 55°C),

t_s – teplota studené vody (uvažuje se střední hodnotou za celý kalendářní rok ve výši 10°C).

5.2.2.5 Porovnání nákladů na vytápění

Náklady na vytápění každého objektu jsou charakterizovány jednak tepelnou ztrátou objektu uvedenou výše, jednak palivem, respektive zdrojem tepla pro krytí tepelných ztrát. V následující tabulce je uveden

přehled nákladů na vytápění podle konstrukce obytné budovy o obytné ploše 100 m², zdrojem dat pro jednotkové ceny byly průměrné ceny za rok 2014.

Tabulka 9: Porovnání nákladů na vytápění

	Palivo	Energetická účinnost [%]	Množství	Náklady [Kč·rok ⁻¹]
Starší konstrukce	Hnědé uhlí	60	13000 kg	46 000
	Černé uhlí	60	10500 kg	52 500
	Dřevo	75	13500 kg	40 500
	TČ	TF=4	10400 kWh	27 800
	Zemní plyn	95	4600 m ³	60 000
Běžná novostavba	Hnědé uhlí	60	10000 kg	38 500
	Černé uhlí	60	8000 kg	41 000
	Dřevo	75	10000 kg	30 000
	Zemní plyn	95	3400 m ³	47 500
	TČ	TF=4	7600 kWh	21 000
Nízkoenergetický	Zemní plyn	102	2500 m ³	36 000
	Dřevěné pelety	90	5600 kg	29 000
	Elektřina přímotop	98	24000 kWh	57 000

	TČ	TF=4	6000 kWh	17 500
Pasivní	Zemní plyn	102	1600 m ³	24 000
	Dřevěné pelety	90	3700 kg	19 000
	Elektřina přímotop	98	16000 kWh	39 500
	TČ	TF=4	4000 kWh	13 000

5.2.3 Celková spotřeba tepla pro vytápění

Celkové množství tepla odebíraného za soustavou tepelných čerpadel za chladícím okruhem JE Temelín je možné odvodit ze současného průměrného stavu odběru tepla v Jihočeském kraji dle dat z ERÚ. Za roky 2012 a 2013 byla celková spotřeba tepla pro jednu domácnost ve výši 105 GJ·rok⁻¹ [20]. Celkový počet trvale obydlených nemovitostí v obcích Temelín a Dříteň je 211 [21], respektive 340 [22]. Průměrná penetrace využití CZT v lokalitách, kde je dálkové vytápění dostupné činí 38% [23]. Za předpokladu rozvoje uvedených obcí lze uvažovat s 250 odběrnými místy.

Celkový tepelný výkon potřebný pro vytápění nemovitostí převážně starších konstrukcí byl uvažován ve výši 3,5 MW. Byla proto navržena dělená třístupňová kaskáda s prvním a druhým stupněm v areálu temelínské elektrárny, respektive třetí stupeň osazený u odběrného místa. Tento topný systém by ročně dodal 10 000 MWh_t. Tepelná čerpadla kryjící uvedené množství tepla spotřebovala podle provedení ca. 2 300 MWh_e elektrické energie.

5.2.4 Zhodnocení investice

Významným aspektem investice je její ekonomická výhodnost a návratnost v čase. Podle dat v tabulce 10 byla vypočítána prostá návratnost tepelného zařízení po proběhu 27 let. Tato doba je v souladu s odpisováním po dobu 20 a plánovanou životností 30 let.

Tabulka 10: Náklady na teplovod CZT

1. a 2. stupeň TČ	4 000 000 Kč
Těleso teplovodu	75 000 000 Kč
Zemní práce + montáž	150 000 000 Kč
Provozní náklady	2 500 000 Kč
Údržba	400 000 Kč
Celkové roční náklady	2 900 000 Kč
Tržby za dodávky	18 000 000
Roční bilance	15 100 000 Kč

Tabulka 11: Bilance CZT

3. stupeň TČ	100 000 Kč
Údržba TČ	4 000 Kč
Náklady hnědé uhlí	38 500 Kč
Náklady TČ	25 000 Kč
Roční bilance TČ	+13 500
Prostá návratnost	8 let

6 Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na možnosti využití nízkopotenciálního odpadního tepla pro dvě varianty občanské vybavenosti v okolí Jaderné elektrárny Temelín. Diplomová práce byla přes Zemědělskou fakultu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích vybrána z portálu kdejinde.cz provozovaném společností ČEZ.

První varianta diskutovaná v této práci, tj. relaxační areál s bazénem byla shledána provozně ztrátová podobně jako většina ostatních zařízení obdobného typu v české republice. Provoz by proto musel být po celou dobu životnosti dotován a nedosahuje návratnosti.

Druhou variantu představenou v této práci je možnost využít odpadní teplo jako centralizovaný zdroj tepla pro okolní obce, neboť možnost vytápění Českých Budějovic předpokládala využití vysokoteplotního vytápění, jako je realizováno ve městě Týn nad Vltavou. Pro okolní obce však zavedení teplovodu představuje velký objem stavebních prací. Varianta CZT je ekonomicky soběstačná s návratností během 20 let od uvedení do provozu při současných cenách tepla v Jihočeském kraji.

Vedle výše uvedených možností byly již publikovány další možnosti využití tepla z temelínské elektrárny, zaměřené většinou na zemědělské provozy.

7 Seznam zdrojů

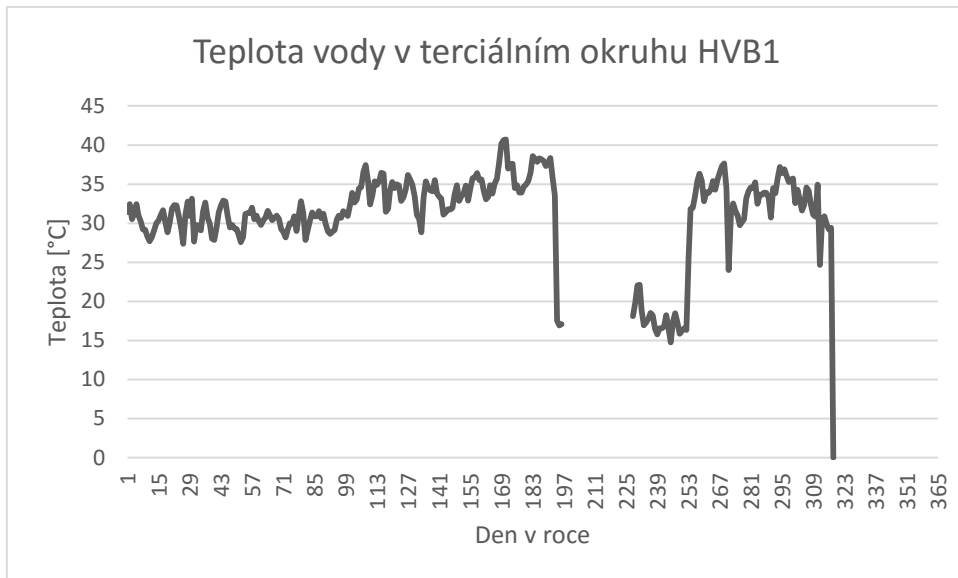
- [1] EIS. ČESKÁ ENERGETICKÁ AGENTURA. *Energetický informační systém* [online]. 2006 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://www.eis.cz/problematika.php?klic=2/>
- [2] DOLEŽAL. *Zhodnocení efektu projektu využití geotermální energie pro vytápění ZOO v Ústí nad Labem*. Praha, 2007.
- [3] KADLEČKOVÁ, Dominika. *GEOTERMÁLNÍ ENERGIE*. Benešov, 2013. Seminární práce. ČVUT.
- [4] Heating Nestle chocolate factory. *Engineer*. London: Morgan Brothers, 2010, č. 2.
- [5] STAR REFRIGERATION LTD. *Application of industrial heat pumps*. Frankfurt nad Mohanem, 2012.
- [6] ROSYPAL, Štěpán. *VÝMĚNÍKY TEPLA*. Brno, 2010. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.
- [7] Tepelná čerpadla pro využití energetického potenciálu podzemních vod a horninového prostředí z vrtů. In: *Metodické doporučení pro stavební a vodoprávní úřady*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2013.
- [8] VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. *STANOVENÍ TOPNÉHO FAKTORU TEPELNÉHO ČERPADLA*. Brno, 2009.
- [9] Funkce TČ. *Teplotechnika* [online]. 2011 [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.teplotechnika.cz/funkce-tepelneho-cerpadla>
- [10] ŠKORPÍK, Jiří. Stirling engine, *Transformační technologie*, 2009-06, [last updated 2013-03]. Brno: Jiří Škorpík, [online] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z http://www.transformacni-technologie.cz/en_stirlinguv-motor.html.
- [11] Stirlingův motor a biomasa. *Biom* [online]. 2009 [cit. 2014-08-10]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/obrazek/stirlinguv-motor-a-biomasa>
- [12] VÍTEK, Stanislav. *ORC OBEH PRO VYUŽITÍ TEPLA KJ*. Brno, 2013. Diplomová práce. VYSOKÉ UCENÍ TECHNICKÉ V BRNE.
- [13] SDRUŽENÍ PRO WEB "IPOTRUBI.CZ". *PROJEKTOVÁNÍ POTRUBÍ* [online]. 2013 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://www.ipotrubi.cz/clanky/3.-projektovani-potrubi/>
- [14] ČSN EN 10216-2. *Bezešvé ocelové trubky pro tlakové nádoby a zařízení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003.
- [15] JANČAR, Roš'a. Exkluzivní fotoreportáž z modernizace jaderné elektrárny Temelín. MAFRA. *Technet.cz* [online]. 2007 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/exkluzivni-fotoreportaz-z-modernizace-jaderne-elektrarny-temelin-1fb-/tec_reportaze.aspx?c=A070827_101055_tec_reportaze_rja
- [16] Hlavní technické údaje. SKUPINA ČEZ. *Jaderná energetika* [online]. 2014 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z:

- <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jadernerne-elektrarny-cez/ete/technologie-a-zabezpeceni/2.html>
- [17] ŠVĚDA, Martin. *Technicko-ekonomická analýza investičních a provozních nákladů stavby: Bazén - relaxační centrum, Nové město na Moravě*. Brno, 2013.
- [18] Email via bazen@horazdovice.cz
- [19] *Časopis stavebnictví*. 2009, **2009**(08). ISSN 1802-2030.
- [20] POVÝŠIL, Roman, Karel FUKA a Michal DOLEŽAL. *Snižování energetické náročnosti v provozu plaveckých bazénů*. Praha, 1999.
- [21] WACH, Johann Franz, Pavel VRBA a Jaroslav AUST. *Městské lázně Krnov: Koncepční studie*. Cheb, 2013.
- [22] Teplárenství ČR. *ENERGOSTAT* [online]. Praha: SDRUŽENÍ PRO ENERGETICKOU OSVĚTU A STATISTIKU, 2012, 2014 [cit. 2015-11-23]. Dostupné z: <http://energostat.cz/teplarenstvi-cr.html>
- [23] *Obec Temelín: Oficiální stránky Obce Temelín* [online]. 2015, 2015-11-20 [cit. 2015-11-23]. Dostupné z: <http://www.obectemelin.cz/>
- [24] *Obec Dřítěň* [online]. 2015, 2015-11-23 [cit. 2015-11-23]. Dostupné z: <http://www.obecdriten.cz/>
- [25] *Vyhodnocení cen tepelné energie a jejich vývoj k 1. lednu 2014*. 1. Jihlava: ERÚ, 2014.

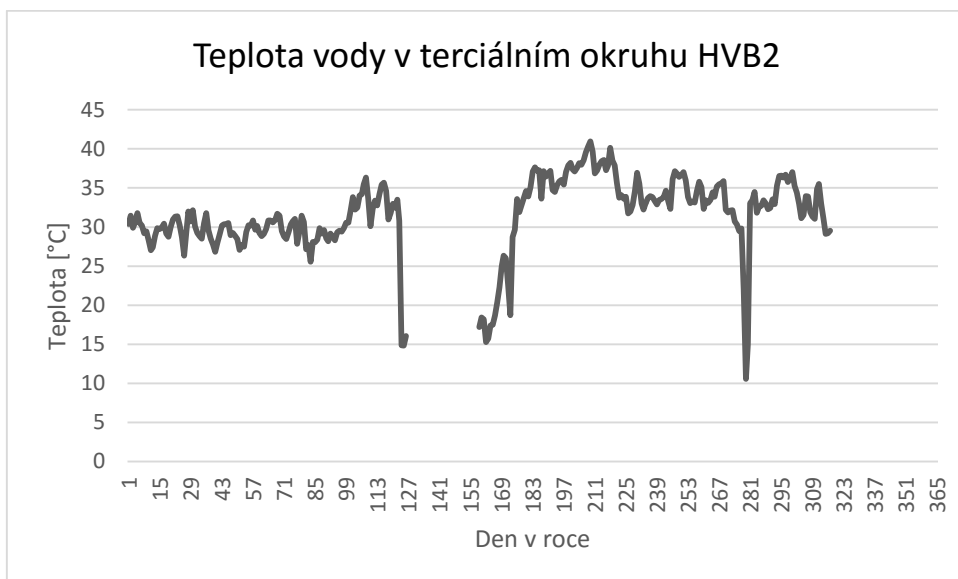
Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma rozvodu tepla v ZOO Ústí [2]	13
Obrázek 2: Blokované schéma topného systému v provozu Nestlé [5]	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 3: Schéma souproudého výměníku [6].....	15
Obrázek 4: Schéma protiproudého výměníku [6]	16
Obrázek 5: Schéma křížového výměníku [6]	16
Obrázek 6: Schéma tepelného čerpadla [9]	19
Obrázek 7: Schéma stirlingova motoru [11]	21
Obrázek 8: Blokované schéma ORC [13]	23
Obrázek 9: Řez jadernou elektrárnou [14]	26
Obrázek 10: Poloha zdroje a místa spotřeby tepla	31
Obrázek 11: Blokované schéma vytápění bazénu	35
Obrázek 12: Situační plán pro CZT	42

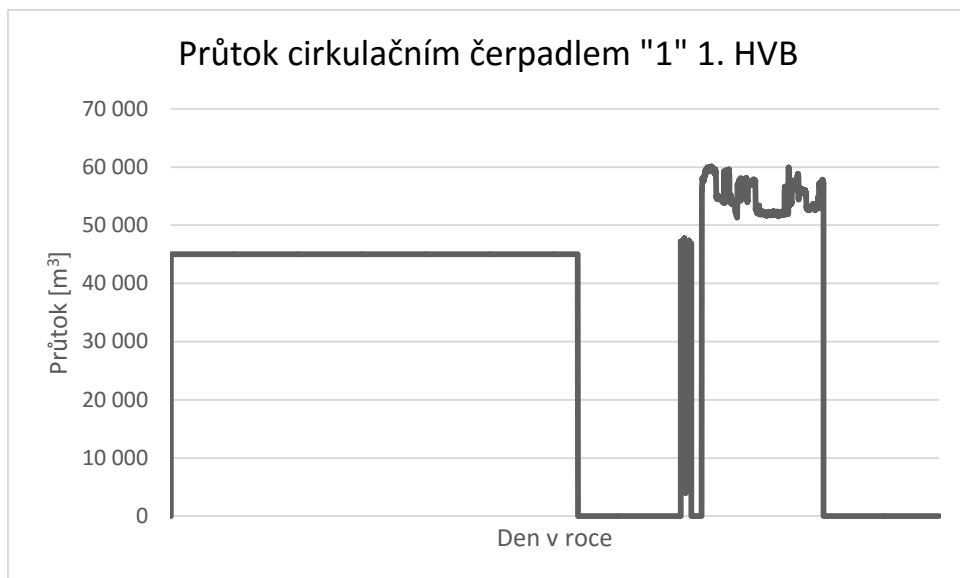
Přílohy



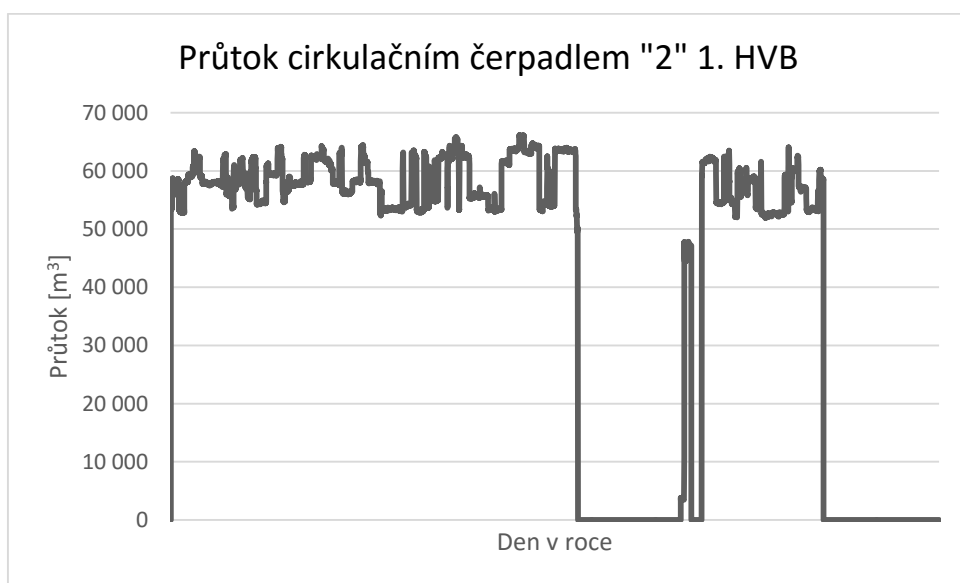
Graf 1: Průměrné denní teploty na HVB1



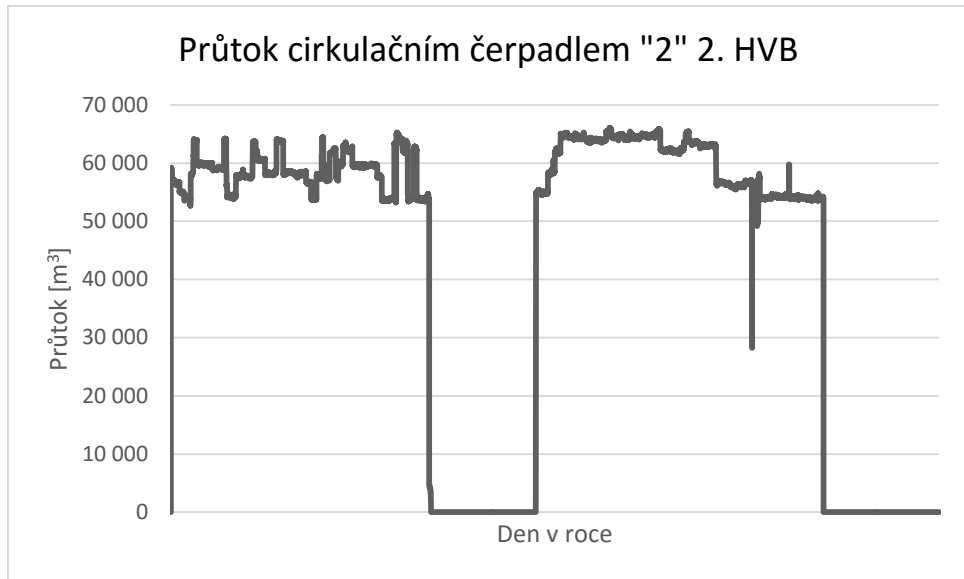
Graf 2: Průměrné denní teploty na HVB2



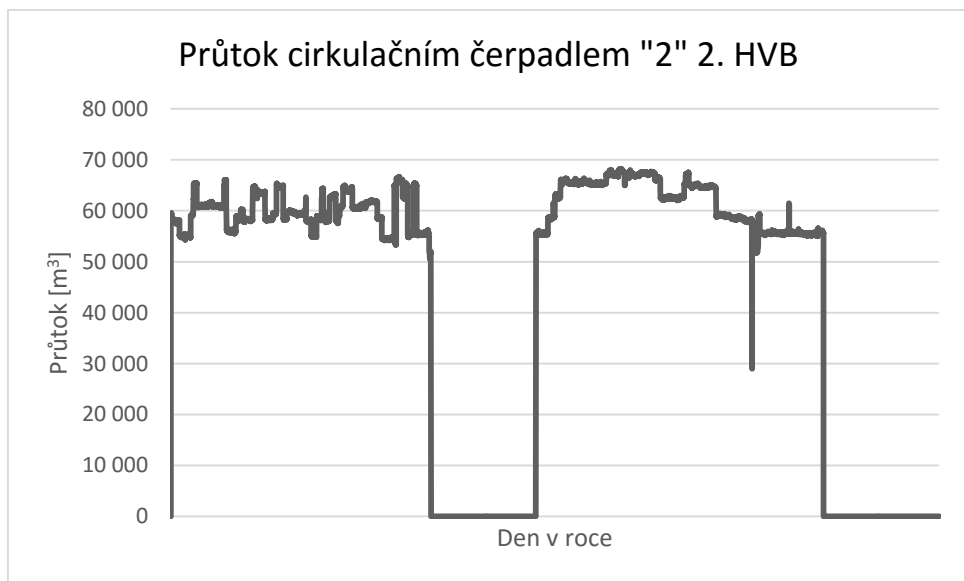
Graf 3: Průtok chladicí vody cirkulačním čerpadlem „1“ HVB1



Graf 4: Průtok chladicí vody cirkulačním čerpadlem „2“ HVB1



Graf 5: Průtok chladicí vody cirkulačním čerpadlem „1“ HVB2



Graf 6: Průtok chladicí vody cirkulačním čerpadlem „2“ HVB2

Hodnoty zdroje

Tabulka 12: Průměrné teploty chladicí vody v terciálním okruhu HVB1

Datum	øt [°C]				
01.01.13	31,44	13.02.13	32,91	29.03.13	30,66
02.01.13	32,43	14.02.13	32,75	30.03.13	31,20
03.01.13	30,52	15.02.13	30,88	31.03.13	29,90
04.01.13	31,20	16.02.13	29,45	01.04.13	28,95
05.01.13	32,42	17.02.13	29,78	02.04.13	28,64
06.01.13	31,03	18.02.13	29,31	03.04.13	28,93
07.01.13	30,29	19.02.13	29,24	04.04.13	29,13
08.01.13	29,19	20.02.13	28,54	05.04.13	30,48
09.01.13	29,17	21.02.13	27,55	06.04.13	30,97
10.01.13	28,29	22.02.13	28,22	07.04.13	30,68
11.01.13	27,70	23.02.13	31,15	08.04.13	31,55
12.01.13	28,22	24.02.13	31,30	09.04.13	31,28
13.01.13	29,08	25.02.13	31,30	10.04.13	30,92
14.01.13	29,96	26.02.13	31,99	11.04.13	32,30
15.01.13	30,36	27.02.13	30,51	12.04.13	33,89
16.01.13	31,04	28.02.13	30,99	13.04.13	32,65
17.01.13	31,65	01.03.13	30,25	14.04.13	33,00
18.01.13	30,17	02.03.13	29,79	15.04.13	34,44
19.01.13	28,83	03.03.13	30,36	16.04.13	34,61
20.01.13	30,11	04.03.13	30,72	17.04.13	36,58
21.01.13	31,87	05.03.13	31,60	18.04.13	37,44
22.01.13	32,32	06.03.13	31,02	19.04.13	35,50
23.01.13	32,28	07.03.13	30,39	20.04.13	32,40
24.01.13	30,96	08.03.13	30,68	21.04.13	33,59
25.01.13	29,55	09.03.13	30,96	22.04.13	35,35
26.01.13	27,35	10.03.13	30,57	23.04.13	34,90
27.01.13	31,09	11.03.13	29,24	24.04.13	35,36
28.01.13	32,77	12.03.13	28,88	25.04.13	36,48
29.01.13	30,93	13.03.13	28,16	26.04.13	36,32
30.01.13	33,13	14.03.13	29,25	27.04.13	31,47
31.01.13	27,63	15.03.13	29,99	28.04.13	31,83
01.02.13	29,80	16.03.13	29,96	29.04.13	34,12
02.02.13	29,65	17.03.13	30,88	30.04.13	35,25
03.02.13	29,07	18.03.13	29,02	01.05.13	34,47
04.02.13	31,51	19.03.13	31,06	02.05.13	35,00
05.02.13	32,66	20.03.13	32,81	03.05.13	34,81
06.02.13	30,71	21.03.13	31,28	04.05.13	32,83
07.02.13	29,93	22.03.13	27,84	05.05.13	33,28
08.02.13	28,03	23.03.13	29,12	06.05.13	34,28
09.02.13	27,85	24.03.13	30,36	07.05.13	36,18
10.02.13	29,40	25.03.13	31,36	08.05.13	35,59
11.02.13	31,38	26.03.13	30,89	09.05.13	34,90
12.02.13	32,28	27.03.13	30,88	10.05.13	33,47
		28.03.13	31,54	11.05.13	31,07

12.05.13	30,57
13.05.13	28,84
14.05.13	33,29
15.05.13	35,35
16.05.13	34,59
17.05.13	34,19
18.05.13	34,07
19.05.13	35,50
20.05.13	33,77
21.05.13	33,40
22.05.13	33,17
23.05.13	31,08
24.05.13	31,37
25.05.13	31,80
26.05.13	31,74
27.05.13	31,95
28.05.13	33,72
29.05.13	34,87
30.05.13	32,86
31.05.13	33,45
01.06.13	33,82
02.06.13	34,80
03.06.13	32,89
04.06.13	34,44
05.06.13	35,76
06.06.13	35,85
07.06.13	36,42
08.06.13	35,52
09.06.13	35,60
10.06.13	34,11
11.06.13	33,05
12.06.13	33,37
13.06.13	34,84
14.06.13	33,80
15.06.13	35,05
16.06.13	35,66
17.06.13	37,75
18.06.13	40,17
19.06.13	40,65
20.06.13	40,74
21.06.13	36,98
22.06.13	37,57
23.06.13	37,62
24.06.13	34,48
25.06.13	34,86
26.06.13	33,93
27.06.13	33,90
28.06.13	34,69
29.06.13	34,96
30.06.13	35,41

01.07.13	36,46
02.07.13	38,60
03.07.13	38,25
04.07.13	37,85
05.07.13	38,29
06.07.13	38,19
07.07.13	37,99
08.07.13	37,32
09.07.13	37,74
10.07.13	38,34
11.07.13	35,80
12.07.13	33,56
13.07.13	17,52
14.07.13	16,90
15.07.13	17,09
16.07.13	odstávka
17.07.13	odstávka
18.07.13	odstávka
19.07.13	odstávka
20.07.13	odstávka
21.07.13	odstávka
22.07.13	odstávka
23.07.13	odstávka
24.07.13	odstávka
25.07.13	odstávka
26.07.13	odstávka
27.07.13	odstávka
28.07.13	odstávka
29.07.13	odstávka
30.07.13	odstávka
31.07.13	odstávka
01.08.13	odstávka
02.08.13	odstávka
03.08.13	odstávka
04.08.13	odstávka
05.08.13	odstávka
06.08.13	odstávka
07.08.13	odstávka
08.08.13	odstávka
09.08.13	odstávka
10.08.13	odstávka
11.08.13	odstávka
12.08.13	odstávka
13.08.13	odstávka
14.08.13	odstávka
15.08.13	odstávka
16.08.13	18,10
17.08.13	19,78
18.08.13	22,02
19.08.13	22,13

20.08.13	18,89
21.08.13	16,96
22.08.13	17,30
23.08.13	17,76
24.08.13	18,50
25.08.13	18,19
26.08.13	16,44
27.08.13	15,77
28.08.13	16,56
29.08.13	16,55
30.08.13	16,74
31.08.13	18,21
01.09.13	16,57
02.09.13	14,73
03.09.13	17,39
04.09.13	18,47
05.09.13	17,28
06.09.13	15,86
07.09.13	16,21
08.09.13	16,56
09.09.13	16,33
10.09.13	25,76
11.09.13	31,83
12.09.13	32,00
13.09.13	33,46
14.09.13	35,36
15.09.13	36,33
16.09.13	35,41
17.09.13	32,80
18.09.13	33,95
19.09.13	33,88
20.09.13	34,29
21.09.13	35,39
22.09.13	34,27
23.09.13	35,56
24.09.13	36,47
25.09.13	37,30
26.09.13	37,63
27.09.13	34,51
28.09.13	24,02
29.09.13	30,97
30.09.13	32,54
01.10.13	31,59
02.10.13	30,95
03.10.13	29,73
04.10.13	30,11
05.10.13	30,53
06.10.13	33,16
07.10.13	34,08
08.10.13	34,57

09.10.13	34,48
10.10.13	35,24
11.10.13	32,49
12.10.13	33,66
13.10.13	33,64
14.10.13	33,93
15.10.13	33,89
16.10.13	33,23
17.10.13	30,71
18.10.13	34,49
19.10.13	33,84
20.10.13	35,71

21.10.13	37,21
22.10.13	36,42
23.10.13	36,90
24.10.13	36,05
25.10.13	35,26
26.10.13	35,58
27.10.13	35,74
28.10.13	32,58
29.10.13	34,30
30.10.13	33,03
31.10.13	31,61
01.11.13	32,38

02.11.13	34,57
03.11.13	34,18
04.11.13	32,34
05.11.13	31,09
06.11.13	30,83
07.11.13	34,95
08.11.13	24,67
09.11.13	30,50
10.11.13	30,89
11.11.13	29,89
12.11.13	29,21
13.11.13	29,42

Tabulka 13: Průměrné teploty chladicí vody v terciálním okruhu HVB2

Datum	øt [°C]
01.01.13	30,41
02.01.13	31,45
03.01.13	29,90
04.01.13	30,65
05.01.13	31,78
06.01.13	30,53
07.01.13	30,17
08.01.13	29,20
09.01.13	29,45
10.01.13	28,31
11.01.13	27,01
12.01.13	27,41
13.01.13	28,86
14.01.13	29,87
15.01.13	29,75
16.01.13	29,93
17.01.13	30,41
18.01.13	29,17
19.01.13	28,76
20.01.13	30,03
21.01.13	30,96
22.01.13	31,34
23.01.13	31,36
24.01.13	30,24
25.01.13	28,67
26.01.13	26,33
27.01.13	29,43
28.01.13	31,99
29.01.13	30,71
30.01.13	32,17
31.01.13	30,04

01.02.13	29,25
02.02.13	28,83
03.02.13	28,51
04.02.13	30,48
05.02.13	31,79
06.02.13	29,58
07.02.13	28,49
08.02.13	27,75
09.02.13	26,84
10.02.13	28,01
11.02.13	29,09
12.02.13	30,17
13.02.13	30,35
14.02.13	30,40
15.02.13	30,52
16.02.13	28,96
17.02.13	29,25
18.02.13	28,85
19.02.13	28,48
20.02.13	27,08
21.02.13	27,71
22.02.13	27,47
23.02.13	29,35
24.02.13	30,23
25.02.13	30,19
26.02.13	30,84
27.02.13	29,64
28.02.13	30,16
01.03.13	29,26
02.03.13	28,82
03.03.13	29,11
04.03.13	29,73

05.03.13	30,85
06.03.13	30,86
07.03.13	30,59
08.03.13	30,89
09.03.13	31,70
10.03.13	31,44
11.03.13	29,47
12.03.13	28,79
13.03.13	28,47
14.03.13	29,32
15.03.13	30,30
16.03.13	30,73
17.03.13	31,06
18.03.13	27,84
19.03.13	29,40
20.03.13	31,47
21.03.13	30,62
22.03.13	27,14
23.03.13	27,68
24.03.13	25,56
25.03.13	28,11
26.03.13	28,05
27.03.13	28,39
28.03.13	29,88
29.03.13	29,17
30.03.13	29,62
31.03.13	28,53
01.04.13	28,16
02.04.13	29,17
03.04.13	28,75
04.04.13	28,32
05.04.13	29,32

06.04.13	29,54
07.04.13	29,40
08.04.13	29,87
09.04.13	30,57
10.04.13	30,57
11.04.13	32,09
12.04.13	33,83
13.04.13	32,22
14.04.13	32,50
15.04.13	34,03
16.04.13	34,18
17.04.13	35,49
18.04.13	36,31
19.04.13	33,64
20.04.13	30,10
21.04.13	32,30
22.04.13	33,39
23.04.13	32,77
24.04.13	34,22
25.04.13	35,42
26.04.13	35,68
27.04.13	34,61
28.04.13	30,96
29.04.13	31,79
30.04.13	32,96
01.05.13	32,48
02.05.13	33,52
03.05.13	30,79
04.05.13	14,85
05.05.13	14,82
06.05.13	16,04
07.05.13	odstávka
08.05.13	odstávka
09.05.13	odstávka
10.05.13	odstávka
11.05.13	odstávka
12.05.13	odstávka
13.05.13	odstávka
14.05.13	odstávka
15.05.13	odstávka
16.05.13	odstávka
17.05.13	odstávka
18.05.13	odstávka
19.05.13	odstávka
20.05.13	odstávka
21.05.13	odstávka
22.05.13	odstávka
23.05.13	odstávka
24.05.13	odstávka
25.05.13	odstávka

26.05.13	odstávka
27.05.13	odstávka
28.05.13	odstávka
29.05.13	odstávka
30.05.13	odstávka
31.05.13	odstávka
01.06.13	odstávka
02.06.13	odstávka
03.06.13	odstávka
04.06.13	odstávka
05.06.13	odstávka
06.06.13	odstávka
07.06.13	odstávka
08.06.13	17,21
09.06.13	18,44
10.06.13	18,19
11.06.13	15,28
12.06.13	15,73
13.06.13	17,40
14.06.13	17,49
15.06.13	18,67
16.06.13	20,35
17.06.13	22,29
18.06.13	25,00
19.06.13	26,33
20.06.13	26,02
21.06.13	22,55
22.06.13	18,72
23.06.13	28,71
24.06.13	29,65
25.06.13	33,58
26.06.13	31,92
27.06.13	32,80
28.06.13	33,70
29.06.13	34,62
30.06.13	33,91
01.07.13	35,11
02.07.13	37,11
03.07.13	37,65
04.07.13	37,18
05.07.13	37,28
06.07.13	33,61
07.07.13	37,14
08.07.13	36,43
09.07.13	36,86
10.07.13	37,18
11.07.13	34,74
12.07.13	34,51
13.07.13	35,34
14.07.13	35,82

15.07.13	36,05
16.07.13	35,41
17.07.13	37,06
18.07.13	37,90
19.07.13	38,21
20.07.13	37,34
21.07.13	37,10
22.07.13	37,57
23.07.13	38,16
24.07.13	37,96
25.07.13	38,56
26.07.13	39,55
27.07.13	40,32
28.07.13	40,98
29.07.13	39,71
30.07.13	36,88
31.07.13	37,24
01.08.13	37,95
02.08.13	38,42
03.08.13	38,57
04.08.13	37,29
05.08.13	37,83
06.08.13	40,12
07.08.13	38,50
08.08.13	37,90
09.08.13	35,60
10.08.13	33,73
11.08.13	34,07
12.08.13	33,62
13.08.13	33,87
14.08.13	31,74
15.08.13	31,99
16.08.13	32,82
17.08.13	34,57
18.08.13	36,95
19.08.13	35,56
20.08.13	33,01
21.08.13	32,22
22.08.13	33,08
23.08.13	33,73
24.08.13	33,94
25.08.13	33,82
26.08.13	33,33
27.08.13	32,87
28.08.13	33,46
29.08.13	33,60
30.08.13	33,81
31.08.13	34,64
01.09.13	33,34
02.09.13	32,33

03.09.13	36,11
04.09.13	37,17
05.09.13	36,84
06.09.13	36,42
07.09.13	36,67
08.09.13	37,03
09.09.13	35,95
10.09.13	33,84
11.09.13	33,05
12.09.13	33,24
13.09.13	33,12
14.09.13	34,66
15.09.13	35,80
16.09.13	35,12
17.09.13	32,30
18.09.13	33,44
19.09.13	33,11
20.09.13	33,46
21.09.13	34,45
22.09.13	33,86
23.09.13	35,16
24.09.13	35,47
25.09.13	35,59
26.09.13	35,90

27.09.13	32,20
28.09.13	31,87
29.09.13	32,13
30.09.13	32,13
01.10.13	30,71
02.10.13	30,29
03.10.13	29,48
04.10.13	29,83
05.10.13	21,94
06.10.13	10,56
07.10.13	14,93
08.10.13	33,06
09.10.13	33,40
10.10.13	34,47
11.10.13	31,83
12.10.13	32,59
13.10.13	32,72
14.10.13	33,43
15.10.13	33,02
16.10.13	32,28
17.10.13	32,42
18.10.13	33,55
19.10.13	32,92
20.10.13	35,29

21.10.13	36,53
22.10.13	36,59
23.10.13	36,34
24.10.13	36,72
25.10.13	35,77
26.10.13	36,20
27.10.13	37,02
28.10.13	35,24
29.10.13	34,40
30.10.13	32,99
31.10.13	31,14
01.11.13	31,54
02.11.13	33,94
03.11.13	33,90
04.11.13	31,92
05.11.13	31,31
06.11.13	31,06
07.11.13	34,85
08.11.13	35,51
09.11.13	33,00
10.11.13	31,12
11.11.13	29,11
12.11.13	29,22
13.11.13	29,54