

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B 4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

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

Bakalářská práce

Technické aspekty využití nízko-potencionálního
odpadního tepla produkovaného JE Temelín
pro chov ryb

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

Autor: Pavel Buřič

České Budějovice, 2017

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

Jméno a příjmení: **Pavel BUŘIČ**
Osobní číslo: **Z14531**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**
Název tématu: **Technické aspekty využití nízko-potencionálního odpadního
tepla produkovaného JE Temelín pro chov ryb**
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 posouzení možnosti využití nízkopotenciálního odpadního tepla produkovaného JE Temelín pro chov ryb. Práce se zaměří především na technickou stránku problematiky.

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 vhodné možnosti využití nízkopotenciálního odpadního tepla.
4. Detailněji rozpracovat alespoň jedno navrhované řešení.
5. Vypracovat bakalářskou práci.


Navrhovaná řešení budou konzultována se zástupci JE Temelín.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **minimálně 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

Klik F. a 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. a 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 celostát. konf. 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;
Bohuslav, P.: Zpětné získávání tepla deskovými a rotačními výměníky, 3T. teplo, technika, teplárenství, roč. 20, str. 10-13, 2010;
Jirouš, F.: Aplikovaný přenos tepla a hmoty, vydání první, ČVUT, Praha, 2010;
Seidl, H. a kol., Úvod do proudění tekutin a sdílení tepla, Praha, Academia, 1975;
R. Andrews, J.M. Pearce: Environmental and economic assessment of a greenhouse waste heat exchange, Journal of Cleaner Production, Volume 19, Issue 13, September 2011, Pages 1446-1454;
Interní materiály poskytnuté oprávněnými zaměstnanci JE Temelín.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Radim Kuneš**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **12. ledna 2016**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2017**


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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůvská 1868, 370 05 České Budějovice


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

V Českých Budějovicích dne 10. března 2016

Poděkování

Tímto chci poděkovat mému školiteli doc. RNDr. Petru Bartošovi, Ph.D. a konzultantovi Ing. Radimu Kunešovi za přátelské vedení, cenné rady a připomínky, které výrazně přispěly ke vzniku a realizaci této práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných zemědělskou 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.

V Českých Budějovicích 20. 4. 2017

Pavel Buřič

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce bylo prostudovat a navrhnout možná řešení pro využití nízko-potencionálního odpadního tepla produkovaného Jadernou elektrárnou Temelín pro chov ryb. Jako modelový příklad byl použit rybník o rozloze 1 hektar s produkcí kapra obecného.

V práci je nejprve prodiskutována samotná funkce jaderné elektrárny, především z pohledu produkce odpadního tepla. V další kapitole je zkoumána možnost využití aquaponického systému chovu ryb a pěstování rostlin.

V praktické části je navržena možnost vytápěného rybníku o rozloze jeden hektar včetně vhodné lokality, tepelného čerpadla a záložního zdroje tepla. V závěru kapitoly je stručné ekonomické zhodnocení navrhovaného projektu.

Klíčová slova: nízko-potencionální teplo; odpadní teplo; jaderná elektrárna; tepelná čerpadla; rybníkářství

Abstract

The goal of this bachelor thesis was to study and to suggest possible solutions for the use of low-potential waste heat produced by Nuclear Power Plant Temelín for fish breeding. One-hectare pond with production of common carp was used as a model example.

First of all the function of nuclear power plant is discussed, especially from the point of view of waste heat production. In next chapter the possibility of aquaponics system of fish breeding and plant growing is examined.

In practical part the possibility of one-hectare heated pond is designed according to suitable location, heat pump and backup heat source. There is a brief economic evaluation of suggested project at the end of the chapter.

Key words: low-potencial heat; waste heat; nuclear power plant; heat pump; fish breeding

Obsah

Úvod	9
2. Literární přehled	10
2.1 Jaderná elektrárna Temelín	10
2.1.1 Historie	10
2.1.2 Technické provedení jaderné elektrárny Temelín	11
2.1.3 Systém chladicí vody.....	12
2.2 Základy sdílení tepla	13
2.3 Odpadní teplo	14
2.4 Rozdělení tepelných zdrojů z jaderných elektráren	15
2.5 Nízko potencionální odpadní teplo z jaderné elektrárny.....	16
2.6 Technologie pro využití odpadního tepla.....	17
2.6.1 Technologie využívající pasivní tepelné výměny	17
2.6.2 Technologie využívající tepelných čerpadel	20
2.7 Záložní zdroje tepla	23
2.8 Existující návrhy využití odpadního tepla z JE Temelín.....	24
2.9 Aquaponie.....	26
3. Praktická část	29
3.1 Lokalita rybníka	29
3.2 Obsádka rybníka	31
3.3 Vliv teploty vody na přírůstek kapra.....	33
3.4 Vliv teploty na kvalitu vody.....	33
3.5 Teoretická alternativa.....	34
3.6 Navržený projekt	35
3.6.1 Stanovení tepelné bilance uvažovaného rybníka.....	36
3.6.2 Návrh tepelného čerpadla	39
3.6.3 Návrh přívodního potrubí	41
3.6.4 Bezpečnostní otázky	42
3.6.5 Ekonomické zhodnocení.....	43
3.6.6 Doba návratnosti	44
Diskuze.....	45
Závěr.....	47
Seznam použité literatury	48

Úvod

S rozvíjejícím se průmyslem se spotřeba energií stále zvyšuje a tento trend má pokračovat i budoucnu. Se stále větší spotřebou souvisí i zvýšená těžba primárních neobnovitelných zdrojů, jejichž zásoba se stále snižuje. Během procesu získávání energie z těchto zdrojů vznikají toxické látky (např. oxid uhelnatý), a proto je nutné využívat energii efektivně. Jednou z možností je využití odpadního tepla, například tepla z jaderných elektráren, teplo odcházející komíny z průmyslových pecí aj.

Dobrym příkladem je například bioplynová stanice v obci Částkov v okrese Tachov. Již od začátku se u tohoto projektu počítalo s využitím odpadního tepla a dnes je to dokonce nezbytné pro zvýšení efektivity provozu. Odpadní teplo z bioplynové stanice je dvěma teplovody rozváděno do budov skladů, dílen atd. a druhá větev je napojena na jednotlivé domy. Obyvatelé Částkova mají tedy velice nízké náklady na vytápění a po spouštění projektu dokonce odebírali pár měsíců teplo zdarma. Ovzduší v Částkově se také značně zlepšilo. Především v zimních měsících, kdy byla spalována pevná paliva se celá obec zahalila do smogu. Nyní díky využití odpadního tepla je ovzduší mnohem zdravější (KOSINA,2013).

Výjimkou nejsou ani jaderné elektrárny. Například jaderná elektrárna Dampierre En Burly ve Francii, kterou v současné době provozuje společnost EDF, využívá odpadní teplo pro vytápění 125 000 m² skleníků. Skleníky jsou vyhřívány podzemními a nadzemními trubkami, které jsou napojeny na odpadní teplo z elektrárny o celkovém výkonu 3560 MW. Teplota vody se pohybuje mezi 20 a 30 °C. Produkce v roce 1986 dosahovala 30 miliónu rostlin. (ENERGY, 1988).

2. Literární přehled

2.1 Jaderná elektrárna Temelín

Jaderná elektrárna Temelín se nachází přibližně 5 kilometrů od města Týn nad Vltavou. Temelín využívá dvou tlakovodních reaktorů VVER 1000 typu V 320. Celkový elektrický výkon elektrárny je cca 2000 MW (1 x 1078 MWe + 1 x 1 055 MWe). Nadmořská výška lokality je 510 m nad mořem. Temelín leží na oploceném pozemku o rozloze 123 ha. Skupina ČEZ vlastní ještě 20 ha pozemků v těsném okolí elektrárny. Celkově se tedy JE Temelín nachází na 143 ha pozemků. Dostatek prostoru dává možnost dostavby 3. a 4. bloku. Lokalita Temelína byla vybrána řadou kritérií.

Z důvodu množství uhelných elektráren na severu státu z důvodu blízkosti uhelných ložisek, bylo žádoucí, aby jaderná elektrárna ležela na jihu státu, a tím zlevňovala a usnadňovala přenos elektřiny. Jako další kritérium pro výstavbu elektrárny bylo zajištění dostatečného množství chladicí vody. Temelín čerpá vodu z vodního díla Hněvkovice, které leží na toku Vltavy a které je od elektrárny vzdáleno přibližně 5 km. Výškový rozdíl mezi Temelínem a Hněvkovickou přehradou je 100 m, k dopravě vody se tedy využívá řada čerpadel o výkonu cca 5 MW. Díky tomuto profilu terénu nehrozí elektrárně zaplavení v případě rozvodnění Vltavy. Okolí elektrárny a obecně jižní Čechy jsou řídko osídleny, což není pro využívání odpadního tepla výhodné. Naopak výhodné je toto místo z hlediska bezpečnosti. (<https://www.cez.cz/cs/vyroba-elekriny/jaderna-energetika/jaderne-elekrarny-cez/ete/technologie-a-zabezpeceni/3.html>, 15.9.2016).

2.1.1 Historie

Investiční záměr pro výstavbu elektrárny vznikl v roce 1979, v roce 1980 bylo vydáno rozhodnutí pro výstavbu 1. a 2. bloku a v roce 1981 byla sjednána dohoda o výstavbě mezi Československem a Sovětským svazem. O rok později se smlouva rozšířila o 3. a 4. blok. Přípravné práce pro výstavbu započaly již v roce 1983. Stavební povolení pro výstavbu elektrárny bylo získáno v roce 1986 a o rok později byla spuštěna výstavba provozních budov. První blok elektrárny měl být podle plánu dokončen v roce 1992 a čtvrtý blok v roce 1997. Kvůli protestům z Rakouska a kampani hnutí Greenpeace, které zpochybňovaly bezpečnost celého projektu,

se doba výstavby protáhla. Zkušební provoz prvního bloku proběhl až 10. června 2002. Druhý blok byl spuštěn do zkušební provozu 18. dubna 2003. Dne 3. listopadu 2006 byl celý projekt zkolaudován (<https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderna-elektrany-cez/ete/historie-a-soucasnost.html>, 15.9.2016).

2.1.2 Technické provedení jaderné elektrárny Temelín

Elektrárna využívá dvou reaktorů VVER 1000 typu V 320 s celkovým výkonem cca 2000 MW_e. Reaktor společně s celým primárním okruhem je umístěn v ochranné schránce, tzv. kontejnmentu. Kontejnment je mohutná železobetonová konstrukce zhotovena podle příslušných bezpečnostních předpisů. Na kontejnment jsou kladeny nároky především z hlediska těsnosti a pevnosti. Konstrukce tvoří hranici hermetické zóny a zároveň chrání zařízení primárního okruhu před vnějšími vlivy, jako je pád letadla, výbuch nebo extrémní klimatické podmínky. Schránka je ve tvaru válce a víko ve tvaru kulového vrchlíku. Je vysoká 56 m, stěny jsou široké 1,2 m a vnitřní průměr kontejnmentu je 45 m. Energie uvolňující se při štěpení uranu $^{235}_{92}\text{U}$ se v reaktoru přeměňuje na energii tepelnou. Aktivní zónu tvoří celkem 163 palivových souborů (kazet), které obsahují palivo (mírně obohacený uran $^{235}_{92}\text{U}$). Kazeta je tvořena 312 palivovými proutky, 18 vodíciemi trubkami a jednou centrální měřicí trubicí. Každý z těchto souborů je chlazen vodou z primárního okruhu, která zároveň slouží jako moderátor. Výkon lze regulovat rychle i pomalu. Rychlá změna výkonu se provádí absorpčními řídicími tyčemi (klastry), kterých je celkem 61. Pomalé změny výkonu se provádí změnou koncentrace bóru v chladivu. Pro správnou cirkulaci chladiva jsou v primárním okruhu umístěny čtyři hlavní cirkulační čerpadla. Pomocí tepelných výměníků (parogenerátorů) je teplo z primárního okruhu předáno sekundárnímu okruhu bez radioaktivních látek, které jsou v chladivu primárního okruhu. Z důvodu jaderné bezpečnosti je každý blok vybaven třemi diesलगenerátory, které v případě výpadku hlavního i rezervního zdroje pokryjí vlastní spotřebu elektrárny.

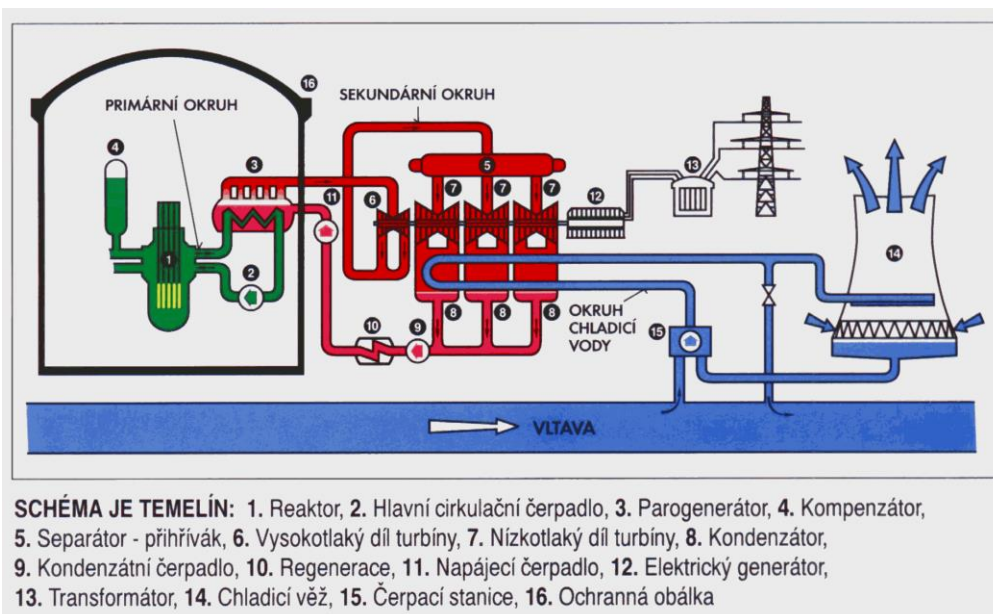
Přes teplosměnné trubky dochází k předávání tepla z primárního do sekundárního okruhu. Voda v sekundárním okruhu (parogenerátoru) se odpařuje za vzniku páry. Parogenerátor je horizontální válcový výměník, dlouhý 14,8 m a vnějším průměrem 4,2 – 4,5 m. Jaderná elektrárna Temelín využívá 4 parogenerátory, které vytvářejí páru o tlaku 6,3 MPa a teplotě 278,5 °C. Sytá pára

pohání turbínu a tím dochází k přeměně tepelné energie na energii mechanickou. Elektrická energie se z mechanické získává připojením generátoru přímo na turbínu. Pára, která projde parogenerátorem je odvedena do kondenzátoru, kde se ochladí a přemění se na vodu. Kondenzátor je chlazen vodou z terciálního chladicího okruhu elektrárny. Chladicí voda, která je v kondenzátorech ohřata je odváděna do chladicích věží, kde je přebytečné teplo předáno do ovzduší. Generátor vyrobí elektrickou energii, která je přenášena do vysokonapěťové sítě. Poté se zvýší napětí z 24 kV na 400 kV a elektrická energie je odváděna do rozvodny Kočín. (<https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/jaderna-energetika/jaderne-elektřarny-cez/ete/technologie-a-zabezpečeni/8.html>, 15.9.2016).

2.1.3 Systém chladicí vody

Pro spolehlivý a bezpečný chod elektrárny musí být zajištěna dodávka dostatečného množství chladicí vody. Vnější chladicí okruhy jsou zásobovány vodou z Vltavy, která je dopravována do zásobních vodojemů jaderné elektrárny pomocí čerpadel z vodního díla Hněvkovice. Ze zásobních vodojemů je část vody odváděna do chemické úpravy vody, kde se vytváří demivoda, která se používá v primárním a sekundárním okruhu elektrárny. Druhá část je odváděna do úpravy chladicí vody a poté do chladicích okruhů jaderné elektrárny. Vnější chladicí okruhy se dělí na okruhy technické vody a okruh cirkulační chladicí vody.

Technická voda se podle určení rozděluje na technickou vodu důležitou a nedůležitou. Technickou vodou důležitou jsou chlazena všechna technologická zařízení, která jsou důležitá z hlediska jaderné bezpečnosti. Systém se skládá ze tří nezávislých částí, přičemž voda je chlazena v bazénech rozstřiku. Systém je napojen na zajištěnou dodávku elektrického napájení. Technická voda nedůležitá zajišťuje chlazení spotřebičů v hlavních výrobních blocích a v budovách pomocných provozů. Jedná se o spotřebiče, u kterých nebude v případě přerušení dodávky chladicí vody ohrožena bezpečnost elektrárny. Technická voda nedůležitá je chlazena přímo v chladicích věžích. Tato voda se přímo nepodílí na havarijním dochlazování reaktoru, tudíž nemusí být tento okruh připojen na systém zajištěného napájení. Schéma jaderné elektrárny Temelín je znázorněno na obrázku 1 (<https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/jaderna-energetika/jaderne-elektřarny-cez/ete/technologie-a-zabezpečeni/8.html>, 15.9.2016).



Obrázek č.1- Schéma jaderné elektrárny Temelín, zdroj:

(<http://www.fi.muni.cz/~tomp/envi/eseje/polacek/temelin.html>, 15.9.2016)

2.2 Základy sdílení tepla

Energii mikroskopického pohybu částic zjednodušeně říkáme tepelná energie. Mírou tepelné energie je teplota: čím vyšší je intenzita mikroskopického pohybu částic, tím vyšší je teplota. Hmota se skládá z různých částic, kterou mohou mít různou kinetickou energii. Proto při zkoumání systému můžeme narazit na odlišnou teplotu v různých místech. Pokud mezi systémem a okolním prostředím dochází k výměně energie v hmotě na mikroskopické úrovni, mluvíme o přenosu či sdílení tepla. Teplo se může předávat jak nepřímým kontaktem pomocí elektromagnetického záření, tak přímým kontaktem mezi částicemi.

Sdílení tepla rozlišujeme na:

Sdílení tepla vedením (kondukcí). Pokud má hmota v různých místech různou hladinu tepelné energie (teplotu) dochází k vzájemným interakcím (srážkám) mezi molekulami s různou energií. Po interakci se energie molekul s původně menší energií zvyšuje a energie s původně větší energií se zmenšuje. Díky tomu dochází k tepelnému toku z místa s vyšší energií (vyšší teplotou) do místa s nižší energií (nižší teplotou).

Sdílení tepla zářením (sáláním, radiací). Energie je přenášena mezi dvěma tělesy formou elektromagnetického záření.

Sdílení tepla prouděním (konvencí). Tepelná energie je vázaná na hmotu. Pomocí proudění tekutin nebo pohybem pevných částic se přenáší i teplo. Sdílení tepla tohoto typu rozdělujeme na samovolné, tzv. přirozené proudění, které je způsobeno změnou hustoty při nerovnoměrném ohřevu či ochlazení tekutin. Druhý způsob je nucené proudění, které je vyvoláno působením vnější síly, např. čerpadla (SCHREIBEROVÁ, 2011).

2.3 Odpadní teplo

Za odpadní teplo označujeme teplo, které vzniká při technologických procesech a během procesu se pro něj nenajde využití. Někdy lze odpadní teplo využít pro otop nebo k výrobě páry a následně elektrické energie. Toto teplo se zahrnuje do ztrát energie. Odpadní teplo může být vázáno na nejrůznější teplotnosné prostředí, nejčastěji vodu, vzduch nebo spaliny (https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/odpad_teplo.html, 15.12.2016).

Výhody využití odpadního tepla se obecně dělí na přímé a nepřímé. Přímou výhodou je, že využití odpadního tepla se přímo podílí na účinnosti celého procesu. Zvýšením účinnosti procesu se snižují náklady a tím i cena výrobku. Jako další přímou výhodou je možno vnímat snížení produkce spalin. Pokud je zisk energie ze spalování paliv dostatečný i bez využití odpadního tepla, můžeme při využití odpadního tepla snížit množství spalovaného paliva pro zisk stejného množství energie.

Nosič tepla má v různých systémech různou teplotu. Podle této teploty můžeme systémy rozdělit na:

1. s teplotou pod 100 °C

Teplo o teplotě do 100 °C může být využito na vytápění, pro tepelná čerpadla nebo pro přeměnu na jiný druh energie, např. elektrické.

2. s teplotou mezi 100 a 400 °C

Toto teplo lze také využít tepelnými čerpadly. Představuje podstatnou část tepelných emisí a jeho využití by přineslo značné úspory v oblasti průmyslu.

3. s teplotou nad 400 °C

Zdrojem je většinou horký plyn nebo chladicí kapalina. Toto teplo se využívá pro predehřívání vzduchu pro spalování, při výrobě elektřiny a pro dodávání tepla vytápěcím systémům. Toto teplo většinou vzniká v hutích, sklárnách nebo chemických průmyslech (MACHÁČEK, 2010).

2.4 Rozdělení tepelných zdrojů z jaderných elektráren

Odpadní teplo jaderných elektráren se zásadně neliší od tepla vznikajícího v elektrárnách spalujících fosilní paliva. S růstem jaderné energetiky se však zvyšuje množství odpadního tepla a tím se zvyšuje tepelné znečištění okolního prostředí.

V resortu zemědělství a výživy uvažujeme zejména o využití odpadního tepla, jehož množství je závislé na elektrickém výkonu jaderné elektrárny. Pro jaderný reaktor VVER, který využívá Jaderná elektrárna Temelín, je koeficient přepočtu odpadního tepla k elektrickému výkonu 1,9 – 2,1.

Velký zdroj tepla, kterým jaderná elektrárna bezesporu je, může mít negativní dlouhodobý vliv na teplotu okolích toků, či atmosféry, což negativně ovlivňuje původní klimatické podmínky. Proto jsou hledány způsoby efektivního využití odpadního tepla, které by rovněž měly snížit zátěž způsobenou životnímu prostředí.

Teplo jaderných energetických lze rozdělit do následujících kategorií:

I. odpadní teplo v chladicí vodě jaderné elektrárny o teplotě 23–43 °C v závislosti na klimatických podmínkách

II. upravené nízko potencionální odpadní teplo získané přehřevem oteplené vody chladicího okruhu na teplotu 50–60 °C

III. teplo pro horkovody centralizovaných soustav zásobování teplem o teplotě vody 130–200 °C

IV. teplo pro horkovody centralizovaných soustav zásobování teplem o teplotě páry 205 °C a tlaku 1,7 MPa

Pro tuto bakalářskou práci je důležitá kategorie I a II. Teplo z těchto dvou kategorií může být použito na ohřev vody pro chov ryb nebo výhřev skleníků pro rostlinou produkci. Zatímco kategorie III a IV lze použít být během letního období

na sušení a zpracování zemědělských produktů, případně v potravinářském průmyslu (ČESKÝ VÝBOR ENERGETICKÉ SPOLEČNOSTI ČSVTS, 1989).

2.5 Nízko potencionální odpadní teplo z jaderné elektrárny

Jak již bylo zmíněno, pro tuto práci je důležité odpadní teplo I. a II. kategorie. Médiem v terciálním chladicím okruhu elektrárny je voda o teplotě 25-33 °C v závislosti na atmosférických podmínkách. Toto teplo lze transformovat na vyšší teplotní stupeň např. pomocí tepelného čerpadla, kdy teplota vody dosáhne až 65 °C. Odpadní teplo této teploty již spadá pod kategorii II.

Nízko-potencionální odpadní teplo vzniká ochlazováním kondenzátorů, které předávají tepelnou energii chladicí vodě. Chladicí voda tepelnou energii přenáší do chladicích věží, kde je přebytečné teplo předáno do okolní atmosféry. Kondenzátory a chladicí věže tak tvoří uzavřený okruh s nucenou cirkulací vody zajištěnou čerpadly. Čtyři chladicí věže typu Iterson zajišťují dostatečné ochlazení teplé cirkulační vody pomocí přirozeného tahu vzduchu. Chladicí účinek spočívá v tom, že proud vzduchu způsobuje odpar části chladicí vody, a tím odvádí teplo do atmosféry. Množství odpařené vody závisí na atmosférických podmínkách. Průměrná hodnota odparu je 0,41 m³.s⁻¹ vody ze dvou věží, které odvádějí teplo z jednoho bloku.

Díky odparu se zvyšuje koncentrace rozpuštěných nečistot, které jsou obsaženy v chladicí vodě. Aby nedocházelo k usazování nečistot v cirkulačním okruhu, je část vody (tzv. odluky) kontinuálně odpouštěna zpět do Vltavy. Odluky tvoří 93-94 % odpadních vod vypouštěných z elektrárny. Ztráty vody vypouštěnými odluky a odparem jsou nahrazovány upravenou vodou z řeky Vltavy. Pokud vyhovuje kvalita vody ve Vltavě, nemusí voda procházet úpravnou vody. (<https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/jaderna-energetika/jaderna-elektřiny-cez/ete/technologie-a-zabezpečeni/8.html>, 15.9.2016).

2.6 Technologie pro využití odpadního tepla

V současné době, kdy se neustále rozvíjí průmysl se také stále zvyšuje množství odpadního tepla vypouštěného do okolní atmosféry. Tím se zvyšuje tepelné znečištění životního prostředí. Proto je žádoucí, aby se rozvíjely technologie pro využití odpadního tepla. Využitím odpadního tepla dosáhneme dobrých výsledků, jak z hlediska ekologického, tak z hlediska ekonomického. Pokud se podaří využít odpadní teplo z nějaké velké továrny, zvýší se účinnost procesu a tím může klesnout cena výrobku (MACHÁČEK,2010).

Odpadní teplo můžeme využít dvěma způsoby. První způsob je bez transformace energie. Pro tento způsob slouží tepelné výměníky. Tepelné výměníky jsou konstrukčně jednoduché a vyžadují minimální náklady na provoz. Výstupní teplota média nepřesahuje teplotu média vstupujícího.

Druhý způsob je pomocí transformace energie, ke kterému slouží nejčastěji tepelná čerpadla. Tepelná čerpadla díky elektrické energii zvýší teplotní hladinu a ohřáté médium se poté využívá na ohřívání či vytápění. Pořizovací a provozní náklady jsou ovšem vyšší.

2.6.1 Technologie využívající pasivní tepelné výměny

Jak již bylo řečeno, k využití nízko-potencionálního odpadního tepla bez transformace energie se nejčastěji používají tepelné výměníky. Tepelný výměník je zařízení, ve kterém dochází k vzájemné výměně tepla mezi dvěma fázemi, nejčastěji tekutinami. Teplejší fáze předává teplo a ochlazuje se nebo v případě kondenzující páry odevzdává výparné teplo a kondenzuje. Chladnější fáze přijímá teplo a ohřívá se nebo v případě vroucí kapaliny přijímá výparné teplo a odpařuje se. Řada požadovaných procesů probíhá požadovaným směrem pouze za vhodné teploty či ve vhodném teplotním intervalu. Výměníky tepla se tedy dají použít k úpravě teploty před vstupem do zařízení, kde tyto procesy probíhají nebo mohou být přímo součástí zařízení. Ve složitějších procesech se stává, že do dílčích procesů je potřeba přivádět teplo a z jiných procesů teplo odvádět.

Rozdělení tepelných výměníků

Výměníky tepla dělíme na rekuperační, regenerační a směšovací.

V **rekuperačních** výměnících tepla probíhá plynulá výměna tepla mezi tekutinami, které jsou odděleny teplosměnnou stěnou prostupnou pro teplo a neprostupnou pro hmotu, která má vysokou tepelnou vodivost.

V **regeneračních** výměnících tepla procházejí zúčastnění látky střídavě týmž prostorem, ve kterém je uložena hmota se schopností akumulovat teplo, např. keramická vyzdívka. V první fázi protéká prostorem teplejší tekutina a předává teplo této hmotě a tím se ochlazuje. V druhé fázi protéká prostorem studenější tekutina, která uloženou hmotu ochlazuje a tím se ohřívá. Pracovní proces je přerušovaný, většinou periodický.

Dalším typem jsou výměníky **směšovací**, kde se smíšením jedné tekutiny s druhou dosáhne požadované teploty (SCHREIBEROVÁ, 2011).

Tato práce se bude zabývat pouze rekuperačními výměníky, konkrétně deskovými a trubkovými, které budou použity v této práci.

Deskové výměníky

Teplosměnná plocha je vytvořena z tenkých kovových desek, které jsou na sebe pevně přitisknuty (viz obr. 7). Desky mají ve svém profilu vylisovány kanálky. Jedno médium proudí jednou skupinou těchto kanálků, druhé proudí bezprostředně přilehlými kanálky. Desky jsou obvykle lisovány z plechů 0,4 – 1 mm z materiálů jako je uhlíková ocel, nikl, titan, nerezová ocel aj. Těsnění se vyrábí z pryží, nitrilu, silikonu, někdy i azbestových vláken. Maximální mezera mezi deskami výměníku bývá 3-5 mm a rychlost médií je 0,2 – 1 m/s. Díky malé tloušťce mají malý tepelný odpor. Výhodou těchto výměníků je kompaktnost řešení, snadné zvyšování výkonu přidáváním desek a kompaktní rozměry při nízké hmotnosti. Nevýhodou mohou být problémy s těsností u větších pracovních tlaků. Schéma deskového tepelného výměníku je znázorněno na obrázku 2 (<http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125yatm/prednasky/125yatm-06.pdf>, 10.01. 2017).

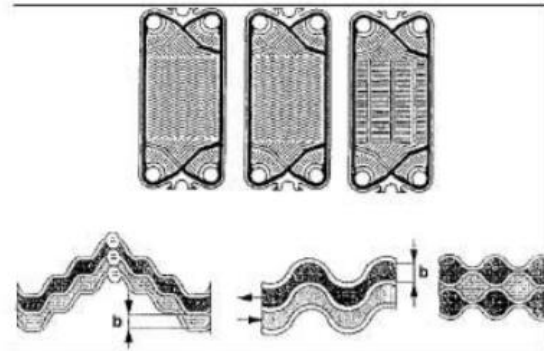
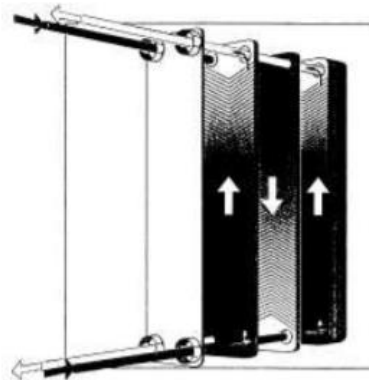
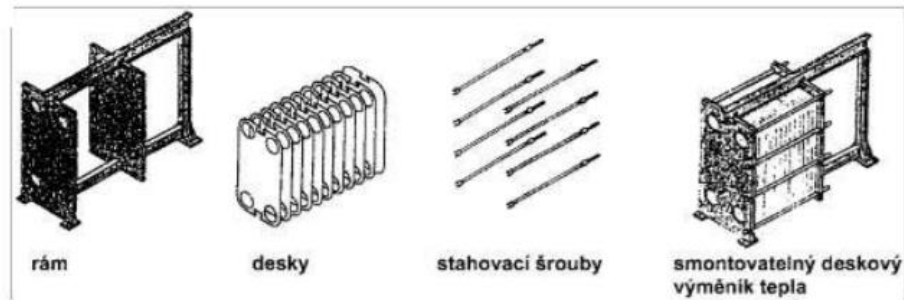


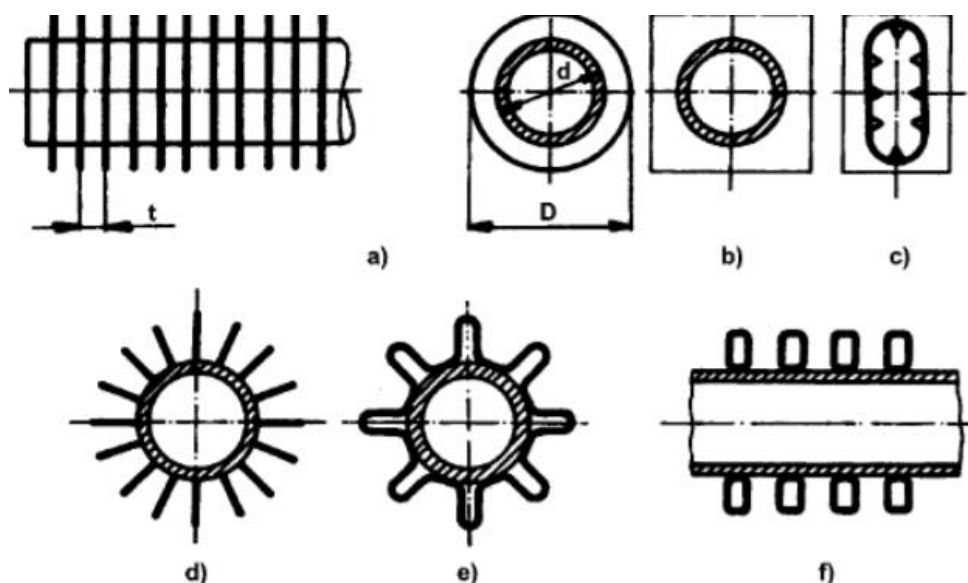
Schéma proudění v deskovém výměníku

Příklady zvlnění a žlábkování desek

Obrázek č. 2- Schéma deskového tepelného výměníku, zdroj: (<http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125yatm/prednasky/125yatm-06.pdf>, 10.01. 2017)

Trubkové výměníky se žebrováním – rozšířené teplosměnné plochy

Žebrování může být jak na vnitřním, tak vnějším povrchu. Žebra mohou být příčná podélná i šroubovitá. Mohou být na trubku navinuta formou pásku nebo vyválcována z materiálu trubky, případně mohou být litím odlita. Žebra se zejména využívají u výměníků, kde mají média výrazně jiný součinitel přestupu tepla. V tomto případě se žebra využívají na straně s menším součinitelem přestupu tepla. Když je součinitel přestupu tepla na obou stranách stejný, nemá žebrování smysl, pokud není žebrování využito na obou stranách. Díky žebrování dochází ke zvětšení teplosměnného povrchu, ke zvýšení tepelného toku trubkou a také ke snížení tlakové ztráty média na straně žebek v důsledku menšího počtu řad trubek. Na obrázku č. 3 jsou znázorněny základní druhy žebrování povrchů trubek.



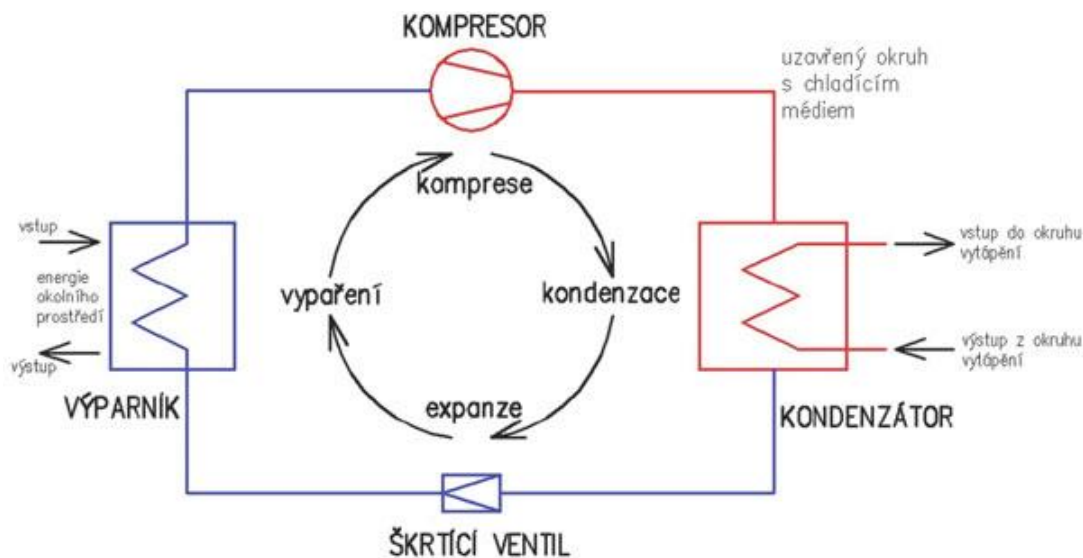
Obrázek č.3- Základní typy žebrování povrchů trubek

a, b) - trubka s kruhovými a čtvercovými žebry; c) - litinová trubka s vnějším a vnitřním žebrováním; d)- podélné žebrování; e)- páskové žebrování podélné; f)- žebrování z drátových profilů, zdroj: (<http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125yatm/prednasky/125yatm-06.pdf>, 10.01.2017)

2.6.2 Technologie využívající tepelných čerpadel

Jako nejčastější zařízení pro transformaci energie se v současné době používá kompresorové tepelné čerpadlo. Čerpadlo je mechanický stroj, který dodává potenciální, kinetickou nebo tlakovou energii tekutině, která skrz něj protéká. Poháněno bývá většinou jiným strojem (motorem). V praxi se však můžeme setkat s malými čerpadly na pohon lidskou nebo zvířecí silou. V přeneseném významu se používá termín tepelné čerpadlo, což je technické zařízení sloužící k přepravě tepelné energie pomocí teplotnosného média.

Tepelné čerpadlo pracuje na principu obráceného Carnotova cyklu. Chladivo v plynném stavu je stlačováno kompresorem a poté vháněno do kondenzátoru. V kondenzátoru odevzdává skupenské teplo a zkondenzované chladivo odchází expanzní tryskou do výparníku, kde skupenské teplo přijme a odpaří se. Poté opět pokračuje do kompresoru a cyklus se opakuje. Schéma činnosti tepelného čerpadla je znázorněno na obrázku č. 4.



Obrázek č.4- Schéma činnosti tepelného čerpadla,

zdroj:(http://www.casopisstavebnictvi.cz/specifikace-tepelnych-cerpadel-pro-vyuziti-v-tzb_A517_I11-12_07, 15.01.2017)

Důležitým faktorem tepelného čerpadla je topný faktor, který se pohybuje od 2–5. Tepelný faktor závisí na vstupní a výstupní teplotě, typu kompresoru aj. Dodavatelé většinou uvádějí topný faktor při různých vstupních a výstupních teplotách. Pro dosažení minimální spotřeby pohonné energie a dosažení vysoké hodnoty topného faktoru je důležité, aby teplota nízko potencionálního zdroje byla co možná nejvyšší s ohledem na maximální přípustnou hodnotu udávanou výrobcem tepelného čerpadla. Dalším důležitým faktorem je, aby teplota na vstupu a výstupu do TČ neměla velký teplotní rozdíl (<https://www.eletur.cz/download/0517/tepelna-cerpadla-prehled.pdf>, 10.4.2017).

Topný faktor TČ lze stanovit z rozdílu teploty kondenzační a vypařovací. Přibližný vztah pro výpočet je: (KUNEŠ,2010)

$$\varepsilon_t = k \cdot \frac{T_k}{T_k - T_o}$$

Kde:

T_k je teplota kondenzační (topného systému) [K]

T_o je teplota vypařovací (teplota zdroje) [K]

k je korekční součinitel respektující skutečný oběh $k = (0,4 - 0,6)$ (KUNEŠ, 2010).

Typy tepelných čerpadel

V tabulce č.1 je znázorněno rozdělení tepelných čerpadel podle druhu ochlazovaného a ohřívajícího média (TEPELNÁ ČERPADLA-ENERGIE PROSTŘEDÍ, 2010).

Typ čerpadla (ochlazuje se /ohřívá se)	Možnosti využití
Vzduch/voda	univerzální typ, pro ústřední vytápění
Vzduch/vzduch	doplňkový zdroj tepla, teplovzdušné vytápění, klimatizace
Voda/voda	využití odpadního tepla, geotermální energie, ústřední vytápění
Nemrzoucí kapalina/voda	univerzální typ pro ústřední vytápění, zdrojem tepla je nejčastěji vrt nebo půdní kolektor
Voda/vzduch	teplovzdušné vytápěcí systémy

Tabulka č.1- Nejčastější typy tepelných čerpadel, zdroj: (TEPELNÁ ČERPADLA-ENERGIE PROSTŘEDÍ, 2010)

2.7 Záložní zdroje tepla

V provozech, které jsou závislé na dodávce tepla, či elektřiny (například z jiné fáze výroby) je nutný záložní zdroj. Záložní zdroj je zařízení, který v případě výpadku dodá potřebné množství elektřiny nebo tepla. Jako toto zařízení se používají, kotle, dieselaagregáty apod. Pro tuto práci jsou důležité především kotle.

Kotel je zařízení, které slouží k ohřevu různých médií (olej, voda, aj.). Teplo se obvykle získává spalováním paliva. Palivo je hmota, ze které se pomocí chemické reakce uvolňuje teplo. V některých případech nemusí být médium ohříváno pomocí spalování paliva, ale může být využito tzv. spalinového kotle, který k ohřevu využívá odpadního tepla. Dalším z kotlů, který nevyužívá spalování paliva je kotel elektrický, který ohřívá médium pomocí elektřiny.

Podle použitého paliva rozeznáváme kotle:

- na paliva tuhá – spalují fosilní paliva, biomasu a tuhé odpady,
- na paliva kapalná – spalují topné oleje a kapalné odpady,
- na paliva plynná – spalují zemní plyn nebo plynné odpady,
- na palivové směsi

Paliva je dále možné rozdělit na:

- fosilní – těžené palivo, nejde jej obnovit
- obnovitelné – biomasa
- odpadní – paliva vzniklá jako vedlejší produkt při výrobě

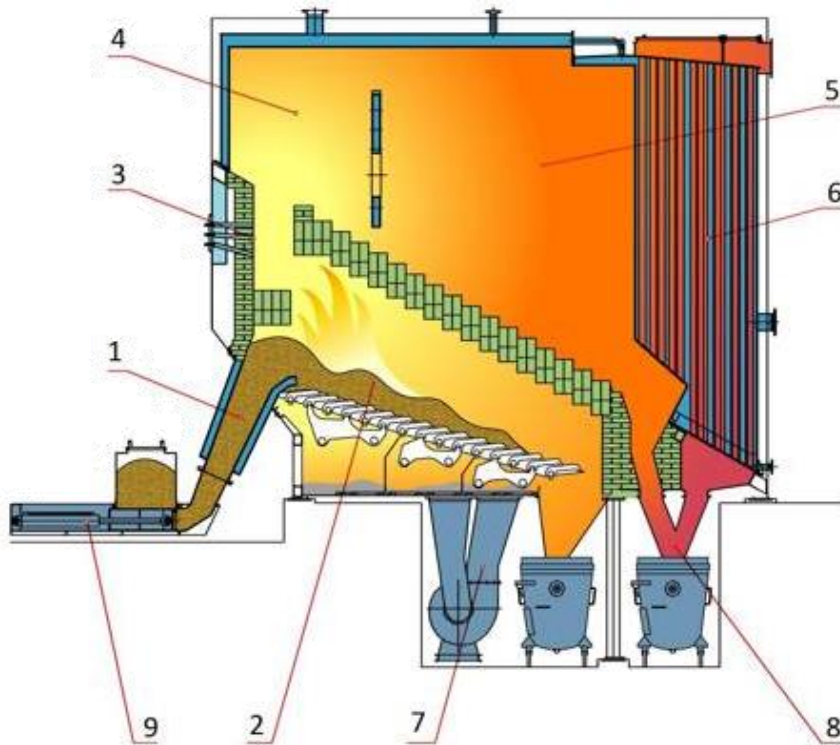
Kotle na biomasu

Pro tuto práci je důležitý především kotel na biomasu. Díky všeobecné podpoře energetického využívání biomasy, jakožto obnovitelného zdroje se rozvoj i zájem o kotle na biomasu neustále zvyšuje. Při konstrukci těchto kotlů se musí brát v úvahu specifické vlastnosti biomasy jako je přítomnost síry v palivu, vysoký podíl prchavé hořlaviny a malý podíl popelovin.

Kotel na biomasu pracuje tak, že palivo je přiváděno na šikmý pohyblivý rošt, kde postupně odhořívá. Směs spalin je odváděna do dohořívací komory současně

se sekundárním vzduchem. Kotle na biomasu se vyrábějí plně automatické, s občasnou obsluhou i častou obsluhou (BALÁŠ,2009).

Schéma kotle na biomasu je znázorněno na obr. 5



Obrázek č. 5- Kotel na biomasu, 1- vyhřívaný vstup paliva, 2- roštová komora, 3- trysky sekundárního vzduchu, 4- vírová komora, 5- dohořivací komora, 6- trubkový výměník, 7- vzduchové ventilátory, 8- odvod popele, 9- zavážecí lis paliva, zdroj: (<http://www.tts.cz/cz/boilers/vesko-b.html>, 20.3.2017).

2.8 Existující návrhy využití odpadního tepla z JE

Temelín

Ještě před výstavbou vznikly návrhy pro využití odpadního tepla z JE Temelín, počítaly s využitím tepla pro zemědělskou produkci, pěstování řas, vytápění objektů a rybářství.

Projekt využití odpadního tepla pro zemědělskou produkci počítal se spoluprací osmi zemědělských družstev v okrese České Budějovice a dalších devíti družstev z okresů Písek, Tábor a Strakonice. V okrese České Budějovice se mělo jednat například o JZD Hosín, Olešník, Dříteň aj., které jsou umístěny na trase přivaděčů horké vody. Ve většině návrhů se mělo jednat o vytápění skleníků. Návrhy

také zahrnovaly možnost sušení obilí a píce, produkci žampionů a brambor pro krmné účely. Dále se teplo mělo využívat na vytápění provozních budov a bytových jednotek. U vytápěných skleníků se předpokládalo 30 hektarů zasklených ploch, kde by se pěstovalo 12 hektarů okurek, 16 hektarů rajčat a 2 hektary by byly vyčleněny pro pěstování sadby. Roční produkce byla odhadována na 7 až 8 tisíc tun rajčat a okurek a měla být navýšena až na 11 tisíc tun.

Jako další možnost vznikl návrh pro využití odpadního tepla pro pěstování řas, které lze použít jako krmivo při pěstování mořských ryb, nebo díky betakarotenu jako potravinářský pigment. Výhodou pěstování řas je skutečnost, že se maximálně využije prostor vytápěného skleníku. Zatímco v prostorách skleníku můžeme pěstovat rajčata a okurky, plocha střechy skleníku může být využita pro pěstování řas.

Třetí možností je využití odpadního tepla pro chov ryb. Návrh obsahoval tři možná řešení.

První varianta zahrnovala výstavbu teplovodu z JE Temelín do vesnice Lhota pod Horami. Teplovod měl být ukončen regulační stanicí. Tímto teplovodem měla být zajištěna dodávka 10-15 MW tepla pomocí vody o teplotě 60–70 °C v zimě a třetinovým příkonem v létě. Areál se měl skládat z haly a venkovních rybníků. Teplo mělo být předáváno rybníkům pomocí výměníku. Hala o velikosti 800–1000 m² měla být rozdělena na oddělení reprodukce, oddělení líhně a oddělení výkrmu ryb. V areálu měl probíhat chov především tilapie nilské a sumečka afrického, popř. dalších druhů. Uvažované investiční náklady byly 40 milionů Kčs a doba návratnosti 13 let. Při uplatnění rychleného plůdku býložravých ryb 8 let.

Druhá varianta řešila problém nedostatku vody v Bezdrevském a Dehtářském potoce, které zásobují rybníky v okolí Hluboké nad Vltavou. Jelikož byl odběr vody z řeky Blanice zamítnut kvůli nedostatku vody, návrh pracoval s možností odběru vody z řeky Vltavy. Odběr vody byl možný na dvou místech. Samospádem raženou štolou u Dívčího kamene anebo čerpáním v Boršově. Do Dehtářského potoka mělo být v době nadnormálního průtoku ve Vltavě přečerpáno 100-500 l.sec⁻¹. Poté bylo nutné přečerpat vodu z Dehtáře do soustavy rybníků Blatec u Dívčic a zde v prostoru obcí vybudovat rybochovný objekt. Projekt měl využívat nízko-potencionální odpadní teplo o příkonu 50-75 MW, což představuje roční produkci ryb asi 500-600 tun, tzn. asi 40 milionů Kčs. Výhodou této varianty byl dostatek vody pro chov ryb na 2500 ha

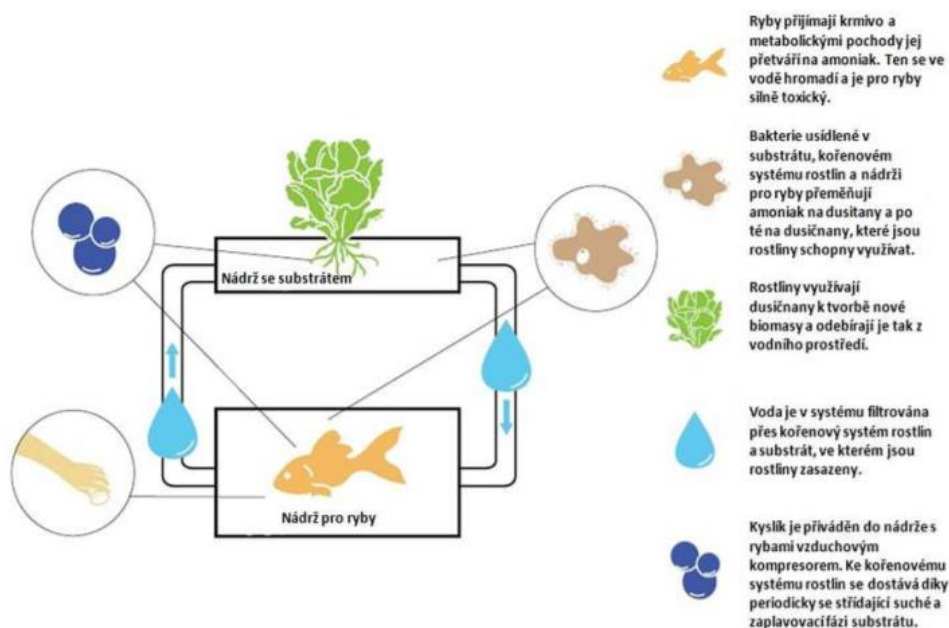
pozemků. Nevýhodou byla vysoká cena celého projektu, která dosahovala 850 milionů Kčs. Doba návratnosti tedy činila 30 let.

Třetí varianta pracovala s možností přiblížení tepla k významnému vodnímu zdroji, tj. Vltavě. Tím odpadal problém s doplňováním a výměnou vody v chovném rybníce. Chov měl konkrétně probíhat v prostoru Hluboká nad Vltavou – Hamr. Koryto řeky mělo být upraveno a tím měla vzniknout plocha pro speciální zařízení určené k chovu ryb s využitím vody čerpané z Vltavy anebo gravitačně přiváděnou vodou z jezu v Hluboké nad Vltavou. Projekt zahrnoval chov teplomilných a lososovitých druhů ryb. Přívod tepla měl být rozdělen na 2 větve. První větev měla přivádět teplo do Hluboké nad Vltavou – Hamr, do plánovaného lesoparku. Zde měla probíhat reprodukce lososovitých ryb a půlročka a výkrm v množství 100–150 tun ročně. Dále měla probíhat reprodukce teplomilných ryb jako je kapr nebo býložravé druhy ryb. Počítalo se také s odchovem a reprodukcí tilápie nilské a sumečka afrického. Součástí projektu bylo i zarybnění Hněvkovické nádrže dravými rybami např. bolen apod. Druhá větev měla přivádět teplo do sádek Hluboká nad Vltavou, kde měl probíhat výkrm plůdku, eventuálně přisazení sumečka afrického. Celková investice měla být 225 milionů Kčs a doba návratnosti 15-25 let (ČESKÝ VÝBOR ENERGETICKÉ SPOLEČNOSTI ČSVTS, 1989).

2.9 Aquaponie

Za zmínku také stojí možnost využití aquaponie. Aquaponie je systém hojně využívaný v zahraničí a v dnešní době se rozvíjí i v České republice. Tato technologie spojuje chov ryb a pěstování rostlin. Jde vlastně o spojení akvakultury a hydroponie. Spojením těchto dvou disciplín se vzájemně eliminují jejich nedostatky. Zatímco v akvakultuře se výměnou vody dociluje odstraňování živin z vody, v hydroponii jsou živiny, které jsou finančně náročné naopak potřeba. Princip této technologie spočívá ve využití organicky znečištěné vody vyprodukované rybami jako hnojivo, které využívají rostliny díky kořenovému systému pro tvorbu nové biomasy. Ryby přijímají potravu a metabolickými pochody ji přeměňují na amoniak, který je pro ryby vysoce toxický. Na druhou stranu v kořenovém systému rostlin jsou obsaženy nitrifikační bakterie, které amoniak přeměňují na dusičnany. Voda upravená rostlinami a zbavená amoniaku je vracena do nádrže s rybami. Tak vzniká perfektní a velice

produktivní prostředí pro chov ryb i pěstování rostlin. Schéma aquaponického systému vidíme na obr. č. 6.



Obrázek č.6- Aquaponický systém (DOVALIL,2014)

Výhodou aquaponického systému je především ušetření nákladů jak za doplňování a filtrování vody pro ryby, tak i ušetření nákladů na hnojení rostlin. Rostliny eliminují veškeré nečistoty ve vodě bez zatížení životního prostředí. Tím nahrazují biofiltr, který musí být součástí recirkulačních systémů. Rostliny nejsou přihnojovány, tudíž se jedná o tzv. organickou produkci. Výsledkem jsou vysoce kvalitní potraviny. Další velkou výhodou je chov ryb ve zhuštěných obsádkách s nízkými požadavky na zdroje vody. Vodou je doplňován pouze odpar. Stejně tak jsou v dané oblasti minimální nároky na kvalitní půdu a pěstovat rostliny jde i na místech, kde je tradiční zemědělství vyloučeno. V neposlední řadě je výhodou neustálý přísun živin k rostlinám. Na rostliny to má podobný vliv jako neustálé zavlažování. V poslední řadě lze spatřit výhodu v menší zastavěné ploše (možnost výstavby systémů v centru měst, např. na střechách domů) a menší zdravotní rizika pro ryby, protože nehrozí přítok kontaminované vody.

Nevýhodou tohoto systému jsou vysoké pořizovací náklady a zajištění stálé dodávky elektrického proudu. Další nevýhodou je nutnost kvalifikované obsluhy, která se o systém bude starat každodenně. Krmení ryb je omezeno pouze na krmné

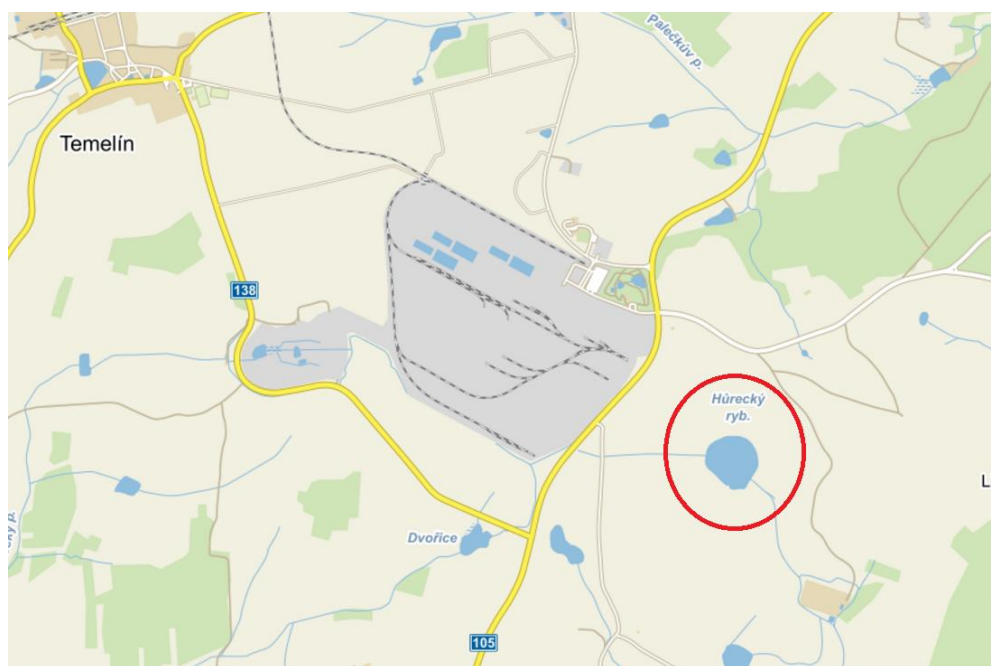
směsi, čímž je omezen růst jedinců. Z těchto důvodů je nutné volit rostliny a druhy ryb, které mají vysokou hodnotu a finanční deficit budou eliminovat (DOVALIL,2014).

3. Praktická část

3.1 Lokalita rybníka

Pro zajištění co nejnižších nákladů na realizaci projektu je důležitá lokalita rybníka. Rybník by se měl nacházet v co nejkratší vzdálenosti od JE Temelín, protože s rostoucí vzdáleností se navyšují náklady a složitost celého projektu. Vedení potrubí do větších vzdáleností je složité časově (možný problém s výkupy pozemků, přes které potrubí povede) i finančně (náklady na materiál, výkup pozemků). Jako ideální byla určena vzdálenost maximálně 3 km od JE Temelín.

Z již stávajících rybníků se jako nejlepší varianta jeví rybník Hůrecký, jehož poloha je zobrazena na obrázku 7. Výhodou tohoto rybníka je, že má již rozvinutý ekosystém. Vodní rostliny a drobné organismy budou sloužit jako potrava pro ryby. Dále má rybník přírodní přítok i odtok, což zajišťuje doplňování a prokysličování vody.



Obrázek č.7- Mapa okolí jaderné elektrárny Temelín, zdroj: (<http://www.mapy.cz/>, 20.2.2017).

Rybník Hůrecký ovšem neleží na pozemku skupiny ČEZ, tudíž může nastat problém s odkupem pozemku. Společnost A+U DESIGN, spol. s r.o. vytvořila v roce 2010 vymezení územního systému ekologické stability v oblasti Temelína. Společnost v tomto projektu označila rybník Hůrecký jako ekologicky významný krajinný prvek,

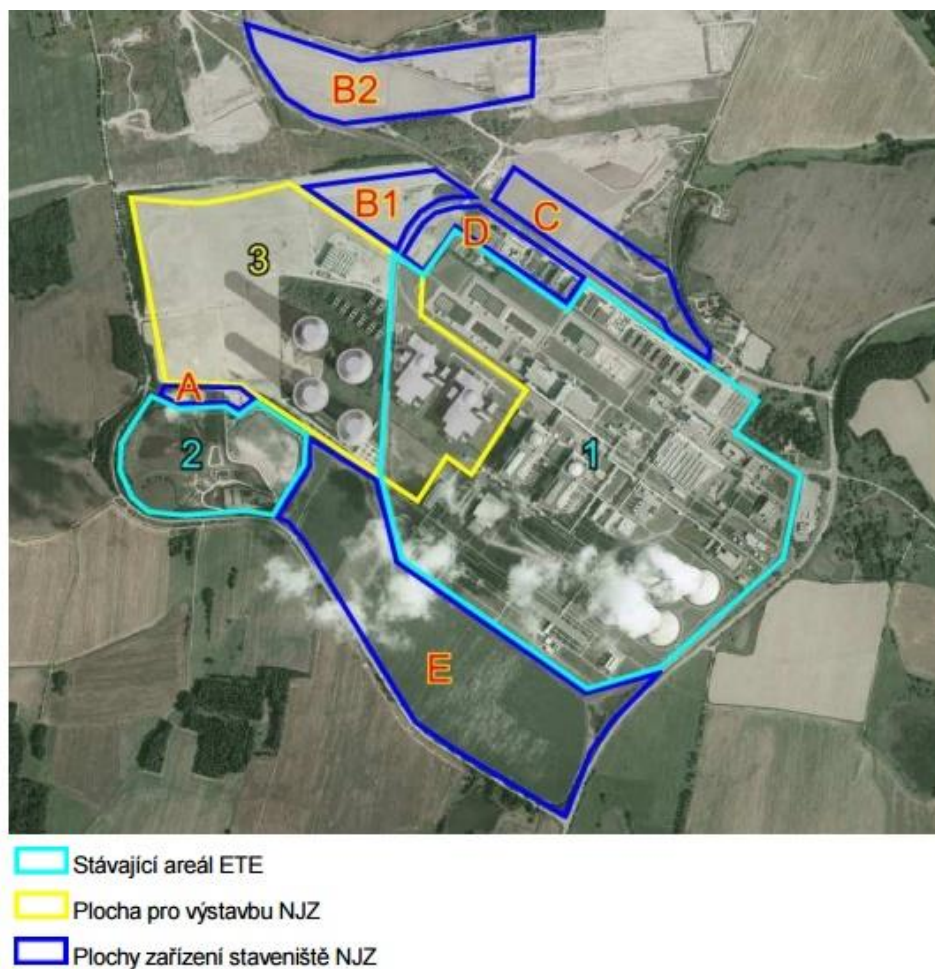
což může zkomplikovat získání stavebního povolení pro realizaci projektu. Na obrázku č. 8 jsou přehledně shrnuty údaje o Hůreckém rybníku od společnosti A+U DESIGN, spol. s.r.o (FUČÍK, 2010).

Pořadové číslo v ÚP: LBC 5a	Katastrální území: Březí u Týna n.Vlt. Plán ÚSES : 5/20
Název: Hůrecký rybník	Biogeografický význam: M - místní biocentrum
EVKP - ekologicky významný krajinný prvek	
Geobiocenologická typizace: bioregion, biochora: STG (vegetační stupeň, trofická a hydrická řada) 4BC4-5, 4B4, 4B3	Rozloha: 3,92 ha Fyziotyp: VO,MT,LO Stupeň ekologické stability: 4, 3

Charakteristika ekotopu a bioty:
Nadm v. 487-490 m.
Biocentrum zahrnuje část litorálu Hůreckého rybníka s mokřadní vegetací z rámce tř. <i>Phragmiti-Magnocaricetea</i> . Dominuje zblochan vodní, orobinec širolistý, po obvodu lesknice rákosovitá. Epilitorální porosty přecházejí do mezotrofních polokulturních až kulturních luk s průměrnou až podprůměrnou druhovou diverzitou. Louky jsou pravidelně sečené. Po obvodu rybníka ojedinělé nárosty vrb. Vlastní rybník je značně eutrofizovaný, místy s tendencí k zazemňování litorálního pásma (zarůstání vegetací). Rybochovné hospodaření.
Návrh opatření:
rybník vyhrnout - sediment odvézt mimo lokalitu, zachovat pozvolný přechod do okolních luk. V rybníku optimalizovat rybí obsádku - hospodaření spíše extenzivního charakteru. Okolní luční porosty nehnojit, nepoužívat chemické prostředky, pravidelně 2x ročně sekat. Při břehu ponechat při první seči nesečený lem - možnost dokončení reprodukčního cyklu rostlin a na ně vázaných drobných živočichů.

Obrázek č.8- Popis rybníka Hůrecký společností A+U DESIGN, spol. s.r.o. (FUČÍK,2010).

Pro snadnější realizaci by byla vhodná výstavba nového rybníka. Vytvoření nového rybníku má jisté výhody. Můžeme si zvolit místo výstavby tak, aby měl projekt co nejpříjemnější podmínky, nacházel se na pozemku skupiny ČEZ a odpadl tak problém s jeho výkupem. Dále se již při výstavbě může plocha upravit podle použitého řešení. Ideální pro výstavbu nového rybníka by tedy byl pozemek, který je blízko JE Temelín a již je ve vlastnictví Skupiny ČEZ. Na následujícím obrázku č. 9 jsou vidět pozemky ve vlastnictví Skupiny ČEZ v okolí JETE.



Obrázek č.9- Pozemky skupiny ČEZ okolo JE Temelín, zdroj: (http://www.c-budejovice.cz/cz/rozvoj-mesta/Documents/Pripravujeme_dokumenty/JETE_oznamenizameru.pdf, 15.12.2016)

Pro výstavbu rybníku by bylo vhodné využít prostory v ploše E. Pozemek je blízko chladících věží, tudíž blízko chladicího okruhu. Náklady na vedení potrubí by byly tedy nižší než v případě použití stávajícího rybníka. Navíc je pozemek majetkem Skupiny ČEZ a odpadá tak problém s vykupováním majetku.

3.2 Obsádka rybníka

Jako obsádka rybníka byl zvolen kapr obecný (*cyprinus carpio*). Kapr obecný není náročný na kvalitu vody, je všežravec a svědčí mu teploty vody okolo 25 °C. Jako nejběžnější ryba v České republice půjde jeho maso na odbyt. Proto je pro tento projekt vhodný (VOBR, 2012).

(BARUŠ, 1995) uvádí, že kapr obecný je ve střední a západní Evropě původní rybou pouze v Dunaji. Do ostatních řek se kapr dostal až z rozšířených rybníčních chovů a v dnešní době je kapr rozšířen po celé Evropě s výjimkou severní Evropy, kde nejsou vhodné podmínky pro přirozené rozmnožování. Dále byl kapr rozšířen do Afriky, Severní, Střední i Jižní Ameriky a na Nový Zéland. V Evropě se kapr považuje za oblíbenou rybu a chov kapra se stále rozšiřuje, zatímco v Austrálii nebo Severní Americe je brán jako nežádoucí druh a jeho chov je omezen (STEFFENS,1997).

Podle Dubského (2003) kaprovi vyhovují všechny typy pomalu tekoucích nebo stojatých vod. Má rád prosluněné části, měkké dno, mírně zarostlé vodními rostlinami, které tvoří jeho potravu. Drží se v hejnech, která se pohybují jak u dna, tak u hladiny. Aktivita závisí na části dne, přes noc je kapr aktivnější než přes den. V tabulce č.2 jsou znázorněny ideální teploty po celý vývin kapra i ostatních ryb. U kapra si můžeme všimnout, že je pro něj teplota okolo 25 °C ideální po celou dobu jeho růstu.

Orientační hodnoty optimálních teplot pro ryby [°C]				
Druh ryby	Jikry	Líhnutí	Plůdek	Odrostlé
Kapr obecný	12,5-30	17-32	23-25	20-29
Cejn velký		8-23	8-23	8-28
Lín obecný			19-25	20-26
Plotice obecná		5-20	5-20	8-25
Štika obecná	7-16	8-23	11-15	9-25
Candát obecný	12-8	12-18	12-18	12-26
Pstruh potoční	4-6	do 12,4	0,5-9	10-17
Pstruh duhový	6-14,4	8-14	6-19	10-18
Tolstolobik bílý				20-28
Karas obecný				27
Úhoř říční				22-23

Tabulka 2- Optimální teploty pro ryby

Ideální hladina kyslíku rozpuštěného ve vodě je 6,5 mg.l⁻¹. Pokud hladina kyslíku klesne pod 3 mg.l⁻¹, kapr přestává přijímat potravu a vyhledává místa s vyšším obsahem kyslíku. Při obsahu kyslíku pod 0,5 mg.l⁻¹, nastává u kapra nouzové dýchání (SCHÄPERCLAUS, 1961). Proto musí být v rybníce zajištěno dostatečné množství rozpuštěného kyslíku pomocí okysličovačů.

3.3 Vliv teploty vody na přírůstek kapra

Kapr je nedravý všežravec. Ve volné přírodě se kapr živí zooplanktonem. V rybníkářství se kapr přikrmuje rostlinnými krmivými a krmnými směsmi (LELEK, 1987).

Rychlost trávení jedince je závislá na mnoha faktorech. Závisí na množství a složení přijaté potravy a na složení potravy, na množství trávicích enzymů, na věku zvířete, délce slunečního svitu a délce dne. Jedním z nejdůležitějších faktorů je teplota vody. Ryby totiž patří mezi poikilotermní živočichy, znamená to, že teplota jejich těla je stejná nebo nepatrně vyšší než teplota okolního prostředí (DUBSKÝ, 2003).

(SCHÄPERCLAUS, 1961) uvádí, že čím je teplota vody vyšší, tím je potrava rychleji trávena. Čím rychleji jedinec tráví, tím více přijímá potravy a navyšuje se přírůstek. Jako příklad uvádí teplotu vody 10 °C, při které trávicí proces kapra trvá 17 hodin, kdežto při teplotě vody 26 °C trvá trávicí proces 3 hodiny.

Růst kapra je ovšem rychlý i v případě divoké formy. Rybníční kapr samozřejmě roste rychleji, ovšem závratný růst dosahují kapři v tropických oblastech, kde je celoročně vysoká teplota vody. Zatímco rybníční kapři u nás dosahují v jednom roce věku hmotnosti maximálně 1 kg, jedinci ve vyhřívaném chovu dosáhly ve věku 16 měsíců hmotnosti 4 kg. Při nasazování českých kaprů v africkém státě Zambii se dokonce někteří jedinci staří 2,5 roku dostaly na hmotnost 11 kg (http://www.mrk.cz/r/atlas/atlas_ryb/maloostni/kaproviti/kapr_obecny/, 23.2.2017)

3.4 Vliv teploty na kvalitu vody

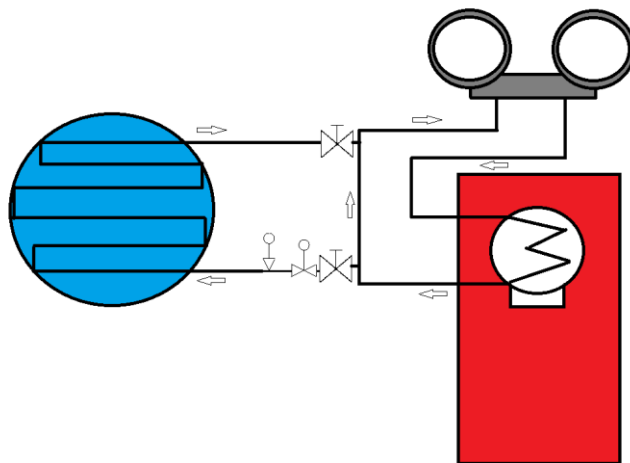
Teplota vody je jedním z hlavních ukazatelů jakosti vody. Významně ovlivňuje chemickou a biochemickou reaktivitu vody. Význam teploty vody spočívá hlavně v tom, že ovlivňuje intenzitu biochemických procesů, a tím i celý proces samočištění. Změnou teploty je také vyvolána změna hustoty vody.

V teplé vodě se ovšem daří i ostatním organismům, což vede ke zvýšení množství potravy pro ryby. Všechny organismy však spotřebovávají kyslík, jehož koncentrace může být v teplé vodě nedostatečná (MUSILOVÁ, 2013).

Teplota vody ovlivňuje rychlost metabolismu a rychlost růstu vodních organismů. S rostoucí teplotou se také zrychluje fotosyntéza roslin a rozpustnost kyslíku ve vodě. Vodní organismy začnou být citlivější na parazity, choroby nebo toxické materiály. Rostliny začnou růst a umírat rychleji a zanechají ve vodě zbytky, které potřebují kyslík. Proto se může v teplejších vodách objevit problém s nedostatkem kyslíku (<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/fenlewis/Waterquality.html>, 17.1.2017).

3.5 Teoretická alternativa

Jako teoretická varianta přichází v úvahu využití vodního sloupce a tlaku v terciálním okruhu a vytápěcí okruh rybníka napojíme přímo na chladicí okruh. Tato varianta eliminuje provozní náklady a investiční náklady jsou také mnohonásobně nižší. Schéma provedení je znázorněn na následujícím obrázku č.10.



Obrázek č.10- Schéma alternativní varianty (vlastní obrázek)

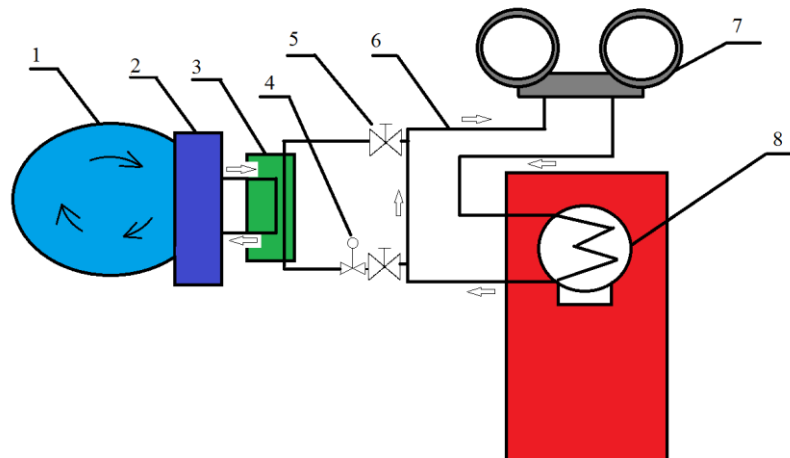
System by pracoval na principu podlahového topení. Trubky natažené na dně rybníka by předávaly teplo vodě v rybníce. Snímače teploty v rybníce by byly napojeny na řídicí systém, který by pomocí regulačních ventilů ovládal průtok z terciálního okruhu podle potřeby. Dále by byl systém vybaven měřiči množství průtoku vody na vstupu a výstupu z vytápěcího okruhu. Pokud by snímač na výstupu naměřil odlišnou hodnotu od snímače na vstupu, znamenalo by to netěsnost okruhu a únik chladicí vody a řídicí systém by okamžitě zavřel regulační ventily na vstupu

do vytápěcího okruhu. I tak by ovšem hrozil únik určitého množství vody, které by v tu chvíli bylo ve vytápěcím okruhu. Jak již bylo zmíněno, tato varianta má výhodu v nízkých investičních nákladech a takřka nulových provozních nákladech. Toto řešení je ovšem nerealizovatelné z důvodu bezpečnosti. Není totiž možné, aby chladicí voda terciálního okruhu byla vyváděna pryč z areálu JE Temelín.

3.6 Navržený projekt

V předchozí kapitole již bylo řečeno, že není možné, aby chladicí voda opustila areál Jaderné elektrárny Temelín. Odpadní voda tedy musí předat svůj tepelný potenciál vodě v rybníku pomocí jiného zařízení. Kvůli malému teplotnímu spádu není vhodné využívat tepelného výměníku. Proto bude použito tepelné čerpadlo. Výstupní voda bude předávat tepelnou energii vodě v rybníku.

Výměna tepla mezi výstupní vodou z tepelných čerpadel a vodou v rybníku bude probíhat pomocí deskových tepelných výměníků, které budou součástí výměňkové stanice. Pro výměnu tepla budou sloužit čtyři výměníky ARES A4Sx249 od společnosti SWEP. Cirkulaci vody a dopravu vody do výměníků budou zajišťovat oběhová elektronicky řízená čerpadla DAB s maximálním pracovním tlakem 1000 kPa. Schéma celého pracovního oběhu je znázorněno na obr. č. 11.



Obrázek č.11- Schéma pracovního oběhu (vlastní obrázek), 1- rybník, 2- výměňková stanice, 3- stanice s tepelnými čerpadly, 4- regulační ventil, 5- uzavírací ventil, 6- potrubí terciálního chladicího okruhu, 7- chladicí věže, 8- kondenzátor

Celý systém bude pracovat plně automatizovaně. Teplotní čidla v rybníku budou snímat teplotu vody řídicímu systému, který bude podle potřeby zapínat nebo vypínat tepelná čerpadla a otevírat či zavírat regulační ventily, které budou pouštět odpadní vodu k tepelným čerpadlům.

3.6.1 Stanovení tepelné bilance uvažovaného rybníka

Výpočet tepelné bilance rybníka a potřeby tepla je důležitý pro posouzení realizovatelnosti celého projektu. Tepelná bilance závisí na mnoha vnějších faktorech, jako je orientace vodní hladiny ke světovým stranám, nadmořská výška, teplota, doba slunečního svitu aj. Tepelná ztráta rybníku je počítána pro nejnepříznivější případ, kdy je teplota vody v sádce 24 °C a venkovní teplota -15 °C. V tabulce č. 3 jsou znázorněny hodnoty potřebné k výpočtu.

Tepelnou ztrátu sádky vypočítáme z následujícího vzorce (MATUŠKA,2009):

$$Q_{p,z} = \frac{m}{1000} \tau_p [\beta_p A_b (p''_{v(tw,p)} - p_{v(tes)}) \frac{lw}{3600} + \alpha_i A_b (t_{w,p} - t_{es}) + \frac{m}{1000} (24 - \tau_p) \beta_n A_b (p''_{v(tw,n)} - p_{v(ten)}) \frac{l_w}{3600} + \alpha_e A_b (t_{w,n} - t_{en}) - 0,85 \cdot m \cdot H_{den} \cdot A_b]$$

Symbol	Popis veličiny	Jednotka	Použitá hodnota
m	počet dní v měsíci	den	31
τ_p	denní provozní doba vyhřívání nádrže	hodina	24
β_p	součinitel přenosu hmoty pro venkovní vodní plochy v době provozu	$kg \cdot h^{-1} \cdot m^2 \cdot Pa$	$2,9 \cdot 10^{-4}$
β_n	součinitel přenosu hmoty pro venkovní vodní plochy mimo dobu provozu	$kg \cdot h^{-1} \cdot m^2 \cdot Pa$	0
A_b	plocha vodní hladiny vodní nádrže	m^2	10 000
$t_{w,p}$	požadovaná teplota v době provozu	$^{\circ}C$	24
$t_{w,n}$	požadovaná teplota mimo provoz bazénu	$^{\circ}C$	24
t_{es}	střední teplota venkovního vzduchu v době slunečního svitu (den)	$^{\circ}C$	-5
t_e	střední teplota venkovního vzduchu v době mimo slunečního svitu (noc)	$^{\circ}C$	-15
$p_{v(tw,n)}$	tlak syté vodní páry v blízkosti hladiny vodní plochy při teplotě vzduchu rovné teplotě vody v nádrži, při nezakryvané vodní hladině $p_{v(tw,n)} = p_{v(tw,p)}$	Pa	2980,9
$p_{v(tes)}$	tlak vodní páry v okolním vzduchu při venkovní teplotě a vlhkosti v příslušné části dne	Pa	95
l_w	výparné teplo vody	$J \cdot kg^{-1}$	$2,5 \cdot 10^6$
a_i	součinitel přestupu tepla mezi okolním prostředím a hladinou bazénu	$W \cdot m^{-2} \cdot K$	15
H_{den}	energie slunečního záření dopadající na volnou hladinu bazénu	$kWh \cdot m^{-2} \cdot den$	0,81

Tabulka č.3- Hodnoty potřebné pro výpočet tepelné bilance (MATUŠKA,2009)

Tlak syté vodní páry v blízkosti hladiny bazénu při teplotě vzduchu rovné teplotě bazénové vody t_w se vypočítá vzorcem (MATUŠKA,2009):

$$p_v'' = \exp\left(23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + 24}\right) = 2980,9$$

Parciální tlak vodní páry ve vzduchu se stanoví z relativní vlhkosti a tlaku syté vodní páry při příslušné teplotě vzduchu (MATUŠKA,2009):

$$p_v = \phi p_v'' = 210$$

Po dosazení do vzorce získáme:

$$\begin{aligned} Q_{p,z} &= \frac{31}{1000} \cdot 24 \left[2,9 \cdot 10^{-4} \cdot 10000 (2980,9 - 210) \frac{2,5 \cdot 10^6}{3600} \right. \\ &\quad \left. + 15 \cdot 10000 (24 + 5) \right] \\ &\quad + \frac{31}{1000} (24 - 24) \left[2,9 \cdot 10^{-4} \cdot 10000 (2980,9 - 95) \frac{2,5 \cdot 10^6}{3600} \right. \\ &\quad \left. + 15 \cdot 10000 (24 + 15) \right] - 0,85 \cdot 31 \cdot 0,81 \cdot 10000 \\ &= \mathbf{7\ 174\ 697\ kWh \cdot m\check{s}^{-1}} \end{aligned}$$

Množství tepla potřebné k vytápění je tedy 7 174 679 kWh za měsíc, a to se rovná tepelné ztrátě 9 964 kW.

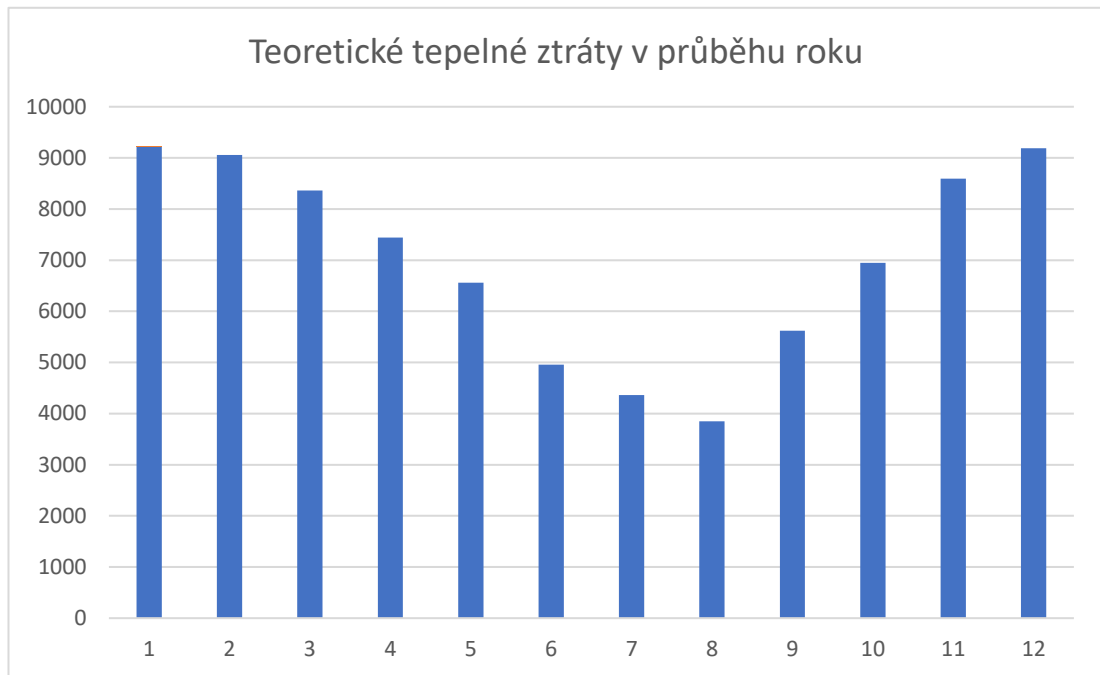
3.6.2 Návrh tepelného čerpadla

V tabulce č.4 jsou uvedeny teoretické průměrné teploty a tepelné ztráty v dané oblasti. Teploty byly získány z webu (<http://www.in-pocasi.cz/archiv/stanice.php?stanice=temelin> 30.10.2016).

Měsíc	Průměrná teplota vzduchu [°C]	Průměrná teplota vzduchu v době slunečního svitu [°C]	Potřeba tepla za měsíc Q_{pz} [kWh]	Tepelná ztráta [kW]
1.	-1,3	1	6 639 612	9 221
2.	-0,1	0,5	6 522 923	9 059
3.	3,6	2	6 019 594	8 360
4.	8,4	5	5 358 023	7 441
5.	13,2	5	4 724 321	6 561
6.	16,3	16	3 570 879	4 959
7.	18,4	16	3 140 475	4 361
8.	18,2	20	2 773 228	3 851
9.	13,3	13	4 048 139	5 622
10.	8,3	10	5 004 458	6 950
11.	3,3	-2	6 185 646	8 591
12.	-0,5	-1	6 617 757	9 191

Tabulka č.4- Teploty a tepelné ztráty v průběhu roku, zdroj: <http://www.in-pocasi.cz/archiv/stanice.php?stanice=temelin>, 30.10.2016)

V následujícím grafu č.1 vidíme změnu tepelných ztrát v průběhu roku.



Graf č.1- Teoretické teplotní ztráty vody v průběhu roku, zdroj: <http://www.in-pocasi.cz/archiv/stanice.php?stanice=temelin>, 30.10.2016)

Vzhledem k tomu, že nedokážeme s jistotou předpovídat počasí pro daný rok, budeme navrhovat tepelné čerpadlo na hodnotu tepelné ztráty 9964 kW výpočtové teplotě -15° C.

Kvůli menšímu teplotnímu spádu je vhodné odpadní vodu transformovat na vyšší teplotní stupeň pomocí tepelného čerpadla. Tepelné čerpadlo odpadní vodu ochladí na 18 °C a výstupní vodu ohřeje na 55 °C. Tepelná čerpadla se budou nacházet ve stanici tepelných čerpadel u potrubí terciálního okruhu. Odtud bude ohřátá voda dopravována pomocí plastového potrubí do výměňkové stanice u rybníka. Nyní se pokusíme navrhnout TČ a zjistit potřebný průtok.

Množství tepla předaného médiu v odpadní vodě lze vypočítat dle následujícího vzorce (KUNEŠ,2010).

$$Q = \frac{m \cdot c \cdot \Delta t}{3600}$$

kde m je objemový průtok vody (m³.hod⁻¹), c představuje měrnou tepelnou kapacitu vody (4180 J.kg⁻¹.K⁻¹) a Δt určuje rozdíl teplot na vstupu a výstupu z tepelného čerpadla. Po dosazení získáme:

$$Q = \frac{791 \cdot 4180,9}{3600},$$

tj. $Q = 8265,95 \text{ kW}$

Dále vypočítáme topný faktor tepelného čerpadla TF:

$$TF = (0,5) \frac{T_{OUT}}{T_{OUT} - T_{IN}}$$

kde T_{OUT} je teplota vody vystupující z tepelného čerpadla (K) a T_{IN} vyjadřuje teplotu vody, která vstupuje do tepelného čerpadla (K). Po dosazení získáme:

$$TF = \frac{(273+55)}{(273+55) - (273+27)}$$

$$TF = 5,85$$

Dále můžeme vypočítat elektrický příkon čerpadla (kW):

$$P_k = \frac{Q}{(TF-1)}$$

$$P_k = \frac{8265,95}{(5,85-1)} = 1704,3 \text{ kW}$$

Celkový výkon tepelného čerpadla získáme ze vztahu

$$P_{T\check{c}} = Q + P_k = 9970 \text{ kW}.$$

Z předchozích výpočtů plyne, že tepelné čerpadlo musí dosáhnout výkonu 9964 kW. Jelikož se tak velké tepelné čerpadlo nevyrábí, problém lze vyřešit zapojením 6 kaskád tepelných čerpadel s nadřazenou regulací o výkonu 1600 kW za sebe. Rozdělení do 6 nezávislých kaskád má výhodu např. v letních měsících, kdy je potřeba tepla menší a jednotlivé kaskády se mohou odstavit podle potřeby. Pro bezproblémový chod musí být zajištěn průtok odpadní vody z jaderné elektrárny alespoň $791 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ (KUNEŠ, 2010).

3.6.3 Návrh přívodního potrubí

Přívodní potrubí musí zajistit dodávku nízko-potencionální odpadní vody z JE Temelín do výměňkové stanice, kde ji tepelné čerpadlo ochladí a voda se bude vracet zpět do okruhu elektrárny. Jak již víme, v potrubí bude průtok $791 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$. Průměr potrubí (m) vypočteme následovně dle vztahu (KUNEŠ,2010):

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \rho \cdot c}}$$

kde M je hmotnostní průtok kapaliny ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$), ρ je hustota vody ($1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$), c je rychlost protékající kapaliny (volíme $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Po dosazení do vzorce vychází:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 220}{3,14 \cdot 1000 \cdot 20}} = 0,118 \text{ m}$$

Nejbližší normalizovaný průměr plastových trubek je 125 mm. Budou použity trubky plastové z důvodu menších tepelných ztrát na cestě k výměňkové stanici. Výměňková stanice bude vzdálena přibližně 300 m od chladicích věží jaderné elektrárny Temelín.

3.6.4 Bezpečnostní otázky

Hlavní otázka bezpečnosti je oddělení vody rybníka od chladicí vody terciálního okruhu jaderné elektrárny. To bude zajištěno pomocí výměňkové stanice mezi rybníkem a JE Temelín. Dále musí být potrubí přítoku a odtoku vybaveno měřiči množství průtoku. Při rozdílu v množství přiváděné a odváděné vody se musí celý systém neprodleně vypnout, neboť nesmí dojít k úniku chladicí vody z areálu JE Temelín.

Z důvodu odstávek jednotlivých bloků, nebo nějaké nepředvídatelné situace se může stát, že bude pozastavena nebo omezena dodávka tepla do rybníkové soustavy. Zejména v zimě, při nízkých teplotách dojde k vychladnutí vody v rybníku poměrně rychle, a to může mít fatální následky na obsádku rybníka. Proto je nutné zabezpečit záložní zdroj tepla, který v případě výpadku nahradí nutnou tepelnou dodávku. Jako tento zdroj byly zvoleny kotle EGV, ve kterých je možné spalovat hnědé a černé uhlí, antracit, pelety, agropelety nebo průmyslové pelety. Výkon těchto kotlů je vysoký, proto by v době, kdy nejsou potřeba k vytápění rybníka, mohly sloužit k vytápění budov JE Temelín nebo budov v jedné z okolních vesnic.

Pro správnou funkci tepelných čerpadel musí být zajištěn průtok $791 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ nízko-potencionální odpadní vody. Celý proces vyhřívání bude probíhat plně automaticky s vlastním varovným systémem. Zaměstnanec bude vyžadován pouze na občasnou kontrolu výměňkové stanice, popř. krmení obsádky rybníka. Veškeré osoby s přístupem k rybníku a do výměňkové stanice musí být seznámeny

s bezpečností práce a pro obsluhu rybníka a výměňkové stanice musí být kvalifikováni. Všechny volně přístupná horká potrubí budou z důvodu snížení tepelných ztrát izolována.

3.6.5 Ekonomické zhodnocení

V této kapitole se zaměříme na ekonomické zhodnocení celého projektu. Zhodnoceny byly jak náklady spojené s výstavbou, tak provozní roční náklady. Vyhřívání rybníku, který by byl vybudován nedaleko JE Temelín by probíhalo pomocí šesti kaskád tepelných čerpadel IVT GEO, které ochladí chladicí vodu terciálního okruhu, transformují teplo na vyšší teplotní stupeň a pomocí výměníků bude toto teplo předáváno vodě v rybníku. (HRONOVÁ, 2014) ve své práci uvádí, že přibližná cena na výstavbu 1 ha rybníka je 1,93 mil. Kč. Tepelná čerpadla budou umístěna ve výměňkové stanici (70 m²) na hrázi rybníka, přibližně 300 metrů od chladicích věží elektrárny. Jako záložní zdroj bude použito 17 kotlů EGV na pelety, agropelety, popř. uhlí, každý o výkonu 600 kW. Doplnění vody do rybníka bude zajištěno stejně, jako je zajištěné doplnění vody to terciálního chladicího okruhu elektrárny, tedy z Hněvkovického vodního díla pomocí čerpadel a potřebná voda bude odebírána až na území elektrárny. Cirkulaci vody v rybníce a přestup vody přes výměníky tepla bude zajišťovat 5 řízených oběhových čerpadel DAB. Investiční náklady jsou uvedeny v tabulce č.5

Položka	Cena [Kč]
Soustava tepelných čerpadel	77 400 000
Kotle	17 000 000
Potrubí	190 000
Výměníky	750 000
Oběhová čerpadla	250 000
Výstavba rybníka	1 930 000
Stavba výměňkové stanice	1 100 000
Celková částka	98 620 000

Tabulka č.5- Investiční náklady

Provozní náklady

Do ročních provozních nákladů byly zahrnuty náklady na elektřinu pro pohon tepelných čerpadel a ostatních elektrických zařízení, krmivo, léky a položky nezbytné pro chov ryb. Pro pokrytí tepelných ztrát musí tepelná čerpadla za rok vyprodukovat 58 109 123 kWh elektrické energie. Při topném faktoru 5,85 spotřebují tepelná čerpadla 9 933 MWh elektrické energie. (KUNEŠ, 2010) stanovil ve své práci cenu 1 MWh na 800 Kč. To znamená, že náklady na provoz tepelných čerpadel budou 7 946 400 Kč. Tato hodnota je ovšem závislá na počasí daný rok. V případě horkého léta a slabé zimy se náklady sníží. Další provozní náklady budou na platy zaměstnanců. Jako obsluha stačí jedna osoba, která bude zajišťovat krmení ryb, kontrolu jejich zdravotního stavu, okysličení vody atd. Při platu 13 000 Kč za měsíc vychází roční plat zaměstnance na 156 000 Kč. S povinnými zákonnými odvody za zaměstnance se tato částka zvýší na 210 000 Kč. Provozní náklady jsou uvedeny v tabulce č.6.

Položka	Cena [Kč]
Náklady na elektřinu	7 946 400
Krmná směs, léky	2 000 000
Plat zaměstnance + povinné odvody	210 000
Celková částka	10 102 400

Tabulka č.6- Provozní náklady

3.6.6 Doba návratnosti

Doba návratnosti závisí na ročním výnosu. Podle (HAKIM, 2010) lze v případě intenzivního chovu kapra obecného použít hustotu obsádky až 25 jedinců na m³. V řešeném případě by byla zavedena menší hustota obsádky a to 4 jedinci na m³ z důvodu prostorové pohody jedinců a menšího stresu. Vzhledem k průměrnému přírůstku kapra obecného ve vyhřívaných nádržích (viz. kapitola 3.3) lze předpokládat, že v ročním cyklu se hmotnost jedince zvýší až na 3 kg. Předpokládaná výtěžnost tedy činí 240 tun kapra obecného ročně. Tržní cena kapra je 70 Kč. kg⁻¹ (<http://www.rybarstvihluboka.cz/produkty/prodej-ryb>, 2.2.2017). Díky tomu vychází roční výnos na 16 800 000 Kč. Po odečtení ročních provozních nákladů se dostáváme na 6 697 600 Kč čistého zisku. Doba návratnosti tedy činí 14,7 roku.

Diskuze

Praktická část bakalářské práce se zabývá využitím nízko-potencionálního odpadního tepla vznikajícího v jaderné elektrárně Temelín pro chov ryb. Ve této práci byl uvažován modelový rybník o rozloze 1 hektaru a hloubce 2 metry. Jako obsádka rybníka byl zvolen kapr obecný.

Jelikož není možné vyvádět chladicí vodu terciálního okruhu pryč z areálu jaderné elektrárny, bude vyhřívání zajištěno tepelnými čerpadly, které ochladí chladicí vodu v terciálním okruhu, transformují jí na vyšší teplotní stupeň a poté bude předají pomocí výměňkové soustavy vodě v rybníku. Rybník o velikosti 1 hektar bude nově vybudován na pozemku Skupiny ČEZ, přibližně 300 metrů od chladicích věží. Jako záložní zdroj budou použity kotle na pelety a uhlí. Investiční náklady celého projektu byly vyčísleny na 98 620 000 Kč. Roční provozní náklady jsou průměrně stanoveny na 10 102 400 Kč v závislosti na atmosférických podmínkách daného roku. Doba návratnosti činí 14,7 roku při roční výtěžnosti 240 tun kapra obecného.

(KUNEŠ,2010), který zpracovával svou diplomovou práci na téma využití nízko-potencionálního odpadního tepla z JE Temelín pro zemědělskou produkci ve své práci došel k závěru, že při investičních nákladech 51 241 580 Kč a ročních nákladech na provoz 5 589 029 Kč bude roční výtěžek 500 tun rajčat na 1 hektar plochy. To znamená zisk z prodeje 12 800 000 Kč a předpokládaná doba návratnosti je 7,1 roku. Ve této práci bylo zjištěno, že předpokládaná doba návratnosti je dvakrát větší, tudíž se zdá, že využití pro zemědělskou produkci je výhodnější.

(ČESKÝ VÝBOR ENERGETICKÉ SPOLEČNOSTI ČSVTS, 1989) uvádí 3 navrhované možnosti využití odpadního tepla z JE Temelín pro chov ryb. První varianta předpokládá halu o rozloze 800-1000 m². Investiční náklady na výstavbu byly vyčísleny na 40 mil. Kčs s návratností 13 let. Druhá varianta, která uvažuje o doplňování vody do Dehtářského potoka z řeky Vltavy, má předpokládané investiční náklady až 550 mil. Kčs, ovšem výtěžnost ryb až 1600 tun ročně, v té době tedy 40 mil. Kčs. Doba návratnosti byla vypočítána na 30 let. Třetí varianta, která počítá s upravením koryta Vltavy má předpokládané investiční náklady 225 mil. Kčs a dobu návratnosti 15-25 let.

V této byla stanovena doba návratnosti 14,7 roku, která je závislá na ročním období. Například při teplém létě, kdy se voda udrží na 24 °C sama jen díky povětrnostním podmínkám bez nutnosti přehřívání tepelnými čerpadly, se mohou provozní náklady snížit. Také lze uvažovat o jiném, exkluzivnějším druhu ryb, které budou ovšem vyžadovat větší péči než kapr obecný.

Závěr

Využití nízko-potencionálního odpadního tepla z jaderné elektrárny Temelín pro chov ryb se jeví jako perspektivní projekt. Celý projekt má vyšší investiční i provozní náklady, než je tomu například u využívání odpadního tepla pro vytápění skleníků. Díky rostoucí poptávce po kapru obecném lze předpokládat, že po navrácení počátečních investic bude předkládaný projekt ekonomicky výhodný.

Navrhovaný projekt je dle mého názoru snáze realizovatelný, než projekty navrhované před výstavbou jaderné elektrárny Temelín z důvodu neustálého rozvoje moderních technologií. Navrhovaná možnost je ovšem jen teoretická a v případě výstavby se musí toto téma detailně prodiskutovat s odborníky v relevantních oborech, kteří případně přinesou návrhy na zlepšení.

Seznam použité literatury

BALÁŠ, Marek, 2009. *Kotle a výměníky tepla*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 9788021439559.

BARUŠ, Vlastimil., Ota. OLIVA a Miriam. BARADLAIOVÁ, 1995. *Mihulovci--Petromyzontes, a ryby--Osteichthyes*. Praha: Academia. ISBN 8020005013.

ČESKÝ VÝBOR ENERGETICKÉ SPOLEČNOSTI ČSVTS a DŮM TECHNIKY ČSVTS ČESKÉ BUDĚJOVICE., 1989. *Využití energií z jaderné elektrárny Temelín*. České Budějovice: Dům techniky ČSVTS. ISBN 8002996976

DOVALIL, Bohumír, 2014. *Chov ryb v akvaponickém systému*. České Budějovice. Bakalářská práce. Jihočeská Univerzita. Vedoucí práce Ing. Jan Mráz, Ph.D.

DUBSKÝ, Karel, Václav ŠRÁMEK a Jan KOUŘIL, 2003. *Obecné rybářství*. Praha: Informatorium. ISBN 8073330199.

ENERGY, Directorate-General, 1988. *Thermal waste recovery at electric power plants in the European Economic Community: demonstration project*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 9282590577.

HAKIM, Abdel, 2010. *INTENSIVE PRODUCTION OF COMMON CARP(Cyprinus carpio .L.) FINGERLINGS REARED IN CONCRETE PONDS*. Cairo. Al - Azhar University, Faculty of Agriculture.

HRONOVÁ, Monika, 2014. *Manažerské hodnocení přípravy výstavby rybníka*. Jindřichův Hradec. Bakalářská práce. Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta managementu v Jindřichově Hradci. Vedoucí práce RNDr. Oldřich Syrovátka.

LELEK, Anton, 2009. *The freshwater fishes of Europe. Vol. 9, Threatened fishes of Europe*. 9. Wiesbaden: AULA-Verlag, 1987. ISBN 9783891040485.

MACHÁČEK, Pavel, 2010. *Tepelné motory pro využívání odpadního tepla*. Brno. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Ing. JAN JEDELSKÝ, Ph.D

MATUŠKA, Tomáš, 2009. *Zjednodušený výpočtový postup energetického hodnocení solárních soustav*. Praha. Metodika. ČVUT v Praze.

MUSILOVÁ, Barbora, 2013. *Hodnocení jakosti vody – soustava rybníků u Velkého Meziříčí*. Brno. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Petra Opletová, Ph.D.

SCHÄPERCLAUS, Wilhelm a Mathias von LUKOWICZ. *Lehrbuch der Teichwirtschaft*. Berlin: Parey Buchverlag, 1998

SCHREIBEROVÁ, Lenka, 2011. *Chemické inženýrství I*. Vyd. 3., rozš. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 9788070807781.

STEFFENS, W. Effects of variation feeds on nutritive in essential fatty acids in fish value of freshwater fish for humans. Berlín 1997, s.97–119

VOBR, Josef, 2012. *Posouzení vlivu výživy kapra obecného (Cyprinus carpio L.) na změnu kvality masa*. České Budějovice. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita. Vedoucí práce Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.

Internetové zdroje:

Atlas ryb [online], [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: (http://www.mrk.cz/r/atlasy/atlas_ryb/maloostni/kaproviti/kapr_obecny/)

FUČÍK, Vladimír, 2010. *Vymezení ÚSES*. České Budějovice. Dostupné také z: http://www.tnv.cz/assets/File.ashx?id_org=17212&id_dokumenty=1013

Historie a současnost, *Cez.cz* [online]. [cit. 2016-09-15]. Dostupné z: Lokalita JE Temelín, *Cez.cz* [online]. [cit. 2016-09-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderne-elektrarny-cez/ete/technologie-a-zabezpeceni/3.html>

KOSINA, Lukáš: Využití odpadního tepla z bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2013-08-05 [cit. 2017-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadniho-tepla-z-bioplynovy-stanice>>. ISSN: 1801-2655.

Odpadní teplo [online], [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/odpad_teplo.html

Oznámení záměru, *C-budejovice.cz* [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: http://www.c-budejovice.cz/cz/rozvoj-mesta/Documents/Pripravujeme_dokumenty/JETE_oznamenizameru.pdf

Počasí Temelín, *In-pocasi.cz* [online]. [cit. 2016-10-30]. Dostupné z: <http://www.in-pocasi.cz/archiv/stanice.php?stanice=temelin>

Rybářství hluboká [online], [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: (<http://www.rybarstvihluboka.cz/produkty/prodej-ryb>)

Technologie a zabezpečení, *Čez.cz* [online]. [cit. 2016-09-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderne-elektrarny-cez/ete/technologie-a-zabezpeceni/3.html>

TEPELNÁ ČERPADLA – ENERGIE PROSTŘEDÍ, 2010. *Ekowatt.cz* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: http://ekowatt.cz/upload/8d8404454da8be9d52d9234092c9d457/tepelna_cerpadla_web.pdf

TEPELNÁ ČERPADLA, *Eletur.cz* [online]. Cheb [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: (<https://www.eletur.cz/download/0517/tepelna-cerpadla-prehled.pdf>, "10.4.2017")

Výměníky tepla [online], [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125yatm/prednasky/125yatm-06.pdf>

Water Quality [online], [cit. 2017-01-17]. Dostupné z: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/fenlewis/Waterquality.html>

Zdroje obrázků:

http://www.casopisstavebnictvi.cz/specifikace-tepelnych-cerpadel-pro-vyuziti-v-tzb_A517_I11-12_07, staženo 15.01.2017

<http://www.mapy.cz/>, staženo 20.2.2017

<http://www.tts.cz/cz/boilers/vesko-b.html>, staženo 20.3.2017