



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

# **REKONSTRUKCE PLAVECKÉHO BAZÉNU LOCHOTÍN V PLZNI**

RECONSTRUCTION OF SWIMMING POOL  
LOCHOTÍN IN PILSEN

DIPLOMOVÁ PRÁCE

JANA HŘÍCHOVÁ

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc.

Praha 2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE


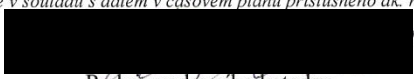
Fakulta stavební  
Tháškova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: <u>Hříchová</u>	Jméno: <u>Jana</u>	Osobní číslo: <u>395749</u>
Zadávací katedra: <u>K124 Katedra konstrukcí pozemních staveb</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>Budovy a prostředí</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Rekonstrukce plaveckého bazénu Lochotín v Plzni</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Reconstruction of the swimming pool Lochotín in Pilsen</u>	
Pokyny pro vypracování:  Průzkum současného stavu budovy a technických systémů Stavebně-energetická koncepce upraveného řešení - varianty Výpočty energetické náročnosti, koncepce využití obnovitelných zdrojů energie Řešení obálky budovy	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>3. 10. 2016</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>8. 1. 2017</u> <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 diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.*

<u>5. 10. 2016</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
---	---

## SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: JANA HRÁČHOVÁ

Název diplomové práce: REKONSTRUKCE PLAVECKÉHO BAZÉNU LOCHOTÍN V PLZNI

Základní část: KPS podíl: 80 %

Formulace úkolů: Průzkum současného stavu budovy  
Stavební-energetické koncepce úprav ve vanaud-čl  
Výpočty energetické udržitelnosti  
Řešení obídky budovy

Podpis vedoucího DP:  Datum: 3.10.2016

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: TZR podíl: 20 %

Konzultant (jméno, katedra): Daniel Adamovský

Formulace úkolů: Koncepce využití obnovitelných zdrojů energie  
v energetickém systému bazénu

Podpis konzultanta:  Datum: 2.1.2017

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracovala samostatně za odborného vedení vedoucího diplomové práce prof. Ing. Jana Tywoniaka, CSc. a konzultanta Ing. Daniela Adamovského, PhD. a uvedla jsem veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Plzni dne 8. ledna 2017

Jana Hříchová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce, panu prof. Ing. Janu Tywoniakovi, CSc. za cenné rady, zájem a čas věnovaný konzultacím.

Dále mé díky patří panu Ing. Danielu Adamovskému, PhD. za zájem a cenné rady v oblasti technického zařízení budov.

Také bych ráda poděkovala technickému vedoucímu plaveckého bazénu Lochotín v Plzni, panu Josefu Novákovi, za ochotu, věnovaný čas a poskytnuté podklady.

## **ANOTACE**

Předmětem zpracované diplomové práce je rekonstrukce plaveckého bazénu Lochotín v Plzni.

Cílem práce je dosáhnout optimálního řešení z hlediska efektivního využití energií, které vstupují do budovy, a kvalitního vnitřního prostředí.

Záměrem studie je průzkum a zhodnocení stávajícího stavu, nejen po konstrukční stránce, ale i technického a technologického zařízení budovy. Dále navržení vhodné obnovy obvodového a střešního pláště, které spolu s návrhem systému technického zařízení povedou ke snížení potřeby tepla na vytápění a ohřev vody s ohledem na využití obnovitelných zdrojů energie

Součástí práce je též uvedení parametrů a požadavků týkající se specifického provozu, kterým je plavecký bazén, v kombinaci s uvedením vzorových staveb či jejich rekonstrukcí.

Nově navržený stav celého objektu je na závěr zhodnocen z hlediska energetické náročnosti ve variantách a porovnán se stávajícím stavem.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá rekonstrukcí plaveckého bazénu Lochotín v Plzni.

Práce je zaměřena na řešení obnovy obálky a technického zařízení budovy (včetně využití rekuperace a obnovitelných zdrojů energie), s cílem dosáhnout, co nejmenší potřeby tepla na vytápění, v ideálním případě dosáhnout nízkoenergetické budovy, či budovy v pasivním standardu.

První částí je průzkum stávajícího stavu budovy a popis jednotlivých částí (konstrukce, dispozice, technické a technologické zařízení). V druhém kroku je provedeno zhodnocení stávajícího stavu, na které navazuje vlastní nový návrh obnovy budovy, týkající se především obálky budovy, technického a technologického zařízení, který povede k celkovému snížení potřeby tepla.

Nedílnou součástí směřující k úsporám provozu budovy je též koncepce využití obnovitelných a netradičních zdrojů energie, které jsou uvedeny ve variantách s ohledem na možnosti využití v daném provozu a zeměpisné poloze řešeného objektu.

Nově navržený stav celého objektu je na závěr zhodnocen z hlediska energetické náročnosti ve variantách a porovnán se stávajícím stavem.

Součástí práce je též uvedení parametrů a požadavků týkajících se specifického provozu, kterým je plavecký bazén, v kombinaci s uvedením vzorových staveb či jejich rekonstrukcí.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Rekonstrukce, plavecký bazén, obnovitelné zdroje energie, netradiční zdroje energie, energetická bilance budovy.

## **ABSTRACT**

The topic of this master's thesis is a renovation project of Lochotín's swimming pool in Plzeň.

The thesis is focused on the solutions in a renovation of the building's curtain wall and technical equipment (including the use of heat recovery devices and renewable resources) with the pursuit of the lowest energy consumption possible or ideally a draft of a low-energy or a passive building.

The first part consists of a survey of the building and a description of its parts (construction, disposition, technical equipment and technologies applied). The second part covers a current state analysis which further relates to the new design focusing especially on the curtain wall, technical and technological equipment which are supposed to provide an overall reduction in the heat consumption.

Another integral part of this conception providing lower costs is also the use of renewable and unconventional energy resources introduced in the options regarding their utilization possibilities in the building's operation and its geographical location.

Finally, the building's new design is analysed from the perspective of the energy performance of the individual solutions and compared with its current state.

The thesis also contains a statement of the operation characteristics regarding this type of building (swimming pool) and a presentation of sample buildings or their renovations.

## **KEYWORDS**

Reconstruction, swimming pool, renewable energy resources, unconventional energy resources, energy balance of the building.



## OBSAH

1. ÚVOD	11
2. PLAVECKÉ BAZÉNY	12
2.1 Obecné požadavky	13
2.2 Inspirace	20
3. STÁVAJÍCÍ STAV PLAVECKÉHO BAZÉNU	25
3.1 Identifikační údaje	25
3.2 Vstupní podklady a dokumentace současného stavu	26
3.3 Plavecký areál a jeho okolí	36
3.4 Historie objektu	37
3.5 Popis objektu	38
3.6 Stavební konstrukce	40
3.7 Technické a technologické zařízení budovy	43
4. ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU	46
4.1 Dispozice	46
4.2 Bezbariérové užívání objektu	48
4.3 Stavební konstrukce	48
4.4 Celkové zhodnocení z hlediska součinitele prostupu tepla	50
4.5 Technické a technologické zařízení budovy	52
4.6 Spotřeba tepla	53
5. NÁVRH A KONCEPCE NOVÉHO ŘEŠENÍ	55
5.1 Dispozice	57
5.2 Bezbariérové užívání objektu	59
5.3 Stavební konstrukce	60
5.4 Technické a technologické zařízení budovy	65

---

6. OBNOVITELNÉ A NETRADIČNÍ ZDROJE ENERGIE	69
6.1 Zdroje energie	69
6.2 Energie slunečního záření	70
6.3 Využití odpadního tepla	74
6.4 Využití tepelného čerpadla	78
6.5 Celkové zhodnocení a návrh řešení	78
7. ENERGETICKÁ BILANCE A ZHODNOCENÍ	80
7.1 Navržené varianty	84
7.2 Potřeba tepla na ohřev vody	87
7.3 Celkové zhodnocení	89
8. ZÁVĚR	96
LITERATURA, PODKLADY A OSTATNÍ ZDROJE	98
PŘÍLOHY	101

## 1. ÚVOD

Předmětem řešení diplomové práce je rekonstrukce plaveckého bazénu Lochotín v Plzni, která má za cíl dosáhnout optimálního řešení z hlediska efektivního využití energií, které do budovy vstupují, a vnitřního prostředí. Rekonstrukce je zaměřena na obnovu obálky budovy a technického zařízení budovy (včetně využití rekuperace a obnovitelných zdrojů energie) s cílem dosáhnout, co nejmenší potřeby tepla na vytápění, v ideálním případě dosáhnout nízkoenergetické budovy.

Součástí práce je též koncepce využití obnovitelných a netradičních zdrojů energie, které jsou šetrné k životnímu prostředí a lze dosáhnout výrazných úspor potřeby tepla během provozu objektu.

Pro kvalitní nový návrh konstrukcí i technického zařízení je potřeba provést důkladný průzkum stávajícího stavu budovy. Dále zjistit možnosti daného objektu a jeho okolí.

Nedílnou součástí práce je závěrečné zhodnocení z hlediska energetické náročnosti v uvažovaných variantách, které jsou porovnány nejen mezi sebou, ale též se stávajícím stavem.

Téma rekonstrukce plaveckého bazénu je v současné době velice aktuálním tématem vzhledem k tzv. končící životnosti plaveckých bazénů ze 70. - 80. let 20. století. Stavby tohoto druhu tehdy rostly jako "houby po dešti". Důvodem byla finanční a programová podpora ze strany státu.

Z hlediska dnešních nároků na úsporu energií a potřeby tepla jsou plavecké bazény bez využití rekuperace vzduchu či vody nevyhovující a velice energeticky náročné. Technické a technologické zařízení těchto objektů je v současné době nmoderní, ale především neúčinné. Problémem jsou též ocelové konstrukce bazénů, které trpí působením neúměrně velké relativní vlhkosti v interiéru. Stav vnitřního prostředí není neblahý jen na konstrukce objektu, ale především na lidi, které ho využívají.

Zvolené téma jsem si vybrala z důvodu osobního zájmu o plavecké bazény a jejich specifický provoz. Dále mě zajímá náročnost jejich rekonstrukce a obnova současného stavu na (pokud možno) nízkoenergetickou budovu.

## 2. PLAVECKÉ BAZÉNY

Zpracováno dle [4], [5] a [23].

Plavecké bazény patří mezi sportovní stavby, které jsou využívány veřejností. Obecně je bazén definován jako umělá vodní nádrž, jež zadržuje přiváděnou vodu. Jeho využití záleží na účelu, ke kterému slouží. Může se jednat o rekreační či závodní plavání, vodní pólo, skoky do vody, potápění, akvabely či jiné cvičení ve vodě.

Historie lázeňských staveb, do kterých lze zařadit bazény léčebné, veřejné a soukromé, sahá až do starověkého Řecka a Říma, kde byly velmi oblíbené tzv. římské thermy.

Velká většina plaveckých bazénů pro veřejnost, jako i plavecký bazén Lochotín v Plzni, byla u nás postavena v 70. - 80. letech 20. století. Plavecké areály tehdy rostly jako "houby po dešti". Důvodem byla podpora ze strany ministerstva zdravotnictví, ministerstva školství, Československého svazu tělesné výchovy a sportu a to jak finančně, tak i programově. Většina takto postavených plaveckých areálů je provozována dodnes, pouze se změnou provozovatele. Zatímco počet přírodních koupališť od 50. let 20. století postupně klesal, výstavba umělých, ať už krytých či nekrytých, bazénů stoupal a to poměrně výrazně. Přesto byla postavena jen malá část z počtu, který by byl potřeba, a především se nekladl důraz na demografický rozbor. To mělo za důsledek přeplnění některých areálů, naopak některé zcela zely prázdnotou.

V současné době dochází nejen k výstavbě nových plaveckých areálů, a to především stále více oblíbených areálů s převažující zábavní funkcí, tzv. aquaparků, ale také k rekonstrukci a obnově objektů právě ze 70. - 80. let, která je nutná k jejich dalšímu fungování. Dochází nejen ke změně dispozic, které neodpovídají dnešnímu využití objektu, ale též je nutná celková obnova provozu. Technická zařízení jsou zastaralá, nmoderní, energeticky náročná, přesto většina z nich nebyla za celou dobu ani částečně rekonstruovaná. Neblahý vliv má tento fakt nejen na vnitřní prostředí pro návštěvníky, ale také na konstrukce budovy, jejichž stav se výrazně rychleji zhoršuje. O to větší problém je to právě u bazénových prostor s velkou vlhkostí vzduchu.

Kryté plavecké areály všeho druhu se díky možnosti využití v zimním období staly velice oblíbenými, dalo by se říct dokonce životním standardem dnešní společnosti.

## 2.1 Obecné požadavky

Při návrhu plaveckého bazénu je nutno řídit se především těmito předpisy:

- ČSN EN 13451-1 Vybavení plaveckých bazénů  
Část 1: Všeobecné bezpečnostní požadavky a zkušební metody [31]
- ČSN EN 15288-1+A1 Plavecké bazény  
Část 1: Bezpečnostní požadavky pro navrhování bazénů [32]
- ČSN EN 15288-2 Plavecké bazény  
Část 2: Bezpečnostní požadavky pro provozování bazénů [33]
- Vyhláška č. 292/2006 Sb., kterou se mění vyhláška č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch [36]
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby [37]

**Vyhláška č. 292/2006 Sb., kterou se mění vyhláška č. 135/2004, výtah z předpisu [34]**

### ***„Zdroj vody pro bazén umělého koupaliště***

*Zdroj vody pro bazén umělého koupaliště musí svou vydatností a kvalitou trvale zaručovat, že zvolenou technologií bude za obvyklých podmínek provozu voda upravitelná na stanovenou jakost. Při volbě vodního zdroje se dává přednost zásobování vodou z veřejného vodovodu.*

*Do vody ze zdroje pro bazén umělého koupaliště lze z technologických nebo užitných důvodů přidávat minerální látky.*

### ***Hygienické požadavky na plavecké a koupelové bazény***

*Kapacita - denní návrhová návštěvnost areálu krytých umělých koupališť se orientačně stanoví jako jeden a půl až dvojnásobek kapacity vodní plochy bazénů. Odvození kapacity od vodní plochy bazénů se netýká umělých koupališť s výhradně koupelovými bazény nebo bazény pro koupání kojenců a batolat.*

*Hloubka vody pro neplavce může být nejvýše 160 cm a musí být zřetelně vyznačena.*

*Nekrytá umělá koupaliště s celoročním i sezonním provozem a krytá umělá koupaliště musí být vybavena recirkulačním systémem, jehož součástí je i recirkulační úprava vody, nebo u nekrytých koupališť alespoň systémem soustavné dezinfekce za současného splnění požadavku § 16 odst. 6. Způsob přítoku a odtoku vody každého bazénu musí zajišťovat, aby v každém bazénu docházelo k důkladnému směšování vody přiváděné do bazénu z úpravny vody s vodou v bazénu. Splnění tohoto požadavku se zabezpečuje dostatečným počtem vtokových a odtokových prvků odpovídajících hydraulických parametrů vhodně rozmístěných tak, aby při proudění vody nevznikaly v bazénu zkratové proudy a místa s pomalou výměnou vody a aby výměna a směšování vody probíhaly na krátké dráze, dostatečně intenzivně a v celém objemu bazénu.*

*V soustavě bazénů nesmí být voda přepouštěna přímo z bazénu do bazénu. Za přepouštění se nepovažují vodní atrakce, u kterých voda v soustavě bazénů přepadává z bazénu do bazénu. Přívod upravené vody z úpravny musí být pro každý bazén samostatný a opatřen samostatným průtokoměrem.*

*Kolem všech bazénů musí být snadno čistitelný ochoz s protiskluzovou úpravou a s takovým spádem, aby veškerá voda odtékala do odvodňovacích zařízení. Okraj bazénu musí být proveden a provozně zajištěn tak, aby nečistoty nebyly splachovány do vody bazénu ani do recirkulačního systému.*

*Materiály, které přicházejí do styku s bazénovou vodou (například obklady, kryty hladiny vody, výplně spár, potrubí, filtry), nesmějí ovlivnit kvalitu vody po stránce fyzikálně-chemické ani podporovat růst mikroorganismů a fytoplanktonu. Nesmějí mít negativní vliv na účinnost dezinfekce bazénové vody.*

*Odvětrávání prostoru nad hladinou se u bazénů zajišťuje mimo jiné též vymezenou úrovní hladiny, která nesmí být níže než 30 cm pod úrovní ochozů. V úrovni hladiny bazénu musí být zřízen přelivný žlab, který musí být upraven a dimenzován tak, aby se voda nevracela zpět do bazénu. U bazénů hlubších než 1,6 m musí být v hloubce 1,2 m u obvodových stěn vybudována pro uživatele bezpečná záchytná plocha v šířce minimálně 10 cm.*

*Stěny bazénu a dno bazénu neplavecké části musí být mechanicky čištěny tak, aby byly trvale bez stop znečištění nebo nárůstů řas.*

### **Hygienické požadavky na brouzdaliště**

*Při určování kapacity vodní plochy brouzdaliště pro děti se počítá s plochou 1 m na jedno dítě. Brouzdaliště nesmí mít větší hloubku vody než 40 cm.*

*Způsob přívodu a odtoku vody musí zajišťovat intenzivní směšování vody v brouzdališti a voda do brouzdaliště nesmí být přiváděna z jiného bazénu. Výměna nebo doba recirkulace celého objemu vody se provádí nejméně jednou za hodinu. Brouzdaliště s recirkulací vody musí být alespoň jednou za týden vypuštěna, vyčištěna a povrchově dezinfikována. Brouzdaliště řešená bez recirkulace vody musí být vypouštěna a čištěna denně.*

### **Recirkulace, úprava a dezinfekce vody**

*Recirkulační systém musí být navržen a proveden tak, aby veškerá voda ze systému mohla být vypuštěna do kanalizace či jiného recipientu.*

*Všechny podlahové plochy v prostorách úpravny musí být vyspádovány a napojeny na kanalizaci, s výjimkou prostorů, kde jsou skladovány chemikálie a kde je s nimi manipulováno, a musí být učiněna taková opatření, aby bylo zabráněno úniku těchto látek do kanalizace.*

*U bazénů s recirkulační úpravnou vody musí být recirkulace včetně dezinfekce bazénové vody v provozní době nepřetržitá. V době provozního klidu může být intenzita recirkulace bazénové vody snížena, u malých bazénů i přerušena, ale do zahájení provozu musí být recirkulací či napouštěním plnicí vodou alespoň jedenkrát vyměněn celý objem bazénu.*

*Množství ředící vody musí spoluzajišťovat splnění požadavků na jakost vody podle přílohy č. 4 a řídí se počtem návštěvníků za den, přičemž na každého návštěvníka se musí denně obměnit minimálně 30 l vody u krytých plaveckých bazénů.*

### ***Jakost vody v bazénech umělých koupališť***

*Voda v bazénech umělých koupališť musí být upravena tak, aby jejím použitím nedošlo k poškození lidského zdraví, a to zejména působením choroboplodných zárodků.*

*Ve vodě v bazénech umělých koupališť se chemické látky, včetně těch, které byly použity nebo vznikly při procesech úpravy, dezinfekce a recirkulace bazénové vody, nesmí nacházet v koncentracích, které by mohly způsobit poškození lidského zdraví.*

### ***Šatny umělých koupališť a saun***

*Kapacita šaten musí odpovídat kapacitě umělého koupaliště.*

*Počet sprch se řídí předpokládanou kapacitou koupaliště. U krytých umělých koupališť musí být pro příchod zachováno pořadí šatna, sprcha, bazén, pro odchod pořadí bazén, sprcha, místnost pro odpočinek, šatna; popřípadě bazén, sprcha, šatna místnost pro odpočinek, přičemž tyto úseky musí být stavebně odděleny a sprchy musí bezprostředně navazovat na prostor šaten.*

### ***Sprchy a záchody umělých koupališť a saun***

*U krytých umělých koupališť a saun se počítá s jednou sprchou pro nejvíce 15 návštěvníků. Sprchy umělých koupališť pro muže a ženy musí být oddělené.*

*Záchody musí být odděleny pro muže a ženy. Počet záchodů se řídí předpokládanou kapacitou koupaliště; vždy pro 50 žen a 100 mužů musí být k dispozici alespoň jeden záchod a dále vždy pro 50 mužů jedno pisoárové stání. Záchody se umísťují tak, aby návštěvník procházel prostorem sprch.*



### **Požadavky na mikroklimatické podmínky a osvětlení**

*Všechny místnosti a prostory objektů krytých umělých koupališť musí být větrány; pokud nestačí přirozená výměna vzduchu okny, musí být vybaveny zvláštním větracím zařízením. Větrání sprch a bazénů musí být podtlakové. “*

<b>Faktor prostředí</b>	<b>Hala bazénu</b>	<b>Přílehlé prostory pro uživatele ( šatny, WC, sprchy, chodby atd. )</b>
<i>Teplota</i>	<i>o 1 - 3°C vyšší než teplota vody v bazénu</i>	<i>sprchy 24 - 27°C šatny a místnosti pro pobyt osob 20 - 22°C</i>
<i>Relativní vlhkost vzduchu</i>	<i>60%, max. provoz 65%</i>	<i>sprchy max. 85% ostatní prostory max. 50% (kromě parní komory)</i>
<i>Výměna vzduchu</i>	<i>nejméně 2x za hodinu</i>	<i>sprchy min. 8x/h, šatny 5-6x/h ostatní prostory tak, aby vyhovovaly relativní vlhkosti vzduchu</i>

*Tabulka 2.1.1 Mikroklimatické požadavky a osvětlení haly krytého bazénu a jeho přílehlých prostor dle [36]*

### **Vyhláška č. 268/2009 Sb., výtah z předpisu [35]**

#### **„Základní požadavky**

*Stavba musí být navržena a provedena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná pro určené využití a aby současně splnila základní požadavky, kterými jsou:*

- mechanická odolnost a stabilita,*
- požární bezpečnost,*
- ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí,*
- ochrana proti hluku,*
- bezpečnost při užívání,*
- úspora energie a tepelná ochrana.*

### **Úspora energie a tepelná ochrana**

*Budovy musí být navrženy a provedeny tak, aby spotřeba energie na jejich vytápění, větrání, umělé osvětlení, popřípadě klimatizaci byla co nejnižší. Energetickou náročnost je třeba ovlivňovat tvarem budovy, jejím dispozičním řešením, orientací a velikostí výplňových otvorů použitými materiály a výrobky a systémy technického zařízení budov. Při návrhu stavby se musí respektovat klimatické podmínky lokality.*

*Budovy s požadovaným stavem vnitřního prostředí musí být navrženy a provedeny tak, aby byly dlouhodobě po dobu jejich užívání zaručeny požadavky na jejich tepelnou ochranu splňující:*

- *tepelnou pohodu uživatelů,*
- *požadované tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov,*
- *tepelně vlhkostní podmínky technologií podle různých účelů budov,*
- *nízkou energetickou náročnost budov.*

*Požadavky na tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov jsou dány normovými hodnotami.*

### **Vzduchotechnická zařízení**

*Vzduchotechnické zařízení musí zajistit takové parametry vnitřního ovzduší větraných prostorů, aby vyhovělo hygienickým a technologickým požadavkům.*

*Nastává-li při dopravě vzduchu s vysokým obsahem vodních par nebezpečná kondenzace, musí být vzduchovod vodotěsný, provedeny ve spádu a opatřen odvodněním.*

*Vzduchotechnická zařízení v provozech s vysokou intenzitou výměny vzduchu musí mít zajištěno zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu zařízením s ověřenou dostatečnou účinností, pokud se neprokáže například energetickým auditem, že takové řešení není v daných podmínkách vhodné.*

*U budov s klimatizačním systémem se musí doložit jejich dostatečná tepelná stabilita v letním období a využití jiných ekonomicky vhodných technických možností chlazení budovy. Tepelná stabilita klimatizovaných místností je dána normovými hodnotami.*

### **Vytápění**

*Technické vybavení zdrojů tepla musí umožnit hospodárný, bezpečný a spolehlivý provoz a je nutné brát zřetel na možnosti proveditelnosti alternativních zdrojů vytápění.*

*Kotle a spotřebiče musí mít zajištěn přívod spalovacího a větracího vzduchu.*

*Výpočet tepelných ztrát budov je dán normovými postupy.*

### **Zvláštní požadavky pro vybrané druhy staveb**

*Nejmenší světlé výšky místností a prostorů musí být:*

- *6 000 m u tělocvičen rozměrů 12 m x 18 m x 12 m, 7 000 m u tělocvičen rozměrů 18 m x 30 m a větších,*
- *2 500 m u šaten*

*Prostory šaten musí být osvětlené a větrané.*

*U tělocvičen musí být alespoň jedny dveře velikosti 1 800 mm x 2 100 mm.“*

## 2.2 Inspirace

### Rekonstrukce plaveckého bazénu v Jablonci nad Nisou [17]

Jablonec nad Nisou, Liberecký kraj, 2001

Autor: SYNER s. r. o.

Rekonstrukce plaveckého bazénu v Jablonci nad Nisou z roku 2001 se týkala především stávajícího krytého plaveckého bazénu (25 m), včetně dětského bazénu a stávajícího zázemí, které zahrnuje hlavní vstup, šatny a kanceláře. Rekonstrukce zahrnovala především nové obklady, omítky a malby. Dále byla provedena přístavba bazénu zahrnující vodní atrakce. Konstrukce byla zvolena jako železobetonová, izolovaná stěrkovou izolací. Veškeré obklady byly provedeny z mozaiky. Nosnou konstrukci přístavby tvoří ocelová konstrukce se speciálním ochranným nátěrem. Obvodová konstrukce přístavby byla provedena zasklením z izolačních skel v hliníkových rámech. Bazén atrakcí zahrnuje oblíbené a veřejností žádané tobogány, dále divokou řeku, bazén s vlnobitím, dvě vířivky, chrliče vody a masážní lavice.

#### Inspirace pro mou práci:

Jedná se stejně jako v mém případě o rekonstrukci plaveckého bazénu, tedy také o nové obklady a omítky v interiéru. V případě jabloneckého bazénu byla provedena i přístavba, jejíž nosnou konstrukci tvoří ocelová konstrukce a obvodové prosklené stěny tvoří izolační skla v hliníkových rámech, což je případ obou bazénových hal v Plzni na Lochotíně.



## **Plavecký bazén v Sušici [11]**

Sušice, Plzeňský kraj, 2009

Autor: arch. kancelář APRIS 3MP

Plavecký bazén se nachází v obci Sušice mezi řekou Otavou a říčkou Volšovkou ve sportovně rekreačním zázemí města s různorodou nabídkou aktivit (atletický stadion, tenisové kurty, lanové centrum, zimní stadion). Samotná budova vznikla jako přístavek k již stávajícímu zimnímu stadionu ze 70. let 20. století. Bylo tak možné technologické propojení obou provozů a výrazné snížení budoucí energetické náročnosti plaveckého bazénu díky využití zbytkového tepla z chlazení ledové plochy.

Dvou až třípodlažní hlavní budovu tvoří hmota obložená hliníkem položená přes říčku, prolamovanou terasami s barevným akcentem, doplněnou lesklým černým tubusem tobogánu. Objekt je zastřešen pultovou střechou. Samotná bazénová hala je umístěna v severovýchodním rohu budovy. Díky velké prosklené fasádě se otevírá ven směrem k ostatním sportovištím městského areálu. V převážně jednopodlažní části hlavní hmoty nad říčkou je umístěno wellness zahrnující parní komoru a saunu s ochlazovacím bazénkem. V druhém nadzemním podlaží nalezne návštěvník tři sportovní sály. V místech spojovacího krčku není umístěna jen recepce, ale také sociální zázemí, obchod nebo kavárna. Veškeré technologie bazénu a zázemí zaměstnanců je umístěno v suterénu.

### **Inspirace pro mou práci:**

Vzhledem k tomu, že se jedná o novostavbu, nikoli rekonstrukci, lze využít méně poznatků. Zajímavostí je zajisté propojení provozu bazénu a zimního stadionu, tedy následné využití zbytkového tepla z chlazení ledové plochy pro provoz bazénu.



## **Plavecký areál Šutka v Praze [10]**

Praha, 2013

Autor: Bfb studio s. r. o., Ing. arch. Antonín Buchta (arch. návrh)

D-PLUS PROJEKTOVÁ A INŽENÝRSKÁ a. s.

Ing. Antonín Douša, Ing. Karel Janoch (projektanti)

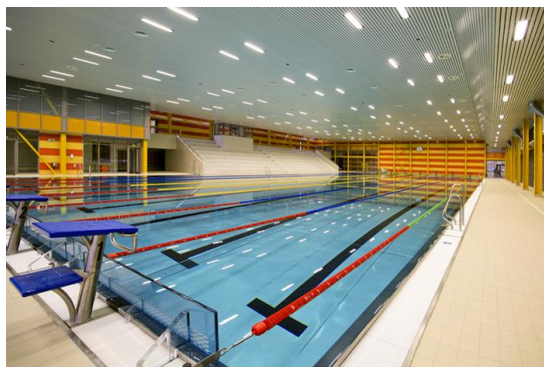
Návrh plaveckého bazénu na Šutce v Praze byl vyhotoven již v roce 1987. O rok později začala samotná stavba, kterou postihl nedostatek financí, a proto byla stavba pozastavena. O několik let později byl projekt přepracován jako modernější areál a se stavbou se pokračovalo od září 2010. Návštěvníci mohli plavecký areál navštívit až v lednu 2013, namísto původnímu plánovanému otevření v roce 1994.

Stavba měla během své výstavby tři hlavní části. Tou první byla dostavba původní budovy rozestavěného plaveckého bazénu, druhou výstavba aquaparku a třetí veškeré stavební práce spojené s okolím objektu.

Obvodový plášť budovy tvoří kombinace prosklené hliníkové fasády s hliníkovými lamelami, kontaktního zateplovacího systému, dřevěného a keramického odpadu. Střechy objektů jsou jednoplášťové s izolačními vrstvami na desce střechy a střešním pláštěm tvořeným z asfaltových či PVC pasů. Nosnou konstrukcí samotného plaveckého bazénu je ocelový skelet se spřaženými ocelobetonovými stropními konstrukcemi. Hala je zastřešena ocelovými příhradovými nosníky.

Většina technického zařízení budovy, jako např. strojovny VZT, výměňikové stanice, kompletní bazénová technologie, elektrorozvodny, trafostanice, dieselagregát, zázemí provozu restaurace, je umístěno v 1. PP. Strojovny TZB se dále nalézají také v 3. NP, které je čistě technické.

Dnes je plavecký areál Šutka jeden z nejmodernějších areálů v Praze i po celé České republice. Slouží rekreačnímu i sportovnímu využití.



### **Komplex bazénů a sportovišť Jedenáctka VS [11]**

Praha, 2014

Autor: ATELIER 8000 spol. s r. o. / Martin Krupauer, Jiří Střítecký

Objekt tvoří tři samostatné objekty, propojené pouze průchozími krčky. Hlavní nosnou konstrukcí je skelet s fasádou ze systémových plechových šablon, které doplňují prosklené části stíněné horizontálními žaluziemi.



### **Aquapark Kohoutovice [11]**

Kohoutovice, Brno, Brněnský kraj, 2010

Autor: K4 a. s. / V. Pacek, M. Schneider, J. Dundáček, M. Benýšková

Objekt Aquaparku je situován při stavbě základní školy. Konstrukcí celé stavby je monolitický železobetonový skelet. Nosná konstrukce bazénové haly je tvořena organickou strukturou vazníků z lepeného dřeva, které jsou uloženy z jedné strany na železobetonových pilířích, na straně druhé ústí až do základů v úrovni terénu.



### **Krytý plavecký bazén v Litomyšli [11]**

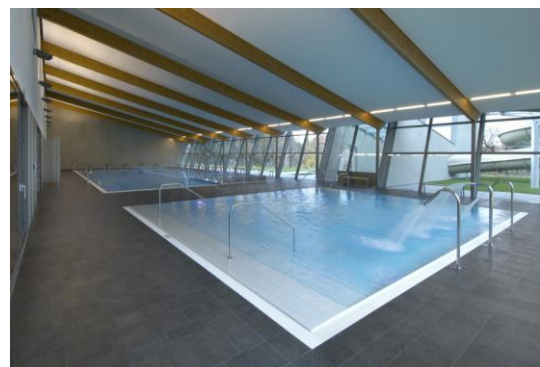
Litomyšl, Pardubický kraj, 2010

Autor: Architekti DRNH / A. Novák, P. Valenta, R. Smejkal, R. Štefka

Plavecký bazén v Litomyšli je nejzajímavější především svých architektonickým a urbanistickým řešením, které je podřízeno místu a účelu. Nosná konstrukce je monolitická z železobetonu, kombinovaná ocelovými konstrukcemi, které nesou zastřešení a transparentní obvodový plášť objektu. Samotná konstrukce střechy je dřevěná s tepelnou izolací pěnosklem v případě bazénové haly. V případě technologické části byla jako izolant použita minerální vata. Střešní krytina je tvořena z předzvětralého titanzinkového plechu. Veškeré prosklené plochy jsou zaskleny termoizolačním trojsklem. Zajímavostí je také, že veškerá vytěžená zemina byla zpětně použita pro terénní modelace a střešní zásypy objektu pro snížení provozně energetických nákladů. Celý objekt byl prvotně navržen jako landscape architecture a splňuje tak parametry energeticky úsporné stavby.

#### **Inspirace pro mou práci:**

V případě plaveckého bazénu v Litomyšli se jedná o novostavbu velice zajímavou především svým architektonickým a urbanistickým řešením, které podléhá místu a účelu stavby. Inspirací jsou prosklené plochy, které tvoří termoizolační trojsklo.





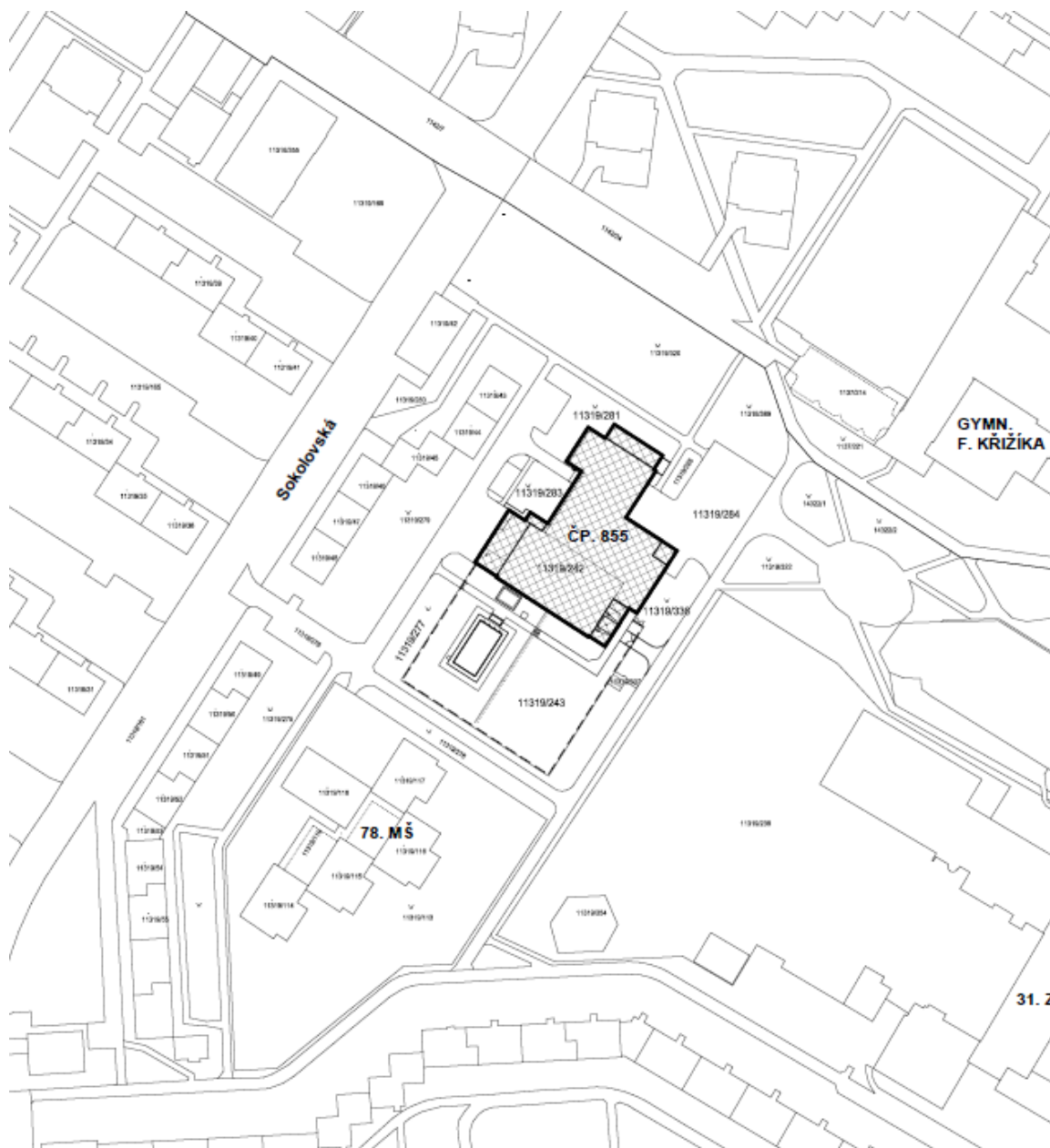
### 3. STÁVAJÍCÍ STAV PLAVECKÉHO BAZÉNU

#### 3.1 Identifikační údaje

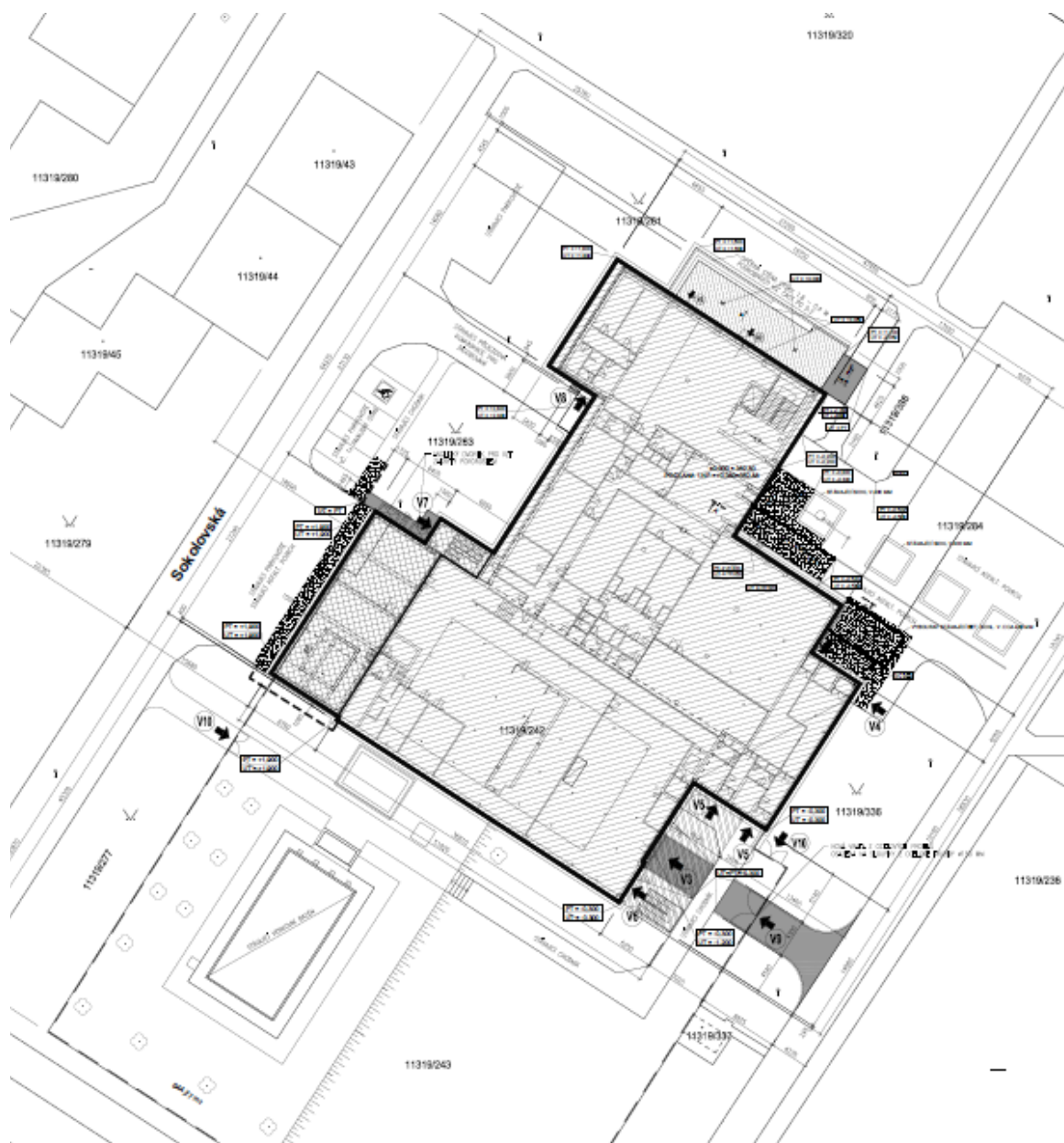
##### ÚDAJE O STAVBĚ

Název stavby:	Plavecký bazén Lochotín
Místo stavby:	Sokolovská 855/46, 323 00 Plzeň
Majitel objektu:	Statutární město Plzeň - městský obvod Plzeň 1 alej Svobody 882/60, 323 00 Plzeň
GPS souřadnice:	49.7704206N, 13.3679075E
Katastrální území:	Městský obvod Plzeň 1
Pozemky dotčené stavbou:	Parc. č.11319/242, č.11319/243, č.11319/277, č.11319/278, č.11319/281, č.11319/283, č.11319/284 a č.11319/336
Provoz:	Velký plavecký bazén (25 m), Malý plavecký bazén Venkovní bazén a brouzdaliště Tělocvična (rytmický sál)
Provozní doba bazénu:	Po - Pá: 6.00 - 22.00 hod So - Ne: 9.00 - 20.00 hod pozn. Malý bazén je otevřen jen o víkendu, prázdninách a svátcích, venkovní bazén je otevřen pouze v letních měsících
Provozní doba tělocvičny:	Po - Ne: dle rozvrhu lekcí
Zastavěná plocha:	2 100 m <sup>2</sup>
Užitná plocha 1. NP:	1 995 m <sup>2</sup>
Užitná plocha 2. NP:	1 815 m <sup>2</sup>
Obestavěný prostor:	19 000 m <sup>2</sup>
Plocha velkého bazénu:	312,5 m <sup>2</sup>
Plocha malého bazénu:	115,2 m <sup>2</sup>
Kapacita velkého bazénu:	72 osob
Kapacita malého bazénu:	40 osob
Kapacita tělocvičny:	76 osob

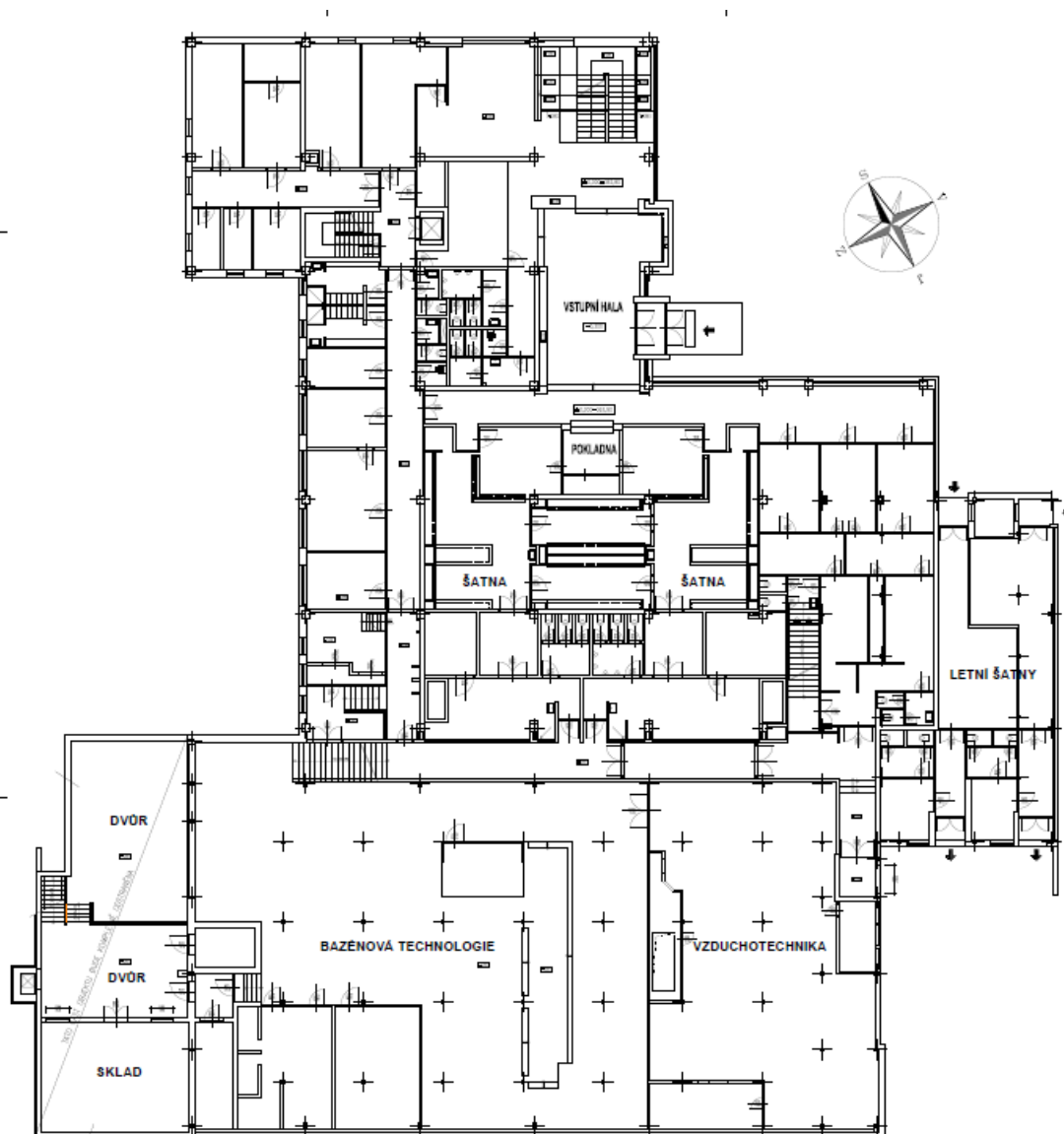
### 3.2 Vstupní podklady a dokumentace současného stavu



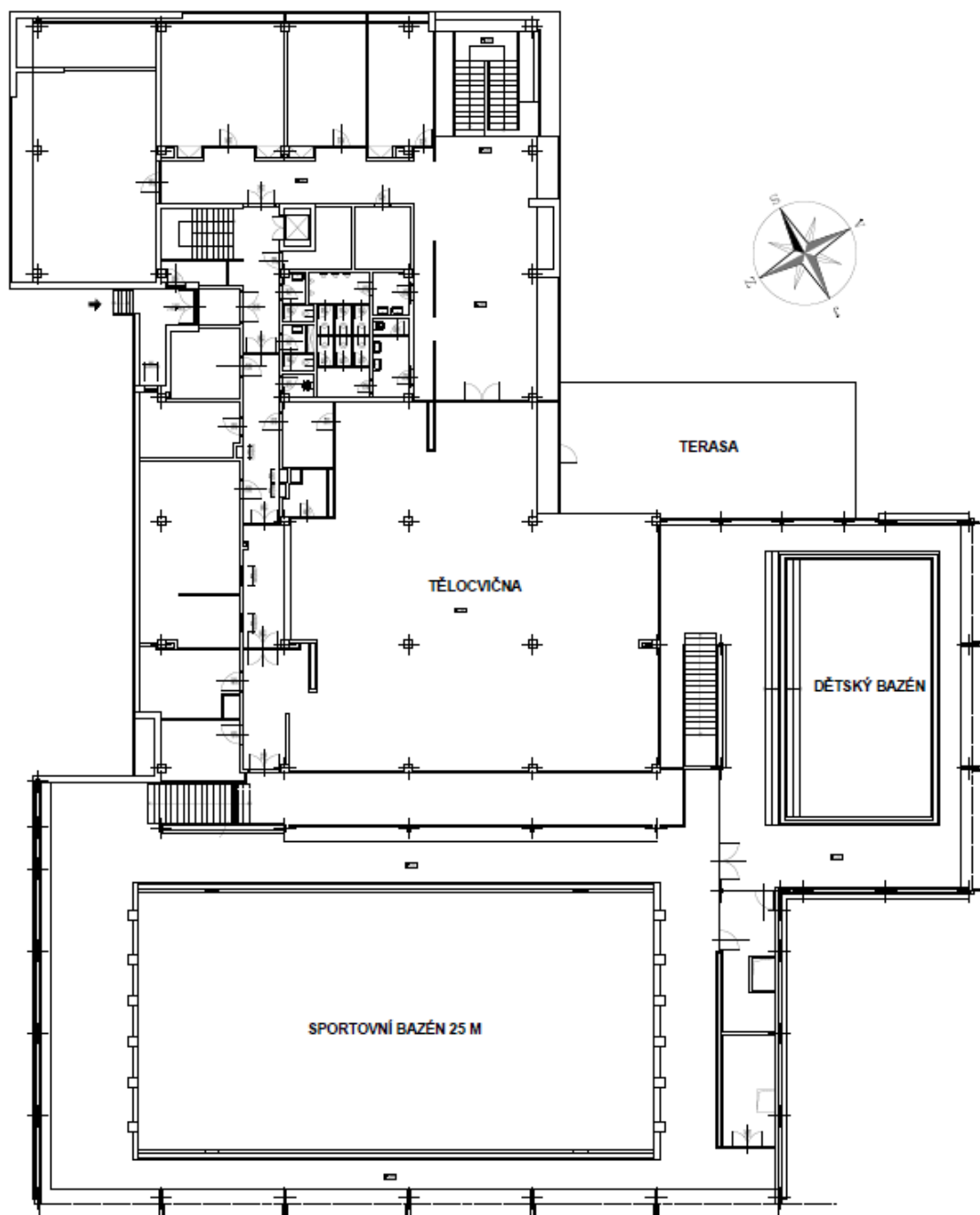
Obr. 3.2.1 Situace širších vztahů [30]



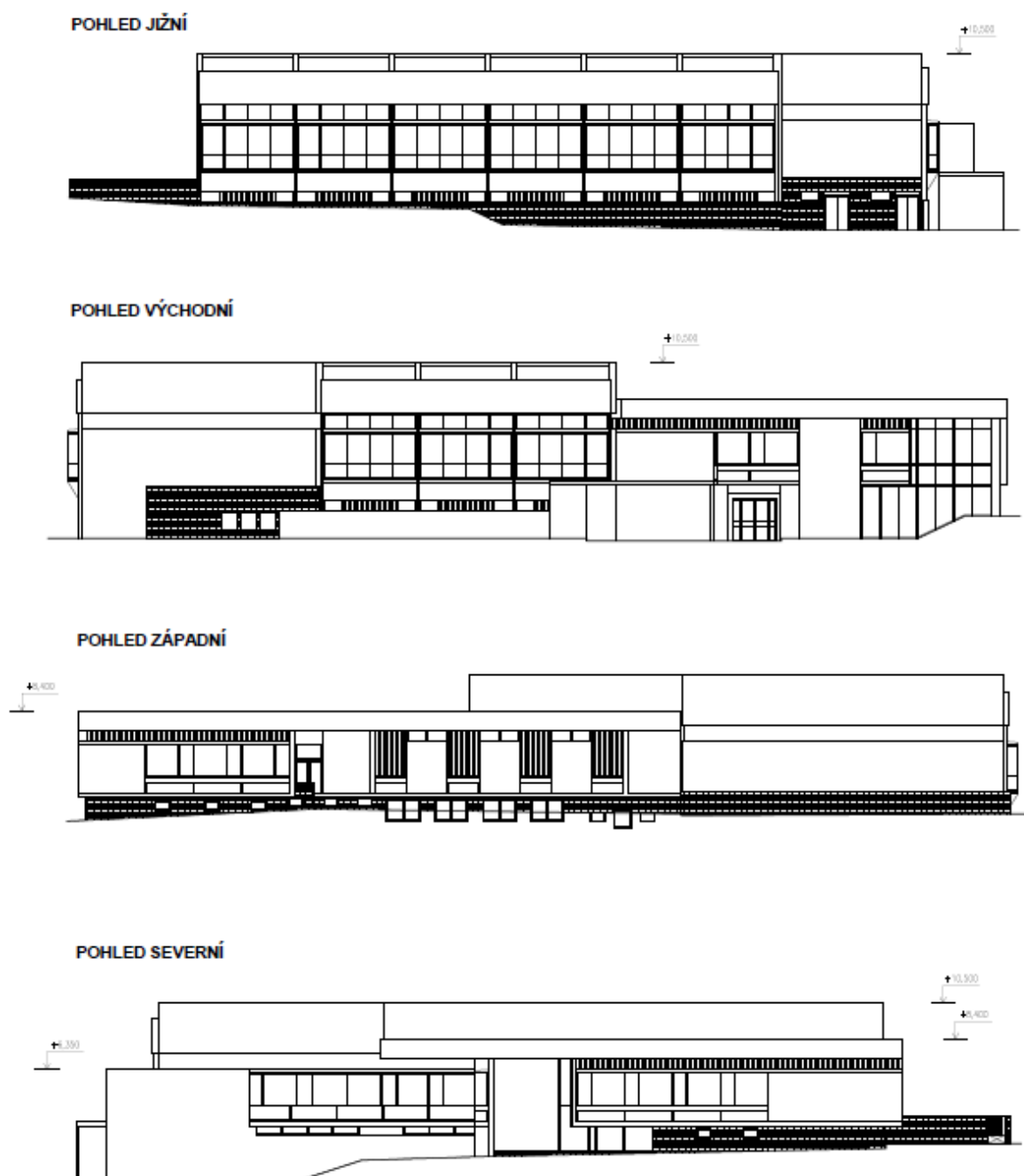
Obr. 3.2.2 Celková situace stavby [30]



Obr. 3.2.3 Stávající schéma půdorysu 1. NP [30]



Obr. 3.2.4 Stávající schéma půdorysu 2. NP [30]



Obr. 3.2.5 Stávající pohledy na objekt [30]



Obr. 3.2.6 Celkový pohled na objekt plaveckého bazénu



Obr. 3.2.7 Pohled na hlavní vstup



Obr. 3.2.8 Pohled na část B - bazénová hala dětského bazénu (východní orientace)



Obr. 3.2.9 Pohled na část B - nalevo velký bazén, napravo malý bazén





Obr. 3.2.10 Pohled na část B - bazénová hala velkého bazénu (jižní orientace)



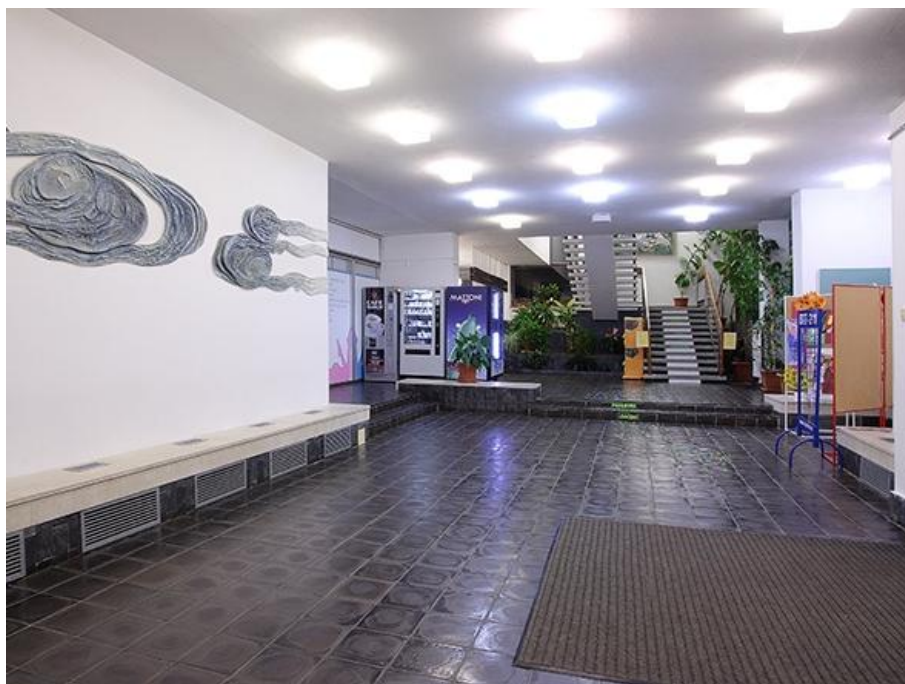
Obr. 3.2.11 Pohled na část A - zázemí, kanceláře



*Obr. 3.2.12 Velký plavecký bazén [25]*



*Obr. 3.2.13 Malý dětský bazén [13]*



*Obr. 3.2.14 Vstupní hala [13]*



*Obr. 3.2.15 Tělocvična [13]*

### 3.3 Plavecký areál a jeho okolí

Plavecký bazén se nachází v intravilánu města Plzně, v městské části Plzeň 1 Lochotín ve vnitrobloku sídliště. Celý areál vnitřního i venkovního bazénu je lemován ulicí Sokolovská. Hlavní vstup pro veřejnost, který je shodný se vstupem pro zaměstnance, směřuje k parku U Bazénu, který slouží k relaxaci a odpočinku obyvatel sídliště a je poměrně hojně využíván.

Objekt plaveckého bazénu svým charakterem nenarušuje okolní zástavbu, jakožto stavba občanské vybavenosti naopak souzní s okolím. V sousedství se nachází další stavby občanské vybavenosti jako například základní škola, mateřská škola, sportoviště nebo obchod. 31. základní škola a 78. mateřská škola využívá zázemí bazénu k dopolední výuce žáků. V areálu základní školy se nachází atletický ovál a sportovní hala, které jsou v odpoledních a večerních hodinách využívány veřejností. Dále v blízkosti bazénu najdeme gymnázium Františka Křížíka, obchod, restauraci, sportovní centrum Koloseum a venkovní sportoviště jakými jsou například in-line dráha, atletický ovál, víceúčelové hřiště, či umělá ledová plocha. Plavecký bazén není tedy jediným sportovním vyžitím občanů sídliště.

Plavecký bazén je od centra města vzdálen v dojezdové vzdálenosti cca 15 minut městskou hromadnou dopravou, případně 10 minut při využití automobilu. Pro obyvatele sídliště je dostupný pěšky. Nevýhodou využití vlastního automobilu je malé množství parkovacích míst, jejichž počet se nezměnil ani při výstavbě nových sportovišť v okolí bazénu a je v současné době nedostačující.

Celý pozemek, na němž stojí plavecký bazén i venkovní bazén, je zcela rovinný. Přilehlý prostor venkovního bazénu, jenž se nachází na jižní straně zastavěného pozemku, je zatravněn, oplocen a přístupný přes hlavní budovu plaveckého bazénu.

Území, na kterém se pozemek nachází, není z hlediska památkové péče chráněn podle žádných zvláštních právních předpisů. Z hlediska životního prostředí se objekt plaveckého bazénu nachází v území významného krajinného prvku Lochotínský park. Pozemek ani budova se nenachází v záplavovém území. Charakter provozu v objektu, který zahrnuje plavecký bazén a tělocvičnu, nezpůsobuje nadměrný hluk, vibrace ani škodlivé emise do okolí.

Objekt bude i nadále využíván jako plavecký bazén pro širokou veřejnost a bude plnit funkci základní občanské vybavenosti. Činnost a funkce objektu nebudou rekonstrukcí po obsahové stránce nikterak pozměněny.

### 3.4 Historie objektu

Zpracováno dle [26] a dalších podkladů

Návrh projektu plaveckého bazénu byl zpracován v r. 1975. Objekt bazénu byl dostavěn cca v r. 1981 pro středisko mládeže Plzeň - Lochotín jako součást sídliště. Původně byl navržen pro vodní sporty a plavání spolu s restauračním zázemím, bufetem, barem, zájmovou činností v klubovnách a venkovním letním bazénem (zrekonstruovaným v roce 2015).

Druhý zřizovatel, kterým byla Pedagogická fakulta Plzeň, přizpůsobil provoz výhradně svým požadavkům, tedy školní činnosti (výuka studentů Pedagogické fakulty) a zároveň byl objekt především v odpoledních hodinách využíván veřejností. Změnou provozu došlo také ke zrušení či úpravě některých místností a prostor. Zrušena byla restaurace s barem, kuchyní a bufetem v 1. NP, na druhé straně některé místnosti získaly pouze jiný účel. Z kluboven v 2. NP byly místnosti pro lékaře, namísto kuchyně je posilovna a z restaurace se stala tělocvična. Z důvodu změny využití objektu se zde nalézalo několik místností, které sloužily jako technické místnosti pro restaurační část, a mohly skýtat nové využití. Problémem byl nedostatek prostorů pro šatny a umývárny, které byly a jsou dodnes společné pro dva rozdílné provozy (plavecký bazén a tělocvičnu ve 2. NP).

V roce 1994 byl vytvořen projekt panem inženýrem Valečkem na rekonstrukci, která se měla z velké části týkat především dispozičních úprav objektu. Plánovaná rekonstrukce se neuskutečnila s výjimkou rekonstrukce měření a regulace.

V současné době objekt plaveckého bazénu patří Městskému obvodu Plzeň 1 a jeho zřizovatelem je Plavecký klub Slavia VŠ Plzeň, který rovněž působí jako zřizovatel dalšího plzeňského plaveckého bazénu Slovany. Současný provoz areálu nabízí veřejnosti plavecký bazén délky 25 m se šesti drahami, dětský bazén, saunové komory v prostoru dámských a pánských sprch a tělocvičnu (zrcadlový sál) pro skupinové cvičení. V letním období můžou lidé využít venkovního bazénu (16,7 x 8,7 m, hloubka 0,9 až 1,3 m), který byl zrekonstruován v roce 2015 a zároveň přistavěno dětského brouzdaliště (6,05 x 4,05 m).

Za třicet let svého provozu byla největší rekonstrukcí právě obnova venkovního bazénu, dále poté o rok dříve rekonstrukce ocelové vany vnitřního plaveckého bazénu (25 x 12,5 m). Druhá zmíněná rekonstrukce byla celá provedena během dvou měsíců (letních prázdnin) novou technologií, a to nanesením průhledné hydroizolační

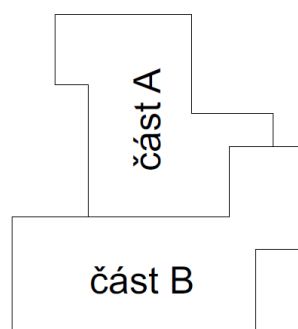
membrány Polyurea, která se vyznačuje vynikající přilnavostí a odolností vůči korozi a chemickým, teplotním i mechanickým vlivům.

Plavecký bazén je využíván v dopoledních hodinách k výuce žáků základních a mateřských škol, v odpoledních hodinách Plaveckou školou VŠ Slavia Plzeň a veřejností. Tělocvična (rytmický sál) je využíván během dne dle rozpisu cvičení pro maminky s dětmi, děti i širokou veřejnost. Venkovní bazén s brouzdalištěm je v provozu pouze v letních měsících dle pozměněné otevírací doby.

### 3.5 Popis objektu

Zpracováno dle [29] a vlastního průzkumu

Celý objekt plaveckého bazénu tvoří dvě hlavní hmoty (část A, část B), dále pak přilehlá oplocená zatravněná plocha, kde je umístěn nedávno obnovený a rekonstruovaný venkovní bazén (dětské brouzdaliště).



Obr. 3.5.1 Rozdělení objektu

Část A je dvoupodlažní objekt tvořený montovaným železobetonovým skeletem s plochou střechou. V této části najdeme z velké části především zázemí plaveckého bazénu.

V prvním podlaží se nachází vstupní hala (středobod celého objektu), pokladna pro návštěvníky, nevyužívaný bufet s přípravnou, WC pro veřejnost, dámské a pánské šatny (společné pro provoz bazénu i tělocvičny), dívčí a chlapecké šatny (dnes využívané návštěvníky malého dětského bazénu), sprchy, sauna. Z hlavní vstupní haly je umožněn přístup do zázemí pro personál (kanceláře, šatny, WC). V západním křídle jsou situovány sklady a místnosti technického zázemí k původně projektované kuchyni a restauraci, jenž měla být situována ve 2. NP (dnešní prostor tělocvičny a posilovny).

V podlaží druhém je situována tělocvična (rytmický sál) se sklady náčiní, posilovna, učebna (klubovna), kanceláře, dvě místnosti pro lékaře, WC, sklady, zázemí pedagogů a zřídka využívaná venkovní terasa.

Dále se zde nachází velký počet nevyužitých místností původně projektovaných skladů, či jinak zaměřených místností rekreačního výukového střediska Pedagogické fakulty Plzeň. V současné době patří celý objekt městu a tudíž většina místností neplní svůj původně plánovaný účel a zejí prázdnotou.

Obě podlaží části A spojují dvě komunikační schodiště a výtah. Hlavní široké schodiště, které ústí do vstupní haly, slouží především návštěvníkům tělocvičny a posilovny. Vedlejší schodiště ústí do venkovního prostoru druhého podlaží. V případě výtahu se jedná o výtah nákladní, který měl sloužit původně projektované restauraci s kuchyní. Objekt není plně bezbariérový.

Část B je dvoupodlažní objekt tvořený ocelovým skeletem s pultovou střechou. Tato část sestává především ze dvou ocelových bazénů (plavecký bazén 25 m, malý dětský bazén).

V prvním, tzv. technickém, podlaží jsou umístěny strojovny úpravy vody pro bazény, úpravna TUV, strojovna vzduchotechniky, vytápění, technické sklady chemikálií, sklad písku, dílna, technické místnosti, chlorovna a dílna, na kterou navazuje rozvodna. Dále také letní šatny, které jsou využívány pouze v letních měsících návštěvníky venkovního bazénu a brouzdaliště.

V podlaží druhém jsou situovány oba vnitřní bazény (velký bazén 25 x 12,5 m, malý bazén 12,5 x 7 m), které jsou od sebe odděleny prosklenou stěnou. Každý prostor je přístupný po vlastním schodišti z prvního podlaží části A. Ochozy kolem ocelových bazénů jsou opatřeny keramickou dlažbou.

### 3.6 Stavební konstrukce

Zpracováno dle [26], [27], [28], [29], [30] a vlastního průzkumu

Nosná konstrukce se liší v závislosti na částech bazénu (část A, část B), které sestávají ze dvou podlaží propojené schodišti.

Část A je tvořena montovaným železobetonovým skeletem MS-71 v modulové řadě 6 x 6 m, který tvoří sloupy, ploché skryté průvlaky a stropní panely. Obvodové konstrukce jsou vyzděné z pórobetonových tvárnic o tloušťce 375 mm, vnitřní příčky jsou zděné z děrovaných a dutinových cihel. Vnější obvodové stěny nejsou zatepleny.

Střeška nad částí A je dvouplášťová s finální krytinou z těžkých izolačních živичných pásů. Zateplena je minerální plstí, hydroizolaci tvoří souvrství asfaltových pásů nastavené na desku z cementového potěru.

Část B je tvořena dvěma obdélníkovými objekty (velký a malý bazén), jejichž nosná konstrukce je tvořena z ocelových sloupů a ocelových příhradových střešních vazníků.

Detailní popis uvádím přepisem z dokumentu [26] *Technická zpráva Středisko mládeže Lochotín objekt 33 - ocelová konstrukce hal, zpracovaným Ing. Kordíkem v roce 1975.*

*„Ocelová konstrukce sestává ze dvou objektů, ve kterých jsou umístěny ocelové bazény, přičemž oba objekty navazují na konstrukci z montovaného skeletu. Každý objekt je počítán jako samostatná konstrukce. Dále budeme objekty označovat jako velký a malý bazén. Obě budovy obdélníkového půdorysu navzájem na sebe kolmé, malý bazén zasahuje do částí posledního pole velkého bazénu a oba objekty navazují na stavební konstrukci z montovaného skeletu.*

*Velký bazén - obdélníkový objekt (šířka 20,2 m, délka 36 a výška 11 m). Hlavní nosné systémy v modulové řadě 6 x 6 m, celá nosná soustava je staticky určitá. Vnitřní nosný systém - příhradový prostý nosník o rozpětí 18 m s převislým koncem délky 2,2 m uložený na kyvných sloupech. Na horním pase v místě styčnic jsou uloženy vaznice nesoucí střešní plech a vlastní stavební konstrukci střechy. Vnější nosné systémy tvoří zároveň čelní stěny objektu, které jsou tvořeny řadou ocelových sloupů rozmístěných po maximálně 4 m, na kterých je nahoře uložen nosník nesoucí vaznice.*



*Proti vodorovným silám je objekt zajištěn soustavou ztužidel v čelních a podélných stěnách, ztužením v rovině střechy po celém obvodu konstrukce a vodorovným ztužením v podlaze bazénu při čelních stěnách. Podlaha bazénu je tvořena nosníky spočívajícími z jedné strany na průvlacích mezi sloupy a z druhé strany na průvlacích, které jsou šroubovány ke konzolkách ocelové konstrukce vlastního bazénu. Na tomto místě nutno zajistit kluzné uložení nosníků podlahy, aby nedocházelo k přenášení vodorovných sil z bazénu do konstrukce a naopak. Stropní nosníky nesou ocelový profilovaný plech, který je zde použit pouze jako ztracené bednění (agresivní prostředí) pro železobetonovou desku o tloušťce cca 10 cm, na které je uložena vlastní stavební konstrukce podlahy. Část podlahy, která navazuje na montovaný skelet, je uložena obdobným způsobem. Nosníky podlahy jsou na ozubu panelů montovaného skeletu uloženy kluzně. Je vypuštěn ocelový plech a funkci železobetonové desky zaujmají prefabrikované prvky. V řadě 7 navrženy pomocné sloupky pod průvlakem vynášejícím podlahové nosníky. Čelní stěny navrženy zčásti jako hrázděné zdivo, od úrovně bazénu do podhledu tvoří stěnu keramzitbetonové prefabrikáty uložené na ocelových nosnících. Od podhledu do výšky +10,50 m navržena zděná atika, která probíhá v jedné úrovni i u malého bazénu. Vnější podélná stěna - část tvoří opěrná železobetonová zeď od ocelové konstrukce oddílaná, nad ní ocelové rámy pro okna. V prostoru bazénu je stěna prosklená, vyložená o cca 0,8 m ven a v dolní části šikmo navazujících na horní okraj oken. Konstrukčně provedeno pomocí konzol přivařených ke sloupům mezi konzoly montážně vyvařené nosníky, do kterých zespoda přivařen rošt z úhelníků a shora sloupky prosklení z tenkostěnných profilů. Šikmé a boční části pod prosklením kryty 2 mm plechem. Nahoře předsazená stěna ukončena vodorovnými ocelovými nosníky, do kterých ložena stavební konstrukce stříšky. Nad stříškou do podhledu rám pro okno, nad ním rám pro kryt atiky. Podélná stěna v napojení na montovaný skelet sestává pouze z rámu pro copilitové zasklení zavěšené na čelech vazníků a nahoře ukončeném atikou. Spodní část rámu navazuje na montovaný skelet. Pouze v části prvního pole je stěna vyzděna až k rámu a vyztužena sloupem. Podhled - nosný rošt z U 6,5 zavěšen pomocí táhel na vaznících a zčásti na obvodových prvcích a vaznících. Rošt nese vlastní podhled FEAL, součástí roštu jsou rámy pro svítidla a zároveň jsou nad částí roštu vytvořeny přístupové lávky. V části půdorysu je podhled snížený. Nosná ocelová konstrukce sestává ze svislých rámu upevněných ke sloupům, k nimž je připojen boční kryt podhledu a rošt z nosníků, na kterých je zavěšen vlastní podhled. V řadě 7 jsou navrženy sloupky pro vyztužení zdi. Sloupky jsou ukončeny ve výšce + 6 m a podepřeny vodorovnými prvky do stěn a sloupů.*

*Malý bazén - obdélníkový objekt (šířka 13,8 m, délka 18 m a výška cca 11 m). Objekt je řešen obdobně jako velký bazén. Jediná změna je v napojení podlahových nosníků na vlastní ocelovou konstrukci bazénu. Zde se podlahové nosníky napojují na profil U 20, který je již součástí ocelové konstrukce bazénu. Nosník probíhá po celém obvodu bazénu. Nutno opět konstrukčně zajistit kluzné uložení (oválné díry). Část čelní stěny v řadě M navazuje na montovaný skelet, je zde vypuštěn keramzitbetonový panel a nahrazen prosklením. Navíc mezi sloupy navržen nosník, nesoucí podlahové panely montovaného skeletu.*

*Schodiště - v obou objektech navrženo schodiště spojující prostor na úrovni 0 s podlahou bazénu. Sestává z ocelových schodnic s navařenými kozlíky na nichž je uložena vlastní stavební konstrukce schodů.*

*Kotvení - hlavní sloupy a sloupy, které jsou součástí ztužení kotveny do betonových patek pomocí předem zabetonovaných šroubů. Ostatní sloupy kotveny pomocí šroubů s hákem osazených do kapes. Na stavbu nutno dodat v předstihu kotevní šrouby a osazovací šablony.*

*Materiál - ocelová konstrukce navržena z válcovaných profilů a plechů z oceli 11 373, 11 375; krycí plechy tloušťky 2 mm z oceli 10 000. Střešní a stropní plechy ohýbané profily VSŽ Košice oboustranně pozinkované z oceli 11 373.*

*Montáž - ocelová konstrukce v dílně svařovaná na montáži svařovaná i šroubovaná. Konstrukci možno montovat běžnými montážními prostředky s ohledem na přepravní možnosti nutno dbát na to, aby maximální množství prvků bylo možno přivést na stavbu jako hotové celky (ztužení apod.), aby se snížilo svařování na montáži. Střešní a stropní plechy na montáži přistřelit. Pokud nebude v možnostech výrobce zajistit přistřelení, je možno použít bodování. Pak je však nutno místa poškozená svárem řádně ošetřit.*

*Ochrana proti korozi - ocelová konstrukce z dílny opatřena základním nátěrem, na stavbě třemi vrchními nátěry. Část konstrukce nejvíce vystavena agresivním účinkům bude metalizována (dodávka stavby). S vysokou agresivitou prostředí bylo počítáno při návrhu konstrukce, bylo proto použito v maximální míře krabicových průřezů. Tyto je nutno na konci uzavřít.*

*Při výrobě a montáži nutno dodržet norma ČSN 73 26 01 Provádění ocelových konstrukcí, dále ostatní související normy a předpisy.*

*Celková hmota ocelových konstrukcí činila 154,7 tun."*

Střecha nad částí B je řešena podobně jako střecha nad částí A, avšak jedná se o střechu pultovou. Nosnou konstrukcí jsou ocelové příhradové vazníky.

Bazénové vany jsou provedeny z černé oceli, lokálně se na nich projevuje povrchová koroze. Vzhledem k pravidelné údržbě a nedávné opravě je jejich stav v poměrně dobrém stavu a vyhovující pro provoz.

Schodiště v obou objektech (malého a velkého bazénu) části B sestává z ocelových schodnic a navařenými kozlíky, na nichž je uložena vlastní stavební konstrukce schodů.

### **3.7 Technické a technologické zařízení budovy**

Zpracováno dle [28], [30] a vlastního průzkumu

Veškeré technické a technologické zařízení budovy plaveckého bazénu je řešeno projektem před r. 1975, které bylo uvedeno do provozu v r. 1981. Z dnešního hlediska je zcela nevyhovující. Během celé dlouhé doby provozu nebyla provedena žádná změna systému, kromě rekonstrukce měření a regulace, projektované v r. 1994.

#### **Vodovod**

Zdrojem pitné vody pro objekt plaveckého bazénu je vodovodní přípojka napojená na městský vodovod pro veřejnou potřebu.

Stávající vodovodní přípojka DN 100 LT je napojena z městského vodovodního řadu LT DN 300. Dále je vodovodní potrubí vedeno podzemním kolektorem do budovy bazénu. Potrubí vodovodu v kolektoru je provedeno z oceli.

#### **Ohřev vody**

K ohřevu vody pro očistné sprchování a jiné slouží tři boilers na ohřev TUV a dva protiproudé ohříváky. Veškeré potrubní rozvody teplé vody byly během třicetiletého provozu částečně vyměněné či opravené jejich momentální závady. Po celou dobu probíhají pravidelné revize.

## **Teplá voda pro VZT**

Pro potřebu VZT je voda ohřívána ve dvou ohřívácích. Částečné opravy a výměny potrubí byly během svého třicetiletého provozu provedeny stejně jako u potrubí pro rozvody TUV. Po celou dobu probíhají pravidelné revize.

## **Ohřev vody pro bazén**

Pro malý i velký plavecký bazén jsou používány protiproudé ohříváky. Potrubí bylo dříve částečně vyměněno a opraveno, především oblasti kolen a oblouků. Po celou dobu probíhají pravidelné revize. Bazénová voda protéká recirkulačním okruhem, kde je filtrována, chemicky upravována a dohřívána na požadovanou teplotu.

## **Ohřev vody pro vytápění**

Používány jsou opět protiproudé ohříváky. Pravidelné revize probíhají po celou dobu provozu.

## **Kanalizace**

Kanalizace je koncipována jako jednotná. Veškeré odpadní vody z budovy bazénu (splašková, dešťová a technologická odpadní voda) jsou vedeny kanalizační kameninovou přípojkou DN 300 do městské jednotné kanalizace.

Stávající hlavní ležaté rozvody vnitřní jednotné kanalizace v budově jsou vedeny pod podlahou 1. NP s prostupy skrz základové konstrukce a odvádějí vodu do jednotné kanalizační přípojky.

Do vnitřní jednotné ležaté kanalizace v budově jsou v současné době svedeny tyto odpadní vody:

- splaškové odpadní vody ze zařizovacích předmětů (WC, sprchy, umyvadla, pisoáry, výlevky, dřezy, podlahové vpusti, podlahové vtoky, odvodnění přeпадů pojistných ventilů, odvodněné VZT potrubí)
- odpadní vody při praní filtrů (od všech bazénů v objektu)
- odpadní vody při vypouštění bazénů v objektu
- odpadní vody při čištění bazénů v objektu
- odpadní vody z akumulačních jímek všech bazénů (vypouštění a pojistné přepady)
- dešťové vody ze střech objektu

## **Vytápění**

Vytápění objektu je koncipováno jako ústřední vytápění. Provozovatelem a správcem teplovodu je v současné době distribuční společnost. Předávací stanice je v majetku provozovatele objektu.

Dokumentace stávajícího ústředního vytápění nebyla k dosažení. K nahlédnutí byla pouze dokumentace plánované rekonstrukce z r. 1994, která však nebyla zrealizována. Při prohlídce objektu nebylo možno zjistit stávající rozvody. Některé místnosti jsou vytápěny přímotopnými elektrickými tělesy.

## **Chlazení**

Strojní chlazení v současné době v objektu plaveckého bazénu není.

## **Plynovod**

Objekt plaveckého bazénu není napojen na rozvod plynu.

## **Vzduchotechnika**

Stávající vzduchotechnika je původní podle návrhu z r. 1975, nebyla obnovena ani projektem z r. 1994. Po technické stránce je funkční, ale z dnešního pohledu zcela nevyhovující. Ventilátory na elektrický pohon jsou umístěny ve strojovnách a na střeších objektu. V objektu jsou instalovány dvě větrací zařízení pro jednotlivé bazény. Zařízení č. 1 pro velký bazén ( $Q = 20\ 000\ \text{m}^3/\text{hod}$ ) a zařízení č. 2 pro malý bazén ( $Q = 6\ 000\ \text{m}^3/\text{hod}$ ) jsou řešena principiálně stejným způsobem a nevyužívají zpětného získávání tepla.

## 4. ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU

Plavecký areál v současné době funguje v plném provozu, přestože jeho technický stav není ideální, ba dokonce v některých ohledech je nevyhovující. Objekt funguje víceméně nepřetržitě po celou dobu od uvedení do provozu, tedy cca 32 let. Během této doby byly prováděny pouze částečné rekonstrukce či dílčí opravy, které byly bezpodmínečně nutné k základnímu provozu plaveckého areálu. Jednalo se o opakovanou opravu střechy nad částí A, bohužel však opakovaně neúspěšnou. Dále dílčí výměny potrubí pitné vody, rekonstrukce měření a regulace, vybudování nových saun a v neposlední řadě oprava ocelové vany plaveckého bazénu (25 m), či rekonstrukce venkovního bazénu a tím jeho znovuvvedení do provozu.

### 4.1 Dispozice

Celý objekt byl původně navržen pro vodní sporty a plavání s restauračním zázemím, bufetem a barem, zájmovou činností v klubovnách a venkovním letním bazénem. Některé části však již během výstavby nebyly realizované, např. restaurace. Místo ní vznikla tělocvična (rytmický sál), která je využívána dodnes.

Vzhledem ke změně účelu některých prostor již po samotné výstavbě (tělocvična namísto restaurace, posilovna namísto přípravný jídel, ad.) se v objektu nachází v současné době cca 10 místností zcela nevyužívaných, nebo sloužících jako "nepotřebný sklad".

Na druhou stranu je v objektu stále nedostatek prostorů pro šatny a umývárny, které fungují současně pro plavecký bazén a tělocvičnu, což je zcela nevyhovující, jak z hlediska kapacitního, tak z hlediska křížení dvou odlišných provozů. Tělocvična se nachází v 2. NP, tedy o podlaží výše než samotné šatny a umývárny.

Dispozičními úpravami se zabýval projekt z roku 1994 od pana Ing. Valečka, který bohužel zůstal pouze na papíře. Pro představu a lepší pochopení současného využití a provozu uvádím některé z hlavních úprav, které byly plánované podle projektové dokumentace uvedené v souhrnné technické zprávě. [28].

*„Novým využitím se v objektu nalézají několik místností, které sloužily jako technické prostory pro restaurační část. Zároveň je ale stále nedostatek prostorů pro šatny a umývárny, což platí hlavně pro tělocvičnu ve 2. NP.*

*Záměrem uživatele je využití stávajících, v dnešní době prázdných místností, v 1. a 2. NP pro zřízení dalších placených služeb navazujících na provoz bazénu a pro rozšíření výuky PF Plzeň. (Pedagogická fakulta Plzeň - pozn. autora).*

*Dispoziční úpravy: část "A"*

*a/ V 1. NP v západní části objektu je 11 nevyužitých místností, kde se uvažuje se zřízením těchto služeb: myolift, solárium, masáže, kosmetika, myostimulátor, výhledově též pedikúra a manikúra. Namísto v současné době nevyužitého bufetu se zřídí šatny a umývárny, které budou sloužit pro tělocvičnu ve 2. NP a zároveň jako šatny pro studenty, kteří navštěvují učebnu ve 2. NP. V současné době se tito studenti přezouvají v hlavní vstupní hale a používají provizorní šatnu ve 2. NP.*

*Zároveň se uvažuje se zřízením odpočívárny v 1. NP namísto dnešní věšákové šatny /původně byla určena pro restauraci/. Zde budou návštěvníci placených služeb relaxovat po absolvování těchto služeb. V prostoru je umístěn automat na občerstvení.*

*Těmito dispozičními úpravami v 1. NP bude využita celá severozápadní část části "A", která je v současné době mimo provoz.*

*b/ Ve 2. NP části "A" je situována tělocvična, pro kterou se v 1. NP zřídí šatny a umývárny. Stávající kancelář lékaře v severní části bude přeměněna na zátěžovou laboratoř katedry tělesné výchovy.*

*Namísto stávajícího nevyužitého skladu při vedlejším schodišti bude zřízena kancelář lékaře. Pro lékaře se ve 2. NP zřídí sprcha s předsíňkou namísto jedné ze dvou úklidových komor. Sprcha bude přístupná ze stávajícího foyer. Stávající místnost, v současné době využívaná jako šatna pro studenty, bude opatřena prosvětlovacím oknem a bude sloužit jako sklad pro zátěžovou laboratoř. Stávající sklad situovaný mezi chodbou a tělocvičnou bude rozšířen a bude zde zřízena posilovna II. o ploše 22 m<sup>2</sup>. Stávající žebřiny budou přemístěny na stěnu u řady sloupů. Místnost bude osvětlena sekundárně pásem oken přes tělocvičnu.*

*Dispoziční úpravy: část "B"*

*V 1. NP jsou místnosti šaten a dvě umývárny pro hochy a dívky, součást malého bazénu. Jedna ze tří šaten bude vyčleněna pro plavání rodičů s kojenci. V místnosti bude umístěn stůl na převlékání kojenců. Kočárky budou ponechány v chodbě před šatnami. Ve stávající sprše hochů budou instalovány 2 plastové bazénky pro tuto činnost, zároveň zde bude instalována sprchová plastová vanička. K zařízení bude přivedena studená a míchaná teplá vody. Tyto bazénky se v současné době instalují.*

*Ve stávající chodbě, která je situována mezi bazénky a šatnou bude zřízena úklidová komora, vybavená výlevkou a policí na desinfekční prostředky, neboť po každém dítěti je nutná desinfekce bazénků.*

*Provoz plavání rodičů s dětmi bude časově oddělen od provozu malého bazénu."*

Vzhledem k nerealizování výše zmíněných dispozičních úprav funguje provoz pro návštěvníky tělocvičny stále "provizorně". Dále se v objektu nachází stále cca 10 místností, které nejsou využívány. Naopak některé prostory, jako například šatny, jsou především v odpoledních a večerních hodinách svým provozem přetíženy.

## **4.2 Bezbariérové užívání objektu**

Problémem, který je v současné době aktuální k řešení, nehledě na dispoziční změny, je bezbariérovost objektu. Obecně lze jednoznačně říci, že plavecký areál není přizpůsoben bezbariérovému užívání.

Hlavní problémy, které je nutno řešit, nehledě na jakékoli dispoziční úpravy, jsou i spolu s návrhem řešení uvedeny v podkapitole 5.2. *Bezbariérové užívání objektu*

## **4.3 Stavební konstrukce**

Při posouzení stávajícího stavu stavebních konstrukcí vycházím z vlastního průzkumu objektu, který mi byl umožněn. Dále pak z poskytnuté technické zprávy a projektové dokumentace [30], vytvořenou společností ŠUMAVAPLAN, spol. s r. o., která byla vytvořena v roce 2015 za účelem plánované, ale dodnes nerealizované rekonstrukce plaveckého areálu.

### **Nosné konstrukce, část A**

Při svém průzkumu jsem prováděla pouze vizuální hodnocení stavu nosných konstrukcí. V případě části A se jedná o montovaný železobetonový skelet MS-71 v modulové řadě 6 x 6 m, který tvoří sloupy, ploché skryté průvlaky a stropní panely. Viditelnou částí byly omítnuté železobetonové sloupy, které nevykazovaly žádné viditelné vady v podobě trhlin, či jiných poruch. Při provádění celkové rekonstrukce by byla potřeba provést statické posouzení nosných konstrukcí, které však není předmětem mé práce. Nosnou konstrukci považuji ve své práci za staticky vyhovující.



## Nosné konstrukce, část B

Nosná konstrukce části B je tvořena z ocelových sloupů a ocelových příhradových střešních vazníků. Prohlídka viditelných částí konstrukce proběhla v bazénových halách, kde jsou viditelné svislé ocelové sloupy. Prohlídka střešních nosníků nebyla možná, proto mé hodnocení je usuzováno z části odhalených příhradových nosníků v prostoru bazénových hal. Zároveň vycházím z technické zprávy z prosince 2015 od společnosti ŠUMAVAPLAN, spol. s r. o. [30], která doporučuje při následné rekonstrukci důkladný technický průzkum, který však není možný při současném plném provozu areálu.

*„Po odhalení ocelových konstrukcí provede zhotovitel stavby stavebně technický průzkum těchto konstrukcí a v dílenské dokumentaci navrhne sanaci poškozených prvků, zesílení oslabených prvků, případně výměnu prvků silně zasažených korozí. Součástí této dokumentace bude statické posouzení.“ [30]*

Pro účel mé práce předpokládám, že ocelové konstrukce nevykazují žádné velké poruchy a považuji je za staticky vyhovující.

## Obvodové konstrukce

Obvodové konstrukce jsou vyzděné z pórobetonových tvárnic o tloušťce 375 mm. Povrchovou úpravu tvoří buď obklad, nebo jsou některé části omítnuty. Vnější obvodové stěny nejsou zatepleny.

## Prosklená část fasády

Prosklená část objektu se nachází v části B, kde tvoří podélné stěny obou plaveckých hal. Celá prosklená stěna je vyložena o 0,8 m směrem do exteriéru a vytváří jakýsi arkýř. Přesný popis uvádím v podkapitole 3.6. *Stavební konstrukce*.

Problémem není jen "arkýř", který vytváří výraznější tepelné ztráty, ale i samotné zasklení v ocelovém rámu, které je stávající z dob výstavby, tudíž zcela nevyhovující a je potřeba řešit obnovu.

## Střešní konstrukce

Střecha nad částí A je plochá s finální krytinou z těžkých izolačních živičných pásů. Během 12-ti let od r. 1981 byla střecha 3x opravována a dílčí opravy probíhaly i v letech následujících, přesto do střechy stále zatéká. Vyskytuje se zde velké nebezpečí dalšího znehodnocení, nejen tepelné izolace, která už je poničena, ale především nosných stavebních prvků, nebo výskytu plísní.

Střecha nad částí B je dvouplášťová pultová. Vzhledem k tomu, že se nejedná o klasickou plochou střechu, je zde situace výrazně lepší, nikoli však stoprocentně vyhovující. Velkým problémem, na který není brán důrazný zřetel je samotný bazénový provoz, který je spjat s velkou relativní vlhkostí interiéru.

Bohužel však přesná skladba střešního pláště nad bazénovými halami nebyla pro mou práci zřejmá, z důvodu nedostatečné projektové dokumentace. Vycházím proto z informace, že současný stav střešního pláště je výrazně poničen a bude ho potřeba zcela nahradit.

## 4.4 Celkové zhodnocení z hlediska součinitele prostupu tepla

Současný stav stavebních konstrukcí je z hlediska statického a stavebně technického vyhovující, nebo v případě ocelových konstrukcí bazénových hal je minimálně pro účel této práce za vyhovující považován.

Další postup při hodnocení stávajících konstrukcí bylo posouzení ze stavebně-fyzikálního hlediska. Výpočet součinitele prostupu tepla byl proveden na základě vzorce:

$$U = 1 / (R_{si} + R + R_{se}) [W/m^2K], \text{ kde } R = \sum (d / \lambda) [m^2K/W].$$

Výpočet byl proveden do přehledné tabulky pro jednotlivé stavební konstrukce a je uveden v *Příloze č. 7 - Výpočet součinitele prostupu tepla stávajících konstrukcí*. Výsledky byly posléze zkontrolovány v programu Teplo, kde bylo dále provedeno zhodnocení s ohledem na kondenzaci vodní páry v konstrukci. Protokoly jsou uvedeny v *Příloze č. 13 - Protokoly z programu Teplo EDU 2014*. Hodnoty tepelných odporů při přestupu tepla  $R_{si}$  a  $R_{se}$  byly uvažovány dle ČSN 73 0540-3 podle typu konstrukcí a směru tepelného toku.

Jednotlivé skladby konstrukcí vyplývají z projektové dokumentace, resp. popisu v technické zprávě [30], která byla poskytnuta k vypracování práce, nebo z vlastního průzkumu či odborným odhadem na základě doby vzniku objektu.

Návrhové parametry (konkrétně návrhová hodnota tepelné vodivosti  $\lambda$ ), byly převzaty z databáze materiálů výukového programu Teplo 2014 EDU. Skladby byly pro následné uvádění v této práci označeny pro lepší orientaci takto:

- S1 - obvodová stěna
- S2 - střecha
- S3 - podlaha na terénu
- S4 - výplně okenních otvorů

Zjištěné hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí byly přehledně zapsány do tabulky pro porovnání s požadovanými, doporučenými hodnotami a hodnotami pro pasivní budovy dle normy ČSN 73 0540-2 [34].

Typ kce	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]				Hodnocení vyhovující ANO/NE
	Stávající hodnota	Požadovaná hodnota U <sub>N,20</sub>	Doporučená hodnota U <sub>rec,20</sub>	Doporučená hodnota pro pasivní budovy U <sub>pas,20</sub>	
S1	1,36	0,30	0,25	0,18 - 0,12	NE
S2	0,60	0,24	0,16	0,15 - 0,10	NE
S3	0,60	0,45	0,30	0,22 - 0,15	NE
S4	2,80	1,70	1,20	0,90	NE

Tabulka 4.4.1 Součinitelé prostupu tepla stávajících konstrukcí

Z výše uvedené tabulky je zřejmé, že rozhodující konstrukce řešené obálky budovy nevyhovují současným požadavkům, už vůbec ne budově v pasivním standardu, dle normy ČSN 73 0540-2 [34]. Následně navrhované úpravy se budou z velké části týkat právě konstrukčních změn obálky budovy tak, aby bylo dosaženo hodnot součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy. Veškerá opatření se velkou měrou projeví na snížení provozních nákladů na vytápění, ale také dojde k vylepšení podmínek vnitřního prostředí, jako např. udržení stále vnitřní teploty, omezení průvanu přes netěsná okna a nemálo další parametrů.

Problémem nejsou pouze samotné tepelně izolační parametry současných konstrukcí. Z důvodu úspory nákladů se provozovatelé snaží, v co největší možné míře omezit větrání, které spotřebovává velké množství energie. Tato nepatřičná úspora energie však na druhé straně vede k nárůstu vnitřní relativní vlhkosti vzduchu v bazénové hale až na hodnoty kolem 90 %, tedy o 25 % vyšší než je požadováno. Navržené konstrukce však na takto velké namáhání nejsou navrženy. Dochází proto k postupné ztrátě tepelně izolačních vlastností, ale i mechanických. Následné navrhované úpravy se týkají obnovy obálky budovy v závislosti na vytvoření požadovaného vnitřního prostředí. Navrhovanými úpravami též docílíme ochrany samotných konstrukcí, aby nedocházelo k jejich zbytečně předčasnému degradaci a výraznému opotřebením z hlediska mechanických a statických vlastností.

#### **4.5 Technické a technologické zařízení budovy**

Veškeré technické a technologické zařízení bylo navrženo prvotním projektem a uvedeno do provozu v roce 1981. Za celou dobu svého provozu nebylo výrazně rekonstruováno s výjimkou obnovy měření a regulace v roce 1994. Přesný popis současného stavu uvádím v podkapitole 3.7. *Technické zařízení a technologické zařízení budovy*.

Technické systémy, především vzduchotechnika, jsou v současné době ve špatném stavu a zcela nevyhovující pro provoz celé budovy. Nejde jen o stav současných potrubních rozvodů, ale především o funkčnost zařízení zajišťující výměnu vzduchu v bazénových halách.

Teplo, potřebné pro veškeré zařízení k ohřevu v objektu je dodáváno z centrální výtopny. Předávací stanice je v majetku provozovatele objektu a nachází se v bezprostřední blízkosti objektu plaveckého areálu. Nejsou využívána žádná opatření k rekuperaci odpadního tepla, čímž se ztrácí veškeré odpadní teplo, které by bylo možno plnohodnotně využít. Ať už se jedná o odpadní teplo vzduchu nebo vody, které je v provozu plaveckého bazénu dostatek.

## 4.6 Spotřeba tepla

Spotřeba tepla v objektu, jakým je plavecký bazén, je velká. Během jeho provozu dochází k výrazným ztrátám především větráním, ochlazováním bazénové vody a transmisí vč. infiltrace.

### Ztráta tepla větráním

Vzduch v prostoru haly bazénu je vzhledem k odpařování vody z hladiny bazénu výrazně nasycen. Pro udržení předepsané relativní vlhkosti 60 %, max. provoz 65 % dle vyhlášky č. 292/2006 Sb. [36] je nutné uvedené prostory větrat. Není možné spoléhat pouze na přirozené větrání, které by nebylo dostačující, ale je potřeba navrhnout kvalitní nucené větrání. Vzduchotechnická jednotka, která větrání zajišťuje je velkým spotřebičem tepla.

### Ztráta tepla ochlazováním bazénové vody

Voda v bazénu by dle vyhlášky č. 292/2006 Sb. [36] měla mít o 1 - 3°C nižší teplotu než vzduch v bazénové hale. Teplota vody v plaveckém bazénu je 25 - 27 °C, v případě dětského bazénu max. 28 °C. Ke ztrátě tepla takto ohřáté bazénové vody dochází v největším měřítku odpařováním vody z vodní hladiny (30 - 50 %). Dále pak 15 % připadá na ztráty prouděním vzduchu nad hladinou bazénu, (tzv. ztráta vyzařováním a konvekcí) a v neposlední řadě se také jedná o ztráty způsobené vodivostí okolních konstrukcí a špatnou tepelnou izolací u stěn a dna bazénu (5 %). Nejmenší ztráty probíhají při procesu cirkulaci, úpravy a ředění vody. Ke ztrátě tepla bazénové vody dochází také při celkovém vypuštění bazénu, které se z hygienického hlediska provádí 2x ročně. Ztráty způsobené odpařováním vody z hladiny bazénu patří, jak už bylo řečeno, mezi nejvýraznější. Následné opětovné ohřívání je velmi nákladné, proto by bazén v době, kdy se nepoužívá měl mít vodní hladinu zakrytou. Ušetřilo by se tak 50 - 70 % tepelných ztrát, což rozhodně není u tak náročného provozu málo. Nejde jen o tepelné ztráty, ale díky snížení výparu z vodní hladiny se sníží i výkon vzduchotechnické jednotky a zabraňuje se kondenzaci vodních par na stavebních konstrukcích. Existuje několik způsobů a materiálů, které řeší tento problém, např. solární bublinkové fólie, lamely, plachty, nebo chemické přípravky, které vytvoří na hladině tenkou vrstvu.

### **Ztráta tepla objektu transmisí vč. infiltrace**

V prostoru bazénové haly se po celý rok udržuje vysoká teplota (25 - 28 °C), výjimkou nejsou ani ostatní prostory jako sprchy, umývárny nebo šatny. Z hlediska transmise by bylo nejvýhodnější umístění samotného bazénu do středu objektu, kdy by bazénová hala nedisponovala žádnou prosklenou konstrukcí. To není případ lochtínského plaveckého areálu, kde se nachází dva bazény, každý s velkou prosklenou plochou. V případě velkého bazénu je prosklená stěna situována na jih, u dětského bazénu směřuje na východ. Okolní stěny jsou nezateplené. Bereme-li v úvahu stáří objektu a samotných konstrukcí, tedy použití stavebních konstrukcí s minimálně kvalitními tepelně-technickými vlastnostmi, je zcela zřejmé, že ztráta tepla stavebními konstrukcemi je nezanedbatelná, ba právě naopak.

## 5. NÁVRH A KONCEPCE NOVÉHO ŘEŠENÍ

V úvodu návrhu potřebných opatření pro zlepšení stavebních konstrukcí, vnitřního prostředí a budovy jako nízkoenergetické, je potřeba promyslet a zpracovat stavebně energetickou koncepci. Ta poté ovlivňuje nejen kvalitu stavby, která je pro nás při návrhu důležitá, ale také neméně důležitou cenu, která hraje v dnešní době mnohdy (bohužel) důležitější roli na úkor kvality.

Kvalitu celého objektu ovlivňuje především kvalita zateplení fasád, střech a podlah na terénu, velikost a kvalita výplní okenních otvorů, v neposlední řadě detailní řešení tepelných mostů. V návaznosti na řešení obálky budovy jsou určující tepelné ztráty, tedy potřeba tepla na vytápění. Neméně důležitá je velikost a orientace prosklených ploch, nebo členění na vytápěné a nevytápěné zóny.

V úvodu celého stavebně energetického konceptu, před konkrétními návrhy skladeb nových konstrukcí a systému technického zařízení budovy, je potřeba zvolit si cíl, kterého chceme docílit, nebo se mu snažit, v co největší možné míře přiblížit.

Záměrem následujících opatření je přiblížit vlastnosti objektu plaveckého bazénu nízkoenergetickým budovám, potažmo v lepším případě budovám pasivním.

Plavecký bazén, postaven v 80. letech 20. století, zdaleka nespĺňuje současné požadavky. Při hodnocení stávajících konstrukcí vyšlo najevo, že konstrukce nespĺňují ani požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla  $U_{N,20}$ .

Prvotním úkolem je tedy zlepšit kvalitu obálky budovy. Všechna následná opatření nutná k rekonstrukci konstrukcí plaveckého bazénu budou navrhovány na hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy  $U_{pas,20}$ . Aby objekt plaveckého bazénu v konečné energetické bilanci byl pasivní budou, bylo by potřeba splnit požadavky dle uznávaných standardů Passivhaus Institutu v Darmstadtu, dle [15].

- „měrná roční potřeba tepla na vytápění je maximálně 15 kWh/m<sup>2</sup>a,
- neprůvzdušnost obálky budovy  $n_{50}$  ověřená tlakovou zkouškou nesmí překročit hodnotu 0,6<sup>-1</sup>/hod, což znamená, že při přetlaku nebo podtlaku 50 Pa se nesmí za hodinu vyměnit netěsnostmi v obálce více než 60 % vnitřního objemu vzduchu
- celková potřeba primární energie spojená s provozem budovy včetně domácích spotřebičů je nižší než 120 kWh/m<sup>2</sup>a. Primární energie vyjadřuje množství energie spotřebované při výrobě určitého zdroje i se ztrátami při distribuci, a tudíž nám dává komplexnější pohled na spotřebu dle zvoleného zdroje.“

Pro lepší názornost přikládám tabulku převzatou z webu [15].

<b>domy běžné ve 70.-80. letech</b>	<b>současná novostavba</b>	<b>nízkoenergetický dům</b>	<b>pasivní dům</b>	<b>nulový dům, dům s přebytkem tepla</b>
<b>charakteristika</b>				
zastaralá otopné soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	řízené větrání s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů
<b>potřeba tepla na vytápění [kWh/(m<sup>2</sup>a)]</b>				
většinou nad 200	80 - 140	méně než 50	méně než 15	méně než 5

První kroky při návrhu koncepce plaveckého bazénu v pasivním standardu vedou k minimalizování tepelných ztrát, jakými jsou ztráta tepla větráním, ochlazováním bazénové vody a transmisí vč. infiltrace přes obálku budovy, které byly popsány v kapitole 4.6. *Spotřeba tepla*. Důležitým faktorem je minimalizace tepelných ztrát právě transmisí vč. infiltrace, tedy prostupem tepla obvodovými konstrukcemi. Je potřeba v návrhu dosáhnout velmi nízké hodnoty součinitele prostupu tepla, zamezit tepelným mostům a snažit se o celkovou kompaktnost budovy. Poslední aspekt v případě rekonstrukcí, kde je tvar budovy již dán, lze jen těžko ovlivnit. Zabývat se tedy budu především návrhem nové obálky budovy, která bude zajišťovat zamezení infiltrace, zároveň bude chránit budovu před nepříznivými vnějšími vlivy.

Dále je v případě plaveckého bazénu zřejmé, že bez využití nuceného větrání nelze dosáhnout požadovaných hodnot relativní vlhkosti vzduchu (max. 65 %). Pouze přirozené větrání speciálně u plaveckých bazénů nelze navrhovat. Navrhnout je třeba nucené větrání se systémem zpětného získávání tepla z teplého odváděného vzduchu do exteriéru, čímž výrazně snížíme potřebu tepla.



V neposlední řadě je potřeba využít pasivní tepelné zisky, které jsou již dané stávající budovou, nelze je měnit například vhodnější orientací budovy a prosklených ploch, ale lze je regulovat a optimalizovat (např. velikost prosklení plaveckých hal).

Do návrhu je dále zahrnuto přednostně i využívání obnovitelných zdrojů energie, které je popsáno v kapitole 6. *Obnovitelné a netradiční zdroje energie*.

Návrh a koncepci jednotlivých částí rekonstrukce jsem provedla v celkovém měřítku budovy v návaznosti na zhodnocení zjištěného stávajícího stavu v předchozí kapitole.

Detailněji se dále budu věnovat především řešení obálky budovy, stavebně-energetické koncepci, snížení energetické náročnosti budovy s možností využití obnovitelných a netradičních zdrojů energie.

## 5.1 Dispozice

Konkrétní úpravy dispozic nejsou předmětem této práce, především z důvodu již projektovaných úprav z roku 1994, kterých by bylo možno z velké části použít i pro současný provoz. Nejvýraznější dispoziční problém, křížení dvou odlišných provozů a přetíženost šaten využívaných pro bazén a tělocvičnu současně, by byl tímto vyřešen. Plánované dispoziční úpravy jsem uvedla v kapitole 4.1 *Dispozice*.

Častou otázkou při rekonstrukci plaveckých areálů z let minulého století je přestavba na volnočasový areál s bazény vybavenými vodními atrakcemi a wellness, či přístavba ke stávajícímu objektu. Ano, či ne.

Při řešení této otázky jsem se zabývala průzkumem města a v něm nabízených služeb právě v této oblasti. V Plzni se nachází tři plavecké bazény, jmenovitě Plavecký bazén Slovany, Plavecký bazén Lochotín a Plavecký bazén SK Radbuza Plzeň. Poslední dva zmiňované jsou areály pouze s plaveckým bazénem délky 25 m a dětským bazénem. V případě lochotínského areálu je možno v rámci vstupného využít saunu situovanou v umývárkách. Žádné další doplňkové služby návštěvníkům nenabízejí. Plaveckým areálem číslo jedna je jednoznačně Plavecký bazén Slovany, jenž je též ve vlastnictví města a provozován Plaveckým klubem VŠ Slavia Plzeň. Součástí areálu je nejen vnitřní plavecký bazén (50 m), venkovní plavecký bazén (50 m), ale též dětský výukový bazén, dětské zábavní brouzdaliště, vířivky, relaxační bazén, atrakce jako divoká řeka či tobogán, a parní komora umístěna v dámských i pánských šatnách. Vše je návštěvníkovi přístupno v rámci vstupného do bazénu.

V objektu se dále nachází sauna s celotýdenním provozem, restaurace, obchod s plaveckým vybavením a nabízené služby masáží či kadeřnictví. I přesto, že areál nenese název aquapark, lze ho považovat za plnohodnotný volnočasový areál s bazény, vodními atrakcemi a wellness.

Jednotlivé výše zmiňované plavecké areály jsem nejednou navštívila, abych si udělala představu o tom, jací návštěvníci je využívají. Svoje poznatky jsem pro lepší přehled uvedla do tabulky, kde je dobrá přehlednost o využití jednotlivých areálů.

Návštěvnost areálů		Plavecký areál		
Doba využití		Slovany	Lochotín	SK Radbuza
Pracovní týden	dopoledne	výuka žáků široká veřejnost	výuka žáků široká veřejnost	veřejnost - plavci
	odpoledne	plavecké kurzy široká veřejnost	plavecké kurzy široká veřejnost	plavecké kurzy
	večer	plavecké kurzy široká veřejnost celé rodiny	široká veřejnost	plavecké kurzy
Víkend	celý den	široká veřejnost celé rodiny	široká veřejnost rodiče s dětmi	veřejnost - plavci

Tabulka 5.1.1 Návštěvnost plaveckých areálů podle typu návštěvníka

Z tabulky 5.1.1 je zřejmé, že Plavecký bazén SK Radbuza Plzeň navštěvují výhradně děti, mládež a dospělí v rámci odpoledních a večerních kurzů, nebo plavci z řad veřejnosti. Důvodem je především fakt, že se jedná o areál pouze s dětským bazénem a plaveckým bazénem 25 m, navíc bez části pro neplavce. Plavecký bazén Lochotín je využíván obdobně, s tím rozdílem, že o víkendu je využíván dětský bazén dětmi v doprovodu rodičů. Rozdílnou návštěvnost jsem pozorovala v Plaveckém areálu Slovany, který kromě plaveckých kurzů, výuky dětí a plavců z řad veřejnosti, využívají především celé rodiny. Důvodem je různorodost využití areálu ke sportu, relaxaci i zábavě pro všechny věkové kategorie. Každý ze tří areálů má své návštěvníky, žádný z nich není nevyužívaný a dalo by se dokonce říci, že jsou využívány rovnoměrně.

Dle mého názoru tedy není potřeba z Plaveckého bazénu Lochotín vytvářet moderní aquapark. Přestavba by byla výrazně finančně náročná. Proměna areálu by se posléze neobešla bez navýšení vstupného, které by nebylo přijatelné pro velkou část návštěvníků, kteří preferují rekreační plavání před vodními atrakcemi.

Problém by tvořila i vyšší kapacita návštěvníků areálu. Ta by se neslučovala se současnou kapacitou parkovacích míst, která je i za daných okolností nedostačující a bez nepřipustné výstavby parkovacího domu nereálná.

## 5.2 Bezbariérové užívání objektu

Řešení celého objektu by mělo být navrženo v souladu s vyhláškou č. 398/2009 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb [38]. Detailní návrh není předmětem mé práce. Přesto uvedu příklady stávajícího stavu, které jsou z hlediska současných standardů nevyhovující a bylo by potřeba je aktuálně řešit, dle [8] a [38].

Dámské a pánské šatny se nacházejí v 1. NP, avšak plavecký bazén v podlaží druhém. Tento problém není jen problémem pro bezbariérové užívání staveb, ale především zde vzniká velké nebezpečí úrazu návštěvníků, kteří po osprchování či návštěvě bazénu, stoupají či klesají po schodišti. Vzhledem k úvaze, že dispozice nebudou změněny a schodiště i umístění šaten bude ponecháno. Navrhuji obě schodiště (k velkému i malému bazénu) opatřit šikmou zdvihací plošinou pro bezbariérové užívání a schodiště opatřit protiskluznou dlažbou z důvodu bezpečnosti návštěvníků.

Další schodiště v objektu, které by bylo potřeba opatřit šikmou zdvihací plošinou je hlavní schodiště ve vstupní hale, které slouží především návštěvníkům tělocvičny, kteří jsou nuceni využívat šatny v 1. NP.

Hygienická zařízení a šatny taktéž neodpovídají standardu bezbariérového užívání. Byla by to potřeba vytvořit odpovídající záchodovou kabinu v dámských i pánských šatnách, jak stanovuje vyhláška č. 398/2009 Sb. [38].

*„Záchodová kabina musí mít šířku nejméně 1 800 mm a hloubku nejméně 2 150 mm. U změn dokončených staveb lze rozměry této kabiny snížit až na 1 600 mm x 1 600 mm. Záchodová kabina s využitím asistence musí mít šířku nejméně 2 200 mm a hloubku nejméně 2 150 mm. V kabině musí být záchodová místa, umyvadlo, háček na oděvy a prostor pro odpadkový koš.“*

*„Šířka vstupu musí být nejméně 800 mm, u bytů a obytných částí staveb nejméně 900 mm. Dveře se musí otevírat směrem ven a musí být opatřeny z vnitřní strany vodorovným madlem ve výšce 800 až 900 mm. Zámek dveří musí být odjistitelný zvenku.“*

Poslední změna by se týkala vstupních dveří i všech dveří na chodbách a místnostech využívaných návštěvníky. Dveře musí být bezprahové a jejich minimální světlá šířka 900 mm. Všechny otevíravá dveří křídla budou opatřeny vodorovnými madly ve výši 800 až 900 mm.

Uvedené problémy nejsou jedinými, ale pouze těmi hlavními a nejaktuálnějšími, které jsem při osobní prohlídce objektu zjistila a bylo by je potřeba řešit, aby byl objekt po provedení navržených úprav vhodný k bezbariérovému užívání plaveckého areálu.

### **5.3 Stavební konstrukce**

Z hlediska návrhu rekonstrukce stavebních konstrukcí objektu je nutno rozlišovat nosné konstrukce části A, nosné konstrukce části B a obvodové konstrukce.

#### **Nosná konstrukce, část A**

V případě nosných konstrukcí části A, kde se jedná o monolitický železobetonový skelet, není nutná žádná rekonstrukce či náhrada některých prvků.

#### **Nosná konstrukce, část B**

Ocelová konstrukce, tvořená z ocelových sloupů a ocelových příhradových vazníků, je složitějším problémem. Navazuji na předchozí kapitulu 4.3. *Stavební konstrukce*, kde jsem uváděla, že detailní posouzení stavu stávajících ocelových konstrukcí není v plném provozu možná.

Pro svoji práci předpokládám, že nosná ocelová konstrukce není výrazně porušena, aby muselo dojít k výměně jednotlivých nosných prvků, a je svým současným stavem z technického a statického hlediska vyhovující. Stávající nosný systém bude ponechán. Proveden bude pouze povrchový protikorozní nátěr.

## **Obvodová konstrukce**

Obvodová konstrukce doposud tvořená pouze omítnutým pórobetonovým zdivem tloušťky 375 mm není vyhovující dle současných norem. Je proto potřeba u obou částí objektu opatřit zdivo tepelnou izolací v dostatečné míře tak, aby součinitel prostupu tepla odpovídal doporučeným hodnotám pro pasivní budovy. Cílem je snížení tepelných ztrát a nákladů na vytápění, současně také dosáhnout optimálního mikroklimatu v letním období.

Při návrhu bylo zvoleno zateplení z vnější strany, které je praktičtější a výhodnější zároveň. Dosáhneme ochrany obvodových konstrukcí a tím výrazně prodloužíme jejich životnost. Navrženy byly dvě varianty. Varianta A jako jednoplášťová konstrukce a varianta B jako dvouplášťová konstrukce s větranou vzduchovou mezerou.

### **Varianta A - jednoplášťová konstrukce**

Ponecháno bylo pouze stávající pórobetonové zdivo tloušťky 375 mm, na které bude z interiéru aplikována vnitřní omítka Baumit tloušťky 10 mm. Z vnější strany zdiva bude na lepicí a stěrkovací hmotu a zároveň mechanicky přikotvena tepelná izolace Isover TF PROFI na bázi minerálních vláken v tloušťce 220 mm. Izolační fasádní desky s podélným vláknem mají vynikající tepelně izolační vlastnosti (součinitel prostupu tepla je roven hodnotě 0,036 W/mK). Povrchovou úpravu tvoří omítka Baumit o tloušťce 10 mm.

### **Varianta B - dvouplášťová konstrukce**

Také v návrhu varianty B bylo ponecháno pouze stávající pórobetonové zdivo tloušťky 375 mm. Ze strany interiéru bude aplikována vnitřní omítka Baumit tloušťky 10 mm. Dodatečné zateplení tepelně izolační vrstvou bude provedeno z vnější strany konstrukce. Jako tepelná izolace byl opět zvolen materiál na bázi minerálních vláken, který nebrání volné difuzi vodní páry do vnějšího prostředí a nedochází tak ke kondenzaci uvnitř konstrukce. Tepelná izolace Isover TF PROFI tloušťky 220 mm bude kladena na lepicí a stěrkovací hmotu a zároveň mechanicky kotvena. Vnější obklad budou tvořit dřevěné vodorovné latě připevněny na svislé kontralatě, čímž bude vytvořena vzduchová mezera pro provětrávání fasády a zamezení riziku kondenzace.

Obě varianty jsou graficky uvedeny v *Příloze č. 1 - Výkresová dokumentace*.

Obě navržené varianty byly ověřeny nejprve názornou tabulkou na výpočet nového součinitele prostupu tepla a následně ve výukovém programu Teplo EDU 2014 i s ohledem na zabránění kondenzace vodních par. Protokoly jsou uvedeny v Příloze č. 13 - Protokoly z programu Teplo EDU 2014

Typ kce	Skladba kce (od interiéru)	Tloušťka d [m]	Návrhová hodnota tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]	Tepelný odpor R [m <sup>2</sup> K/W]	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
<b>S1 varianta A</b>	omítka Baumit	0,010	0,540	0,019	<b>0,15</b>
	pórobetonové zdivo	0,375	0,690	0,543	
	Isover TF Profi	0,220	0,036	6,111	
	omítka	0,010	0,540	0,019	
	Celkem	0,615		6,692	
<b>S1 varianta B</b>	omítka Baumit	0,010	0,540	0,019	<b>0,15</b>
	pórobetonové zdivo	0,375	0,690	0,543	
	Isover TF Profi	0,220	0,036	6,111	
	pojistná hydroizolace	0,001	0,200	0,005	
	Celkem	0,606		6,678	

Tabulka 5.3.1 Součinitel prostupu tepla Varianta A / Varianta B

### Hodnocení jednotlivých variant

Při hodnocení obou navržených variant byl velký důraz kladen na vlhkostní hledisko obou konstrukcí. Relativní vlhkost interiéru je v případě bazénové haly i při dostatečném přívodu a odvodu vzduchu poměrně dosti výrazná (max. povolená hodnota je 65 %). V případě jednoplášťové konstrukce je potřeba zabránit vzniku kondenzátu pod vnější finální omítkou. Riziko vzniku kondenzace je u správně navržených dvouplášťových konstrukcí téměř zanedbatelné.

Obě navržené varianty byly posouzeny z hlediska součinitele prostupu tepla, který je v obou případech shodný a má hodnotu 0,15 W/m<sup>2</sup>K, čímž je splněn požadavek na součinitel prostupu tepla pro pasivní budovy (0,18 - 0,15 W/m<sup>2</sup>K). Problémem je kondenzace vodní páry, které je omezením právě u jednoplášťové konstrukce.

Z hlediska kondenzace, která je u bazénových staveb větším rizikem než u jiných objektů byla zvolena varianta B, tedy dvouplášťová konstrukce s vnějším zateplením. Důvodem je především kondenzát, který vzniká pod vnější omítkou při exteriérové teplotě nižší než  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **Střešní konstrukce**

Stávající střešní souvrství bude zcela odstraněno, jak v části A, tak v části B. Ponechány budou pouze nosné části střešní konstrukce, z důvodů uvedených v kapitole 4.3 *Stavební konstrukce*. Výkresová dokumentace střešních konstrukcí je uvedena *Příloze č. 1 - Výkresová dokumentace*.

#### **S2 část A (jednoplášťová kce)**

Nosnou částí jednoplášťového střešního pláště nad částí A je skrytý železobetonový průvlak uložený na železobetonových sloupech v modulu  $6 \times 6\text{ m}$ . Jedná se o plochou střechu.

Vzhledem k častým poruchám a zatékání do stávající střešní konstrukce a její postupnou degradaci, je ponechána pouze nosná část střešního pláště, tedy stropní panely. Spodní část stávajících stropních panelů je omítnuta. Horní část je opatřena penetračním nátěrem a parotěsnou zábranou Icopal Alu-Villatherm. Dále je položena tepelná izolace Isover Styrodur ve dvou vrstvách o celkové tloušťce  $280\text{ mm}$  ( $2 \times 140\text{ mm}$  deska). Spádovou vrstvu tvoří tepelná izolace Isover EPS v minimální tloušťce  $60\text{ mm}$ . Jako svrchní vrstva střešní konstrukce byly zvoleny SBS modifikované pásy Icopal Elastobit GG 40 a Expandrit plus.

#### **S2 část B (dvouplášťová kce)**

Nově navržená pultová střecha v části B (nad bazénovými halami) je řešena jako dvouplášťová s využitím prostoru příhradového ocelového vazníku jako provětrávané vzduchové mezery. Stávající dolní pás ocelové příhradové konstrukce bude opatřen protikorozním nátěrem. Zespoda k němu bude připevněn rošt  $40 \times 60\text{ mm}$ , tloušťky  $40\text{ mm}$ , který bude sloužit k upevnění OSB desky tloušťky  $18\text{ mm}$ , jakožto parozábrany před pronikáním vlhkosti z bazénové haly do konstrukce střechy. Podhled budou tvořit speciální akustické desky zavěšené do prostoru bazénové haly.

Pod stropem bude provedeno vedení nerezového potrubí k přívodu a odvodu vzduchu. Prostor příhradového nosníku mezi spodní a dolní pásnicí bude částečně vyplněn foukanou izolací o tloušťce 350 mm, na které je umístěna difuzní fólie jako pojistná hydroizolace kladena přímo na tepelnou izolaci proti zafoukání a vytváření vlhkosti. Zbytek prostoru tvoří vzduchová dutina, dostatečně vysoká pro proudění vzduchu dvouplášťovou konstrukcí.

Horní pás ocelové příhradové konstrukce bude stejně jako dolní opatřen protikorozním nátěrem. V místě styčníků budou v příčném směru připevněny latě 40 x 60 mm, které ponosou OSB desku tloušťky 18 mm. Na ní bude tepelná izolace Isover EPS tloušťky 100 mm, umístěna z důvodu zamezení rizika kondenzace a následného zatékání kondenzátu do konstrukce střechy.

Typ kce	Skladba kce (od interiéru)	Tloušťka d [m]	Návrhová hodnota tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]	Tepelný odpor R [m <sup>2</sup> K/W]	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
<b>S2 část B</b>	OSB deska	0,018	0,130	0,138	<b>0,10</b>
	Isover EPS 100	0,040	0,037	1,081	
	Climastone M	0,350	0,041	8,537	
	pojistná hydroizolace	0,001	0,200	0,005	
	Celkem	0,409		9,761	
<b>S2 část A</b>	omítka Baumit	0,010	0,540	0,019	<b>0,10</b>
	stropní panel	0,200	1,200	0,167	
	parotěsná zábrana	0,004	0,210	0,019	
	tep. izolace Styrodur (2x 0,140)	0,280	0,036	7,778	
	Isover EPS 100	0,060	0,037	1,622	
	hydroizolace Elastobit	0,004	0,210	0,019	
	hydroizolace Expandrit	0,005	0,210	0,025	
	Celkem	0,563		9,761	

Tabulka 5.3.2 Součinitelé prostupu tepla střešních plášťů část A / část B



## Okna

Stávající okenní výplně budou odstraněny a nahrazeny za šesti komorová okna VEKRA Premium EVO. V případě bazénových hal budou odstraněny stávající "arkýře" a nahrazeny za prosklené části fasády.

## 5.4 Technické a technologické zařízení budovy

Základním kamenem celé rekonstrukce, kromě obnovy obvodového pláště, je řešení nových technologií objektu. Dle zhodnocení provedené v kapitole 4.5. *Technické a technologické zařízení budovy* je zřejmé, že se bude jednat o zcela kompletní nový návrh technologií.

Nově navržené řešení je zaměřeno především na snížení spotřeby tepla s možným využitím obnovitelných a netradičních zdrojů energie jako rekuperace, využití tepelných čerpadel či solárních kolektorů. Možné varianty jejich využití v konkrétním provozu plzeňského bazénu jsou popsány s uvedením výhod a nevýhod, a následně zhodnoceny v kapitole 6. *Obnovitelné a netradiční zdroje energie*.

## Vytápění

Vytápění objektu bude řešeno jako kombinace teplovzdušného vytápění vzduchotechnickým zařízením v prostoru obou bazénových hal a tělocvičny, a klasického vytápění deskovými tělesy využitých v šatnách a kancelářských provozech pro zaměstnance.

V prostorách bazénových hal bude využito teplovzdušného vytápění. Vzduchotechnické zařízení bude sloužit jako vytápěcí a větrací zařízení zároveň. (větrání popsáno v odstavci *Větrání*). Zařízení tak bude udržovat nejen stálou teplotu vzduchu, ale také stálou vlhkost. V přilehlých prostorách šaten bude využito ústřední vytápění v podobě otopných deskových těles.

Podlahové vytápění bude navrženo nejen v bazénové hale, ale i ve sprchách. Důvodem není jen komfort, ale především vlhkost, která by kondenzovala na podlahách. Tento krok rekonstrukce je nutný před prováděním zvažít, především z důvodu velkého zásahu do provozu objektu. Nedílnou součástí rekonstrukce je podmínka zachování, alespoň částečného provozu celého objektu, která by tak nejspíše nemohla být splněna.

Vzhledem k rozdílným požadavkům na teplotu a relativní vlhkost jednotlivých prostor objektu, bude systém vzduchotechniky rozdělen na šest samostatných okruhů (velký plavecký bazén, malý dětský bazén, tělocvična, vstupní hala/přilehlé prostory, technické prostory, sprchy/umývárny).

Potrubní rozvody je potřeba navrhnout do agresivního prostředí (velká relativní vlhkost, chlor). Viditelné potrubí u stropu bazénové haly bude provedeno z nerez. Jedná se o dražší, ale spolehlivější variantu.

## **Větrání**

Větrací zařízení u bazénových hal musí zajistit výměnu vzduchu minimálně dvakrát za hodinu, odvod vlhkého vzduchu z hladiny bazénu a od osob, udržet relativní vlhkost celého prostoru maximálně 65 % a snižovat obsah chlóru v ovzduší (zejména u vodní hladiny). V úvahu tak přichází jednoznačně nucené větrání s možným zpětným získáváním tepla, čímž dojde výrazně ke snížení potřeby tepla na ohřev přiváděného vzduchu.

Přívod vzduchu bude řešen jako podélný přívod větracího vzduchu nad prosklenou stěnou štěrbinovými vyústkami, dále pak štěrbinovými vyústkami rozmístěnými pravidelně u stropu a zajišťujícími tak rovnoměrný přívod čerstvého vzduchu do prostoru bazénové haly. V neposlední řadě bude přívod větracího vzduchu zajištěn štěrbinovými vyústkami i podél spodního okraje prosklené stěny, aby v celém rozsahu prosklení byl dosah proudu přiváděného vzduchu, čímž bude zabráněno vzniku povrchové kondenzace. Do prostoru bazénové haly bude přiváděn suchý teplý vzduch s nízkou relativní vlhkostí. Rovnoměrné provětrávání prostoru bazénové haly je nutné především z důvodu kondenzace, která by vznikala u nevětraných koutů.

Odvod vzduchu budou zajišťovat anemostaty umístěné rovnoměrně u stropu.

Celý prostor bude neustále v podtlaku (min. 95 %), aby nedocházelo k pronikání páry do okolních prostor či konstrukcí. Tento problém bude řešit i dodatečná aplikace parotěsné zábrany.

Při větrání prostoru bazénových hal bude využito rekuperace. Odváděný teplý vzduch o teplotě cca 27 °C a vlhkosti 65 % bude procházet do venkovního prostředí přes rekuperátor na bázi deskových výměníků, kde odevzdá své teplo čerstvému přiváděnému vzduchu, který bude potřeba následně dohřát na požadovanou teplotu. Dojde tak k minimální úspoře tepla 60 % z původně spotřebovaného vzduchu. Pod výměníkem bude umístěna kondenzační vana, napojena na kanalizaci pro odvod kondenzátu. Schéma větrání bazénových hal je uvedeno v *Příloze č. 2*.

Přirozené větrání bude navrženo pouze v malé míře a to konkrétně v části A, kde se nacházejí kanceláře. Přívod vzduchu bude zajištěn otevřenými okny a odsávání bude ze společné chodby.

### **Ohřev a úprava bazénové vody**

Provoz obou plzeňských bazénů (velkého i malého) je nepřetržitý během celého roku. S provozem bazénu je spjat ohřev bazénové vody, ohřev vody pro účely očištění sprchování návštěvníků a vody pro úklid.

S bazénovou vodou se pojí též velké tepelné ztráty, které vznikají především odpařováním vody z hladiny bazénu (tzv. výparné teplo vody), dále také při procesu recirkulace, úpravy a ředění vody, či přestupem tepla stěnami a dnem bazénu do ostatních konstrukcí. Další velkou spotřebou spjatou s bazénovou vodou je teplo potřebné pro ohřev naředěné vody. Ředící vodu o teplotě 10 °C přiváděnou z vodovodního řadu je nutné doplňovat podle hygienických předpisů v závislosti na počtu návštěvníků (30 l/osoba/den) [33]. Množství odváděné vody z recirkulačního okruhu je rovno ředící vodě.

Voda bude z bazénu odebírána z hladiny přelivnými žlábkami v kombinaci s dnovými výpustěmi a vedena do recirkulačního okruhu, kde bude prováděna filtrace tlakovými filtry. Kvalitu vody budou průběžně sledovat automatická měřící zařízení, které automaticky dávkuje potřebné chemikálie k úpravě a čištění vody. Kvalita vody se řídí faktorem pH, který musí být v rozsahu 6,5 - 7,6, redox-potenciál musí být minimálně 750 mV při pH 6,5 - 7,3, resp. 770 mV při pH 7,3 - 7,6. Volný chlór v bazénové vodě musí být v rozmezí 0,5 - 0,8 mg/litr u vody nepřesahující teplotu 32 °C, dle návrhu [30].

Jako desinfekce bude u velkého i malého bazénu používán chlornan sodný. V 1. NP v místnosti chemického hospodářství bude navrženo zařízení pro dezinfekci bazénové vody, odděleně pro každý bazén. Toto zařízení bude vyrábět dezinfekční roztok na bázi chlóru - chlornan sodný elektrolytickým rozkladem roztoku soli. Chlornan sodný, jako výsledný produkt, bude do systému úpravy vody dávkován automaticky dle měřícího zařízení. Pro korekci pH faktoru bazénové vody bude používána kyselina sírová AKU 39 %, která bude dodávána v kapalné formě, dle návrhu [30].

Dávkování jednotlivých výše zmíněných chemikálií udržování kvality vody a její následné úpravy bude probíhat plně automaticky a to na základě průběžného vyhodnocování měřícími zařízeními.

K úsporám tepelné energie při ohřevu bazénové vody docílíme využitím obnovitelných zdrojů jako např. využití tepla odpadní vody, či solární energie.

Návrhy jednotlivých řešení ve variantách a jejich zhodnocení je popsáno v kapitole 6. *Obnovitelné a netradiční zdroje energie.*

Každý bazén (velký a malý) bude mít vlastní samostatný cirkulační okruh a úpravnu vody (viz. *Příloha č. 2 - Schéma řešení TZB*). Nebude tak docházet k vzájemnému potkávání a mísení vody z obou bazénů. Tento přístup byl zvolen z čistě praktického důvodu. Pokud by muselo dojít k odstávce jednoho z bazénů z jakéhokoli důvodu (hygienický problém, rekonstrukce, atd.), nebude to mít žádný vliv na druhý bazén, který může zůstat v provozu bez jakýchkoli úprav.

### **Vodovod**

Zdrojem pitné vody pro objekt plaveckého bazénu bude stále vodovodní přípojka napojená na městský vodovod pro veřejnou potřebu. Stávající rozvody v objektu zůstanou beze změny s výjimkou potřebných oprav, které byly prováděny i doposud.

### **Ohřev vody**

Při návrhu ohřevu vody pro očistné sprchování bude využito obnovitelných a netradičních zdrojů energie. Důvodem je velká spotřeba teplé vody při očistném sprchování návštěvníků. Zhodnocení vybrané varianty z několika navrhovaných je popsáno v kapitole 6. *Obnovitelné a netradiční zdroje energie*

Velkých úspor lze dosáhnout také osazením spořiče před samotnou sprchou. Dochází tak k výrazné spotřebě vody, a to až o tři čtvrtiny. Spořiče již byly do sprch instalovány před pár lety, není potřeba navrhovat nové.

### **Kanalizace**

Kanalizační přípojka i ležaté vnitřní rozvody budou ponechány stávající. Rekonstrukce bude provedena pouze u svodů dešťové vody, které budou spolu s novým návrhem zastřešení provedeny spolu s navrženými vpustěmi. Bude se jednat o gravitační odvodnění, což znamená, že v kanalizačním potrubí dochází k beztlakovému proudění. Potrubí je tak zaplněné vodou cca z 40 - 60 %.

### **Plynovod**

Objekt plaveckého bazénu není a nebude potřeba napojit na rozvod plynu.

## 6. OBNOVITELNÉ A NETRADIČNÍ ZDROJE ENERGIE

### 6.1 Zdroje energie

Zdroje energie lze obecně rozdělit na obnovitelné a neobnovitelné. V této kapitole se budu zabývat obnovitelnými a netradičními zdroji energie a jejich využití ve spojitosti s plaveckým bazénem. Za obnovitelné zdroje energie lze považovat přírodní energetické zdroje, které mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo dokonce úplně obnovy, a to buď zcela samy nebo za přispění člověka.

V podmínkách České republiky můžeme za obnovitelné zdroje energie považovat:

- energii větru,
- energii vody,
- energii slunečního záření,
- energii biomasy a bioplynu,
- energii prostředí (využívanou tepelnými čerpadly),
- geotermální energii,
- energii kapalných biopaliv.

Využívání obnovitelných zdrojů je přínosné z nejrůznějších hledisek, ale skýtá i nevýhody, které je potřeba před aplikováním pečlivě zvážit.

Mezi nejvýznamnější výhody využívání obnovitelných zdrojů energie patří zpomalení postupného vyčerpávání neobnovitelných zdrojů energie, které je spjato s šetrnějším chováním k životnímu prostředí. Využití je přizpůsobeno přírodním podmínkám v dané lokalitě, tzn. že nevznikají zbytečné náklady na dovoz a snižují se ztráty vznikající při přenosu energie.

Nesmíme však zapomínat ani na nevýhody jejich využití, kterými jsou především vyšší pořizovací jednorázové náklady na zařízení zpracovávající energie obnovitelných zdrojů (solární kolektory, tepelné čerpadlo, ad.). Druhým negativním aspektem je závislost na přírodních podmínkách, které je spjato také se zeměpisnou polohou. Slunce nesvítí vždy, stejně jako vítr nefouká vždy a všude.

Detailněji se budu zabývat pouze obnovitelnými zdroji energie, které lze využít v kontextu s plzeňským plaveckým bazénem, v závislosti na možnostech a okolních podmínkách. V následujících kapitolách je popsáno konkrétní využití ve variantách v závislosti na provozu. Využití je popsáno v navrhovaných opatřeních.

## 6.2 Energie slunečního záření

Nejběžnější a v poslední době nejrozšířenější druh obnovitelného zdroje energie je sluneční záření. Oblast České republiky je spojena s dobrými podmínkami pro využití solární energie, nevýhodou zůstává pouze nerovnoměrný dopad na zem, což je spjato nejen s počasím (zatažená vs. jasná obloha), ale především s ročním obdobím. Mimo topnou sezónu (cca květen - září) dopadá až 75 % celkového ročního množství sluneční energie, naopak během topné sezóny (cca říjen - duben) pouze 25 %. Sluneční systémy lze rozdělit z hlediska absorpce a akumulace energie slunečního záření na aktivní a pasivní.

Pasivní solární zisky, jejichž princip souvisí s přímým ziskem, absorpcí jednotlivých konstrukcí, skleníkovou absorpcí, usměrněnou radiací, zdvojenou konvekcí, nebudou v této práci optimalizovány. Návrh rekonstrukce nepočítá s výraznou změnou velikosti, umístění a orientací prosklených ploch. Mění se v souvislosti s prosklenými konstrukcemi pouze parametry jejich kvality.

Využití aktivních solárních zisků v objektu, jakým je právě plavecký bazén, se přímo nabízí. U běžných budov nastává mimo topné období otázka, jak využít poměrně velké množství energie. Spolu se solárním zařízením je nutné navrhnout i zařízení s akumulací energie, což však přináší nemalé počáteční jednorázové investice, které mnohdy nemají ani reálnou dobu návratnosti. V případě plaveckého bazénu se však využití aktivních solárních zisků přímo nabízí. Sluneční energii lze plnohodnotně využít celoročně pro ohřev vody, ať už užitkové či bazénové, na výrobu chladu v letním období. Výhod, které tento způsob ohřevu nabízí, je hned několik a nelze je považovat za nevýznamné, ba právě naopak. V první řadě se jedná o úsporu paliv, navíc nevznikají žádné exhalace ani jiný odpad, čímž výrazně přispíváme životnímu prostředí.

Mezi aktivní solární zisky řadíme využití tepelné energie přes solární kolektory a přímou přeměnu slunečního záření na elektrickou energii díky fotovoltaickým kolektorům. Především v městských oblastech, v Plzni nevyjímaje, kde je zavedena elektrická síť je vzhledem k výrazně velké ceně fotovoltaických panelů tento způsob

ekonomicky neúnosný a pozbývají na významu úspory. V následných návrzích systému využití obnovitelných zdrojů energie budu uvažovat pouze solární kolektory.

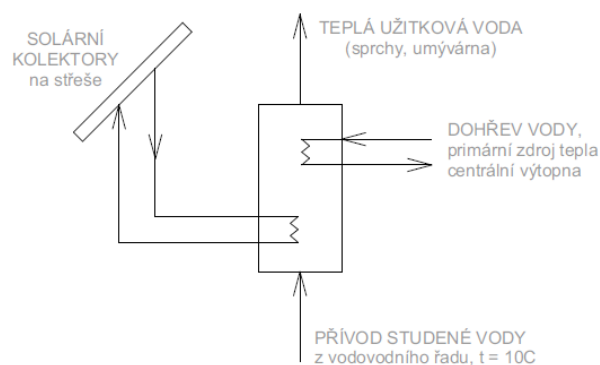
Návrh využití sluneční energie pro provoz plzeňského bazénu vzhledem k přírodním podmínkám, ve kterých se nachází, jsem navrhla ve variantách s uvedenými konkrétními výhodami a nevýhodami.

## VARIANTA 1

Nejčastějším využitím solárních kolektorů je příprava teplé vody, resp. její předehřev. Tento způsob využití je v plaveckém bazénu výhodný především z důvodu velké a nepřetržité spotřeby vody pro očistné sprchování. V řešeném objektu jsou navíc sprchy pro očistné sprchování společné pro provoz bazénu a tělocvičny.

Zařízení budou tvořit ploché kapalinové solární kolektory, které budou umístěny na střeše objektu. Vzhledem k zeměpisným podmínkám České republiky se bude jednat o glazované kolektory, jejichž pořizovací cena je vyšší, ale lze je používat i při nižších venkovních teplotách. Solární soustava dále využívá centrálního zásobníku, který má vestavěný dodatečný zdroj tepla, který vodu následně dohřívá na požadovanou teplotu. Dodatkovým, resp. primárním, zdrojem tepla je centrální výtopna. Teplonosná látka, tedy voda s nemrznoucí směsí, v kapalinových kolektorech na střeše přijímá energii od Slunce a ohřívá se cca na 26 °C.

V období slunečních dnů by mělo být solární zařízení schopno plnohodnotně zastoupit primární zdroj ohřevu vody.



Obr. 6.2.1 Schéma využití solární energie k ohřevu vody pro očistné sprchování

Mezi výhody této varianty patří jednoduché využití solárních kolektorů, které u bazénového provozu nalézá velké uplatnění. Provoz bazénu je od 6:00 do 22:00 hod a po celou dobu jsou využívány právě sprchy pro očistné sprchování, které využívají nejen návštěvníci bazénu, ale i tělocvičny. Návštěvníci bazénu využívají navíc sprchy nejen při svém odchodu, ale i před vstupem do bazénu. Spotřeba vody na jednoho návštěvníka se pohybuje okolo 20 litrů.

K možnému posouzení této varianty patří i posouzení z hlediska ekonomického. Samotný ohřev vody solární energií je nejlevnější variantou ohřevu vůbec, naopak nevýhodou je počáteční jednorázová investice, která nebývá malá. A úspora při samotném ohřevu nebude dosahovat takové výše, aby splatila počáteční investici. Pro toto posouzení je potřeba provést nejprve energetickou náročnost ohřevu vody, dle parametrů současného provozu plaveckého bazénu.

- počet návštěvníků: 835 osob / den
- množství vody: 20 litrů / osoba / den
- celkové množství vody  $V = 835 \times 20 = 16\,700$  litrů / den = 16,7 m<sup>3</sup>/den
- $t_1 = 10$  °C
- $t_2 = 55$  °C

Z následujících parametrů by vypočten výkon na ohřev vody dle vzorce:

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) * ((\rho * c * V * (t_2 - t_1)) / 3600)$$

$$\text{kde } z = 0,7, \rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3, c = 4186 \text{ J/kgK}$$

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} * d + 0,8 * Q_{TUV,d} * ((t_2 - t_{svl}) / (t_2 - t_{svz})) * (N - d)$$

$$\text{kde } N = 365 \text{ dní, } d = 225 \text{ dní, } t_{svl} = 15 \text{ °C, } t_{svz} = 5 \text{ °C}$$

Vypočtená potřeba tepla na ohřev vody pro sprchování je rovna:

$$1\,486 \text{ kWh/den, tedy } 467\,340 \text{ kWh/rok}$$

Cena ohřevu při sazbě 0,92 Kč/kWh činí 429 953 Kč za rok.

Úspora při využití solárního zařízení při ohřevu vody je cca 65 %.

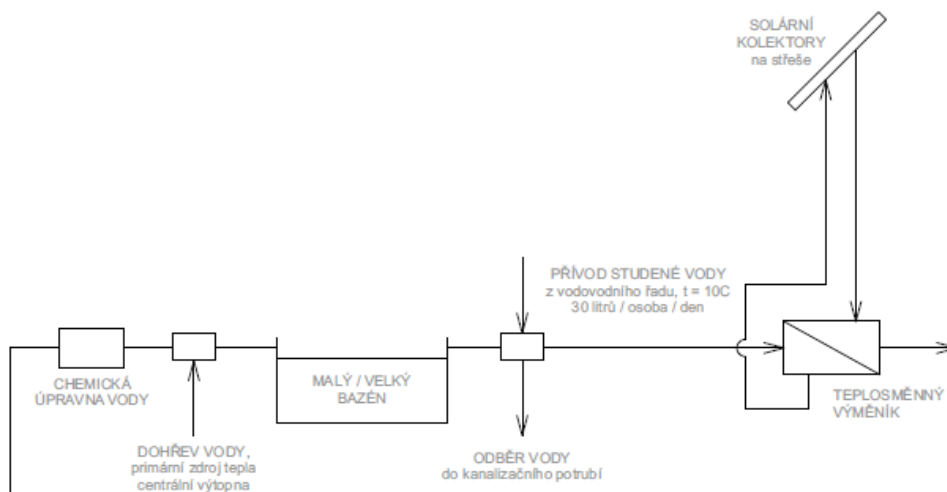
Celková úspora činí 279 469 Kč ročně.



Při rozhodování, zda využít solární kolektory právě k ohřevu vody, je dále nutné vypočítat počet konkrétních solárních kolektorů, jejich momentální pořizovací cenu od výrobce a zjistit tak návratnost dané varianty. Pokud dojdeme k době návratnosti v rozmezí pěti až deseti let, lze považovat variantu využití solární energie za realizovatelnou. Detailním výpočtem počtu solárních kolektorů se ve své práci nezabývám.

## VARIANTA 2

Druhá varianta využívá solárních kolektorů k nepřímému ohřevu, resp. předehřevu, bazénové vody. Zařízení tvoří ploché kapalinové solární kolektory, které budou umístěny na střeše objektu. Opět by se jednalo z důvodu možného využití v daných klimatických podmínkách o glazované kolektory. Kolektorový okruh bude oddělen od recirkulačního okruhu bazénu. Mezi tyto dva okruhy je umístěn výměník tepla, ve kterém teplotonosná látka kolektorového okruhu, kterou tvoří voda s nemrznoucí směsí, předá své citelné teplo získané ze slunečních kolektorů bazénové vodě, která proudí v recirkulačním okruhu. Výměník je umístěn v recirkulačním okruhu, za filtraci, ale zároveň před finální chemickou úpravou vody. Solární zařízení je navrženo jako druhotné, tzn. v kombinaci s primárním zdrojem energie, kterým je centrální výtopna. Kolektorový okruh s výměníkem je navržen samostatně pro velký a malý bazén, především z důvodu nutné odstavky jednoho z bazénů.



Obr. 6.2.2 Schéma využití solární energie k ohřevu bazénové vody

Jednoznačnou výhodou je úspora primární energie pro ohřev bazénové vody, jejíž teplota se pohybuje vzhledem k využití bazénu (velký, malý) mezi 22 - 28 °C. Otázkou zůstává nakolik by úspora při ohřevu nahradila počáteční investici do solárního zařízení. V recirkulačním okruhu, kterým bazénová voda protéká, dochází především k filtraci a chemické úpravě. Jednorázově po určité době (např. po 1 hod) je určité množství vody, dle návštěvnosti (30 litrů / osoba /den), dodáváno z vodovodního řadu. Úkolem solárních kolektorů, potažmo výměníku, je dohřívat vodu na požadovanou teplotu. Rozdíl teploty přiváděné do bazénu a odváděné je cca 1 - 3 °C. Při dodávání čerstvé studené vody o teplotě 10 °C se recirkulační voda ochladí pouze o pár stupňů, což znamená, že výkon pro ohřev bazénové vody není zdaleka tak velký jako pro vodu k očištění sprchování. Uvažovaná úspora cca 65 % z celkového výkonu je minimální a nevýhodná vzhledem k pořizovací ceně solárních kolektorů.

Plavecký bazén (malý i velký) je potřeba dle hygienických požadavků dvakrát ročně zcela vypustit a opět napustit. Přiváděná voda do bazénu by měla teplotu 10 °C, což by bylo ideální pro využití solárních kolektorů, které jsou účinnější, čím nižší teplotu má ohřívané médium. Avšak pokud bychom použili pouze solární kolektory, trval by ohřev bazénové vody déle než si může provozovatel bazénu dovolit.

### 6.3 Využití odpadního tepla

Tento druh využití energie lze zařadit mezi netradiční zdroje. Odpadní voda či vzduch, který opouští budovu, představují nízkopotenciální zdroj tepla, který lze využít k předehřevu přiváděné vody, či vzduchu z exteriéru. V případě plaveckého bazénu, lze využít odpadního tepla trojím způsobem:

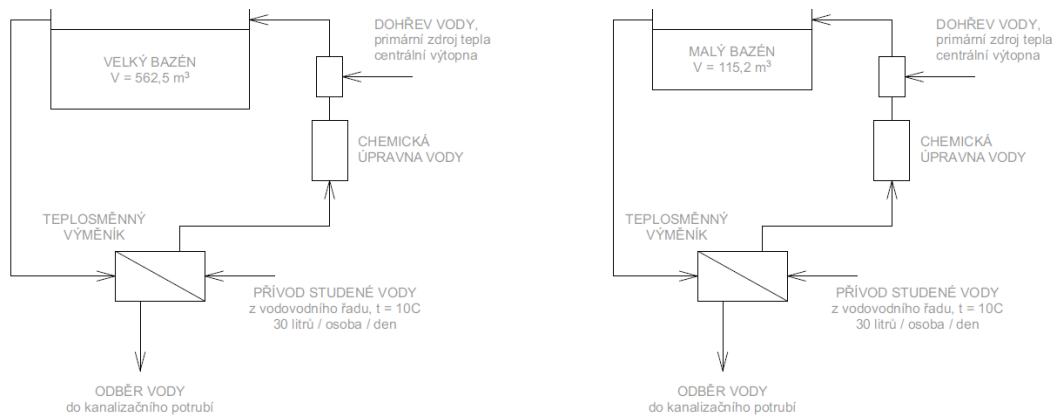
- z odváděného teplého vzduchu
- z výměny bazénové vody
- z odpadní vody při očištění sprchování

Využití odpadního tepla z odváděného vzduchu je řešeno při návrhu vzduchotechniky v kapitole 5.4 *Technické a technologické zařízení budovy*.

Návrh řešení využití odpadního tepla z bazénové vody, či vody určené k očištění sprchování, je provedeno ve variantách s uvedením výhod a nevýhod v konkrétním kontextu plzeňského plaveckého bazénu.

## VARIANTA 1

Při návrhu této varianty bylo využito teplé odpadní vody, která odtéká přes přelivné žlábků a bazénové výustky, k přímému přehřevu bazénové vody. Při recirkulaci je použit teplosměnný výměník, jenž je zařazen do recirkulačního okruhu bazénové vody za filtraci. Dochází tak k předávání tepla odpadní vody přiváděné studené vodě o teplotě 10 °C přes teplovýmennou plochu výměníku. Ta je dodávána pravidelně v určeném množství 30 litrů / osoba / den. Před vpouštěním vody do bazénu je voda chemicky upravována a dohřívána na požadovanou teplotu. Každý bazén (velký a malý) mají oddělený recirkulační okruh i vlastní výměník tepla.

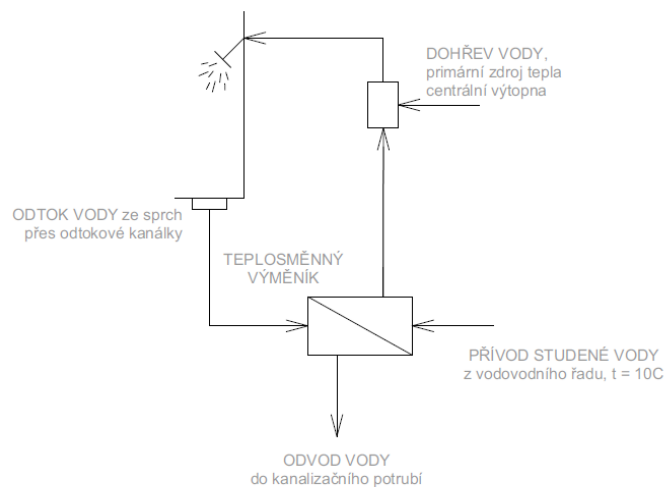


Obr. 6.3.1 Schéma využití tepla odpadní vody k ohřevu bazénové vody

Výhodou celé varianty je jednoduchost řešení, které spočívá pouze ve vřazení výměníku do recirkulačního okruhu. Není potřeba k provozu žádné tepelné čerpadlo a není tedy ani potřeba dodávat žádnou další energii (např. elektrickou). Dochází tak k velkým úsporám nejen během samotného provozu, ale i při počáteční investici.

## VARIANTA 2

V druhé variantě bylo v návrhu využito tepla odpadní vody očištěného sprchování pro předehřev přiváděné studené vody. Odpadní voda je odváděná odtokovými kanálky z prostor sprch přes teplosměnný výměník, kde odevzdá své teplo přiváděné vodě z vodovodního řadu o teplotě 10 °C přes teplovýměnnou plochu výměníku. Voda je následně dohřívána primárním zdrojem tepla z centrální výtopny.



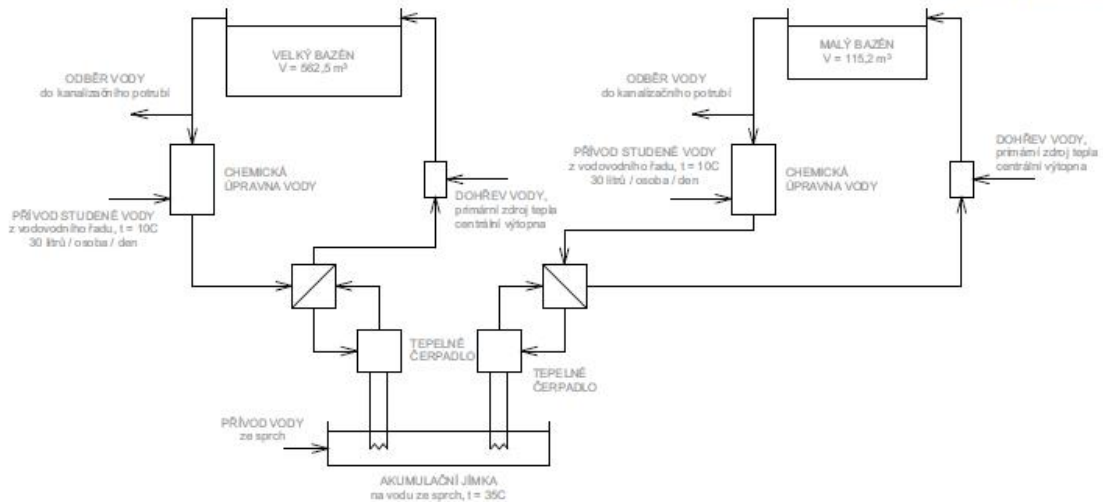
Obr. 6.3.2 Schéma využití tepla odpadní vody k ohřevu vody pro očištěné sprchování

Výhodou řešení je stejně jako u předchozí varianty jednoduchost a z ekonomického hlediska nízké pořizovací náklady. Není potřeba drahého čerpadla, čímž získáme velice malou dobu návratnosti.

## VARIANTA 3

Při návrhu třetí varianty jsem k ohřevu bazénové vody zvolila využití odpadní vody ze sprch po očištěném sprchování. V 1. NP bude umístěna akumuláční nádrž, kam bude svedena teplá voda použitá při očištěném sprchování. Teplo, které předává voda v akumuláční nádrži, bude použito pro předehřev bazénové vody, která je v určeném množství 30 litrů / osoba / den dodávána do recirkulačního okruhu. Během celého dne bude do akumuláční nádrže svedena voda ze sprch o teplotě cca 35 °C, po skončení otevírací doby plaveckého bazénu ji nahradí odtékající voda o teplotě cca 25 °C z recirkulačního okruhu, kterou je potřeba vyměnit a naředit v daném množství závislém na počtu návštěvníků.

Sběrná akumulční nádrž bude mít, co největší plochu a nejmenší hloubku z důvodu rozdílné teploty v závislosti na hloubce (největší teplota odpadních vod je u hladiny).



Obr. 6.3.3 Schéma vyžití tepla odpadní vody ze sprch k ohřevu bazénové vody

V třetím případě se jedná o využívání teplé vody ze sprch k ohřevu vody bazénové. Důvodem je teplota vody, která je u sprch oproti bazénové vodě větší. Při odtoku z prostoru sprch se její teplota pohybuje kolem 35 °C.

Výhodou a zároveň nevýhodou je tepelné čerpadlo. Výhodou je jeho schopnost získat teplo ze zdroje o nízké teplotě, kterou může být právě voda ze sprch. Médium, v mém případě voda, protéká výparníkem, v němž dojde k ochlazení. Kompresor odsává páry chladicí kapaliny a stlačuje je na vysoký tlak, čímž dojde ke zvýšení teploty, která se přes výměník předává na ohřev bazénové vody.

Nevýhodou tepelného čerpadla jsou jednoznačně pořizovací náklady, které jsou mnohdy tak velké, že nelze uvažovat o reálné době návratnosti. Poté je potřeba zvážit, zda finanční náklady potřebné na pořízení tepelného čerpadla nebude lepší využít v celkové rekonstrukci jinde a zvolit např. využití přímého ohřevu (viz. *Varianta 1*).

## 6.4 Využití tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo můžeme využít dvojím způsobem. První možností je využít tepelné čerpadlo jako samostatný zdroj tepla, jenž využívá citelného tepla země, resp. okolního vzduchu (tepelné čerpadlo země/voda, vzduch/voda). Ve svém návrhu však ponechávám centrální vytopnu, která je sousedním objektem plaveckého bazénu, jako primární zdroj tepla a navrhuji druhou možnost, kterou je využití tepelného čerpadla jako dodatkového zařízení sloužící k využití odpadního tepla vypouštěné teplé vody ze sprch, resp. z recirkulačního obvodu bazénové vody. Tento způsob využití tepelného čerpadla je uveden v navrhovaných variantách v kapitole 6.3 *Využití odpadního tepla*.

## 6.5 Celkové zhodnocení a návrh řešení

V předchozích kapitolách byly uvedeny konkrétní možnosti obnovitelných zdrojů, které lze využít u plaveckého bazénu v Plzni, vzhledem k možnostem a především zeměpisné poloze místa objektu.

Návrh jednotlivých variant je rozděleno na konkrétní obnovitelný zdroj a jeho možné využití v provozu plzeňského bazénu. Při hodnocení byly vyzdvihnuty výše zmíněné výhody a nevýhody jednotlivých navržených variant. Dále bylo provedeno hodnocení z energetického, ale i ekonomického hlediska, které je v praxi mnohdy (bohužel) nejdůležitějším parametrem výběru dané varianty.

### VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE

Využití solární energie by bylo nejvhodnější k ohřevu teplé vody pro očistné sprchování. Důvodem je teplotní rozdíl, který mezi přiváděnou vodou (10 °C) a vodou z kolektorového okruhu (26 °C) činí obvykle 16 °C. Naopak teplotní rozdíl při ohřevu bazénové vody je menší, protože před samotným ohřevem dochází k mísení cirkulované vody s menším hygienickým množstvím přiváděné vody, jejíž celková teplota po mísení není 10 °C, ale cca 20 °C. Solární kolektory mají lepší využití, čím je potřeba ohřát vodu o nižší teplotě, tedy jednoznačně je výhodnější *Varianta 1*.

Otázkou zůstává, zda i přesto je vhodné solární energii využít. Jak již bylo popsáno v kapitole 6.2 *Energie slunečního záření u Varianty 1*, nevýhodou je pořizovací cena solárních kolektorů, potažmo reálná návratnost.

Při návrhu je také potřeba počítat také se zatížením samotných kolektorů na střechu, čemuž by měla odpovídat konstrukce střechy, která počítá s tímto zatížením. Otázkou zůstává, zda stávající nosné konstrukce střech by snesly ještě zatížení od solárních kolektorů, které není malé.

V případě plaveckého bazénu v Plzni bych se přikláněla k možnosti využití odpadního tepla, před solární energií. Důvodem jsou nejen pořizovací náklady solárních kolektorů, které jsou jednorázové a zvyšují tím pádem počáteční investice, které již zahrnují samotnou rekonstrukci obvodového pláště a technické zařízení budovy. Ale také samotné zatížení od solárních kolektorů, které by mohlo být problémem pro stávající nosnou konstrukci, jejíž rekonstrukce není uvažována.

Solární kolektory by bylo možno využít v menším množství jen pro ohřev vody pro jiné účely než očistné sprchování, např. úklid, běžná potřeba teplé vody. Potřeba této vody je však výrazně nižší než do sprch, proto je otázkou, zda nezvolit k ohřevu dosud využívanou centrální výtopnu.

## VYUŽITÍ ODPADNÍHO TEPLA

Využití odpadního tepla bazénové vody a vody ze sprch se zdá být v případě plzeňského bazénu nejvhodnější variantou využití obnovitelných a netradičních zdrojů, a zároveň docílení výrazných úspor při samotném ohřevu.

Zvolené varianty:

- OHŘEV VODY PRO OČISTNÉ SPRCHOVÁNÍ dle *Varianty 2*,  
přímým ohřevem přes teplosměnnou plochu výměníku
- OHŘEV BAZÉNOVÉ VODY dle *Varianty 1*,  
přímým ohřevem přes teplosměnnou plochu výměníku

Varianta 3, tedy ohřev bazénové vody odpadním teplem vody ze sprch, je v případě plzeňského bazénu spíše teoretickou možností, která by byla velice finančně nákladná a nenávratná, už z důvodu pořizovací ceny tepelného čerpadla, která není malá.

Celkově lze využití obnovitelných a netradičních zdrojů v bazénovém provozu považovat za výhodné, v případě rekuperace za nezbytné. Při každé úvaze je vždy nutné zvážit pořizovací náklady a náročnost samotného provozu s finálními úsporami, které přinášejí.

## 7. ENERGETICKÁ BILANCE A ZHODNOCENÍ

V kapitole 5. *Návrh a koncepce nového řešení* byly uvedeny opatření na zlepšení obálky budovy a technického zařízení, které by měly vést k určenému cíli, tedy zmenšení energetické náročnosti.

Konstrukce byly navrženy na hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy. Výjimkou je pouze podlaha na zemině, která by vyžadovala větší zásah do samotné budovy, což by se neslučovalo s požadavkem alespoň částečného zachování provozu objektu plaveckého bazénu při rekonstrukci. Hodnota součinitele prostupu tepla tedy odpovídá stávajícímu stavu podlahy ( $U = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), který je též, vzhledem k chybějící dokumentaci usuzován odborným odhadem dle obdobných staveb ze stejného období výstavby.

Posouzení energetické bilance bylo provedeno ve variantách, které byly posouzeny se stávajícím stavem, ale také vzájemně mezi sebou.

Pro lepší pochopení provozu plaveckého bazénu byly jednotlivé dílčí provozy vyznačeny barevně do schématu půdorysu stávajícího stavu [30] a v tabulce 7.2 *Provozy 1. NP* a 7.3 *Provozy 2. NP* zobrazeny jejich plošné a objemové rozměry.

Všechny provozy jsou vytápěny, ať už teplovzdušným vytápěním nebo deskovými otopnými tělesy.



Obr. 7.1 Schéma rozdělení 1. NP a 2. NP dle funkce



	<b>Plocha</b>	<b>Užitná plocha</b>	<b>Výška</b>	<b>Objem</b>
<b>Název</b>	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[V]
Vstupní část	256,04	243,24	3,00	729,71
Šatny plaveckého bazénu / tělocvičny	159,20	151,24	3,00	453,72
Šatny dětského bazénu	65,73	62,44	3,00	187,33
Šatny venkovního bazénu	71,59	68,01	3,00	204,03
Sprchy plaveckého bazénu / tělocvičny	105,90	100,61	3,00	301,82
Sprchy dětského bazénu	55,46	52,69	3,00	158,06
WC / umývárny plav.bazénu /tělovičny	19,06	18,11	3,00	54,32
WC / umývárny dětského bazénu	13,06	12,41	3,00	37,22
WC / umývárny venkovního bazénu	57,27	54,41	3,00	163,22
Technické místnosti	925,19	878,93	2,70	2 373,11
Kanceláře	339,57	322,59	3,00	967,77
WC /umývárny pro zaměstnance	32,36	30,74	3,00	92,23
<b>Celkem</b>	<b>2 100,43</b>	<b>1 995,41</b>		<b>5 722,55</b>

Tabulka 7.2 Provozy 1. NP

	<b>Plocha</b>	<b>Užitná plocha</b>	<b>Výška</b>	<b>Objem</b>
<b>Název</b>	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[V]
Plavecký bazén	741,86	704,77	4,50	3 171,45
Dětský bazén	264,21	251,00	4,50	1 129,50
Tělocvična	297,65	282,77	4,50	1 272,45
Chodba	155,57	147,79	3,00	443,37
Kanceláře	410,49	389,97	3,00	1 169,90
WC / umývárny	40,52	38,49	3,00	115,48
<b>Celkem</b>	<b>1 910,30</b>	<b>1 814,79</b>		<b>7 302,16</b>

Tabulka 7.3 Provozy 2. NP

Pro výpočet energetické bilance je potřeba zjistit vstupní parametry konstrukce a objektu, mezi které patří:

- požadovaná vnitřní teplota
- průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu
- počet návštěvníků
- účinná solární plocha
- vnitřní tepelné zisky
- plošné rozměry konstrukcí
- součinitelé prostupu tepla konstrukcí
- využití rekuperace (ano či ne)

Dílčí i souhrnné výpočty jsou provedeny dle podkladů Ing. Kamila Staňka  
(Příloha č. 5 - Podklady pro výpočet potřeby tepla Ing. Kamil Staněk)

Použité vzorce pro výpočet:

- $Q_{nd} = Q_I - \eta_g \cdot Q_g$  [kWh]
- $Q_T = H_T \cdot (\theta_{i,set} - \theta_e) \cdot t$  [kWh]
- $Q_V = H_V \cdot (\theta_{i,set} - \theta_e) \cdot t$  [kWh]
- $H_T = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_i + A \cdot \Delta U_{tb}$
- $H_V = \rho_a \cdot c_a \cdot V'_a$  [W/K]
- $V'_a = V'_{a,d} \cdot (1 - \eta_{ZZT}) + V'_x$  [m<sup>3</sup>/h]
- $V'_{a,d} = n_{os} \cdot 25 \cdot o_{ccup}$  [m<sup>3</sup>/h]
- $V'_x = V_a \cdot n_{50} \cdot e$  [m<sup>3</sup>/h]
- $Q_I = Q_T + Q_V$  [kWh]
- $Q_{int} = Q_{int'} \cdot t$  [kWh]
- $Q_{sol} = \sum H_j \cdot A_{s,n,j}$  [kWh]
- $A_{s,n,j} = A_w \cdot g \cdot F_W \cdot F_F \cdot F_S$  [m<sup>2</sup>]
- $Q_g = Q_{int} + Q_{sol}$  [kWh]

Výpočty byly provedeny v programu Excel a jsou detailně a přehledně uvedeny  
v Příloze č. 3 - Energetická bilance plaveckého bazénu, detailní výpočet ve variantách.

Klimatická data byla převzata z Excelu klimatických dat, který je součástí příloh na CD (*Příloha č. 9 - Klimatická data*).

Při samotném výpočtu byl nejprve vypočten součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí pomocí vzorce  $U = 1 / (R_{si} + R + R_{se})$  [W/m<sup>2</sup>K], kde  $R = \sum (d / \lambda)$  [m<sup>2</sup>K/W], který byl následně ověřen pomocí programu EDU Teplo 2011, především z důvodu kondenzace vodní páry. Dále následoval výpočet tepelných zisků (vnitřní a solární) a tepelných ztrát (prostupem a větráním) v délce kroku jednoho měsíce. Z bilance tepelných zisků a ztrát byla vyjádřena potřeba tepla na vytápění v jednotlivých měsících, za celý rok a potřeba tepla na vytápění za celý rok vztažena na celkovou užžitnou plochu budovy.

Ideálním cílem by bylo dosáhnout hodnoty potřeby tepla na vytápění za celý rok max. 50 kWh/m<sup>2</sup>, tedy získat nízkoenergetickou budovu, v ideálním případě max. 15 kWh/m<sup>2</sup>, tedy dosáhnout pasivního standardu. Zhodnocení výsledků uvažovaných variant je provedeno v kapitole 7.3 *Celkové zhodnocení*.

## 7.1 Navržené varianty

Pro výpočet energetické bilance byly uvažovány následující varianty, které byly následně porovnány nejen mezi sebou, ale též se stávajícím stavem budovy:

- Nově navržený stav VAR1
- Nově navržený stav VAR2
- Nově navržený stav VAR3

Při návrhu všech variant byly uvažovány nově navržené konstrukce, dle kapitoly 5.3 *Stavební konstrukce*, jejichž součinitel prostupu tepla je navržen na hodnotu pro pasivní budovy. Jedná se o obvodový a střešní plášť, dále pak o výplně okenních otvorů.

### Nově navržený stav VAR1

Prvním uvažovaným stavem je VAR1, která zahrnuje nově navržené konstrukce a jejich vlastnosti (součinitel prostupu tepla) dle kapitoly 5.3 *Stavební konstrukce*. Plocha konstrukcí je totožná se stávajícím stavem, stejně jako využití a provoz budovy. Výjimkou je pouze plocha prosklení bazénových hal, kde již nejsou v novém návrhu uvažovány "okenní arkýře", ale klasická prosklená stěna, čímž se plocha prosklení mění, ale pouze minimálně. Obsazenost budovy je uvažována dle maximálních možných kapacit (243 osob/hod):

- |                  |         |
|------------------|---------|
| • plavecký bazén | 72 osob |
| • dětský bazén   | 40 osob |
| • tělocvična     | 76 osob |
| • kanceláře      | 40 osob |
| • zaměstnanci    | 15 osob |

## Nově navržený stav VAR2

VAR2 je totožný stav budovy jako předchozí VAR1 s tím rozdílem, že obsazenost budovy je uvažována dle současného provozu a využití v hodinovém průměru takto:

- plavecký bazén 28 osob
- dětský bazén 15 osob
- tělocvična 9 osob
- kanceláře 5 osob
- zaměstnanci 6 osob

Celkový počet v hodinovém průměru za den je 63 osob. Celkové počty osob jednotlivých provozů byly zjištěny na základě průzkumu návštěvnosti současného provozu, který bude při rekonstrukci objektu ponechán. Tabulka návštěvnosti je uvedena v *Příloze č. 11 - Tabulka návštěvnosti*.

Uvažujeme-li menší obsazenost budovy, sníží se tím množství větraného vzduchu a následně i potřeba tepla na vytápění. Výsledky jsou patrné v kapitole *7.3 Celkové zhodnocení*.

Fasáda	Název konstrukce	Plocha konstrukce VAR1/VAR2	Součinitel prostupu tepla	Tepelný tok prostupem
			$U_{NS1}$	$H_T$
		[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/K]
Severní	Stěna	506,26	0,15	73,9
	Okna	121,42	0,70	85,0
Jižní	Stěna	447,53	0,15	65,4
	Okna	189,36	0,70	132,6
Západní	Stěna	566,66	0,15	82,7
	Okna	72,18	0,70	50,5
Východní	Stěna	539,44	0,15	78,8
	Okna	199,19	0,70	139,4
	Střecha	1 910,30	0,10	194,7
	Podlaha	2 100,43	0,60	756,2
Celkem		6 652,74		1 659,2
				<b>1 991,8</b>

Tabulka 7.1.1 Plochy konstrukcí a tepelný tok prostupem - VAR1/VAR2

### Nově navržený stav VAR3

Ve třetím navrhovaném stavu VAR3 byl pozorován vliv velikosti prosklení bazénových hal (plaveckého a dětského bazénu) na potřebu tepla na vytápění. Prosklené stěny bazénových hal směřují na jih v případě velkého bazénu a na východ v případě malého bazénu. Prosklená stěna byla v této variantě uvažována o jednu třetinu menší než v předchozích variantách. Ostatní parametry jako vlastnosti konstrukcí, provoz a počet osob odpovídá navrženému stavu VAR2.

Výsledky jsou uvedeny v kapitole 7.3 *Celkové zhodnocení*.

Fasáda	Název konstrukce	Plocha konstrukce VAR3	Součinitel prostupu tepla	Tepelný tok prostupem
			$U_{NS3}$	$H_T$
		[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/K]
Severní	Stěna	506,26	0,15	73,9
	Okna	121,42	0,70	85,0
Jižní	Stěna	505,73	0,15	73,8
	Okna	131,16	0,70	91,8
Západní	Stěna	566,66	0,15	82,7
	Okna	72,18	0,70	50,5
Východní	Stěna	568,48	0,15	83,0
	Okna	170,15	0,70	119,1
	Střecha	1 910,30	0,10	194,7
	Podlaha	2 100,43	0,60	756,2
Celkem		6 652,74		1 610,8
				<b>1 943,5</b>

Tabulka 7.1.2 Plochy konstrukcí a tepelný tok prostupem - VAR3

### Stávající stav

Všechny předchozí navržené varianty je nutné posoudit nejen mezi sebou, ale především se stavem stávajícím. Pro výpočet byly použity součinitele prostupu tepla stávajících konstrukcí a obsazenost budovy byla uvažována dle maximálních možných kapacit, tedy 243 osob za hodinu.

Rozdílný je především tepelný tok prostupem, jenž je víceméně trojnásobný oproti nově navrženým variantám. Tepelný tok prostupem odpovídá stávající obálce budovy.

Fasáda	Název konstrukce	Plocha stávající konstrukce	Součinitel prostupu tepla	Tepelný tok prostupem
			$U_{ss}$	$H_T$
		[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/K]
Severní	Stěna	506,26	1,36	690,0
	Okna	121,42	2,80	340,0
Jižní	Stěna	444,93	1,36	606,4
	Okna	191,96	2,80	537,5
Západní	Stěna	564,06	1,36	768,8
	Okna	74,78	2,80	209,4
Východní	Stěna	536,84	1,36	731,7
	Okna	201,79	2,80	565,0
	Střecha	1 910,30	0,70	1 136,9
	Podlaha	2 100,43	0,60	756,2
Celkem		6 652,74		6 341,8
				<b>6 674,5</b>

Tabulka 7.1.3 Plochy konstrukcí a tepelný tok prostupem - stávající stav

## 7.2 Potřeba tepla na ohřev vody

Nedílnou součástí bazénového provozu je nemalá hodnota potřeby tepla na ohřev vody a to nejen pro očistné sprchování, ale i bazénové vody.

Množství bazénové vody na osobu je dáno Vyhláškou č. 292/2006 Sb. [36], dle které bylo v součtu s množstvím vody pro sprchování vypočteno celkové množství teplé vody za den. Dále byla dle následujících vzorců (viz. níže pod odstavcem) vypočtena potřeba tepla na ohřev vody za den a rok, jejíž hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7.2.1 *Potřeba tepla na ohřev vody - stávající stav a VAR1*, potažmo 7.2.2 *Potřeba tepla na ohřev vody - VAR2 a VAR3*.

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) * ((\rho * c * V * (t_2 - t_1)) / 3600)$$

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} * d + 0,8 * Q_{TUV,d} * ((t_2 - t_{svl}) / (t_2 - t_{svz})) * (N - d)$$

Vlastní detailní výpočet byl proveden v programu Excel a veškeré detailní výpočty jsou uvedeny v *Příloze č. 3 - Energetická bilance plaveckého bazénu, detailní výpočet ve variantách*. Dále také příloha obsahuje jednotlivé vstupní parametry, které byly při výpočtu použity.

Počet lidí za den byl uvažován dle konkrétní varianty z předchozí kapitoly 7.1 *Navržené varianty*. Množství vody odpovídá uvažovanému stavu návštěvníků (počet lidí za hodinu). Množství ředící bazénové vody je dáno Vyhláškou č. 292/2006 Sb. [36], avšak lze tvrdit, že ne vždy je toto množství z důvodu úspor dodržováno.

V případě navržených stavů VAR2 a VAR3 je uvažována zjištěná současná návštěvnost, která je uvedena v *Příloze č. 11 Tabulka návštěvnosti*. V případě navrženého stavu VAR1 a stavu stávajícího je uvažována maximální možná kapacita dle návrhu.

Druh teplé vody	Počet lidí za den	Množství vody na osobu	Celkové množství vody za den	Potřeba tepla za den	Potřeba tepla za rok
			V	$Q_{TUV,d}$	$Q_{TUV,r}$
	osoba/den	litr/osoba	m <sup>3</sup> /den	kWh/den	kWh/rok
<b>Bazénová voda</b>	1 792	30	53,8	2 125	<b>621 034</b>
<b>Voda pro sprchování</b>	3 008	20	60,2	5 351	<b>1 683 545</b>
<b>Celkem (ročně) Σ</b>	-	-	<b>113,9</b>	<b>7 477</b>	<b>2 304 579</b>

Tabulka 7.2.1 Potřeba tepla na ohřev vody - stávající stav a VAR1

Druh teplé vody	Počet lidí za den	Množství vody na osobu	Celkové množství vody za den	Potřeba tepla za den	Potřeba tepla za rok
			V	$Q_{TUV,d}$	$Q_{TUV,r}$
	osoba/den	litr/osoba	m <sup>3</sup> /den	kWh/den	kWh/rok
<b>Bazénová voda</b>	695	30	20,9	824	<b>240 858</b>
<b>Voda pro sprchování</b>	835	20	16,7	1 486	<b>467 340</b>
<b>Celkem (ročně) Σ</b>	-	-	<b>37,6</b>	<b>2 310</b>	<b>708 199</b>

Tabulka 7.2.2 Potřeba tepla na ohřev vody - VAR2 a VAR3



### 7.3 Celkové zhodnocení

V kapitole 7.1 *Navržené varianty* byl uveden stávající stav i jednotlivé navržené varianty, které je potřeba posoudit. Zároveň bylo v kapitole 7.2 *Potřeba tepla na ohřev vody* vyjádřeno množství vody pro očistné sprchování i bazénové vody, a potřeba tepla na její ohřev. Výsledné hodnoty potřeby tepla na vytápění, posléze na ohřev vody jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Měsíc	Potřeba tepla na vytápění $Q_{nd} = Q_l - \eta_g * Q_g$ [kWh]			
	Stávající stav	VAR1	VAR2	VAR3
Leden	157 014	40 946	34 610	33 653
Únor	131 988	32 139	26 829	26 031
Březen	118 036	26 347	21 680	20 983
Duben	85 722	16 907	13 662	13 183
Květen	56 394	9 834	7 823	7 529
Červen	38 711	6 296	4 969	4 776
Červenec	29 410	4 476	3 507	3 367
Srpen	34 842	5 508	4 333	4 163
Září	56 477	10 576	8 487	8 180
Říjen	88 327	18 929	15 479	14 966
Listopad	121 949	30 462	25 543	24 802
Prosinec	149 591	39 637	33 602	32 690
<b>Celkem (ročně) <math>\Sigma</math></b>	<b>1 068 461</b>	<b>242 061</b>	<b>200 523</b>	<b>194 325</b>
Průměr	89 038	20 172	16 710	16 194
Minimum	157 014	40 949	34 610	33 653
Maximum	29 410	4 476	3 507	3 367
<b>Potřeba tepla na <math>m^2</math></b>	<b>266,4</b>	<b>60,4</b>	<b>50,0</b>	<b>48,5</b>

Tabulka 7.3.1 Potřeba tepla na vytápění

Měsíc	Potřeba tepla na ohřev vody [kWh]			
	Stávající stav	VAR1	VAR2	VAR3
<b>Celkem (ročně) <math>\Sigma</math></b>	<b>2 304 579</b>	<b>2 304 579</b>	<b>708 199</b>	<b>708 199</b>

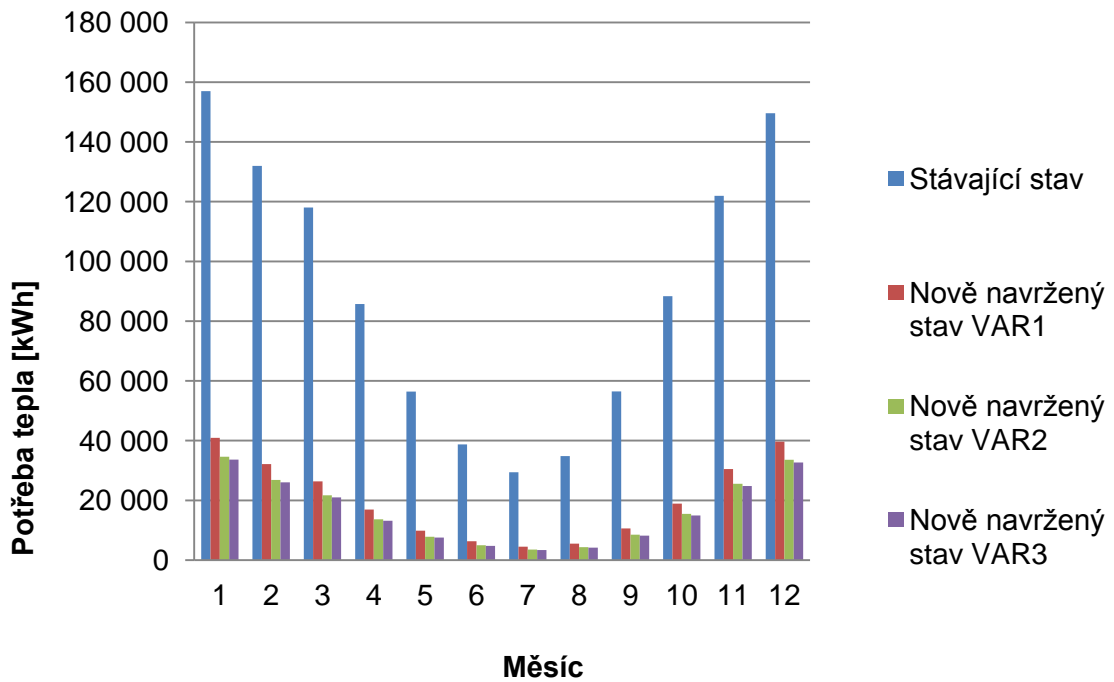
Tabulka 7.3.2 Potřeba tepla na ohřev vody

## ZHODNOCENÍ Z HLEDISKA POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ

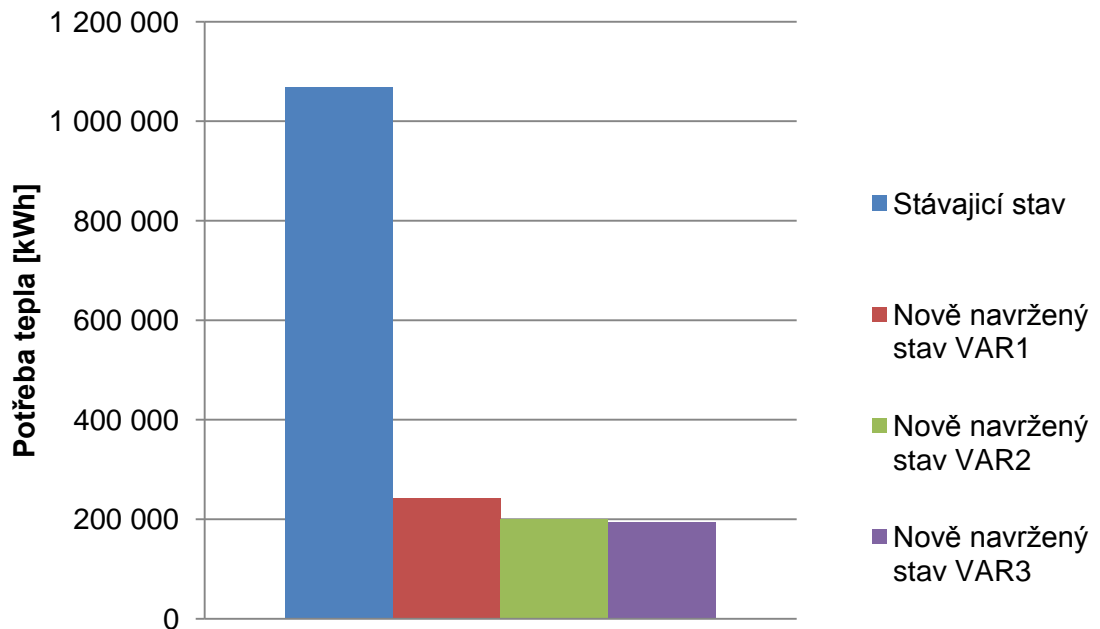
Stávající stav je z hlediska potřeby tepla považován za nevyhovující a velice nákladný, o čemž vypovídá i hodnota potřeby tepla na vytápění  $266,4 \text{ kWh/m}^2$ . Novým návrhem VAR1, který zahrnuje obnovu obvodového pláště, výměnu střešního pláště a oken či prosklených ploch se dostáváme s potřebou tepla na vytápění na hodnotu  $60,4 \text{ kWh/m}^2$ , tedy cca čtvrtinu původní potřeby. Což lze považovat za velkou úsporu a zlepšení oproti stávajícímu stavu. Na první pohled je zřejmé, že i přesto, že jednotlivé konstrukce obálky budovy byly navrženy se součinitelem prostupu tepla pro pasivní budovy, celková potřeba tepla je stále čtyřikrát větší než požadovaných  $15 \text{ kWh/m}^2$  pro pasivní budovy. Hlavním důvodem je především pouze částečná uvažovaná rekonstrukce, která se týká obnovy obvodového a střešního pláště, výměny oken a využití rekuperace vzduchu. Provedení rekonstrukce je uvažováno za alespoň částečného provozu objektu, proto není počítáno s rekonstrukcí podlah na zemině, která by navíc byla velice finančně nákladnou záležitostí.

U navrženého stavu VAR1 je uvažováno s plným stavem obsazenosti, kterého nebylo nikdy dosaženo. Podle vlastního průzkumu návštěvnosti byla proto vytvořena VAR2, kde se mění tepelný tok větráním v závislosti na menší obsazenosti budovy, a tím klesá celková potřeba tepla na vytápění. Navržený stav je reálnější vzhledem k provozu budovy než předchozí VAR1 a hodnota potřeby tepla na vytápění  $50 \text{ kWh/m}^2$  řadí budovu mezi nízkoenergetické.

Třetí navržený stav VAR3 se zabývá vlivem velikosti prosklení bazénových hal, které je umístěno na jižní a východní světovou stranu. Zmenšením plochy zasklení na dvě třetiny původní došlo pouze k nepatrnému úbytku potřeby tepla na vytápění. Konkrétně byla vypočtená potřeba tepla rovna hodnotě  $48,5 \text{ kWh/m}^2$ . Jedná se tedy o úbytek  $1,5 \text{ kWh/m}^2$  ročně, což lze považovat za zanedbatelné. O navrženém stavu VAR3 by mohlo být teoreticky uvažováno při ročním úbytku od cca  $5 - 10 \text{ kWh/m}^2$  oproti VAR2. Celkově lze tedy považovat zmenšení prosklení bazénových ploch, vzhledem k úsporám potřeby tepla, za zbytečné a nákladné opatření vůči malé získané výhodě.



Graf 7.3.3 Měsíční potřeba tepla na vytápění ve variantách



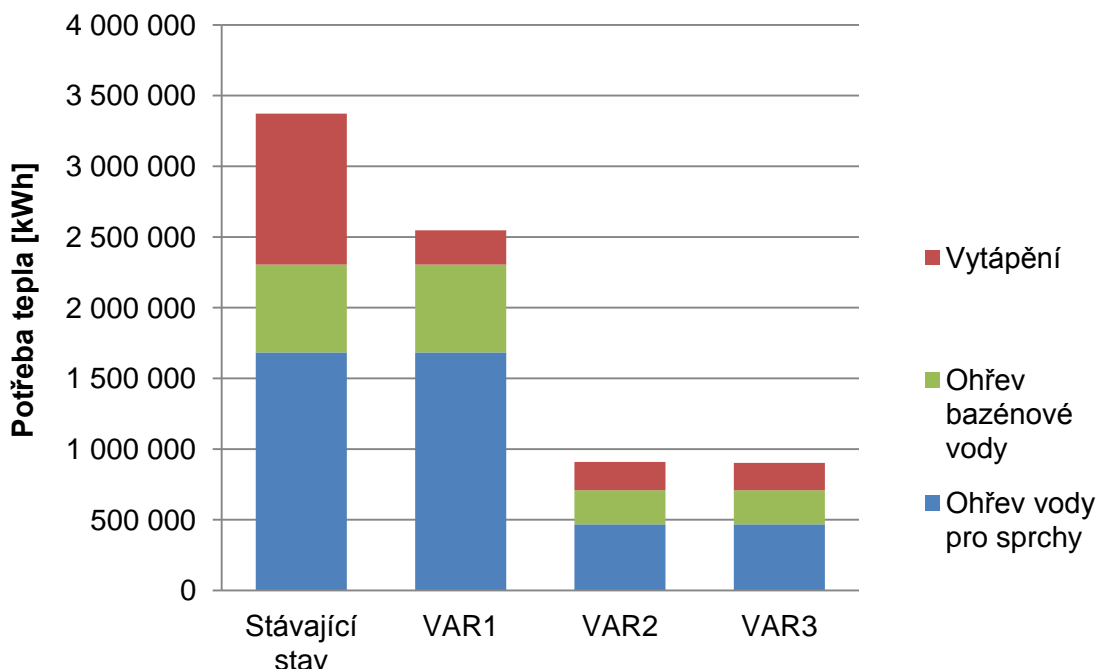
Graf 7.3.4 Celková roční potřeba tepla na vytápění ve variantách

## ZHODNOCENÍ Z HLEDISKA POTŘEBY TEPLA NA OHŘEV VODY

Nedílnou součástí potřeby tepla je nejen potřeba tepla na vytápění, ale též na ohřev bazénové vody a vody pro očištné sprchování. Celková potřeba tepla na ohřev vody se mění vzhledem k jednotlivým navrženým stavům a uvažované návštěvnosti, jak bylo zmíněno v kapitole 7.2 *Potřeba tepla na ohřev vody*. Nejedná se rozhodně o malé hodnoty, proto je nutné s ní počítat, zvláště jedná-li se o provoz plaveckého bazénu.

Provoz	Vytápění	Ohřev vody	Ohřev vody pro sprchy	Ohřev bazénové vody	Celkem
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Stávající stav	1 068 461	2 304 579	1 683 545	621 034	<b>3 373 039</b>
VAR1	242 061	2 304 579	1 683 545	621 034	<b>2 546 640</b>
VAR2	200 523	708 199	467 340	240 858	<b>908 722</b>
VAR3	194 325	708 199	467 340	240 858	<b>902 523</b>

Tabulka 7.3.5 Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev vody



Graf 7.3.6 Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev vody ve variantách

Způsoby úspor týkající se ohřevu vody jsou řešeny v rámci kapitoly 6. *Obnovitelné a netradiční zdroje energie*, kde lze také nalézt nejvhodnější využití pro budovu Plaveckého bazénu Lochotín s popsáním konkrétními výhodami a nevýhodami. Zvoleno bylo využití odpadního tepla využitím teplosměnného výměníku, u kterého předpokládáme účinnost 70 %.

	<b>Potřeba tepla na ohřev vody pro sprchy</b>	<b>Využití teplosměnného výměníku účinnost 70 %</b>	<b>Potřeba tepla na ohřev bazénové vody</b>	<b>Využití teplosměnného výměníku účinnost 70 %</b>
Stávající stav	1 683 545	-	621 034	-
VAR1	1 683 545	1 094 304	621 034	434 724
VAR2	467 340	303 771	240 858	168 601
VAR3	467 340	303 771	240 858	168 601

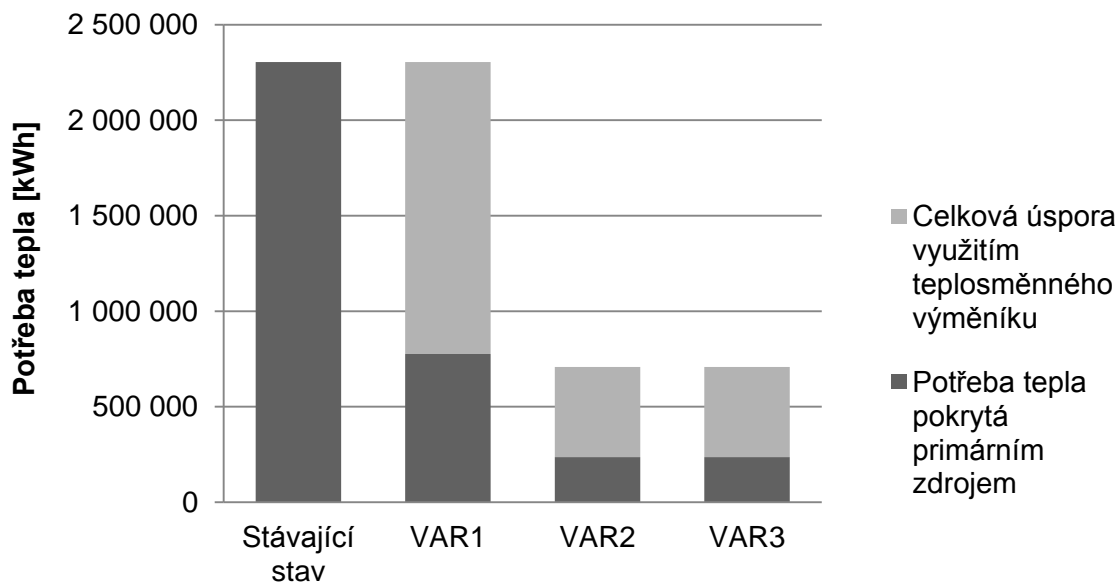
Tabulka 7.3.7 Roční úspora potřeby tepla na ohřev vody

	<b>Celková potřeba tepla na ohřev vody</b>	<b>Celková úspora využitím teplosměnného výměníku</b>	<b>Potřeba tepla pokrytá primárním zdrojem</b>
Stávající stav	2 304 579	0	2 304 579
VAR1	2 304 579	1 529 028	775 551
VAR2	708 199	472 372	235 827
VAR3	708 199	472 372	235 827

Tabulka 7.3.8 Celková roční úspora potřeby tepla na ohřev vody

Z tabulky 7.3.7 *Roční úspora potřeby tepla na ohřev vody* je patrná úspora potřeby tepla, dle jednotlivých variant, zvláště pro ohřev vody pro očistné sprchování a zvláště pro ohřev bazénové vody za jeden rok.

V tabulce 7.3.8 *Celková roční úspora potřeby tepla* je shrnuta potřeba tepla pro celkový ohřev vody a celkové úspory jednotlivých variant za rok. Graficky celkovou úsporu zobrazuje následující graf 7.3.9. *Celková roční potřeba tepla na ohřev vody a její úspory*, který vychází z tabulky 7.3.8 *Celková roční úspora potřeby tepla*.



Graf 7.3.9 Celková roční potřeba tepla na ohřev vody a její úspory

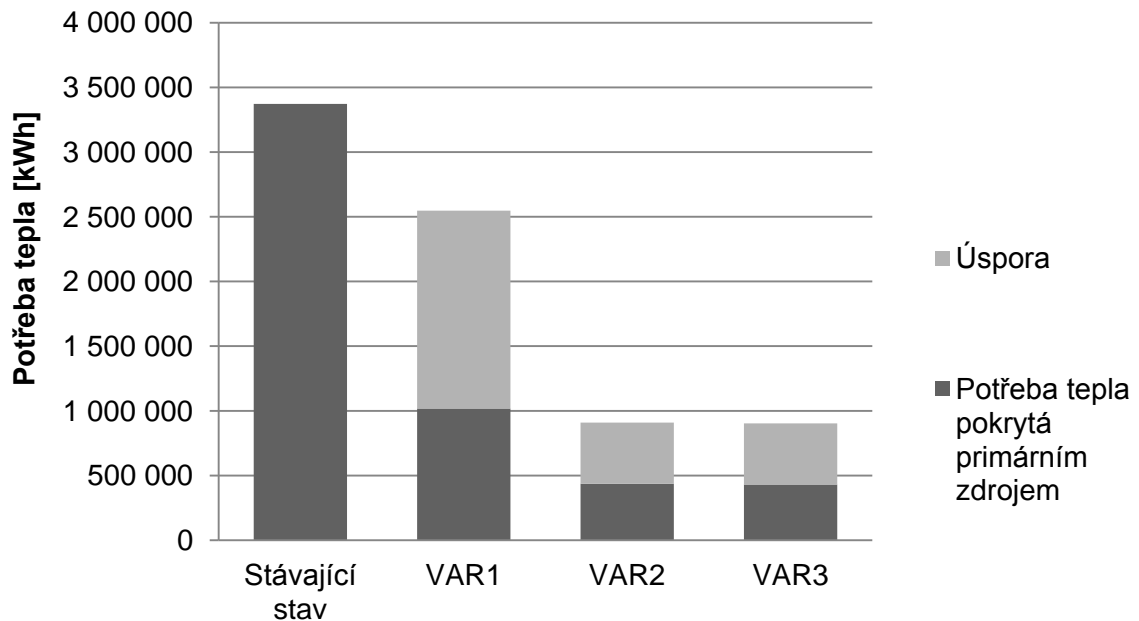
Pro lepší názornost a celkové zhodnocení úspor navržených stavů se stávajícím stavem, a mezi sebou, slouží tabulka 7.3.10 *Celková roční úspora potřeby tepla* a graf 7.3.11 *Celková roční potřeba tepla a možné úspory*.

Vyčíslené úspory využitím teplosměnného výměníku k předehřevu vody pro očištěné sprchování i vody bazénové jsou pouze orientační. Přesto lze tvrdit, že využití tepla z odpadní vody především v bazénovém provozu je v současné době nezbytným opatřením. Celková potřeba na ohřev vody činí v takto specifickém provozu více než trojnásobek potřeby tepla na vytápění.

V případě plzeňského bazénu jsou úspory polovinou celkové potřeby tepla na vytápění a ohřev vody, což rozhodně nelze považovat za nezbytné úspory.

	<b>Celková potřeba tepla (vytápění a ohřev vody)</b>	<b>Celková úspora využitím teplosměnného výměníku</b>	<b>Potřeba tepla pokrytá primárním zdrojem</b>
Stávající stav	3 373 039	0	3 373 039
VAR1	2 546 640	1 529 028	1 017 612
VAR2	908 722	472 372	436 350
VAR3	902 523	472 372	430 151

Tabulka 7.3.10 Celková roční úspora potřeby tepla



Graf 7.3.11 Celková roční potřeba tepla a možné úspory

## CELKOVÉ ZHODNOCENÍ

Je zřejmé, že vzhledem k aktuální obsazenosti budovy (návštěvnosti), která se nezmění ani po navržené rekonstrukci, je reálnou variantou

NOVĚ NAVRŽENÝ STAV VAR2 zahrnující:

- novou obálku budovy se součinitelem prostupu tepla pro pasivní budovy,
- aktuální obsazenost (návštěvnost),
- využití rekuperace vzduchu,
- využití teplosměnného výměníku k ohřevu vody (pro bazén a sprchy)

## 8. ZÁVĚR

Úkolem mé diplomové práce byla rekonstrukce plaveckého bazénu Lochotín v Plzni, týkající se obnovy obálky budovy a technického zařízení budovy (vč. využití rekuperace a obnovitelných zdrojů energie) s cílem dosáhnout, co nejmenší potřeby tepla na vytápění, v ideálním případě dosáhnout nízkoenergetické budovy.

Objekt plaveckého bazénu nemění během rekonstrukce svůj provoz ani využití. Kromě drobných úprav k dosažení bezbariérového objektu, nebyly provedeny žádné dispoziční úpravy. Rekonstrukce se v první řadě zabývala konstrukční částí objektu, a to zateplením obvodového pláště, celkovou výměnou střešního pláště a výměnou okenních otvorů a prosklených ploch bazénových hal. Dále byla provedena koncepce nového technického zařízení objektu (vytápění, větrání) s využitím rekuperace, která byla použita též při ohřevu vody. Primárním zdrojem energie stále zůstává centrální výtopna. Práce se zabývá též koncepcí využití obnovitelných a netradičních zdrojů s využitím v bazénovém provozu.

V závěru práce byla provedena energetická koncepce navržených variant, které byly posouzeny nejen mezi sebou, ale i se stávajícím stavem budovy.

Jako nejvhodnější navržený stav byla zvolena VAR2, která zahrnuje novou (rekonstruovanou) obálku budovy, využití rekuperace a aktuální obsazenost objektu, zjištěnou dle současného stavu. Jedná se o potřebu tepla pro aktuální provoz objektu se současným využitím daných prostor, ale změněnou obálkou budovy a využitím rekuperace. Potřeba tepla na vytápění je rovna hodnotě  $50 \text{ kWh/m}^2$ , z čehož je patrné, že byla potřeba tepla snížena na pětinu původní hodnoty. Budova se díky uvažované rekonstrukci stala nízkoenergetickou.

Možnosti rekonstrukce, které byly v této práci uvedeny lze využít nejen u objektu Plaveckého bazénu Lochotín v Plzni, ale též u dalších obdobných budov, které byly v 70. - 80. letech 20. století stavěny po celém Československu. Počet krytých bazénů postavených v letech 1970 - 1985 byl na území Československa 104. Důvodem velkého počtu bylo státem plánované hospodářství a nový vztah k plavání. Mezi podobné objekty lze zařadit například plavecký bazén v České Třebové, Mělníku, Jilemnici nebo Mohelnici. Stavěny byly již známe železobetonové konstrukce bazénů, ale začaly se objevovat především nové metody montovaných bazénových van z oceli, hliníku či laminátu, které výrazným způsobem urychlily dobu výstavby a mezi které patří i plzeňský plavecký bazén.



Cílem mé diplomové práce bylo ukázat, že právě plavecké bazény a budovy s bazénovým provozem skýtají velké možnosti a příležitosti z hlediska úspor energie. Nejedná se pouze o zlepšení obálky budovy jako u jiných staveb, ale především využití potenciálu vody, které je v bazénovém provozu více než dostatek. Využití rekuperace odpadní vody se přímo nabízí k řešení v několika různých variantách, které byly v práci řešeny s ohledem na konkrétní podmínky a provoz daného objektu.

Celá rekonstrukce a dílčí úpravy stávajících staveb je komplexní záležitostí, která zahrnuje provoz, energie, funkci, bezpečnost a v neposlední řadě náklady s ní spojené. Nikdy nelze řešit obnovu budovy jen z jednoho hlediska, například ekonomického, i když se to bohužel v praxi často stává. Stávající situace se však řešením pouze z jednoho hlediska nevyřeší. Řešený problém pouze posuneme o pár let dál a často ho i znásobíme. Na budovu musíme při rekonstrukci pohlížet nejen z hlediska stavebního, ale především ve vztahu k nám lidem, kteří ji využíváme. Vždyť budovy stavíme především sami pro sebe a trávíme v nich velkou část svého života. Špatná stavba nezkracuje životnost jen sama sobě, ale ničí životnost potažmo zdraví i nám lidem.

Problémy a následná řešení, která jsou uvedena v mé práci by měla sloužit jako inspirace a možná budoucí cesta v rekonstrukci plaveckého bazénu Lochotín v Plzni, ale též jiných podobných objektů, které se nacházejí v podobném stavu.

## LITERATURA, PODKLADY A OSTATNÍ ZDROJE

### Literatura

- [1] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005. Stavitel. ISBN 80-247-1101-X.
- [2] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2061-6.
- [3] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [4] ŠŤASTNÝ, Bohumil. *Stavba a provoz bazénů*. 1. vyd. Praha: ABF-ARCH, 2003. ISBN 80-86165-56-6.
- [5] PAROUBKOVÁ, Jitka., Jan. PAROUBEK a Petr. MEZERA. *Nauka o budovách 40/41: (občanské stavby 2)*. Praha: ČVUT, Stavební fakulta, 1998. ISBN 80-01-01865-2.
- [6] LIESLER, Lukáš, Eduard SCHLEGER a Dušan ŠTĚTINA. *Bazény a koupaliště: principy využití sluneční energie*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02702-3.
- [7] HANZALOVÁ, Lenka a Šárka ŠILAROVÁ. *Konstrukce pozemních staveb 40: zastřešení*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02604-3.
- [8] ZDAŘILOVÁ, Renata. *Bezbariérové užívání staveb: metodika k vyhlášce č. 398/2009 Sb. o obecných a technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb*. Praha: ČKAIT, 2011. ISBN 978-80-87438-17-6.
- [9] PROJEKTA spol. s r. o. *Snižování energetické náročnosti v provozu plaveckých bazénů*. 1. vyd. Praha: Česká energetická agentura.
- [10] Plavecký areál Šutka dokončen po pětadvaceti letech. *Časopis Stavebnictví*. 02/2013.

### WWW stránky

- [11] [www.archiweb.cz](http://www.archiweb.cz)
- [12] [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)
- [13] [www.bazenlochotin.cz](http://www.bazenlochotin.cz)
- [14] [www.nahlizenidokn.cuzk.cz](http://www.nahlizenidokn.cuzk.cz)
- [15] [www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz)
- [16] [www.sutka.eu](http://www.sutka.eu)
- [17] [www.syner.cz](http://www.syner.cz)
- [18] [www.bazen-litomysl.cz](http://www.bazen-litomysl.cz)
- [19] [www.isover.cz](http://www.isover.cz)
- [20] [www.ytong.cz](http://www.ytong.cz)
- [21] [www.climastone.cz](http://www.climastone.cz)
- [22] [www.baumit.cz](http://www.baumit.cz)
- [23] [www.aprcz.cz/pages/osveta/ostatni/komlazne.pdf](http://www.aprcz.cz/pages/osveta/ostatni/komlazne.pdf)
- [24] [www.icopal.cz](http://www.icopal.cz)
- [25] [www.sport.infocesko.cz](http://www.sport.infocesko.cz)

### Další podklady

- [26] Krajská projektová organizace Stavoprojekt Plzeň *Technická zpráva Středisko mládeže Lochotín objekt 33 - ocelová konstrukce hal.* Zpracovatel: Ing. Kordík, srpen 1975
- [27] Krajská projektová organizace Stavoprojekt Plzeň *Projektová dokumentace ocelových konstrukcí.* Zpracovatel: Ing. Kordík, srpen 1975
- [28] VALEČKA projektová činnost u oboru pozemních a inž. staveb *Souhrnná technická zpráva.* Zpracovatel: Ing. J. Valečka, listopad 1994
- [29] VALEČKA projektová činnost u oboru pozemních a inž. staveb *Projektová dokumentace E1 Stavební řešení.* Zpracovatel: Ing. J. Valečka, listopad 1994
- [30] ŠUMAVAPLAN, spol. s r. o. Projektová dokumentace stávajícího stavu plaveckého bazénu Lochotín. Zpracovatel: Ing. Zbyněk Pítel. Hlavní architekt, autor: Ing. arch. Pavel Lejsek, prosinec 2015

### **Technické normy**

- [31] ČSN EN 13451-1 Vybavení plaveckých bazénů  
Část 1: Všeobecné bezpečnostní požadavky a zkušební metody
- [32] ČSN EN 15288-1+A1 Plavecké bazény  
Část 1: Bezpečnostní požadavky pro navrhování bazénů
- [33] ČSN EN 15288-2 Plavecké bazény  
Část 2: Bezpečnostní požadavky pro provozování bazénů
- [34] ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov  
Část 2: Požadavky
- [35] ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov  
Část 4: Výpočtové metody

### **Právní předpisy**

- [36] Vyhláška č. 292/2006 Sb., kterou se mění vyhláška č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch
- [37] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- [38] Vyhláška č. 398/2009 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb

## **PŘÍLOHY**

### **Seznam příloh**

1. Výkresová dokumentace
2. Koncepce řešení TZB
3. Energetická bilance plaveckého bazénu, detailní výpočet ve variantách

### **Seznam příloh na CD**

4. Dokumentace stávajícího stavu
5. Podklady pro výpočet potřeby tepla (Ing. Kamil Staněk)
6. Ostatní fotodokumentace
7. Výpočet součinitele prostupu tepla stávajících konstrukcí
8. Výpočet součinitele prostupu tepla nově navržených konstrukcí
9. Excel - Klimatická data
10. Seznam okenních otvorů pro výpočet energetické bilance a jejich popis
11. Tabulka návštěvnosti
12. Tabulka místností
13. Protokoly z programu Teplo EDU 2014