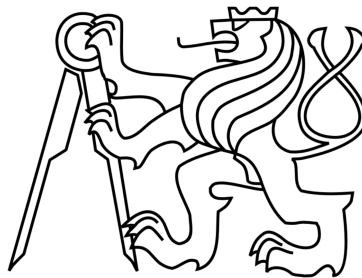


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Varianty řešení rekonstrukce
rozvodných žlabů chladicí věže
Unipetrol Litvínov**

Pavla Reichová

2017

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miloslava Popenková, CSc.

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

V Praze dne 25. 5. 2017

.....

Pavla Reichová

Ráda bych poděkovala paní Ing. Miloslavě Popenkové, CSc. za odborné vedení této bakalářské práce, cenné rady a připomínky pro její úspěšné zpracování.

Dále děkuji paní Ing. Aleně Ulrychové ze společnosti FANS, a.s. za poskytnutí dokumentace k řešené chladicí věži a potřebné informace k napsání bakalářské práce.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Reichová	Jméno: Pavla	Osobní číslo: 424358
Zadávací katedra: Katedra technologie staveb		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Varianty řešení rekonstrukce rozvodných žlabů chladicí věže Unipetrol Litvínov	
Název bakalářské práce anglicky: Variants of solution of water distribution troughs reconstruction at Unipetrol Litvínov cooling tower	
Pokyny pro vypracování: Cílem práce je návrh různých řešení rekonstrukce rozvodných žlabů chladicí věže Unipetrol Litvínov, jejich multikriteriální analýza a zhodnocení. Osnova: Teoretická část: - problematika chladicích věží, princip fungování - popis řešené chladicí věže, rozvodných žlabů Praktická část: - navrhované varianty řešení - multikriteriální analýza dle stanovených hodnotících kritérií Seznam doporučené literatury: MIKYŠKA, Ladislav a ŠEBEK, Jaroslav. Chladicí věže: provoz a údržba. Praha: SNTL, 1989. Knižnice technických aktualit. HILL, G. B., PRING, E. J. a OSBORN, Peter D. Cooling towers: Principles and practice. 3. ed. London: Butterworth-Heinemann, 1990. ŠAPOŠNIKOV, Vsevolod Vladimirovič, POSSELT, Ivo a POMAJZL, František. Atmosférické chladiče a chladicí věže. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1977.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Miloslava Popenková, CSc.	
Datum zadání bakalářské práce: 23. 2. 2017	Termín odevzdání bakalářské práce: 28. 5. 2017 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

Anotace:

Autor se v bakalářské práci „Varianty řešení rekonstrukce rozvodných žlabů chladicí věže Unipetrol Litvínov“ zabývá problematikou rekonstrukce rozvodných žlabů mokré chladicí věže s přirozeným tahem. Teoretická část práce je věnována současnému stavu v oboru chladicích věží a principu jejich fungování. V praktické části autor popisuje konstrukci chladicí věže Unipetrol Litvínov a v práci navrhuje možné varianty řešení požadované rekonstrukce rozvodných žlabů této chladicí věže. Navržené varianty autor v bakalářské práci vyhodnocuje dle vybraných kritérií a nejvhodnější variantu porovnává s požadavkem investora.

Klíčová slova:

Chladicí věže s přirozeným tahem, Iterson, mokré chlazení, rozvodné žlaby, multikriteriální analýza.

Annotation:

The author of the bachelor thesis 'Variants of solution of water distribution troughs reconstruction at Unipetrol Litvínov cooling tower' focuses on the issue of the water distribution troughs reconstruction at the natural draft wet cooling tower. The theoretical part of the work focuses on the current situation in the cooling towers sector and on the description of their working principle. In the practical part, the author describes the construction of Unipetrol Litvínov cooling tower and suggests the possible variants of the solution of the water distribution troughs reconstruction. In the thesis work, the author evaluates designed solutions according to the selected criteria and compares the most suitable variant with the investor's request.

Keywords:

Natural draft cooling towers, Iterson, wet cooling system, water distribution troughs, multi-criteria analysis.

ÚVOD	9
1. TEORETICKÁ ČÁST	11
1.1. PROBLEMATIKA CHLADICÍCH VĚŽÍ A PRINCIP FUNGOVÁNÍ	11
1.1.1. Sdílení tepla	11
1.1.2. Rozdělení chladicích věží.....	11
1.1.2.1. Mokrý chlazení	12
a) Chladicí věže s přirozeným prouděním vzduchu	13
b) Chladicí věže s nuceným prouděním vzduchu	14
1.1.2.2. Suché chlazení	15
1.1.2.3. Hybridní chlazení	16
1.2. KOMPONENTY MOKRÝCH CHLADICÍCH VĚŽÍ S PŘIROZENÝM TAHEM.....	18
1.2.1. Rozvod vody	18
1.2.2. Chladicí výplně.....	19
1.2.3. Eliminátory	20
2. PRAKTICKÁ ČÁST	21
2.1. POPIS ŘEŠENÉ CHLADICÍ VĚŽE.....	21
2.1.1. Plášť věže	22
2.1.2. Vnitřní nosná konstrukce.....	22
2.1.3. Rozvod vody	23
2.1.4. Chladicí výplně.....	24
2.1.5. Eliminátory	24
2.2. STAVEBNÍ PŘIPRAVENOST	25
2.3. NAVRHOVANÉ VARIANTY ŘEŠENÍ.....	26
2.3.1. Prefabrikované žlaby.....	26
2.3.1.1. Popis řešení.....	27
2.3.2. Monolitické žlaby	28
2.3.2.1. Popis řešení.....	28
2.3.2.2. Realizace	32

2.3.2.3.	Kalkulace	34
2.3.2.4.	Doba realizace	37
2.3.3.	Sklolaminátové žlaby	37
2.3.3.1.	Popis řešení	37
2.3.3.2.	Realizace	38
2.3.3.3.	Kalkulace	39
2.3.3.4.	Doba realizace	41
2.3.4.	Sanace stávajících žlabů	42
2.3.4.1.	Popis řešení	42
2.3.4.2.	Realizace	43
2.3.4.3.	Kalkulace	45
2.3.4.4.	Doba realizace	46
2.4.	MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA	47
2.4.1.	Identifikace variant a stanovených kritérií	47
2.4.2.	Stanovení vah kritérií a jejich normalizace	47
2.4.3.	Výpočet ohodnocení variant metodou TOPSIS	48
2.4.4.	Vyhodnocení multikriteriální analýzy	51
2.4.5.	Porovnání vyhodnocení s požadavkem investora	52
ZÁVĚR		53
POUŽITÁ LITERATURA		55
INTERNETOVÉ PODKLADY		55
LEGISLATIVA		56
NORMY		56
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ		57
SEZNAM TABULEK		57
SEZNAM PŘÍLOH		59

ÚVOD

Bakalářská práce s názvem „Varianty řešení rekonstrukce rozvodných žlabů chladicí věže Unipetrol Litvínov“ se zabývá problematikou výběru nejvhodnější varianty rekonstrukce 12 rozvodných železobetonových žlabů, které jsou součástí distribučního systému vody v chladicí věži typu Iterson.

Předmětná věž patří mezi mokré chladicí věže s přirozeným tahem, kde rozvodné žlaby zajišťují distribuci vody, která má být ve věži ochlazená. Voda je těmito žlaby ze středového stoupacího kanálu rozváděna přes pracovní PVC potrubí do trysek, které rozstříkují teplou vodu na chladicí výplně, které se nacházejí pod rozvodnými žlaby. V chladicích výplních poté prouděním vzduchu vzhůru dochází k ochlazení vody.

Investorem Unipetrol RPA, s.r.o. byla vypsána nabídková veřejná soutěž na rekonstrukci celé chladicí věže č. 233, typu Iterson 100 m, st. 3335, chladicího okruhu starého závodu Chemparku v Záluží s cílem prodloužení životnosti stávajících železobetonových konstrukcí a intenzifikace chladicího účinku a hydraulického zatížení. Jedná se o rekonstrukci šikmých stojek, kompletní sanaci pláště spolu s ochozem a rekonstrukci vestavby včetně výměny poškozených betonových prvků vestavby, mezi které patří i železobetonové rozlivné žlaby.

Tato práce je zaměřena na řešení jednoho z požadavků, a to na rekonstrukci rozvodných žlabů. Zadavatel požaduje, aby rozvodné žlaby byly kompletně vyměněny za nové. Tento postup celkového odstranění stávajících žlabů a zhotovení nových se dle získaných informací od odborníků z oblasti chlazení dříve v České republice nikdy neprováděl z důvodu náročnosti realizace a stísněnosti manipulačního prostoru uvnitř chladicí věže. Ve většině případů se rekonstrukce žlabů řeší sanačními technikami, které jsou v dnešní době na velmi vyspělé úrovni.

Předmětem této práce je navrhnout několik variant řešení rekonstrukce železobetonových rozvodných žlabů a zaměřit se na postup realizace těchto variant. I přes požadavek investora na celkovou výměnu žlabů, je mezi popisované varianty řešení zahrnuta také sanace, která požadavkům této konkrétní veřejné nabídkové soutěže neodpovídá, avšak

při rekonstrukcích chladicích věží je nejpoužívanější metodou.

Cílem bakalářské práce je multikriteriální porovnání navrhovaných variant řešení rekonstrukce rozvodných žlabů v chladicí věži Unipetrol Litvínov. Pro toto zhodnocení je využita metoda TOPSIS (*Šubrt, 2015*) s ohledem na vybraná kritéria, mezi která patří cena realizace, doba, po kterou bude prováděna rekonstrukce jednoho žlabu, náročnost provedení a pravděpodobnost narušení dalších konstrukcí při realizaci.

Výstupem práce je zvolení nejvhodnějšího řešení a porovnání s požadavkem investora.

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1. PROBLEMATIKA CHLADICÍCH VĚŽÍ A PRINCIP FUNGOVÁNÍ

Veškerá výrobní činnost je spojená se vzájemnou přeměnou různých forem energie. Tyto procesy obecně neprobíhají se stoprocentní účinností. Pro zachování kontinuity výrobního procesu nebo procesu přeměny v případě tepelné energie, je nutné určitý podíl tepelné energie plynule odvádět. V případě, že se jedná o energii, kterou již nelze vhodným způsobem využít, označujeme ji jako nízkopotenciální a teplo se hodnotí jako odpadní (*Mikyška, Šebek, 1989*). K odvádění tohoto tepla se využívají speciální zařízení, nazývaná jako výměníky tepla.

Jedná se o strojní zařízení určená k předávání tepla mezi dvěma látkami (tělesy) s různou teplotou. V podstatě jde o otopná tělesa, chladiče, kondenzátory apod.

1.1.1. Sdílení tepla

Ke sdílení tepla dochází všude, kde se teplo vyskytuje. Teplo se v prostoru šíří přechodem z těles teplejších na tělesa studenější. Sdílení tepla může probíhat vedením (kondukcí), sáláním (radiací) nebo prouděním (konvekcí). Teplo může přecházet jedním z těchto způsobů samostatně, nebo více způsoby zároveň (*Šapošnikov, Posselt, Pomajzl, 1977*).

Pro ohřívání a chlazení tekutin se v technické praxi používají výměníky upravené pro protiproud nebo sou proud. Směr proudění látek je tedy opačný nebo shodný. Dle teoretických předpokladů, ale i praktických zkušeností, je výhodnější využití protiproudu.

1.1.2. Rozdělení chladicích věží

Nejrozšířenějším způsobem chlazení průmyslových vod je tzv. chlazení cirkulační. V principu jde o vodní okruh, ve kterém cirkuluje voda, která je při technologickém výrobním procesu oteplována a v další části okruhu – chladiči – je ochlazována. Po doplnění ztrát, které vznikají odparem, netěsnostmi, únosem apod., je voda okruhem opět vrácena k použití jako voda chladicí (*Šapošnikov, Posselt, Pomajzl, 1977*).

Cirkulační chlazení průmyslových vod se může provádět více způsoby:

- s použitím odpařovacích chladičů, kde dochází k ochlazování vody jejím přímým stykem s atmosférickým vzduchem a částečným odpařováním, tj. *mokrý (výparný) chlazení*,
- s použitím povrchových chladičů, kde nedochází k přímému styku ochlazované vody se vzduchem - oteplená voda je rozváděna do soustavy žebrovaných těles, na jejichž povrchu je teplo odebíráno a odváděno do proudícího vzduchu, tj. *suché chlazení* (Šapošnikov, Posselt, Pomajzl, 1977),
- kombinací obou výše zmíněných způsobů – mokrého a suchého chlazení, tj. *hybridní chlazení*.

1.1.2.1. Mokrý chlazení

Principem mokrého chlazení je přenos tepla a hmoty při vzájemném styku oteplené vody a chladícího vzduchu. Vzduch v okolní volné atmosféře je vlhký - jedná se o směs suchého vzduchu a vodní páry (Mikyška, Šebek, 1989).

Podstatným kvalitativním ukazatelem v oblasti chlazení je vlhkost vzduchu, která ovlivňuje, mimo jiné parametry, také hustotu a tepelný obsah neboli entalpii. Vlhkost vzduchu lze vyjádřit různými způsoby dle toho, jakých veličin je k tomuto vyjádření použito. V oblasti chlazení se používají pojmy absolutní a relativní vlhkost (Mikyška, Šebek, 1989).

Pojem *absolutní vlhkost* vyjadřuje hmotnost vodní páry obsažené v 1 m³ vzduchu. Její rozměr je kg.m⁻³ a představuje hustotu vodní páry (Mikyška, Šebek, 1989).

Dalším způsobem vyjádření je *relativní vlhkost*, která udává poměr parciálního tlaku vodní páry ve vzduchu k tlaku syté páry při dané teplotě vzduchu (Mikyška, Šebek, 1989). Jde vlastně o míru nasycení vzduchu vodní parou.

Entalpie (vnitřní energie) vlhkého vzduchu je tvořena entalpiemi jeho hlavních složek, tj. entalpiemi suchého vzduchu a entalpií vodní páry

(Mikyška, Šebek, 1989). Vypočítané hodnoty jsou uvedené v diagramech pro vlhký vzduch nebo v tabulkách vlastností vlhkého vzduchu. Vnitřní energie látky souvisí s její teplotou. Ochlazování vede k ubývání vnitřní energie, a naopak ohřívání vede k vzrůstu vnitřní energie. Entalpie látky je tedy závislá na její absolutní teplotě a u plynů musí být zohledněn i tlak.

U mokrého chlazení rozlišujeme dva hlavní typy chladičů:

- chladiče s přirozeným prouděním vzduchu – *chladicí věže s přirozeným tahem*,
- chladiče s nuceným prouděním vzduchu – *ventilátorové chladicí věže a malé chladiče - mikrověže (Šapošnikov, Posselt, Pomajzl, 1977)*.

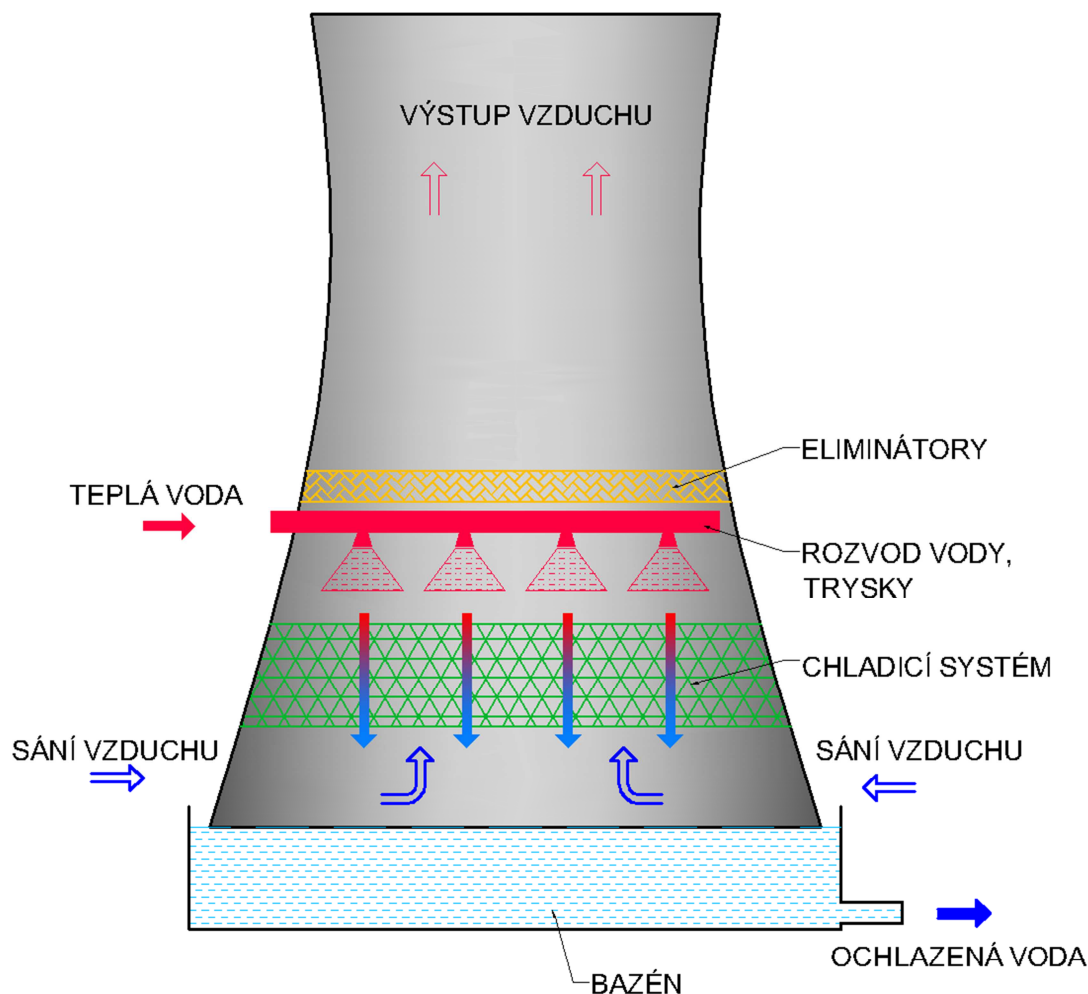
a) Chladicí věže s přirozeným prouděním vzduchu

U tohoto druhu chladičů je proudění vzduchu chladicí soustavou zabezpečeno tahovým komínem, který umožňuje dostatečnou intenzitu přirozeného proudění vzduchu potřebného pro provoz chladiče (Šapošnikov, Posselt, Pomajzl, 1977). Proudění vzduchu probíhá na základě rozdílu objemových hmotností vstupního (studeného) a výstupního (otepleného) vzduchu.

Chladiče s tahovým komínem jsou převážně konstruovány jako protiproudé. Komínová nadstavba je osazena na podpurné konstrukci, kudy je přiváděn chladicí vzduch.

Vlastní tahové části komína lze dle tvaru a druhu provedení rozlišit na:

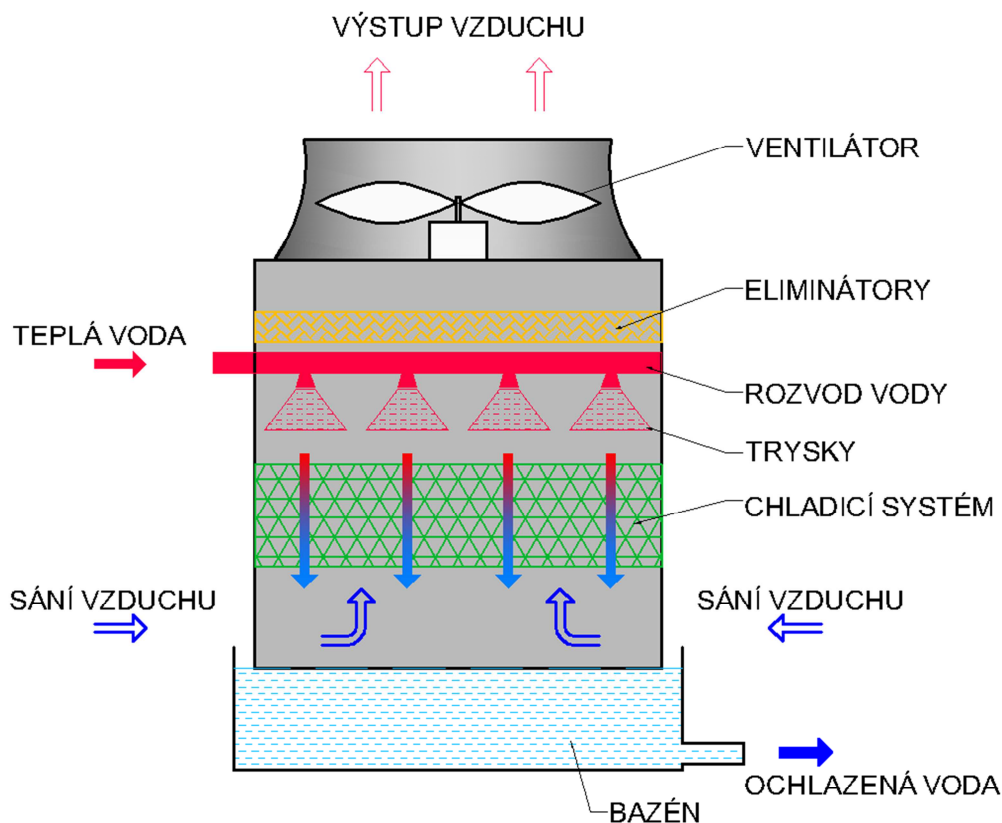
- chladicí věže *dřevěné*,
- chladicí věže *s ocelovou konstrukcí tahového komína*,
- chladicí věže *s železobetonovým tahovým komínem tvaru válce nebo komolého kužele*,
- chladicí věže *s železobetonovým tahovým komínem tvaru rotačního hyperboloidu*, nazývané také jako chladicí věže *typu Iterson (Šapošnikov, Posselt, Pomajzl, 1977)*.



Obr. 1: Schéma mokré chladicí věže s přirozeným tahem (zdroj archiv firmy FANS, a.s.)

b) Chladicí věže s nuceným prouděním vzduchu

Základní charakteristikou chladicích věží s nuceným prouděním vzduchu je nucený oběh zajišťovaný ventilátory, které jsou speciálně konstruovány pro potřeby chladicích věží. V principu je ventilátorová chladicí věž kontaktní výměník tepla mezi teplonosnou látkou (vodou) a chladicí látkou (vzduchem) na teplosměnných plochách chladicího systému. Podle vzájemného směru toku obou látek rozlišujeme konstrukční uspořádání chladicích věží na protiproudé a křížoproudé (Mikyška, Šebek, 1989).



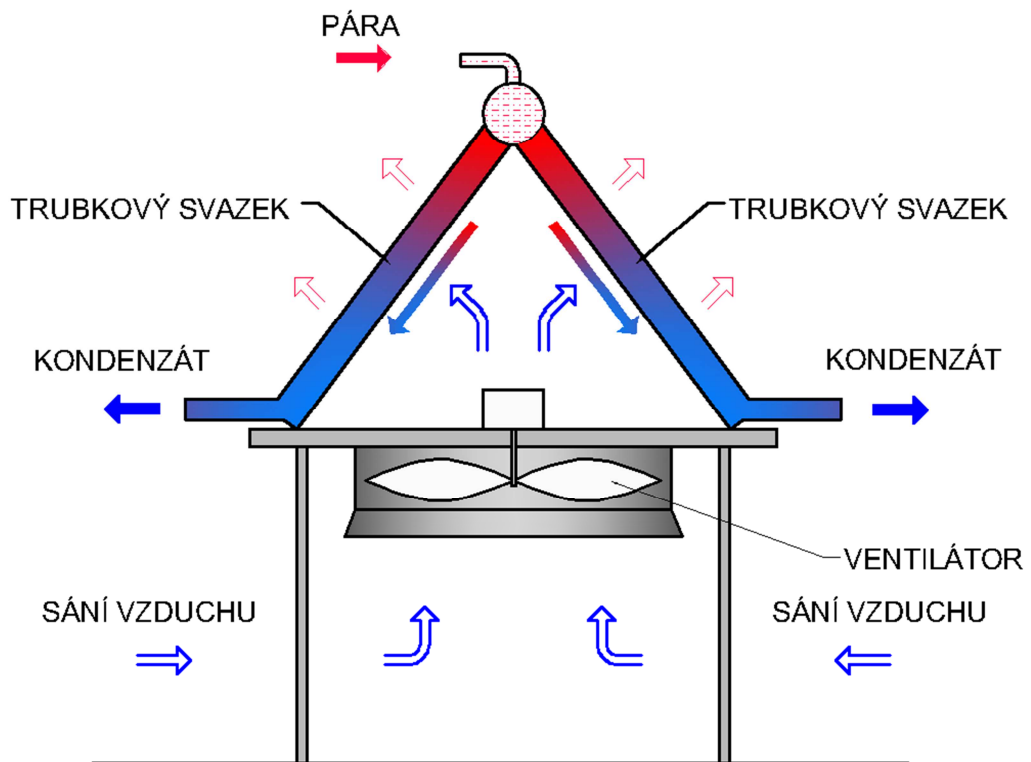
Obr. 2: Schéma mokré protiproudé chladicí věže s nuceným tahem (zdroj archiv firmy FANS, a.s.)

Podle množství chladicí vody cirkulujícího chladičem za jednotku času ventilátorové chladiče dělíme na:

- mikrochladiče výkonnosti do $0,06 \text{ t}\cdot\text{s}^{-1}$ vody ($216 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$),
- střední a velké ventilátorové chladiče výkonnosti od $0,08$ do $0,6 \text{ t}\cdot\text{s}^{-1}$ vody (od 300 do $2\,200 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$) (Mikyška, Šebek, 1989).

1.1.2.2. Suché chlazení

Suché chlazení je upřednostňováno především v místech s omezeným zdrojem vody. Při tomto způsobu chlazení je spotřeba chladicí vody snížena, a to pozitivně působí na životní prostředí. Obdobně jako u mokrého chlazení se k odvádění odpadního tepla do atmosféry využívá okolního vzduchu, ale v tomto případě je výměna tepla zajišťována přes pevnou přepážku, a tak se oteplená voda vůbec nedostane do styku s okolním vzduchem.

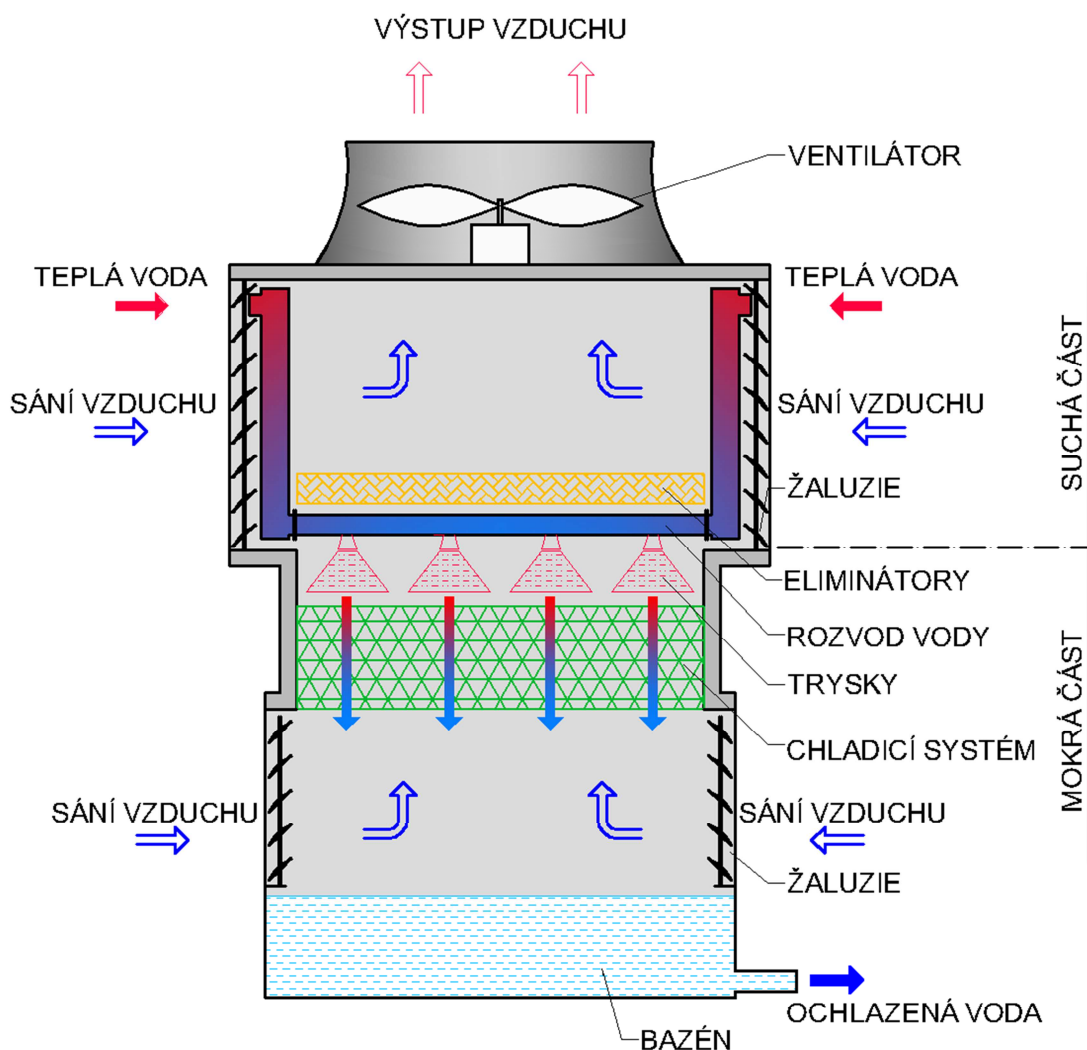


Obr. 3: Schéma suché chladicí věže s nuceným tahem (zdroj archiv firmy FANS, a.s.)

Toto řešení vyžaduje mnohonásobně větší plochu výměníku, aby chladič dosahoval požadovaných parametrů. Toho je dosaženo využíváním např. žebrovaných trubek. S ohledem na specifické vlastnosti vzduchu je potřeba přivádět i větší množství vzduchu. Požadavky jsou ale vyváženy tím, že u suchého chlazení nedochází ke spotřebě vody jejím odpařováním.

1.1.2.3. Hybridní chlazení

Chladicí věže s hybridním způsobem chlazení vhodně kombinují mokré a suché chlazení s příznivým vlivem na životní prostředí. Hybridní chladicí věž funguje na principu mokrého chlazení, avšak je doplněna modulem chlazení suchého. V tomto modulu je oteplená voda ochlazována ještě před vstupem do mokré sekce chladicí věže (*Hybridní chladicí věže*).



Obr. 4: Schéma hybridní chladicí věže s nuceným tahem (zdroj archiv firmy FANS, a.s.)

Hybridní chladicí věže umožňují částečně eliminovat únos páry, která v chladném zimním období může způsobovat námrazu. Redukce parní vlečky je tak pozitivem hlavně v intravilánu měst a v blízkosti komunikací. Teplý vzduch ze suchého chlazení se totiž mísí s nasyceným vzduchem z mokré sekce, a tím dochází k eliminaci parní vlečky. Dalším kladem tohoto typu chlazení je snížená spotřeba vody oproti klasickému mokrému chlazení (Hybridní chladicí věže).

1.2. KOMPONENTY MOKRÝCH CHLADICÍCH VĚŽÍ S PŘIROZENÝM TAHEM

Vzhledem k tomu, že se bakalářská práce zaměřuje na rekonstrukci rozvodných žlabů v mokré chladicí věži s přirozeným tahem, je dále podrobněji pojednáváno jen o tomto typu.

Chladicí komplex uvnitř chladicích věží s přirozeným prouděním vzduchu se skládá z rozvodu vody a trysek na její rozstřík, chladicích výplní a eliminátorů. Každá z uvedených komponent má v celém procesu chlazení svou specifickou funkci.

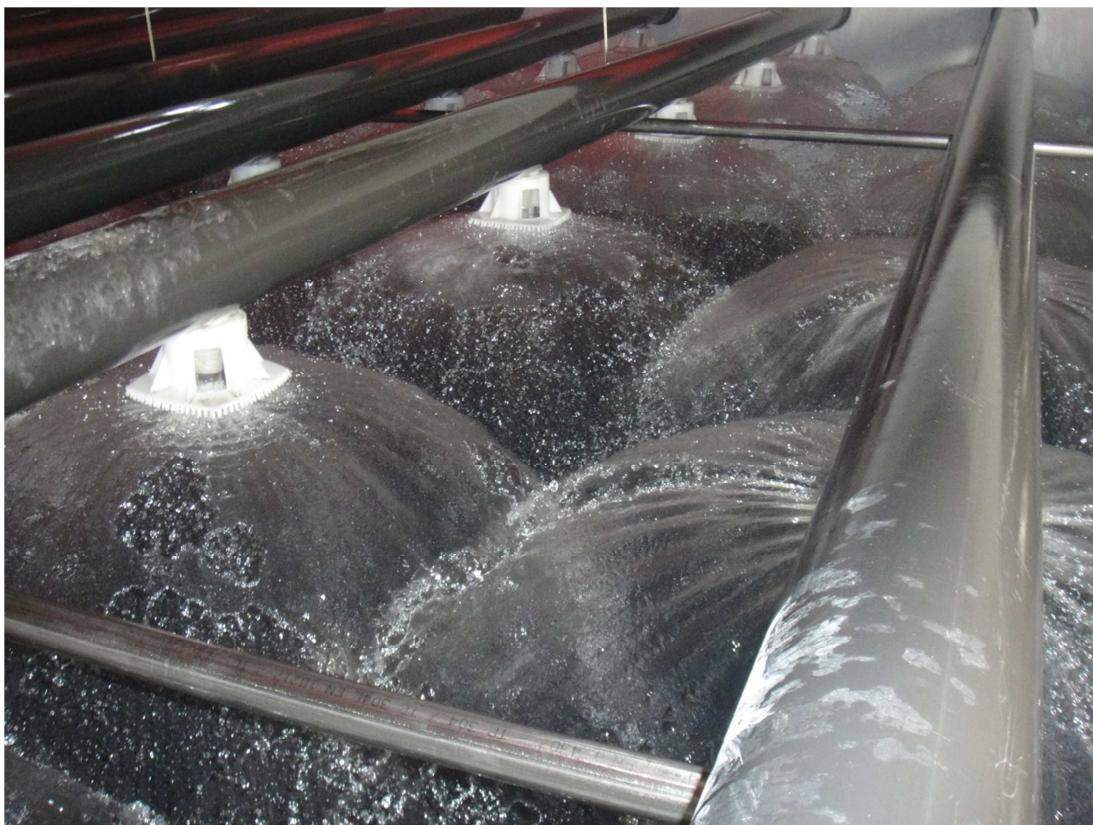
1.2.1. Rozvod vody

Rozvedení vody po půdorysu chladicí věže je zajišťováno rozvodem vody, sestávajícího z hlavního napájecího řadu a rozvodných řadů s rozstříkovacími elementy.

Funkcí hlavního napájecího řadu je rovnoměrné zásobení prvků rozvodného řadu vodou tak, aby následným rozstříkem vody došlo k rovnoměrnému zavodnění chladicí soustavy.

Hlavní napájecí řad u komínových chladicích věží bývá řešený jako otevřený, popř. uzavřený žlab.

Rozvodné řady mohou být trubní nebo žlabové, a podle způsobu jeho uspořádání lze rozlišit ortogonální nebo radiální soustavu (*Mikyška, Šebek, 1989*). V dnešní době jsou ale rozvodné řady převážně řešeny jako trubní z plastových trubek osazených rozstříkovacími tryskami s miskou.



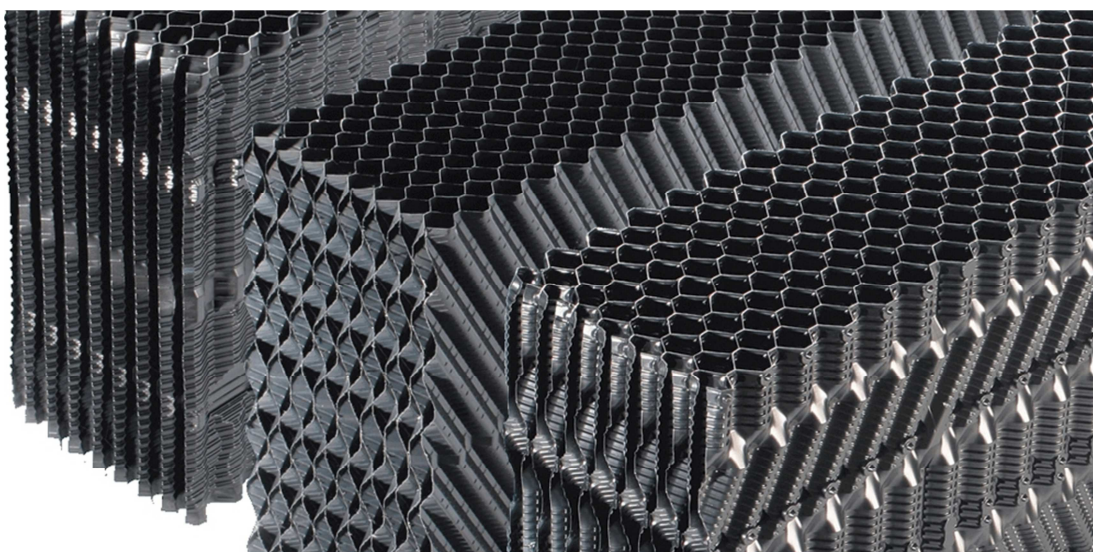
Obr. 5: Rozstřík vody (zdroj archiv firmy FANS, a.s.)

Rozstříkovací trysky jsou nejdůležitější součástí rozvodu vody a musí zajistit rovnoměrnou intenzitu sprchy na chladicí výplně. Projektem mohou být ale stanoveny části chladiče, které mají mít intenzitu sprchy nižší nebo naopak vyšší (*Mikyška, Šebek, 1989*).

1.2.2. Chladicí výplně

Chladicí výplně slouží ke zvětšení teplosměnné plochy, čímž se zvýší účinnost chlazení. Bloky jsou většinou zavěšeny nebo podepřeny trámovými rošty podpůrných konstrukcí chladicího systému. Samotné bloky jsou vyráběny spojováním především PP nebo PVC fólií. Výplně jsou stabilní do teploty dle použitého materiálu fólií (*Chladicí výplně pro chladicí věže*).

Dle různé kvality vody se používají chladicí výplně typu film nebo typu splash (*Chladicí výplně pro chladicí věže*).

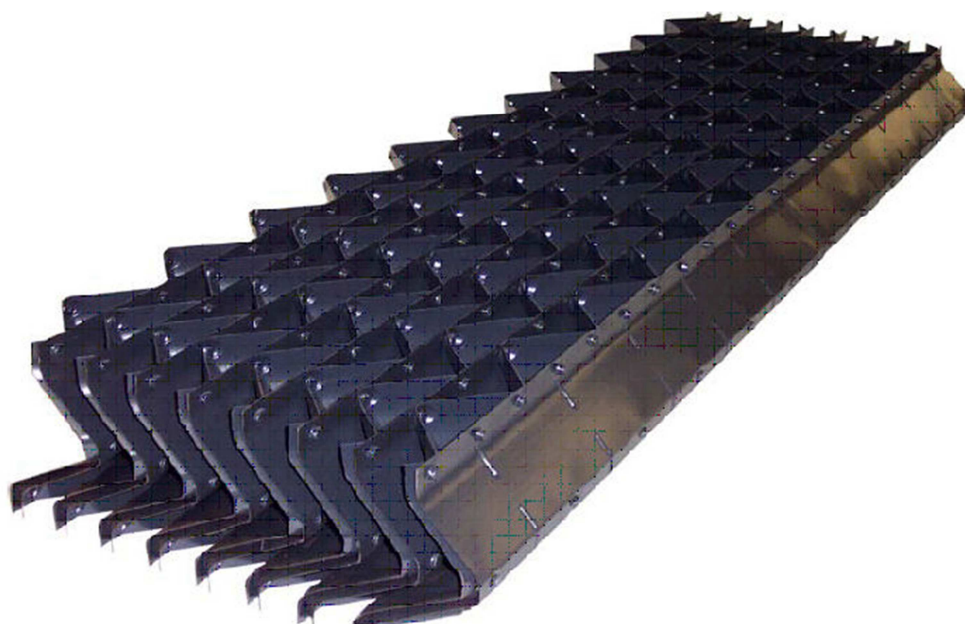


Obr. 6: Chladicí výplně typu film (zdroj archiv firmy FANS, a.s.)

1.2.3. Eliminátory

Použití eliminátorů zabraňuje vynášení drobných vodních kapek společně s chladícím vzduchem mimo chladicí věž.

Pro zachování správné funkce eliminátorů je nutné dodržovat určité konstrukční zásady. Eliminátory se neosazují do míst se zvýšenou rychlostí proudícího vzduchu a při umístění eliminátorů je nutné zakrýt celý průtočný profil věže. Nezakrytým místem by proudil vzduch intenzivněji a unášel by s sebou větší množství kapek (Mikyška, Šebek, 1989).



Obr. 7: Eliminátory (zdroj archiv firmy FANS, a.s.)

2. PRAKTICKÁ ČÁST

Společnost FANS, a.s., která mi poskytla potřebné podklady pro účely vypracování bakalářské práce, je dodavatelem investičních celků, služeb a produktů pro energetiku a průmysl. Zaměřuje se na dodávky na klíč a na modernizace elektráren a průmyslových provozů. Od svého založení v roce 1992 se zabývá technologiemi průmyslového chlazení: projektováním, výrobou a modernizacemi chladicích věží a cirkulačních chladicích okruhů od návrhu řešení až po uvedení do provozu.

Mezi předloženými materiály od FANS, a.s. byly zadávací podmínky vypsané nabídkové veřejné soutěže, jejichž součástí byl i stavebně technický průzkum řešené chladicí věže vypracovaný znaleckým ústavem STAVEXIS, s.r.o. ze dne 13. 1. 2017. Dále mi Ing. Alenou Ulrychovou ze společnosti FANS, a.s. byla poskytnuta původní výkresová dokumentace chladicí věže z roku 1975, viz výkresy v příloze, a ústně sdělené doplňující informace o provedených změnách oproti původní výkresové dokumentaci, které byly na chladicí věži v minulosti provedeny.

Fotodokumentace současného stavu není dostupná, zadavatel Unipetrol RPA, s.r.o. totiž při prohlídce budoucího staveniště nepovolil vstup do chladicí věže. Proto původní výkresová dokumentace a technický popis stávajícího stavu byly použity jako jediný materiál pro zpracování řešení navržených variant rekonstrukce rozvodných žlabů.

2.1. POPIS ŘEŠENÉ CHLADICÍ VĚŽE

Popis předmětné chladicí věže je převzat z technického stavu, který byl součástí zadávacích podmínek výběrového řízení, z původní výkresové dokumentace a z dostupných informací o úpravách, které byly v minulosti provedeny a nejsou v původní výkresové dokumentaci zakresleny.

Chladicí věž spadá mezi mokré chladicí věže s přirozeným prouděním vzduchu, viz kapitola 1.1.2.1 a), typu Iterson o výšce 100 m. Její konstrukce se skládá ze spodní stavby – bazénu ochlazené vody a z horní stavby, tj. úrovně nasávacího otvoru a tahového komína.



Obr. 8: Pohled na chladičí věže Unipetrol Litvínov (převzato z (Unipetrol slibuje světlé zítřky. Neříká však, co s problémovou Spolanou))

2.1.1. Plášť věže

Věž je založena na železobetonovém základu kruhového tvaru, do kterého jsou vetknuty šikmé stojky věže tak, že jsou vždy dvě odkloněny od sebe, do tvaru písmene "V". Výška nasávacího otvoru vzduchu je 4,9 m a na stojky je osazen plášť věže ve tvaru rotačního hyperboloidu. Tento plášť je železobetonový monolitický vyrobený pomocí taženého bednění. Vrchol pláště je ukončený ochozem tvaru „U“, sloužícím nejen jako pochůzná konstrukce, ale i jako konstrukce ztužující. Na plášti věže není upevněn ocelový žebřík, protože byl v minulosti během provozu odstraněn.

2.1.2. Vnitřní nosná konstrukce

Vnitřní nosná konstrukce technologické vestavby je tvořena systémem železobetonových sloupů, průvlaků, systémových trámů a žlabů. Osová síť sloupů byla navržena ve tvaru 24 - úhelníku a jednotlivé sloupy jsou založeny na patkách, které se nacházejí na dně železobetonového monolitického bazénu ve spodní části chladičí věže.

Přístup do věže je umožněn přes dveře umístěné v plášti věže, přístup

ke dveřím je po žebříku. V úrovni šikmých stojek věže je umístěna ocelová pochůzná lávka a ocelová konstrukce pro zavěšení clon (zimní opatření).

2.1.3. Rozvod vody

Rozvod vody je tvořen středovým stoupacím kanálem a 12 železobetonovými prefabrikovanými žlaby, vnějšího profilu 800 x 900 mm, které jsou na stoupací kanál paprskovitě napojeny. Dolní hrana žlabů odpovídá výškové kótě 7,7 m. Jednotlivé žlaby jsou propojeny pracovním potrubím DN 100 s rozstřikovými tryskami, které je uloženo na stávající železobetonové nosníky rozvodu vody. K fixaci potrubí k nosníkům je použita PVC páska. Rozstřikovací trysky jsou rozmístěny na pracovním potrubí tak, aby byla zajištěna co nejrovnoměrnější intenzita sprchy na chladicí výplň. Rozlivné kanály jsou opatřeny dřevěnými pochozími chodníky.



Obr. 9: Ilustrační foto rozvodných žlabů a stoupacího kanálu (převzato z (Chladicí věž))

Rozvodné žlaby jsou dle technického popisu zadavatele degradovány způsobem, kdy se jich oprava jeví jako neekonomická. Z toho důvodu investor vyžaduje provést celkovou výměnu žlabů a realizaci nových.

2.1.4. Chladicí výplně

V minulosti, v rámci výměny chladicí výplně z azbestocementových desek o výšce 2,40 m, byla tato chladicí výplň nahrazena 3 vrstvami PVC bloků, celkové výšky 1,50 m. Tyto bloky jsou osazeny na pomocnou ocelovou konstrukci, která je zavěšena na nosném roštu.

2.1.5. Eliminátory

V původním řešení chladicí věž eliminátory opatřena nebyla. Stávající PVC eliminátory byly do chladicí věže osazeny dodatečně, a to na podchodnou výšku na dřevěnou nosnou konstrukci osazenou na žlaby a systémové trámký ve výsečích mezi žlaby.

2.2. STAVEBNÍ PŘIPRAVENOST

Před samotným započítím prací na rekonstrukci rozvodných žlabů je nutné staveniště pro následné práce připravit. Po vyřazení chladicí věže z provozního režimu je nejprve nutné vypustit vodu z bazénu. Prvním technologickým krokem je demontáž stávající chladicí technologie. Nejprve se zdemontují PVC eliminátorové bloky a jejich nosná konstrukce. Následně se rozebráním z pojízdných plošin nebo pojízdných prostorových sestav budou demontovat jednotlivé vrstvy chladicí výplně. Po demontáži bloků chladicí výplně je nutné rozebrání samotné ocelové konstrukce, na které byly chladicí výplně osazeny. Na závěr bude demontováno pracovní PVC potrubí včetně trysek.

K umožnění vjezdu menší mechanizace a dopravních prostředků je nutné zhotovit dočasný nájezd do chladicí věže.

Ke zhotovení dočasné podlahové konstrukce pro snadnější přístup k rozvodným žlabům bude využit nosný rošt chladicích výplní, který se nachází pod žlaby. Samotná podlaha bude zhotovena z voděvzdorných překližek, které se běžně používají pro bednění stropů. K položení desek podlahové konstrukce bude využito pojízdných plošin nebo pojízdných prostorových sestav, které byly použity pro demontáž chladicích výplní, příp. budou pokládány z dřevěných lávek osazených na žlabech. Protože není vyloučena degradace materiálu zábradlí lávek, pracovníci, kteří z nich budou pracovat, musí být po celou dobu jistěni individuálními záchytnými systémy. Podlaha bude zhotovena po celé vnitřní ploše chladicí věže, aby byl vyloučen pád pracovníků z výšky. K vynechání desek bude přistoupeno pouze v případě, kdy bude potřeba transportu materiálů, pomůcek, aj. mezi bazénem a úrovní pomocné podlahy. V tomto případě musí dojít k preventivním opatřením proti pádu pracovníků.

Po dokončení dočasné podlahy je možné demontovat dřevěné lávky upevněné na žlabech a poté začít se samotnou rekonstrukcí žlabů.

Cena přípravy staveniště a voděvzdorných překližek není do ceny jednotlivých variant zahrnuta, protože je u všech variant stejná.

2.3. NAVRHOVANÉ VARIANTY ŘEŠENÍ

Požadavkem zadavatele veřejné nabídkové soutěže je celková výměna betonové vestavby včetně rozvodných žlabů. Stávající žlaby jsou řešeny jako prefabrikáty, které jsou ve spojích zmonolitněny propojením podélné výztuže pomocí příložek a vyplněny cementovou maltou. Toto původní řešení je i jednou z uvažovaných možností rekonstrukce. Dalším možným řešením při použití stejného materiálu je monolitické provedení železobetonových žlabů. V dnešní době jsou ale dostupné i jiné materiály, které lze pro hlavní rozvod vody použít, proto jsem jako třetí variantu zvolila použití sklolaminátu.

Investorem je sice výměna požadována, ale vzhledem k tomu, že v technickém popisu současného stavu chladicí věže je celková výměna pouze doporučena, nikoliv vyžadována, jako poslední variantu uvažuji sanaci stávajících žlabů. Tento způsob rekonstrukce je v dnešní době nejpoužívanějším řešením a pro komplexnost problematiky rekonstrukce je nezbytné ho zahrnout.

Každá ze zvažovaných variant je popsána obecně, z hlediska realizace, poté je uvedena předběžná kalkulace metody a jako poslední řešený bod je přibližný čas zhotovení jednoho žlabu. Do doby realizace je uvažován pouze jeden žlab, protože celková doba realizace všech žlabů závisí na koordinaci jednotlivých čtí a koordinaci s ostatními procesy, které při rekonstrukci chladicí věže budou probíhat. Samotná návaznost a koordinace prací takovým způsobem, aby bylo dosaženo proudového stavění s minimálními časovými ztrátami, by přesáhla rámec této práce, a proto bych se tímto problémem ráda zabývala v diplomové práci.

2.3.1. Prefabrikované žlaby

Jako jedna z navrhovaných možností rekonstrukce byla výměna stávajících prefabrikovaných žlabů za nové prefabrikáty. Tato varianta by zahrnovala vybourání současných žlabů, výrobu prefabrikátů, jejich dopravu, osazení a montáž.

2.3.1.1. Popis řešení

Pro použití prefabrikovaných dílců obecně platí několik výhod, které toto řešení má oproti monolitickému zhotovení konstrukcí. Nejvýznamnější výhody a nevýhody shrnuje Tab. 1.

Tab. 1: Výhody a nevýhody prefabrikátů ve srovnání s monolitem

VÝHODY	urychlení výstavby
	omezení mokrého procesu
	větší přesnost provedení
	snížení pracnosti na staveništi
	možnost okamžitého zatížení
NEVÝHODY	doprava dílců na staveniště
	nutnost využití těžké mechanizace pro osazení
	menší tuhost ve spojích

Výhody prefabrikátů jsou spojeny především s tím, že jsou vyráběny ve výrobních halách bez vlivu vnějších podmínek. Již po osazení prefabrikovaných dílců je konstrukci možno zatížit a mokrý proces je do konstrukce zanesen jen minimálně, a to v místech spojů jednotlivých prefabrikovaných dílců. Celková doba realizace na staveništi je tedy mnohem kratší, než při monolitickém provedení.

V případě použití prefabrikátů pro rekonstrukci rozvodných žlabů jsou ale tyto výhody převáženy nevýhodami, které jsou spojeny s dopravou a samotnou montáží dílců. Prostor v chladicí věži je stísněný, a proto by byla manipulace s bloky žlabů problematická. Jednotlivé kusy žlabů by byly 5,0 - 6,9 m dlouhé. Při průřezové ploše žlabu 0,37 m² tomu odpovídá hmotnost cca 6,38 t na největší část prefabrikovaného žlabu. Pro vyzdvižení jednotlivých dílců by bylo možné využít např. terénních vysokozdvížných vozíků, ale mezi jednotlivými trámy nosného roštu chladicí výplně není na vyzdvižení nejdelších kusů prefabrikovaných žlabů dostatečný prostor. Menší prvky by na úroveň nosného roštu vyzdvihnout šlo, ale poté by bylo

nutné žlaby otočit a umístit na nosné sloupy. Proto by se žlaby musely podepřít o nosný rošt ve zdvižené poloze, a poté např. s využitím pomocné konstrukce dílce přemístit. Nosný rošt ale není na podepření prefabrikátů dostatečně únosný.

Další uvažovanou možností bylo pro osazení prefabrikátů použití věžového jeřábu. Chladicí věž je ale 100 m vysoká a se započítáním průhybu výložníku, bezpečné rezervy, atd., by jeřáb musel být vysoký minimálně cca 125 m. Tato varianta by tedy byla velice ekonomicky náročná. S uvážením hyperbolického tvaru pláště by se zavěšené břemeno nedostalo do okrajových částí chladicí věže, tím pádem by opět bylo nutné břemena dále přesouvat. Toto řešení tedy také není možné použít.

Použití autojeřábu je kvůli malému manipulačnímu prostoru a následné potřebě přesouvání žlabů rovněž vyloučeno.

Tato varianta byla pro důvody popsané výše zamítnuta a není s ní dále uvažováno.

2.3.2. Monolitické žlaby

Další ze zvažovaných variant řešení rekonstrukce je demolice stávajících žlabů a zhotovení nových železobetonových přímo uvnitř chladicí věže. Toto řešení zahrnuje vybourání původních rozvodných žlabů a následné bednění, armování, vybetonování, odbednění a aplikaci povrchové úpravy.

2.3.2.1. Popis řešení

Vzhledem k tomu, že se jedná o rekonstrukci provedenou kompletní výměnou, je nutné stávající žlaby nejprve vybourat. S ohledem na stísněný prostor uvnitř chladicí věže by bylo použití těžké mechanizace velmi problematické. Proto bude demolice provedena ručně pomocí pneumatických kladiv. Aby nebyl poškozen povrch bazénu, který se nachází necelých 10 m pod rovinou pomocné podlahy, je nutné větší kusy železobetonu na úroveň bazénu spouštět.

Provedení bednění jsem konzultovala s Ing. Zdeňkem Suchým z technického oddělení bednění ve společnosti PERI, spol. s r.o.

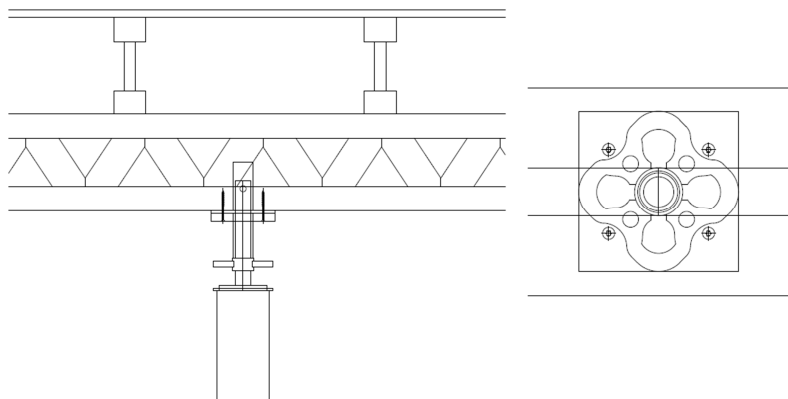
Pro podepření jednotlivých částí bednění bude sloužit stávající nosný rošt chladicích výplní. Únosnost tohoto roštu není známa, proto vycházím z informace od společnosti FANS, a.s., že chladicí výplně, které jsou na nosném roštu zavěšeny, mají v suchém stavu hmotnost cca 25 kg/m^3 . Výplně za provozu ale nikdy v suchém stavu nejsou, a z důvodu možného zamrznání vody v zimním období se počítá s váhou až 220 kg/m^3 chladicích výplní. Chladicí výplně v předmětné věži jsou provedeny ve třech vrstvách o celkové výšce 1,5 m. To znamená, že rošt je nyní chladicími výplněmi zatížený cca 330 kg/m^2 . Dříve ale byly jako chladicí výplně používány azbestocementové desky o mnohem větší plošné hmotnosti, na které byl rošt i navržen. Únosnost roštu je tedy pro podepření bednění, pohyb pracovníků a následné zatížení od ukládaného betonu dna žlabu dostatečná. Založením bednění na roštu se předejde mnohem dražší a komplikovanější variantě založení na stropních stojkách nebo podpěrných věžích, které by musely být vysoké přes 10 m.

Výška mezi nosnými trámy roštu a dny rozvodných žlabů je ale příliš malá pro použití systémové stojky. Pro odbednění dna žlabů je tedy nutno použít jiný systém. Mezi zvažovanými možnostmi bylo použití PERI poklesových klínů, které ale mají zbytečně velkou únosnost 420 kN a hmotnost jednoho klínu je 32 kg. Další variantou by mohlo být použití tradiční tesařské metody dvou klínů proti sobě sepnutých šroubem nebo podepření pevnými pytli s pískem, které se při odbedňování propíchnou a zvolna vyprazdňují, čímž klesá celý systém bednění. Všechny zmíněné postupy by byly realizovatelné, ale v tomto řešení je nakonec uvažováno s použitím systémové varianty pomocí výškově stavitelného vřetene z lešení.

Samotné bednění je řešeno dřevěnými nosníky GT24, kterými se vytvoří rošt. Dolní nosníky se v místě stávajících trámů podepřou upravenými výškově stavitelnými vřeteny. Horní nosníky je třeba zakrýt překližkou, která následně bude použita nejen jako bednění dna, ale i jako pracovní pochůzná plocha.



Obr. 10: Výškově stavitelné vřeteno lešení (převzato z (Z600 Výškově stavitelné vřeteno))



Obr. 11: Použití vřetena (zdroj konzultace s Ing. Suchým)

K bednění stěn žlabů bude použito lehké rámové stěnové bednění DOMINO, konkrétně panely o velikostech D 125x75 a pro doplnění menších ploch D 75x75.



Obr. 12: Rámové bednění DOMINO (převzato z (Rámové bednění DOMINO))

Statický výpočet není součástí této bakalářské práce, proto při řešení armování a betonáže vycházím z původní výkresové dokumentace.

K vyarmování rozvodných žlabů je tedy uvažováno s použitím betonářské výztuže o stejných průměrech, která byla použita v původním návrhu z roku 1975, tzn. pruty o průměrech 8, 10 a 14 mm.

Z původní výkresové dokumentace je patrné, že na železobetonové žlaby byl použit beton III. Toto značení odpovídá normě ČSN 73 1201 z roku 1967 (ČSN 73 1201, *Navrhování betonových konstrukcí, 1967*). V zadávacích podmínkách je beton celé vestavby zařazen do pevnostní třídy betonu B 25 – jedná se opět o značení podle již neplatné normy ČSN 73 2400 z roku 1989 (ČSN 73 2400, *Provádění a kontrola betonových konstrukcí, 1989*). Těmto označením podle dnes platné normy ČSN EN 206 (ČSN EN 206, *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, 2014*) odpovídá značení C 20/25.

Tab. 2: Srovnání tříd pevnosti obyčejného betonu dle platných a dříve používaných norem

ČSN 73 1201: 1967	ČSN 73 2400: 1989	ČSN EN 206
III	B 20	C 16/20
	B 25	C 20/25

Dle normy ČSN EN 206 se klasifikační třídy použitého betonu určují mimo jiné také podle vlivu podmínek prostředí, ve kterých je beton umístěn. Pro řešení žlaby je charakteristické nebezpečí koroze vlivem karbonatce betonu. Prostředí, kterému jsou rozlivné žlaby vystaveny, spadá do stupně XC2 – mokré, občas suché.

Stupně vlivu prostředí - doporučené mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu									
Stupeň	Popis prostředí	Max. w/c	Min. tř. betonu	Min. mn. cem. [kg/m ³]	Stupeň	Popis prostředí	Max. w/c	Min. tř. betonu	Min. mn. cem. [kg/m ³]
X0	Bez nebezpečí koroze nebo narušení	---	C12/15	---	XF	Střídavé působení mrazu a rozmrazování (mrazové cykly), s rozmrazovacími prostředky nebo bez nich			
XC	Koroze vlivem karbonatce				XF1	mírně nasycen vodou, bez rozmrazovacích prostředků	0,55	C30/37	300
XC1	suché nebo stále mokré	0,65	C20/25	260	XF2 a)	mírně nasycen vodou, s rozmrazovacími prostředky	0,55	C25/30	300
XC2	mokré, občas suché	0,60	C25/30	280	XF3 a)	značně nasycen vodou, bez rozmrazovacích prostředků	0,50	C30/37	320
XC3	středně mokré, vlhké	0,55	C30/37	280	XF4 a)	značně nasycen vodou, s rozmrazovacími prostředky nebo mořskou vodou	0,45	C30/37	340
XC4	střídavě mokré a suché	0,50	C30/37	300	XA	Chemicky agresivní prostředí			
XD	Koroze způsobená chloridy jinými než z mořské vody				XA1	slabě agresivní chemické prostředí (viz tabulka dále)	0,55	C30/37	300
XD1	středně mokré, vlhké	0,55	C30/37	300	XA2 b)	středně agresivní chemické prostředí (viz tabulka dále)	0,50	C30/37	320
XD2	mokré, občas suché	0,55	C30/37	300	XA3 b)	vysoce agresivní chemické prostředí (viz tabulka dále)	0,45	C35/45	360
XD3	střídavě mokré a suché	0,45	C35/45	320					
XS	Koroze způsobená chloridy z mořské vody								
XS1	vystaven slanému vzduchu, ale ne v přímém styku s mořskou vodou	0,50	C30/37	300					
XS2	trvale ponořen ve vodě	0,45	C35/45	320					
XS3	smáčený a ostříkovaný přílivem	0,45	C35/45	340					

Poznámky:
a) Minimální obsah vzduchu 4 %. Pokud není beton provzdušněn, mají se vlastnosti betonu zkoušet podle příslušné zkušební metody ve srovnání s betonem, u kterého byla prokázána odolnost proti mrazu a rozmrazování (mrazovým cyklům), pro příslušný stupeň vlivu prostředí
b) Pokud množství SO₂ vyvolává stupeň vlivu prostředí XA2 a XA3, je nezbytné použít síranovzdorný cement.

Obr. 13: Stupně vlivů prostředí (převzato z (Třída Prostředí Betonu))

Dle výše uvedené tabulky je nutné použít třídu betonu minimálně C 25/30. Pro betonáž tedy bude použit beton C 25/30 XC2 o konzistenci S3.

Jako finální ochrana betonu bude použit povrchový ochranný systém na bázi epoxidových pryskyřic, především jako bariéra proti průniku vody a následné karbonataci betonu.

2.3.2.2. Realizace

Oproti ostatním variantám u monolitických žlabů nebude pomocná podlaha zhotovena přímo na nosném roštu, ale na roštu z dřevěných nosníků GT24, které budou podepřeny upravenými výškově stavitelnými vřeteny. V pomocné podlaze budou vynechána místa pod žlaby, aby bylo možné suť dopravovat na úroveň bazénu.

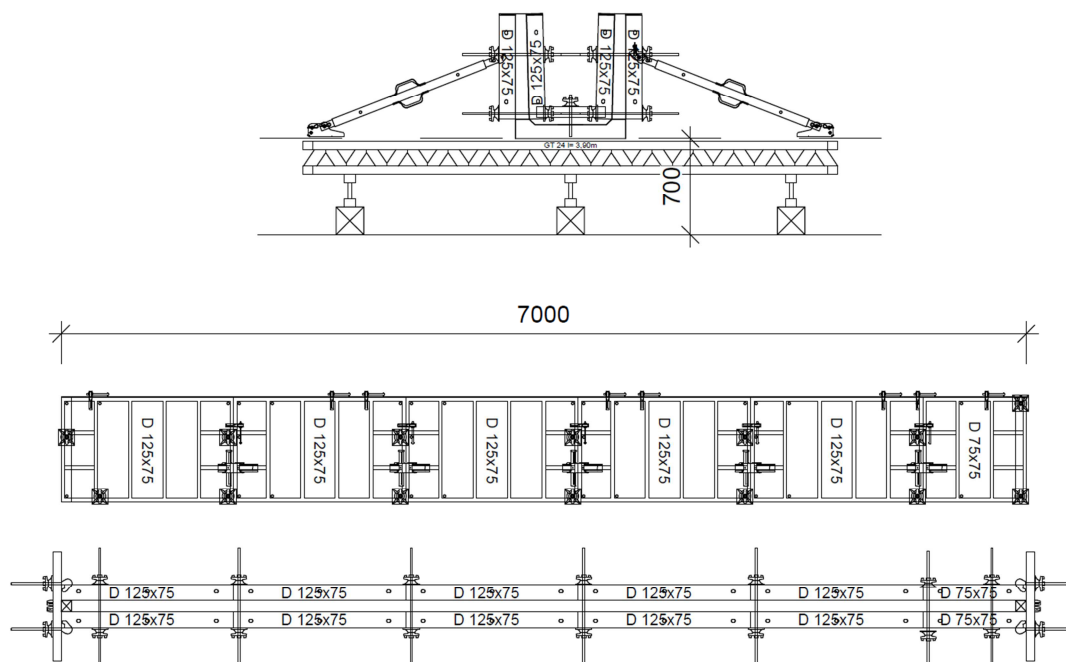
Prvním technologickým krokem je vybourání stávajících rozvodných žlabů. Z důvodu nejen složité manipulace těžké mechanizace mezi sloupy a pracovního zařízení stroje mezi trámy nosného roštu, ale i předejití poškození nosného roštu, bazénu a dalších prvků vestavby, bude demolice prováděna ručně postupným rozebíráním. Beton žlabů bude rozrušen pneumatickými kladivy a ocelová výztuž se rozřeže autogenem. Větší kusy železobetonu je třeba přivázat na lana a na úroveň dna bazénu spouštět přes systém kladek připevněných k pomocné ocelové konstrukci. Zbytek suti bude pro zmírnění prašnosti přemísťován pomocí plastových shozů. Suť se poté bude v kontejnerech odvážet do nedalekého sběrného dvora a uloží se na skládku.

Při rekonstrukci je věž mimo provoz, nepřivádí se do ní ochlazovaná voda a vzduch se tedy neohřívá. Nepůsobí tak tahový účinek komína a únik prachu mimo chladicí věž je při demolici minimální. Není proto potřeba žádného speciálního opatření proti úniku prachu do okolí.

Po vybourání je nutné vnitřní prostor chladicí věže uklidit a odstranit prach především z nosných sloupů, které budou podpírat nové žlaby. Dále je třeba doplnit pomocnou podlahu z voděvzdorných překližek na místech budoucích žlabů, která bude využita jako bednění jejich den.

Na tyto překližky bude montováno rámové stěnové bednění DOMINO, viz nákres Obr. 14. Spodní část vnějších rohů bude doplněna prkny

nebo překližkami zapřenými šikmými prkny, které budou zajištěny hřebíky do překližky na nosíkovém roštu. Do bednění bude vyvázána výztuž s prvky pro vymezení prostupů pro pracovní potrubí DN 100.



Obr. 14: Použití stěnového rámového bednění DOMINO pro 7 m dlouhý záběr (zdroj konzultace s Ing. Suchým)

Betonáž bude probíhat ve dvou etapách – vybetonování dna žlabu s provedením pracovních spár a následné dobetonování stěn žlabů. Čerstvý beton na staveništi bude dopravován autodomíchávači z betonárny provozu Litvínov společnosti Českomoravský beton, a.s. Tato betonárna se nachází přímo v areálu Unipetrolu. Čerpání betonu bude zajištěno dieselovým stacionárním čerpadlem na beton a soustavou hadic.

Beton musí být po betonáži ošetřován, aby se minimalizovaly negativní vlivy okolí, jako je vysoušení betonu, promrznutí konstrukce nebo vyplavování cementu z betonu. Délka ošetřování závisí nejen na tvaru žlabů, ale také na počasí a použitém betonu.

Po uplynutí potřebné technologické pauzy na vytvrdnutí betonu je možné žlaby odbednit a po vysušení na potřebné hodnoty vlhkosti

je potřeba povrch žlabů opatřit povrchovým ochranným systémem. Sekundární ochrana bude nanášena štětci nebo válečky.

2.3.2.3. Kalkulace

Demolici stávajících žlabů jsem poptala u dvou firem z blízkého okolí chladicí věže, konkrétně z Mostu a Teplic, které se zabývají komplexními bouracími pracemi a recyklací demoličních stavebních hmot. Jedna z firem mi bohužel na mou poptávku neodpověděla a od druhé společnosti jsem dostala pouze informaci, že se v době poptávky podávaly nabídky na likvidaci dvou chladicích věží, a proto mi nemohly být sděleny žádné informace. Obrátila jsem se tedy na sběrný dvůr a poptala jsem cenovou nabídku na odvoz a uložení suti. Tento požadavek byl opět bez odezvy. Kvůli nacenění vybourání žlabů jsem se tedy obrátila na rozpočtáře, který mi na demolici rozvodných žlabů vyhotovil kalkulaci.

Cenovou nabídku zapůjčení jednotlivých prvků bednění jsem obdržela od Ing. Zdeňka Suchého ze společnosti PERI, spol. s r.o.

Náklady na pořízení výztuže byly určeny dle ceníku společnosti LUMASTEEL Litvínov s.r.o. Doprava výztuže na staveniště bude zajištěna také touto společností. Na webových stránkách je uvedeno, že při nákupu materiálu o hodnotě vyšší než 50 000,- bez DPH je doprava vozem s hydraulickou rukou zdarma.

Cena betonu C 25/30 XC2 S3 byla zjištěna z ceníku Českomoravského betonu pro provoz Litvínov, která sídlí přímo v Areálu Unipetrol, Litvínov Záluží. Cena dopravy čerstvého betonu je rozdělena do zón dle vzdálenosti místa betonáže od betonárny. Chladicí věž spadá do zóny UNIPETROL, protože se v tomto areálu nachází.

Zapůjčení stacionárního čerpadla s dostatečně dlouhými hadicemi bylo poptáno taktéž ve společnosti Českomoravský beton, a.s., avšak i přes telefonickou urgenci jsem neobdržela odpověď. Proto je cena brána z dostupného ceníku.

Cena dopravy bednění a výztuže byla odhadnuta na základě cen dopravců na internetu.

Tab. 3: Předběžná kalkulace monolitických žlabů

Číslo položky	Název položky	Měrná jednotka	Jednotková cena [Kč]	Množství	Cena celkem bez DPH [Kč]
1	Ruční demolice žlabů	m ³	7 365,00	108	795 420
2	Svislá doprava suti, přemístění suti nošením a nakládání suti	t	1 007,50	270	272 025
3	Odvoz, uložení suti a poplatek za skládku	t	2 400,00	270	648 000
4	Vřetenová noha	ks/den	2,00	480*39	37 440
5	Nosníkový rošt	m ² /den	3,40	2 167*39	287 344
6	Voděvzdorná překližka	není započítána, protože je součástí všech variant (jako pomocná podlaha)			
7	Stěnové bednění DOMINO	m ² /den	16,00	936,4*12	179 789
8	Doprava bednění (tam i zpět)	kam	4 500	5*2	45 000
9	Montáž bednění	m ²	85,75	936,4	80 296
10	Armovací výztuž	m (ø8)	6,40	11 955	76 512
		m (ø10)	9,30	1 200	11 160
		m (ø14)	18,20	1 200	21 840

Číslo položky	Název položky	Měrná jednotka	Jednotková cena [Kč]	Množství	Cena celkem bez DPH [Kč]
11	Doprava výztuže	t	zdarma	6,98	zdarma
12	Armování žlabů	t	15 200,00	6,98	106 096
13	Beton C 25/30	m ³	1 850,00	108	199 800
14	Doprava betonu	m ³	110,00	108	11 880
15	Zapůjčení stacionárního čerpadla betonu	15 min	400,00	140	56 000
		m ³	30,00	108	3 240
16	Přeprava čerpadla	otoč	700,00	1	700,00
17	Zapůjčení přídatných hadic	m/den	30,00	50*3	4 500
18	Betonáž	m ³	520,00	108	56 160
19	Odbednění a ošetření bednění	m ²	72,00	936,4	67 421
20	Povrchová úprava včetně aplikace	kg	490,25	761,54	373 345
Cena celkem bez DPH [Kč]:					3 333 968

2.3.2.4. Doba realizace

Doba realizace je určena na základě zkušeností, technologických předpisů, normohodin a hrubého osobního odhadu.

Tab. 4: Předběžný výpočet doby realizace monolitických žlabů

Proces č.	Popis procesu	Doba trvání [dny]
1	Demolice stávajícího žlabu a úklid	4
2	Provedení bednění	2
3	Armování žlabu	2
4	Betonáž a následná technologická přestávka	1+1+26
5	Odbednění	1
6	Aplikace povrchové úpravy, technologická přestávka	2+7
Celková doba trvání:		46

2.3.3. Sklolaminátové žlaby

Pro třetí variantu rekonstrukce rozvodných žlabů bylo použito jiné materiálové řešení, a to sklolaminát. Tento kompozitní materiál je velmi pevný, lehký a odolný vůči chemikáliím. Pro označení se používá i zkratka FRP, která je z angličtiny a zastupuje fibre-reinforced plastic, tedy vláknový kompozit.

2.3.3.1. Popis řešení

Stejně jako ve variantě monolitických žlabů 2.3.2, je nejdříve nutné stávající žlaby vybourat. Demolice bude opět provedena ručně pomocí pneumatických kladiv, větší kusy železobetonu je potřeba na úroveň bazénu spouštět, aby se předešlo jejímu poškození.

Sklolaminátové žlaby budou vyrobeny v Olomouci firmou TOMEK - výroba sklolaminátu. Samotná výroba dle informací bude trvat zhruba 10 týdnů. Pro plynulost realizace je tedy potřeba s objednáací lhůtou

počítat a po zhotovení zajistit dopravu do Litvínova Záluží.

Parametry žlabů, např. kolik vrstev skelné tkaniny bude použito, je ponecháno na zhotoviteli a jeho zkušenostech s podobnými projekty ze zahraničí.

Pro osazení žlabů bude použita pomocná ocelová konstrukce, která bude umístěna na nosném roštu chladicích výplně.

Okraje jednotlivých kusů žlabů jsou opatřeny pro následné spojení systémem pero-drážka. Pro vodotěsné spojení jednotlivých dílů žlabů je nutné spoje slepit a přelaminovat.



Obr. 15: Sklolaminátové žlaby rozvodu pro cukrovar Brottewitz (převzato z (Žlabové rozvody v chladicích věžích))

2.3.3.2. Realizace

Při demolici stávajících žlabů bude postupováno stejně jako v 2.3.2.2.

Zhotovené žlaby budou dopraveny na staveniště a poté jednotlivě přenášeny skupinou pracovníků do železobetonového bazénu. Nejtěžší sklolaminátový prvek bude vážit necelých 210 kg, proto je pro dodržení hygienických limitů při častém zvedání (*Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., 2007*) potřeba minimálně 7 pracovníků, kteří budou žlaby přenášet.

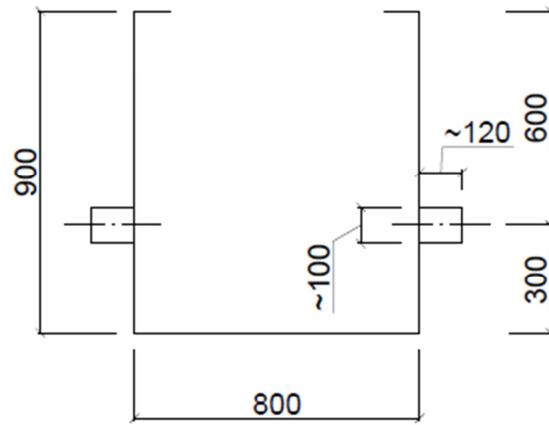
Žlaby budou následně přivázány lany vedoucími od kladek pomocné ocelové konstrukce, která je uložena na nosném roštu chladicích výplní, a vytaženy na úroveň pomocné podlahy, kde budou podepřeny. Po odvázání budou žlaby pracovníky usazovány na nosné sloupy a vyrovnány tak, aby plynule navazovaly a spoje do sebe zapadly. V případě potřeby je možné jednotlivé žlaby podmaltovat, aby se výškový rozdíl vyrovnal. Při manipulaci s částmi sklolaminátových žlabů je nutné dbát na bezpečnost práce, aby nedošlo ke zranění.

Po osazení všech částí žlabů na místo je nutné všechny spoje slepit a přelaminovat za účelem úplného utěsnění a propojení jednotlivých dílů.

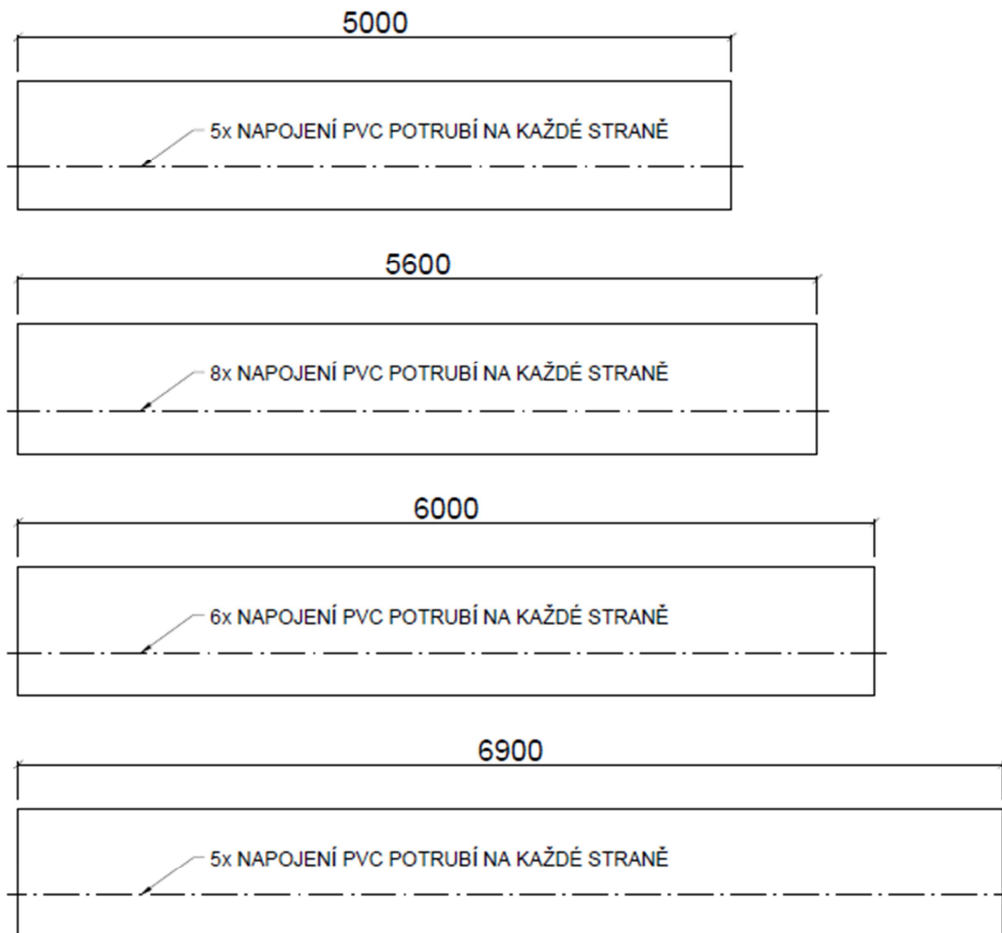
2.3.3.3. Kalkulace

Orientační nabídka výroby žlabů z materiálu FRP (fibre-reinforced plastic) byla zpracována firmou TOMEK - výroba sklolaminátu na základě náčrtku, viz Obr. 16. Tato firma má dle referencí na webových stránkách zkušenosti s realizací rozvodu chladicí vody např. pro cukrovar Broettewiz v Německu nebo přímo s výrobou rozvodných žlabů chladicí věže v Bosně a Hercegovině.

V nabídce je uvažováno s tloušťkou stěny žlabu 6 mm, tepelným namáháním kompozitu do 70°C a osazováním hotovými hrdly pracovního potrubí. Běžný metr tohoto žlabu bude vážit cca 30 kg, celková délka rozvodu je 282 m a celková hmotnost vyráběných žlabů tedy bude 8 460 kg.



VŠECHNY DÉLKY ŽLABŮ PO 12 KS



Obr. 16: Poptané sklolaminátové žlaby

Tab. 5: Předběžná kalkulace sklolaminátových žlabů

Číslo položky	Název položky	Měrná jednotka	Jednotková cena [Kč]	Množství	Celková cena bez DPH [Kč]
1	Ruční demolice žlabů	m ³	7 365,00	108	795 420
2	Svislá doprava suti, přemístění suti nošením a nakládání suti	t	1 007,50	270	272 025
3	Odvoz, uložení suti a poplatek za skládku	t	2 400,00	270	648 000
4	Výroba žlabů	kg	320,00	8 460	2 707 200
5	Doprava žlabů Olomouc – Litvínov (otoč)	kam	14 000,00	3	42 000
6	Osazení dílů žlabů a laminace spojů (4x)	ks	7 500,00	12	90 000
Celkem cena bez DPH [Kč]:					4 554 645

2.3.3.4. Doba realizace

Při poptávce ceny sklolaminátových žlabů mi bylo sděleno, že poptávaná firma potřebuje nejméně 10 týdnů pro případné zhotovení zakázky od poukázání zálohy. Tato časová prodleva ve výpočtu doby realizace ale není uvažována, protože pro přípravu chladicí věže na osazení sklolaminátových žlabů je potřebný delší časový úsek. Do přípravy je zahrnuta nejen demolice stávajících žlabů, ale také demontáž chladicích výplní, které jsou pod žlaby zavěšeny, a dalších prvků.

Pro určení doby realizace jednoho žlabu bylo využito výkonových norem a osobního odhadu.

Tab. 6: Předběžný výpočet doby realizace sklolaminátových žlabů

Proces č.	Popis procesu	Doba trvání [dny]
1	Demolice stávajícího žlabu a úklid	4
2	Osazení žlabu a laminace spojů, včetně technologické přestávky na vytvrnutí pryskyřice	1+2
Celková doba trvání:		7

2.3.4. Sanace stávajících žlabů

Sanace jako jediná z uvažovaných variant využívá stávajících rozvodných žlabů. Tato metoda je při rekonstrukcích chladicích věží nejvíce využívána. Hlavním důvodem je ekonomické hledisko a také to, že není potřeba řešit demolici žlabů a následný odvoz a likvidaci velkého množství sutí.

Toto řešení ale nesplňuje podmínky této veřejné nabídkové soutěže, jelikož investor požaduje na základě doporučení z technického popisu současného stavu, kde je uvedeno, že oprava rozlivných žlabů se jeví jako neekonomická, provést celkovou výměnu žlabů za novou konstrukci.

2.3.4.1. Popis řešení

Příprava povrchu pro sanaci zahrnuje hrubé předčištění železobetonových konstrukcí, obnažení korodující výztuže a odstranění betonu z poškozených míst konstrukcí. Následuje očištění obnažené výztuže, která poté bude ošetřena a v případě potřeby i nahrazena výztuží novou. Povrch všech žlabů se umyje vysokotlakým vodním paprskem.

Betonářská výztuž se po očištění natírá ochrannými nátěry. Cílem antikorozi ochrany výztuže je zabránit přístupu nežádoucích médií k povrchu výztuže a eliminovat vznik elektrochemické koroze. Aplikace této ochranné vrstvy je nezbytná především proto, že není možné ve všech

místech dosáhnout primární ochrany – normou požadované krycí vrstvy.

Po přípravě podkladu a ošetření výztuže bude provedena reprofilace rozvodných žlabů, jejímž úkolem je uvedení konstrukcí do původního tvaru a obnovení krycí vrstvy výztuže. Reprofilační malty zajišťují mrazuvzdornost, vodotěsnost, vysokou soudržnost s povrchem, minimální objemové změny a musí potlačovat vznik smršťovacích trhlin.

Na reprofilované žlaby bude nanesena sekundární ochrana betonové konstrukce. Tento povrchový ochranný systém vytváří na povrchu betonové konstrukce další bariéru proti průniku vody, oxidu uhličitého, oxidu siřičitého a dalších nežádoucích médií do samotné konstrukce, především k výztuži.

2.3.4.2. Realizace

Před samotným zahájením opravy poškozených míst konstrukce se musí povrch sanovaných rozvodných žlabů připravit na následné další kroky.

Jako první se betonová konstrukce očistí. Čištění je prováděno kombinací vysokotlakého vodního paprsku a mechanického čištění ručními kladivy. Pro čištění vysokotlakým vodním paprskem bude aplikována technologie s bodovými nebo rotačními tryskami o tlaku cca 600 barů napojenými na vysokotlaké čerpadlo.

Mechanické čištění bude prováděno elektrickými nebo pneumatickými kladivy. Tímto způsobem jsou čištěna viditelně narušená místa betonu a také poškozená místa vyhledaná metodou akustického trasování, tj. při poklepu kladiva se ozve dutý zvuk. Beton nad poškozenou výztuží bude osekán až na vizuálně nepoškozený povrch výztuže. Splnění požadavku čistého povrchu se kontroluje vizuálně a dostatečně velkým souborem platných odtrhových zkoušek, které budou specifikovány v systému kontroly kvality.

Po provedení předúpravy povrchu betonu se odhalená výztuž pomocí mokrého pískování, tzn. za použití tlakové vody s přidáním abraziva, očistí do kovového lesku na stupeň Sa 2 – důkladné otryskání. Tento stupeň dle normy (*ČSN EN ISO 8501 – 1, Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového*

podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků, 2007) vyjadřuje očištění takové, že při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý olejů, mastnoty a nečistot, bez většiny okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Všechny zbylé nečistoty musí být pevně přilnavé. Mokrý pískování se provádí rotační tryskou napojenou na vysokotlaká čerpadla.

V případě, že původní betonářská výztuž bude silně oslabená a zkorodovaná, nahradí se výztuží novou o stejném profilu a navaří se na výztuž stávající přesahem minimálně osminásobku průměru profilu. Další možností u extrémně oslabené výztuže je její lokální doplnění příložkami. Pro tyto zásahy je nutné zpracovat statický návrh zajištění konstrukce. Před nanášením sanačních materiálů je nutné celou opravovanou plochu spláchnout vodou, aby byl odstraněn prach a písek z předchozích operací.

Na odhalenou výztuž se bezprostředně po zbavení nečistot nanáší antikorozi ochrana. Antikorozi nátěr musí být celistvý a provádí se jako dvouvrstvý. První vrstva se aplikuje nejdéle do 20 hodin po očištění výztuže. Materiál se nanáší ručně, středně tvrdým štětcem. Druhá vrstva bude aplikována po 6-24 hodinách v závislosti na okolních podmínkách a na konkrétním použitém přípravku.

Následně bude provedena reprofilace betonových žlabů, tzn. uvedení železobetonové konstrukce do původního tvaru a obnovení krycí vrstvy výztuže. Samotná reprofilace bude prováděna ručně zednickým způsobem. Druh použité malty bude zvolen podle hloubky narušení konstrukce. Reprofilace do tloušťky cca 5 mm bude prováděna maltami jemnými, na reprofilaci větší tloušťky budou použity malty s větší velikostí zrna. Těsně před nanášením malt je nutné povrch dostatečně navlhčit či opatřit spojovacím můstkem.

Malta se nanáší nahazováním nebo natahováním na připravený podklad při teplotách cca +5 až +30°C. Maltu je nutné nanášet tak, aby mezi podkladem a maltou nevznikala nevyplněná dutá místa. Proto je nutné v oblastech u výztuže a v místech hlubších lokálních poruch maltu dostatečně ztuhnout.

V případě tloušťky reprofilace větší než 25 mm bude malta nanášena ve více vrstvách. Oprava se provádí od nejhlubšího místa tak, aby finální vrstva byla souvislá. Jednotlivé vrstvy jsou postupně nanášeny tak, že by před aplikací vrstvy další měly zavadnout, nikoliv proschnout.

Sanované plochy je důležité po dokončení opravy náležitě ošetřovat. Je nutné zabránit přímému slunečnímu záření, působení větru a dalším nežádoucím faktorům, které způsobují vysychání a úbytek záměsové vody. Tyto negativní vlivy uvnitř chladicí věže působí jen minimálně, ale přesto je nutné konstrukci v závislosti na klimatických podmínkách po dobu cca 5 dnů vlhčit.

Na nanesené reprofilační malty bude v místech s výrazně hrubým povrchem betonu nanášena tenkovrstvá stěrková malta. Stěrka slouží k vyrovnání povrchu, uzavření otvorů a k tenkovrstvé reprofilaci povrchu žlabu. Má vysokou přídržnost k podkladu a také vytváří ideální podklad pro následnou povrchovou úpravu.

Jako finální povrchová úprava bude použit povrchový ochranný systém ve formě dvojnásobného epoxidového nátěru. Pro výběr této sekundární ochrany betonových konstrukcí je rozhodující prostředí, ve kterém se povrch nachází. Ve stavebním průzkumu, ani v požadavcích veřejné nabídkové soutěže, není nikde uvedeno, že by bylo působící prostředí agresivní, podle toho bude postupováno i při výběru konkrétní použité hmoty. Sekundární ochrana bude nanášena štětkou nebo válečkou.

2.3.4.3. Kalkulace

Z důvodu chybějící fotodokumentace současného stavu rozvodných žlabů není možné stanovit konkrétní materiály, které by při sanaci byly použity a stanovit jejich přesnou cenu.

Jednotková cena za m² mi byla na základě zkušeností s mnoha realizačními firmami poskytnuta společností FANS, a.s. Cena zahrnuje nejen pořizovací náklady na materiál pro systémové řešení MAPEI, ale i jejich aplikaci a přípravu podkladu.

Obvod průřezu žlabu je 4,91 m a při délce žlabu 23,5 m je opravovaná plocha jednoho žlabu 115,385 m² (se zanedbáním prostupů a podepření

sloupy). Pro všech 12 žlabů sanovaná plocha odpovídá 1 384,62 m².

Tab. 7: Předběžná kalkulace sanace stávajících žlabů

Číslo položky	Název položky	Měrná jednotka	Jednotková cena [Kč]	Množství	Celková cena bez DPH [Kč]
1	Kompletní sanace včetně materiálu	m ²	1 200,00	1 384,62	1 661 544
Celkem cena bez DPH [Kč]:					1 661 544

2.3.4.4. Doba realizace

Pro výpočet doby realizace jednoho žlabu bylo využito ukazatelů pracností a osobního odhadu.

Tab. 8: Předběžný výpočet doby sanace

Proces č.	Popis procesu	Doba trvání
1	Očištění betonu, výztuže a její případná náhrada	5
2	Antikorozní nátěr – 2x	2
3	Reprofilace žlabů, technologická přestávka	3+10
4	Aplikace povrchové úpravy, technologická přestávka	2+7
Celková doba trvání:		29

2.4. MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA

Pro nalezení nejlepší varianty jsem vycházela z požadavku, aby nalezená varianta byla nejbližší ideální variantě a nejdále od varianty bazální. Proto jsem zvolila metodu TOPSIS, která jednotlivé varianty posuzuje z hlediska jejich vzdáleností od ideální a bazální varianty (*Šubrt, 2015*).

2.4.1. Identifikace variant a stanovených kritérií

Navrhované varianty řešení byly popsány v kapitole 2.3. Varianta rekonstrukce žlabů celkovou výměnou za nové prefabrikované železobetonové žlaby byla z důvodů popsaných v kapitole 2.3.1 z multikriteriální analýzy vyřazena.

Mezi zvažované varianty tedy patří:

- monolitické provedení žlabů,
- sklolaminátové žlaby,
- sanace stávajících žlabů.

Pro hodnocení jednotlivých variant byla vybrána celkem 4 kritéria:

- cena realizace dané varianty,
- doba realizace jednoho žlabu,
- náročnost provedení,
- pravděpodobnost narušení dalších konstrukcí při realizaci dané varianty.

2.4.2. Stanovení vah kritérií a jejich normalizace

Výchozím krokem vícekritériální analýzy variant je stanovení vah kritérií. Jelikož metoda TOPSIS pracuje s informacemi kardinálními, pro stanovení vah kritérií bude použita bodovací metoda, která transformuje bodové hodnocení důležitosti kritérií do podoby váhového vektoru (*Šubrt, 2015*).

Důležitost každého kritéria se vyjádří určitým počtem bodů v rámci stanovené bodovací stupnice. Pro tento konkrétní případ je použita stupnice

od 1 do 10. Hodnoty váhového vektoru se po ohodnocení normalizují podle vztahu (1) (Šubrt, 2015):

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Tab. 9: Váhy stanovené bodovací metodou

	Cena	Doba realizace	Náročnost provedení	Narušení konstrukcí
b_j	10	7	5	3
v_j	0,40	0,28	0,20	0,12

2.4.3. Výpočet ohodnocení variant metodou TOPSIS

Metoda TOPSIS vyžaduje kardinální hodnocení variant podle jednotlivých kritérií a podle váhy těchto kritérií (Šubrt, 2015).

Pro ohodnocení náročnosti provedení a pravděpodobnosti narušení konstrukcí byla použita stupnice od 1 do 10. U pravděpodobnosti narušení konstrukcí bylo přihlédnuto zejména k tomu, že u varianty monolitických a sklolaminátových žlabů je zapotřebí vybourat stávající žlaby, a při transportu, příp. shozu, větších kusů suti je možné narušení okolních konstrukcí. Při sanaci je tato pravděpodobnost menší, ale stále je možnost, že při očišťování stávajících žlabů dojde k porušení např. povrchu bazénu při odpadnutí většího kusu betonu.

Tab. 10: Kriteriaální matice

	Cena	Doba realizace	Náročnost provedení	Narušení konstrukcí
Monolitické žlaby	3 333 968	46	8	8
Sklolaminátové žlaby	4 554 645	7	4	7
Sanace	1 661 544	29	6	3
váhy	0,40	0,28	0,20	0,12
povaha	min	min	min	min

Z kriteriaální matice se zkonstruuje normalizovaná kriteriaální matice $R = (r_{ij})$ podle vzorce (2) (Šubrt, 2015):

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2}} \quad (2)$$

Tab. 11: Normalizovaná kriteriaální matice R

	Cena	Doba realizace	Náročnost provedení	Narušení konstrukcí
Monolitické žlaby	0,567	0,839	0,743	0,724
Sklolaminátové žlaby	0,774	0,128	0,371	0,634
Sanace	0,282	0,529	0,557	0,272

Dále se v normalizované kriteriální matici zohlední váhy jednotlivých kritérií a vypočte se normalizovaná vážená kriteriální matice $W = (w_{ij})$ dle vztahu (3) (Šubrt, 2015):

$$w_{ij} = v_j r_{ij} \quad (3)$$

Tab. 12: Normalizovaná vážená kriteriální matice W

	Cena	Doba realizace	Náročnost provedení	Narušení konstrukcí
Monolitické žlaby	0,227	0,235	0,149	0,087
Sklolaminátové žlaby	0,310	0,036	0,074	0,076
Sanace	0,113	0,148	0,111	0,033

Vzhledem k hodnotám matice W se určí ideální varianta H s ohodnocením (h_1, \dots, h_m) a bazální varianta D s ohodnocením (d_1, \dots, d_m) (Šubrt, 2015).

$$H = (0,113; 0,036; 0,074; 0,033)$$

$$D = (0,310; 0,235; 0,149; 0,087)$$

Následně se vypočítají vzdálenosti jednotlivých variant od ideální varianty (4)

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - h_j)^2} \quad (4)$$

a od bazální varianty (5) (Šubrt, 2015):

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - d_j)^2} \quad (5)$$

Na základě těchto vzdáleností se spočítají relativní ukazatele vzdáleností jednotlivých variant od bazální varianty podle vzorce (6) (Šubrt, 2015):

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (6)$$

U těchto ukazatelů se hodnoty pohybují mezi 0 a 1, přičemž hodnoty 1 nabývá ideální varianta a hodnoty 0 varianta bazální. Jednotlivé varianty se seřadí sestupně podle hodnot c_i a určí se tak jejich pořadí (Šubrt, 2015).

Tab. 13: Pořadí variant pro metodu TOPSIS

	d_i^+	d_i^-	c_i	Pořadí
Monolitické žlaby	0,247	0,083	0,252	3
Sklolaminátové žlaby	0,202	0,213	0,513	2
Sanace	0,118	0,225	0,656	1

2.4.4. Vyhodnocení multikriteriální analýzy

Při vyhodnocení jednotlivých variant metodou TOPSIS je dle Tab. 13 patrné, že nejvýhodnější variantou pro rekonstrukci rozvodných žlabů je sanace stávajících konstrukcí. Tato varianta je nejlevnějším řešením, a také je při ní nejmenší pravděpodobnost porušení ostatních konstrukcí. V náročnosti provedení i dobou realizace tato varianta není nejvýhodnější, tou je použití sklolaminátových žlabů, ale pro investora je nejdůležitějším kritériem cena realizace, proto sanace byla vyhodnocena jako nejlepší.

Mezi kritéria, která při výpočtu nebyla uvažována, patří např. prašnost při realizaci nebo životnost žlabů v různých variantách provedení. Kvůli tomu, že s využitím sanace se stávající žlaby nevybourají, vzniká v porovnání s ostatními variantami malé množství prachu, a je v tomto ohledu sanace opět nejvhodnějším řešením. Kritérium životnosti nebylo do výpočtu zahrnuto z důvodu, že všechny použité metody životností převyšují životnost ostatních prvků chladicí věže, a není proto relevantní.

2.4.5. Porovnání vyhodnocení s požadavkem investora

Sanace stávajících žlabů sice ve vyhodnocení byla vypočtena jako nejvýhodnější řešení, ale požadavek zadavatele na kompletní výměnu rozvodných žlabů tato varianta nesplňuje. S přihlédnutím k tomuto požadavku je nejvhodnějším řešením použití sklolaminátových žlabů. Cenově je tato varianta nejdražší, ale v porovnání s monolitickým provedením je doba potřebná k realizaci jednoho žlabu o 39 dní kratší. Náročnost provádění prací na stavbě je také mnohem menší, protože pro provedení žlabů tímto způsobem není potřeba tolika technologických kroků, ani není využito těžké mechanizace.

Pokud by zadavatel netrval na kompletní výměně stávajících žlabů za nové, ušetřil by necelých 2 900 000 Kč v pořizovacích cenách (porovnání ceny sklolaminátu a sanace).

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zpracována v teoretické a praktické části. V teoretické části bakalářské práce jsem se zabývala účelem a problematikou chladicích věží všech typů. Dále jsem podrobněji popsala funkci jednotlivých technologických komponent v mokrých chladicích věžích s přirozeným tahem, protože v tomto typu věže má dojít k rekonstrukci rozvodných žlabů.

Následně jsem se v praktické části práce zabývala předmětnou chladicí věží č. 233, typu Iterson 100 m, st. 3335, chladicího okruhu starého závodu Chemparku v Záluží. Nejprve jsou popsány parametry věže a stavební připravenost, která musí předcházet realizaci samotných variant rekonstrukce rozlivných žlabů. V další části jsou již analyzována jednotlivá řešení rekonstrukce rozvodných žlabů. U každé varianty je popsáno plánované řešení včetně možnosti realizace, předběžná cenová kalkulace a také je vypočítána doba realizace jednoho rozvodného žlabu.

K problematice rekonstrukcí rozvodných žlabů neexistuje žádná literatura, proto jsem jednotlivé technologické postupy řešení konzultovala s odborníky.

Poslední část práce se zabývá výběrem nejvhodnější varianty pomocí multikriteriální analýzy s využitím metody TOPSIS. Dle výstupu z vícekriteriální analýzy jsou nejvhodnějším řešením pro rekonstrukci žlabů sanační postupy, které jsou v dnešní době ve světě hojně používány. Tato varianta byla vyhodnocena jako nejlepší především kvůli nízké ceně a malé pravděpodobnosti narušení ostatních konstrukcí. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je delší doba realizace z důvodu nutnosti dodržení technologických přestávek na vytvrnutí reprofilačních malt před nanášením finální povrchové úpravy.

Pokud by investor i přes veškeré výhody sanace trval na kompletní výměně rozvodných žlabů, bylo by nutné přistoupit k druhé nejvhodnější variantě, a to k výměně stávajících žlabů za žlaby sklolaminátové. Ze zvažovaných variant je toto řešení nejdražší, ale naopak s nejkratší dobou realizace, která je zajištěna dodáním hotových částí žlabů přímo

na staveništi. Do konstrukce tak není zanesen žádný mokrý proces a vyloučí se tím dlouhé technologické přestávky.

POUŽITÁ LITERATURA

MIKYŠKA, Ladislav a ŠEBEK, Jaroslav. *Chladicí věže: provoz a údržba*. Praha: SNTL, 1989. Knižnice technických aktualit.

ŠAPOŠNIKOV, Vsevolod Vladimirovič, POSSELT, Ivo a POMAJSZL, František. *Atmosférické chladiče a chladicí věže*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1977.

ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2015. ISBN 978-80-7380-563-0.

INTERNETOVÉ PODKLADY

Hybridní chladicí věže, *FANS Complete Technology* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.fansct.com/cz/hybridni-chladici-veze/>

Chladicí věž, In: *Kafélanka* [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <https://www.kafelanka.cz/mista/vez.php>

Chladicí výplně pro chladicí věže, *FANS Complete Technology* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.fansct.com/cz/chladici-vyplne-pro-chladici-veze/>

Rámové bednění DOMINO, In: *PERI* [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/produkty/bedn%C4%9Bn%C3%AD/st%C4%9Bnov%C3%A9-bedn%C4%9Bn%C3%AD/ramove-bedneni-domino.html>

Třída Prostředí Betonu, In: *Arhitektura armastatud linna!* [online]. [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://ehitusmaaruse.bststroy.ru/trda-prostred-betonu/>

Unipetrol slibuje světlé zítřky. Neříká však, co s problémovou Spolanou, In: *IDNES.cz / Ekonomika* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: http://ekonomika.idnes.cz/unipetrol-predstavil-novou-strategii-dhq-ekoakcie.aspx?c=A170315_180442_ekoakcie_ozr

Z600 Výškově stavitelné vřeteno, In: *ZARGES* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.zarges.cz/produkty/z600-vyskove-stavitelne-vreteno-398>

Žlabové rozvody v chladicích věžích, In: *Tomek - výroba sklolaminátu* [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://www.sklolaminat.cz/index.html>

LEGISLATIVA

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: *Sbírka zákonů České republiky*.

NORMY

ČSN 73 1201, *Navrhování betonových konstrukcí*, 1967.

ČSN 73 2400, *Provádění a kontrola betonových konstrukcí*, 1989.

ČSN EN 206, *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*, 2014.

ČSN EN ISO 8501 - 1, *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků*, 2007. Praha: Český normalizační institut.

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1: Schéma mokré chladicí věže s přirozeným tahem (zdroj archiv firmy FANS, a.s.)	14
Obr. 2: Schéma mokré protiproudé chladicí věže s nuceným tahem (zdroj archiv firmy FANS, a.s.)	15
Obr. 3: Schéma suché chladicí věže s nuceným tahem (zdroj archiv firmy FANS, a.s.)	16
Obr. 4: Schéma hybridní chladicí věže s nuceným tahem (zdroj archiv firmy FANS, a.s.)	17
Obr. 5: Rozstřík vody (zdroj archiv firmy FANS, a.s.).....	19
Obr. 6: Chladicí výplně typu film (zdroj archiv firmy FANS, a.s.).....	20
Obr. 7: Eliminátory (zdroj archiv firmy FANS, a.s.).....	20
Obr. 8: Pohled na chladicí věže Unipetrol Litvínov (převzato z (Unipetrol slibuje světlé zítřky. Neříká však, co s problémovou Spolanou))	22
Obr. 9: Ilustrační foto rozvodných žlabů a stoupacího kanálu (převzato z (Chladicí věž)).....	23
Obr. 10: Výškově stavitelné vřeteno lešení (převzato z (Z600 Výškově stavitelné vřeteno))	30
Obr. 11: Použití vřetena (zdroj konzultace s Ing. Suchým)	30
Obr. 12: Rámové bednění DOMINO (převzato z (Rámové bednění DOMINO)).....	30
Obr. 13: Stupně vlivů prostředí (převzato z (Třída Prostředí Betonu))	31
Obr. 14: Použití stěnového rámového bednění DOMINO pro 7 m dlouhý záběr (zdroj konzultace s Ing. Suchým)	33
Obr. 15: Sklolaminátové žlaby rozvodu pro cukrovar Brottewitz (převzato z (Žlabové rozvody v chladicích věžích))	38
Obr. 16: Poptané sklolaminátové žlaby.....	40

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Výhody a nevýhody prefabrikátů ve srovnání s monolitem	27
Tab. 2: Srovnání tříd pevnosti obyčejného betonu dle platných a dříve používaných norem.....	31

Tab. 3: Předběžná kalkulace monolitických žlabů.....	35
Tab. 4: Předběžný výpočet doby realizace monolitických žlabů	37
Tab. 5: Předběžná kalkulace sklolaminátových žlabů.....	41
Tab. 6: Předběžný výpočet doby realizace sklolaminátových žlabů.....	42
Tab. 7: Předběžná kalkulace sanace stávajících žlabů.....	46
Tab. 8: Předběžný výpočet doby sanace	46
Tab. 9: Váhy stanovené bodovací metodou.....	48
Tab. 10: Kriteriaální matice	49
Tab. 11: Normalizovaná kriteriaální matice R	49
Tab. 12: Normalizovaná vážená kriteriaální matice W	50
Tab. 13: Pořadí variant pro metodu TOPSIS	51

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Tvar pláště

Příloha 2: Celkový plán věže

Příloha 3: Rozvod vody

Příloha 4: Dno nádrže a základové patky

Příloha 5: Příčný řez

Příloha 6: Podpěrný trám rozvodu vody T21

Příloha 7: Žlab – Ž1