



**FAKULTA
ŠTROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav mechaniky tekutin a termodynamiky

Možnosti vytváření vln pro surfování

Possibility of creating waves for surfing

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Prokop DANIEL

Studijní program: B2342 Teoretický základ strojního inženýrství

Studijní obor: Bez oboru

Vedoucí práce: Ing. Pavol Vitkovič Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Daniel** Jméno: **Prokop** Osobní číslo: **424777**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav mechaniky tekutin a termodynamiky**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Možnosti vytváření vln pro surfování

Název bakalářské práce anglicky:

Possibility of creating waves for surfing

Pokyny pro vypracování:

1. Proveďte řešerši pro tvorbu umělých vln pro sufování.
2. Pokuste se navrhnou princip tvorby vln v podmínkách České Republiky.

Seznam doporučené literatury:

dle doporučení vedoucího práce

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Pavol Vitkovič Ph.D., 12112

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **27.04.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **05.06.2017**

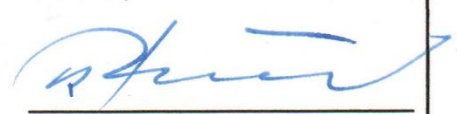
Platnost zadání bakalářské práce: **26.10.2018**



Podpis vedoucí(ho) práce



Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry



Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

28.4.2017
Datum převzetí zadání

Daniel
Podpis studenta

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s tím, že její výsledky mohou být dále použity podle uvážení vedoucího bakalářské práce jako jejího spoluautora. Souhlasím také s případnou publikací výsledků bakalářské práce nebo její podstatné části, pokud budu uveden jako její spoluautor.

V Praze dne 17.8.2017

Prokop Daniel

PODĚKOVÁNÍ

Zde bych rád srdečně poděkoval všem, kteří mě provázeli, motivovali a podporovali při mém studiu a při psaní této práce. Především děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Pavolovi Vitkovičovi Ph.D. za cenné a užitečné rady, připomínky a čas strávený při konzultacích.

V neposlední řadě děkuji také své rodině a přátelům za veškerou podporu projevenou během celého studia.

ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora:	Prokop DANIEL
Název BP:	Možnosti vytváření vln pro surfování
Anglický název:	Possibility of creating waves for surfing
Rok:	2017
Studijní program:	B2342 Teoretický základ strojího inženýrství
Obor studia:	bez oboru
Ústav:	Ústav mechaniky tekutin a termodynamiky
Vedoucí BP:	Ing. Pavol Vitkovič Ph.D.
Bibliografické údaje:	počet stran 39 počet obrázků 19 počet tabulek 02 počet příloh 00
Klíčová slova:	surfing, wave pool, umělá vlna, vodní skok, riversurfing, statická vlna, mořské vzdouvání, příbojová vlna
Keywords:	surfing, wave pool, artificial wave, hydraulic jump, riversurfing, sheet flow wave, swell, ocean wave
Anotace:	Tématem této bakalářské práce je problematika tvorby umělých surfových vln. V první části práce je stručně objasněn vývoj surfingu a jeho význam pro dnešní společnost. Dále je vysvětleno fyzikální chování oceánů a moří ve vztahu k tvorbě přílivových vln. Stěžejní částí práce je zdokumentování aktuálních principů a technologií používaných k vytváření vln a jejich pravděpodobný vývoj. V závěru práce je popsána situace v České republice a využito získaných poznatků k návrhu řešení realizace uměle vytvořené surfové vlny na území České republiky.
Abstract:	The topic of this bachelor thesis is the issue of creation of artificial surf waves. The first part of the thesis briefly explains the development of surfing and its importance for today's society. It also explains the physical behavior of the oceans and seas in relation to the formation of tidal waves. The main part of the thesis is the documentation of current principles and technologies used for waves creation and their probable development. At the end of the thesis, the situation in the Czech Republic is described and the acquired knowledge is used to design the realization of artificial waves in the Czech Republic.

SEZNAM POUŽITÝCH POJMŮ, SYMBOLŮ A ZKRATEK

Adaptive surfing	Surfování fyzicky postižených
Beach break	Vlna lámající se o písčité podloží
Close out	Vlna nevhodná pro surfing, která se láme po celé své šířce ve stejný moment
Fetch	Délka plochy, na kterou působí vítr při vzniku swellu
Hydrofoil	Profil ve tvaru křídla pracující ve vodním prostředí
Line-up	Místo, kde surfaři čekají na vlny
Offshore	Vítr působící směrem od pobřeží
Onshore	Vítr působící směrem k pobřeží
Point break	Vlna lámající se stále na stejném místě díky korálovému nebo skalnatému podloží
Reef break	Vlna lámající se o korálový útes
Surfboard	Sportovní náčiní, na kterém jezdec provozuje surfing
Swell	Mořské vzdouvání
Wave pool	Uměle vytvořená vodní plocha se zabudovaným generátorem vln
a	Amplituda vlny
C	Fázová rychlost vlny
d	Vodní hloubka
g	Gravitační zrychlení
k	Vlnové číslo
kd	Parametr relativní hloubky
L	Vlnová délka
t	Čas
T	Perioda vlny
x	Proměnná horizontální délky
η	Zdvihání vodní hladiny
ω	Úhlová rychlost
AWM	American Wave Machines
ČR	Česká republika
KSWCo	Kelly Slater's Wave Company
LOH	Letní olympijské hry
SAE	Spojené arabské emiráty
UK	Spojené království
USA	Spojené státy americké
WWP	Webber Wave Pool

OBSAH

1. Úvod	1
2. Surfing	2
2.1. Historie.....	2
2.2. Surfování a Česká republika	3
3. Pohyby mořské vody	4
3.1. Swell	4
3.2. Příbojové vlny.....	5
3.2.1. Lokální podmínky	6
4. Možnosti tvorby umělých surfových vln	8
4.1. Parametry požadované vlny	8
4.2. Wakesurfing	8
4.3. Flowrider	10
4.4. River surfing	11
4.4.1. Stojaté vlny	12
4.4.2. Leinewelle koncept	13
4.4.3. Přílivové vlny	14
4.5. Wave pool	15
4.5.1. Komorové systémy.....	16
4.5.1.1. American Wave Machines	17
4.5.1.2. Murphy´s waves.....	18
4.5.2. Mechanické systémy	19
4.5.2.1. Kelly Slater´s Wave Pool	19
4.5.2.2. Wavegarden	21
4.5.2.3. Webber Wave Pool	24
5. Situace v České republice.....	26
6. Závěr.....	27
Seznam použitých informačních zdrojů.....	29
Seznam použitých obrázků	32

1. Úvod

Hlavním důvodem pro napsání této práce na dané téma pro mne bylo propojení surfingu a technického pokroku - surfování jakožto můj koníček a technický pokrok jakožto součást mého zaměření. Surfing je pro mne volnočasovou aktivitou, které nejenže se aktivně věnuji, ale také mě zajímá její fyzikální fungování přímo závislé na přírodních podmínkách. Jelikož v České republice nepanují podmínky vhodné pro provozování tohoto sportu, přijde mi důležité se zabývat možnostmi, jak tyto podmínky nastolit uměle. Obzvláště v dnešní době, kdy je většina západní civilizace materiálně zabezpečena, roste poptávka po možnostech, jak aktivně a rozmanitě trávit volný čas. Technický pokrok jako cesta k uspokojování rostoucích potřeb lidstva se tedy bude více zaměřovat na tyto druhotné volnočasové aktivity. [1]

V první části práce čtenářům představím surfing jako sport, jeho historii a vývoj. Dále se budu zabývat podrobněji tím, jak surfování fyzikálně funguje a jaké podmínky jsou pro provozování tohoto sportu esenciální. Zaměřím se především na nutnost existence vodní vlny a její požadované specifické vlastnosti, mezi které patří například výška, rychlost, stabilita, plynulost lomu vlny a perioda, s jakou vlny přicházejí. Nedílnou součástí práce bude problematika přírodní tvorby vln a využití těchto poznatků k tvorbě vlny umělé. Surfové vlny se v přírodě tvoří zejména nárazem vodní vlny vytvořené zpravidla větrem nad oceánem na břeh, kdy typ podloží nám určuje typ surfové vlny, která vznikne. Dle typu podloží dělíme typ vlny na beach break (písek), point break (kamenný mys) a reef break (korálové útesy). [2]

Stěžejní částí práce bude zdokumentování známých možností tvorby umělých vodních vln a zejména aktuální situace ohledně tvorby surfové vlny, která se v posledních letech velmi rychle vyvíjí. Tyto poznatky aplikuji na situaci v České republice a pokusím se přednést návrh tvorby vlny v našich podmínkách.

2. Surfing

Surfing je vodní sport, který spojuje volný životní styl, sílu přírody, adrenalin a radost z pohybu. Jezdec sjíždí na uzpůsobeném prkně (surfboard) nezlomenou, naklopenou část pohybující se vlny, čímž nabírá rychlost vpřed. Surfař nejdříve vleže na prkně odpádluje na volné moře, kde čeká na svoji vlnu. Když se vlna blíží, začne intenzivně pádlovat směrem k pobřeží. V momentě, kdy je vlna dostatečně velká a prudká, jezdec vstává do surfového postoje. Dále se pohybuje pouze působením gravitace a pohybem vlny. Pomocí manévrování si udržuje rychlost tak, aby vlně neujel či naopak, aby se nedostal do příliš strmé, nebo již zlomené části vlny, kdy ztrácí kontrolu nad prknem. Surfování se provozuje zpravidla na pobřeží oceánů nebo větších moří, kde jsou vhodné podmínky, které způsobují vytvoření sjízdných příbojových vln. [3][4]

2.1. Historie

První zmínka o surfingu pro Evropana přichází koncem 18. století, přesněji roku 1778, kdy se kapitán James Cook snažil najít severozápadní cestu mezi Atlantickým a Tichým oceánem. Když proplouval kolem Havajských ostrovů, spatřil prvního „surfaře“. Domorodci v té době na prknech ještě nestáli, ale pouze odpádlovali na širé moře, odkud se nechali unášet příbojovou vlnou zpět k pobřeží. James Cook aktivitu nejprve domorodcům zakázal, jelikož se mu zdála nebezpečná, ale tento zákaz dlouho nevydržel. Surfing se na Havajských ostrovech začal rozvíjet a dalším omezením byl až konec 19. století, kdy se na Havajských ostrovech rozšířila epidemie zavlečená evropskými okupanty.

Další rozvoj surfing zaznamenal počátkem 20. století, kdy se zejména zásluhou Beach boys (Georges Freethen, Duke Kahanamoku) na havajské pláži Waikiki surfing zcela zabydluje. Vznikají první surf kluby, o surfing se začíná zajímat hollywoodský filmový průmysl a surf se s rostoucí popularitou šíří nejen po Spojených státech, ale také za oceán. Již roku 1912 bylo přivezeno první prkno do Sydney, kde surfing rychle nabral na popularitě a stal se národním sportem. Ve 40. letech se Mekkou surfingu stává Kalifornie, prkna již mají různé délky a tvary. Hlavní boom nastává po objevení skelné tkaniny a polyesterové pryskyřice, které dávají výrobcům nové možnosti. Surfy se tak poprvé přestávají vyrábět pouze ze dřeva.

Surfing se brzy stává módou a šíří se rychle po celém světě. V 60. letech se dostává do Francie a odtud do zbytku Evropy. V roce 1976 vzniká ASP (Association of Surfing Professionals) a surfing se tak stává profesionálním sportem. Díky rostoucí popularitě

surfingu se v tomto odvětví začalo točit velké množství peněz, což pomohlo šíření surfingu nejen po pobřežích celého světa, ale na přelomu 20. a 21. století také do vnitrozemí, kde investoři začali vytvářet první tzv. wave pooly – vodní plochy, kde jsou vlny tvořeny uměle za užití různých technologií. [3]

2.2. Surfování a Česká republika

Jelikož z České republiky je to k nejbližšímu oceánu více než 1000 km, byl vývoj tohoto sportu u nás nepoměrně pomalejší, než u přímořských zemí. Ti, kteří se o surfingu nějak doslechli a odhodlali se vyrazit na cesty za tímto sportem, byli většinou milovníci dalších sportů na prknech. "Surfing je takovej starší brácha snowboardingu a skateboardingu, takže spousta našich surfařů začala právě na těchto prknech," potvrzuje vicemistr světa ve snowboardingu Martin Černík v rozhovoru pro ABC. Od roku 2008 má Česká republika své mistrovství, které se však musí pořádat na francouzském pobřeží. Dnes je tento sport velmi populární i u nás a počet lidí, kteří ho zkusili, se odhaduje v řádu desetitisíců. Vzrůstající zájem dal podnět pro vznik dvou umělých vln. První byla v roce 2014 statická umělá vlna na řece v Brandýse nad Labem a o rok a půl později se přidala umělá statická vlna v kryté hale v Praze v Letňanech. Na první „opravdovou“ pohyblivou vlnu však Češi stále čekají. [5][6]

3. Pohyby mořské vody

Světový oceán zabírá zhruba 71% plochy zemského povrchu. Na tuto obrovskou masu vody působí různé vnější i vnitřní síly. Krom odlivu a přílivu způsobených pohyby Měsíce a Slunce na něj působí nespočet dalších faktorů, které ovlivňují pohyb a proudění vody v něm. Zaměřím se však především na procesy, které způsobují vznik vln a jejich chování při kontaktu s pobřežím. [4]

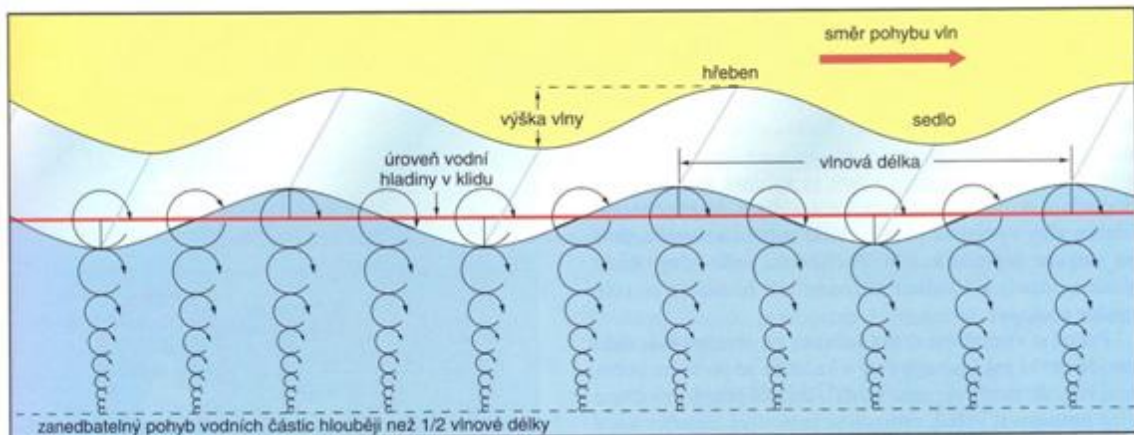
3.1. Swell

„Swell, nebo-li mořské vzdouvání, je pohyb mořské hladiny vytvářející vlny, které se nelámou a pohybují se směrem ke kontinentům.“[4] Většina vln je vyvolaná větrem vanoucím přes otevřenou vodní plochu. Swell však není tvořen okamžitým působením lokálního větru na hladinu, ale dlouhotrvajícím působením větru na velké ploše daleko od pobřeží v oceánech. Když na klidnou vodní plochu začne působit vítr, povrchová voda se vlivem viskozity rozčeří a vznikají první kapilární vlny, neuspořádané a chaotické. Superpozicí kapilárních vln se tvoří gravitační vlny, na které vítr působí větší silou a udává jim jasný směr. Jak různé vlny postupují k pobřeží, předávají si části své energie a tím se mezi sebou vyrovnávají. Po nějaké době vzniká relativně ustálený systém, swell.[4] Vznik swellu a jeho výslednou podobu ovlivňuje 5 faktorů. Těmi jsou: [7]

- Rychlost větru
- Fetch („Vzdálenost, během které vítr působí na swell, respektive na vlny od jejich vzniku až po dosažení pobřeží.“[8])
- Šířka plochy, kterou ovlivňuje fetch
- Čas působení větru
- Hloubka vodní plochy

Vodní částice se ve vlně pohybují po uzavřených elipsách, které se při dostatečné hloubce mění v pohyb po kružnici. Vygenerovaný swell můžeme popsat následujícími vlastnostmi: (Obr 1.) [7]

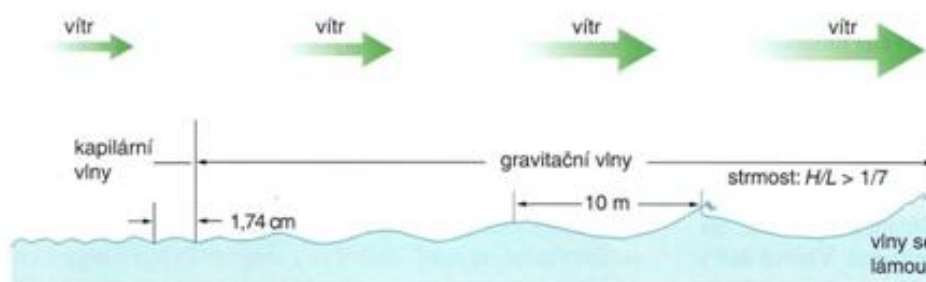
- Výška vlny
- Délka vlny
- Perioda vlnění
- Směr šíření
- (Rychlost vlny – podíl délky vlny a její periody)



Obr. 1.: Základní parametry vlny [9]

3.2. Příbojové vlny

Ze surfového hlediska je příbojová vlna tím nejpodstatnějším. Právě na těchto, strmých a lámajících se vlnách, se odehrává naprostá většina surfových „radovánek“. Vlastnosti vlny jsou závislé na hloubce vody, ve které se nachází. Jak se vlny blíží k pobřeží, zpomalují, rostou do výšky, ale zmenšuje se jejich vlnová délka. Částice blíže ke dnu zpomalují rychleji, horní část vlny tím pádem předbíhá zbytek, což končí lomem vlny. Vlna se láme, když dosáhne hloubky 1,3 krát větší než je výška vlny, nebo pokud strmost vlny (podíl výšky a délky) přesáhne $1/7$. (Obr. 2) [9]



Obr. 2.: Kapilární a gravitační vlny [9]

Kvalita příboje je ovlivněna dvěma hlavními faktory. Prvním jsou vlastnosti vzdouvání, tedy podnební a geografické podmínky v oblasti, kde se swell tvoří. Tyto faktory rozhodují o tom jak velký a kvalitní swell na surf spot (místo, kde se surfuje) přijde. Druhým činitelem, jsou lokální podnebné a geografické podmínky přímo na surf spotu. Vhodné počasí a dobré podloží zajistí, že swell vytvoří kvalitní příbojové vlny vhodné pro surfing.

Exaktní matematický popis chování vlny je poměrně složitý, proto používáme určitá zjednodušení. Rozdělujeme typy vln na tři skupiny vzhledem k vodní hloubce (Tab 1.) Tyto skupiny se dají uspokojivě linearizovat tak, že maximální chyba při použití této linearizace nepřesahuje 5 %. [7]

Tab. 1.: Rozdělení vln dle relativní hloubky 'kd'

Rozsah kd	Rozsah d/L	Typ vln
0 až $\pi/10$	0 až 1/20	Vlny mělkých vod (dlouhé vlny)
$\pi/10$ až π	1/20 až 1/2	Vlny přechodných vod
π až ∞	1/2 až ∞	Vlny hlubokých vod (krátké vlny)

Pro potřeby tvorby surfové vlny nás zajímá chování vln v mělkých vodách, kde dochází k výraznému nárůstu a lomu vlny. Dle Young I. R. platí tyto zákonitosti: [7]

$$\text{Profil vlny} \quad \eta = a \sin(kx - \omega t) \quad (1)$$

$$\text{Fázová rychlost} \quad C = \sqrt{gd} \quad (2)$$

$$\text{Vlnová délka} \quad L = T\sqrt{gd} \quad (3)$$

$$\text{Úhlová frekvence} \quad \omega^2 = gk^2d \quad (4)$$

3.2.1. Lokální podmínky

Výsledná vlna je ovlivněna různými podmínkami. Kromě swellu ji determinuje také lokální počasí a tvar pobřeží. Negativní efekt na tvorbu dobrého příboje mají zejména déšť a silný vítr, kdy oba mají za následek čerení hladiny vody a tvorbu kapilárních vln. Vodní plocha, tím pádem i povrch příbojové vlny, je 'rozbouraný' a jízda po vlně se stává výrazně těžší. Pro porovnání si můžete představit rozdíl mezi tím, když si jdete zalyžovat na ranní upravenou sjezdovku a tím když se vracíte odpoledne v rozbředlém a boulovatém terénu.

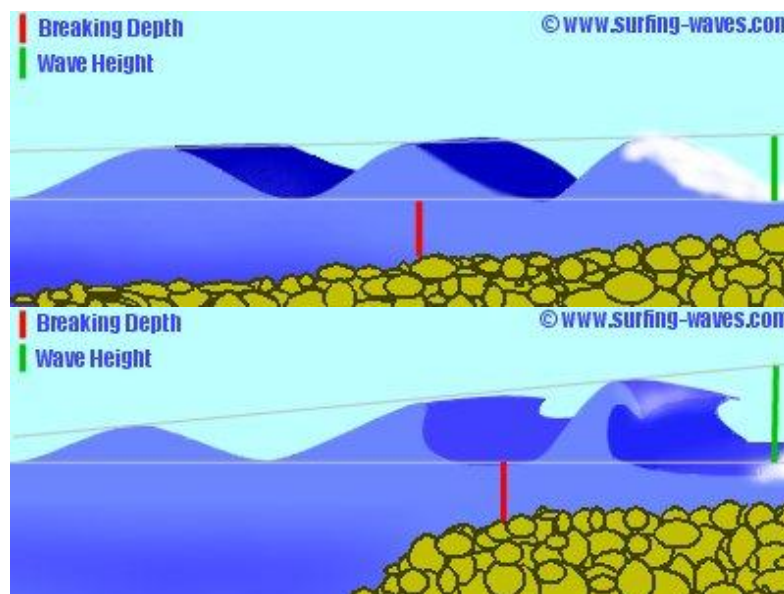
Vítr však nemá vždy jen negativní účinky. Slabší vítr nečeří tolik hladinu a působí spíše na vyzdviženou plochu vodní vlny, čímž ji zrychluje nebo zpomaluje. Proto působící vítr rozdělujeme na offshore (vítr působící směrem od pobřeží) nebo onshore (opak). Při ideálních podmínkách fouká mírný offshore vítr, který zpomaluje vrchní část vlny. Tím zmírňuje předbíhání vrchní části vlny a oddaluje její lom. Vlna vyroste výše a následný lom probíhá předvídatelněji. V opačném případě vítr čepici vlny urychluje a vlna se tak láme

dříve a na více místech najednou. Často se velmi rychle zavírá a pro surfaře se stává nesjízdnou. (Obr. 3)



Obr. 3.: Srovnání offshore a onshore vln [36]

Dalším faktorem je sklon a členitost mořského podloží. Pozvolně stoupající podloží více zbrzdí spodní část vlny. Ta se začíná lámat v hlubší vodě za menší strmosti a nedosahuje takové razance. Pro začínající surfaře jsou tyto vlny ideální. Opačným případem bývá buď strmě stoupající podloží blízko břehu nebo korálový útes. Vlny přicházejí k pobřeží s vyšší rychlostí a lámou se později. Když narazí na pobřeží, vlna rychle narůstá a čepice vlny výrazně předbíhá vlnu samotnou. Výsledkem jsou vlny strmější, mnohem razantnější a často tvořící takzvané tunely, které jezdec projíždí zcela obklopený vodní plochou. Tyto vlny jsou vhodné zejména pro pokročilé jezdce. (Obr. 4). Rovné pláže bez členitostí způsobují, že se vlna začíná lámat po celé délce najednou, takzvaný close out. Tyto vlny jsou prakticky nesjízdné, v lepších případech zážitek trvá pouze pár vteřin. Mnohem vhodnější je členité podloží, kde se vlna začíná lámat z jednoho bodu a lom pokračuje plynule na jednu nebo obě strany. V ideálních případech může sjezd jedné vlny trvat i déle než minutu. [10]



Obr. 4.: Vliv mořského podloží na vlnu [10]

4. Možnosti tvorby umělých surfových vln

Umělá tvorba vodních vln je obor, který má již nějakou historii za sebou. Cílem není pouze zábava, ale umělé vodní vlny se využívají také například na testování odolnosti lodí, tankerů či ropných plošin nebo pro trénování a přípravu záchranářů. První doložená umělá vlna byla postavena již v roce 1929 v Berlíně, v Německu. Tato vlna nesloužila k surfování, ale pouze jako napodobení reálného chování moří v plaveckém bazénu. Na jedné straně bazénu byl stroj s kmitající pohyblivou plochou, která rozvlnila vodu v bazénu, vlny však byly malé a nedosahovaly velikosti nutné pro lámání vln. Vše je zdokumentováno na krátkém černobílém filmu. [11]

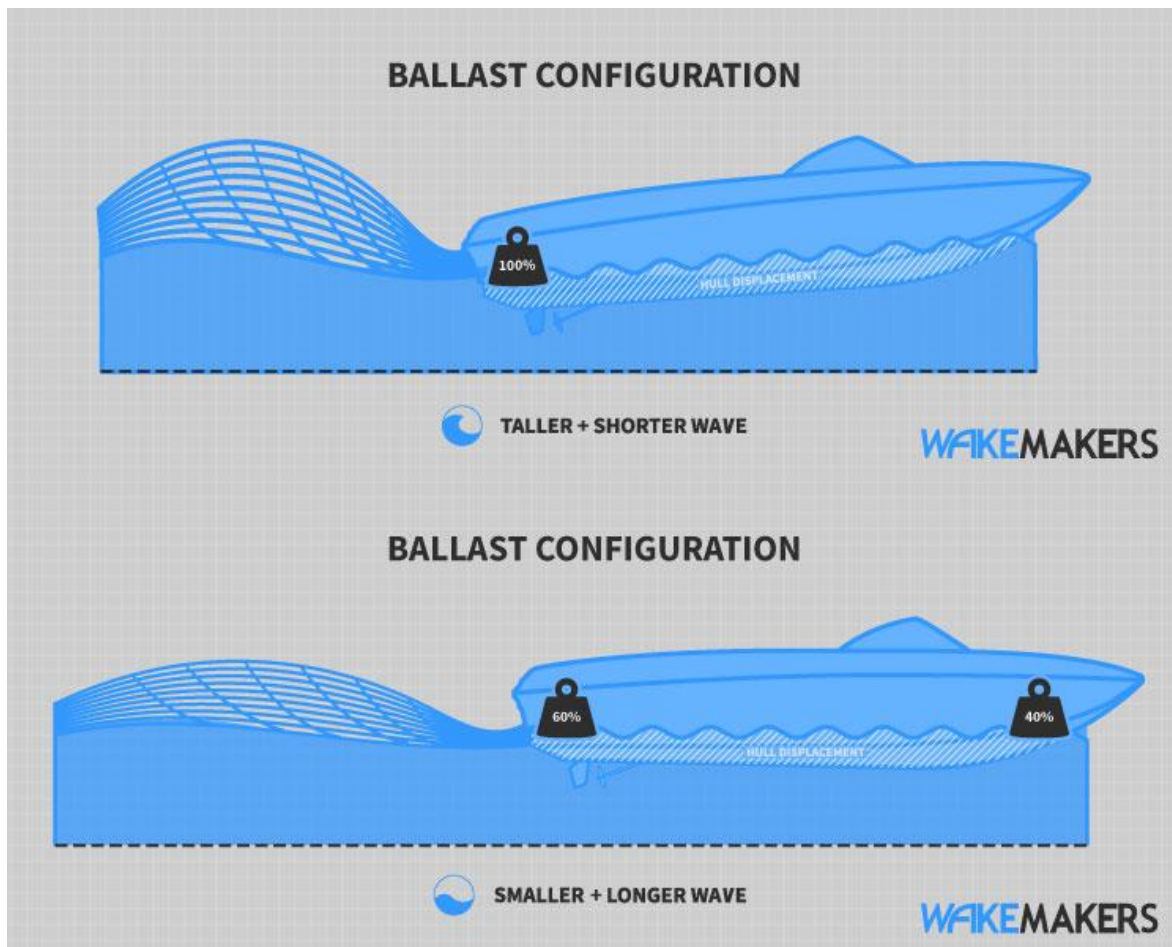
4.1. Parametry požadované vlny

Esenciálním pro tvorbu umělé vlny je ujasnit si požadované vlastnosti, které má vlna mít. Cílem by mělo být vytvoření vlny vhodné pro začátečníky i pro pokročilé tak, aby projekt zaujal co nejvíc jezdců a zůstal ekonomický udržitelný. Pro tvorbu surfové vlny je nezbytné dosáhnout podmínek, kdy se vlna začne lámat. Vlna tudíž musí dosahovat určité minimální velikosti, neměla by však být příliš velká, aby ji mohli využívat i začátečníci. Ideálem je samozřejmě vlna ovladatelná (programovatelná) tak, abychom mohli jezdcí nabídnout požadované podmínky. Dalším důležitým bodem je, že jezdec se na vlně nepohybuje pouze vpřed, ale také do strany tak jak se vlna láme. Aby byl projekt univerzální, měl by zajistit možnost jízdy na obě strany. Je tedy potřebou zajistit vlnu, která se láme plynule na obě strany. Jednodušší variantou je vytvořit dvě nezávislé vlny, kdy každá se láme opačným směrem. Mělo by se také dbát na eliminování nechtěných podnebných podmínek, které můžou vyprodukované vlny rozbourávat. Dalším faktorem, který ovlivňuje výsledný pocit je rychlost vlny. Vytvořit statické vlny je snazší a levnější proces, avšak jezdec postrádá pocit rychlosti a proměnlivosti, který je pro kvalitní zážitek ze surfování nepostradatelný.

4.2. Wakesurfing

Wakesurfing se vyvinul z příbuzného sportu wakeboardingu, kde jezdec jede tažen na laně za lodí na prkně připevněném na nohou. Na wakesurfu se začíná stejně, jezdec se drží lana a je roztažen za lodí na požadovanou rychlost. Loď za sebou díky výtlaku tvoří vlny, které mají při dostatečné rychlosti sílu a sklon na to udržet jezdce na vlně. Jezdec poté pouští tažné lano a pokračuje dále pouze za využití gravitační energie, která díky sklonu vlny a výtlaku prkna způsobuje pohyb dopředu.

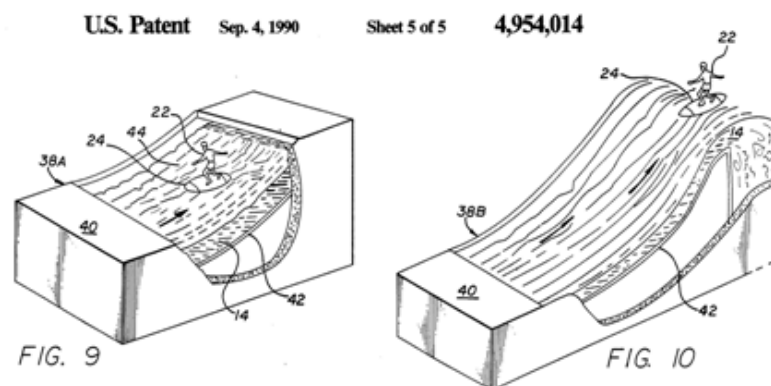
První zmínky o surfování za lodí pocházejí již z let 1950 a 1960, avšak hojně se tento sport rozšířil až v posledním desetiletí. S tím také přišlo experimentování s tvary surfových desek a s tvarem a zatížením lodi tak, aby její průjezd způsobil co nejlepší vlnu. Když je loď v klidu, díky své váze vytlačuje část vody nad svůj spodek. Jak se loď rozjíždí, tato vytlačená voda se snaží vrátit zpět na své původní místo a tento pohyb nám tvoří vodní vlnu. Čím těžší bude loď, tím víc vody bude vytlačeno. Větší množství vracející se vody způsobí větší výslednou vlnu. Lodě z tohoto důvodu často využívají externí zátěž. Rozprostření této zátěže determinuje výslednou vlnu. Každá loď je jiná a potřebuje tedy jinou konfiguraci rozložení zátěže, ale obecně platí, že přidáním zátěže na zád lodi se výsledná vlna zvyšuje, ale zmenšuje se její délka. Pokud zátěž přidáme na příď, výsledná vlna bude spíše nižší, ale delší. (Obr 5.) V případě, že jezdec bude jezdit pouze jedním směrem (průjezd lodi tvoří jak levou tak pravou vlnu), je lepší dát více závaží na tu stranu, kde bude surfař jezdit. Nevýhodou wakesurfingu je omezená velikosti vlny a její kvalita, vlny netvarují vodní tunel. Jelikož každý jezdec potřebuje 'svoji' loď, odpadá dobrý pocit z ježdění v partě a sport se velmi prodražuje. Za 20 minut jízdy zaplatí jezdec na českém Orlíku 1490 Kč. Limitujícím faktorem je také možnost praktikovat tento sport pouze na velkých klidných vodních plochách. [12]



Obr.5.: Konfigurace externí zátěže [12]

4.3. Flowrider

Dalším pokusem uměle napodobit pocit ze surfování bylo vytvoření statické umělé vlny zvané Flowrider. Nejedná se doslova o vodní vlnu, ale spíše o vodní proud formovaný do tvaru vlny. Princip je následující, voda je hnaná silnými pumpami skrz trysky na skloněnou tvarovanou plochu připomínající tvar vlny. Tuto plochu přetéká a vrací se zpět do nádrže. Jezdec sjíždí dolů z nakloněné plochy na flowboardu (surfboard upravený pro flowriding), ale jak voda podtéká pod ním, třením vyrovnává gravitační síly a jezdec tak zůstává relativně v klidu s okolím. Pohybuje se pouze mírně na omezeném prostoru určené plochy pro ježdění. Voda pod jezdcem proudí rychlostí cca 32-48 km/h. Vrstva protékající vody je tlustá zhruba 7-8 cm. (Obr. 6) [13]

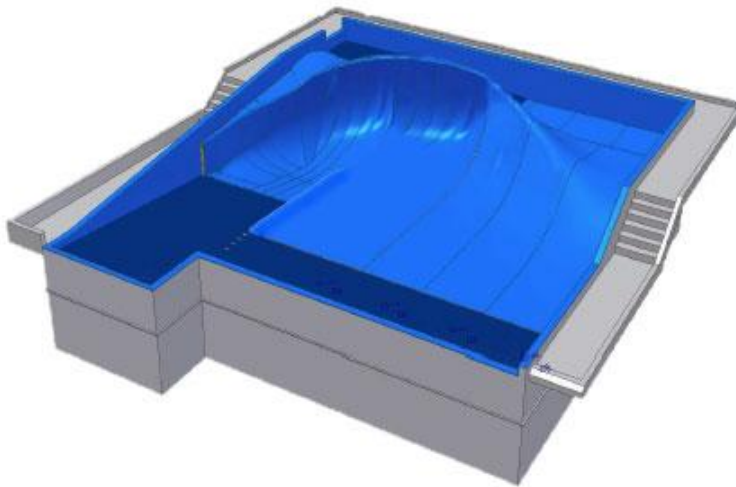


Obr. 6.: Flowrider [14]

Historie flowridingu začíná již v roce 1980, kdy surfař z USA Tom Lochtefeld spolupracoval na projektu s Raging Waters a vytvořil vodní atrakci pro simulování jízdy ve vlnách oceánu. V roce 1988 si nechal tento vynález patentovat. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Od té doby se flowriding posunul značně vpřed. Díky svým malým rozměrům je možné instalovat tento projekt nejen do vodních parků, ale také například na výletní lodě, do nákupních center či komplexních sportovišť. Díky tomuto se flowriding, zejména v posledních letech, rychle rozšířil a dostal se i do České republiky, když se v roce 2016 v Letňanech otevřelo nové centrum s krytou halou Surf Arena. [5]

Dnes již existuje celá řada typů těchto zařízení, přestože všechna pracují na stejném principu. Nejenže se plocha pro jízdu začala zvětšovat, ale také se experimentovalo s jejím tvarem. Flowrider tak již může nabídnout zkušeným surfařům pocit z jízdy ve vodním tunelu, kdy povrch bazénu je tvarován tak, aby voda tvořila tzv. barel. (Obr. 7) Novým typem Flowrideru je tzv. WaveOz. Plocha určená pro jízdu není ve tvaru obdélníku, ale je do tvaru půlkruhu. Toto dává jezdcovi mnohem více prostoru pro jízdu a tím i větší pocit svobody. Surfař opravdu jede a nezůstává pouze staticky balancující na jednom místě. Druhým využitím WaveOz je možnost rozdělení plochy na tři části, tím pádem mohou atrakci využívat tři jezdcové najednou. [14]

 **FLOWBARREL®**



FlowBarrel 5

- Footprint: W 11m (36') x L 12.6m (42')
- Walkways: 1m (3'3") minimum
- Capacity: 160 -240 rides per hour
- Weight: 232,000kg (511,000lbs)
- Electrical rating: 400kW @ 530hp
- Tank volume: 187,000 liters (50,000 gallons)
- System elevation:
 - Grade elevation is adjustable.
 - Assumes front nozzle deck 0 (at grade)
 - Height at back deck +2.1 m (7')
 - Tank depth -1.8 m (-6')

 **WAVETOWN™**
www.wavetown.com

Authorized Dealer of  **WHITEWATER™**
The Original Whitewater & Attractions Company

Obr.7.: Flowbarrel [37]

Nesporně největší výhodou Flowrideru je jeho prostorová nenáročnost. Hlavně z tohoto důvodu se tato atrakce rozšířila po celém světě. K opravdovému pocitu ze surfingu má však velmi daleko. Tím hlavním nedostatkem je absence pohybující se vlny a fakt, že „vlna“ zůstává pořád stejná a beze změny. Pro surfaře je rychlost a proměnlivost vlny naprosto esenciální k prožití onoho vytouženého pocitu. Flowrider se tak dá spíše považovat za dobrý tréninkový trenažér pro lidi z měst daleko od oceánů. Další nevýhodou je velká energetická náročnost provozu. Výsledkem je, že například v pražské Surf Areně zákazník za hodinu jízdy zaplatí 1790 Kč. [16]

4.4. River surfing

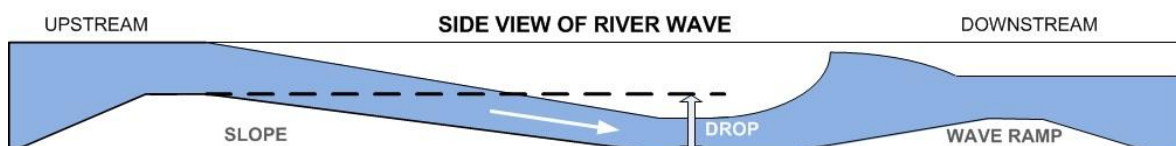
Jak se surfing šířil světem, zejména nadšenci z vnitrozemí experimentovali s nejrůznějšími možnostmi surfingu. Byli to dva bratři z Bavorska, kteří si všimli přírodně se tvořících stojatých vln na řekách a snažili se na nich surfovat. Prvních pár pokusů bylo neúspěšných. Jezdcům se nedařilo se bez pomoci tažného lana na vlně udržet a vždy z ní sjeli. V roce 1975 objevili vlnu v kanálu Flosslaende v centru Mnichova a vydali se ji pokořit. Tento pokus byl již úspěšný a zprávy o surfování na řece rychle obletěly svět. Surfaři tak začali hledat vhodná místa po celém světě a kutilové a inženýři se pustili do návrhů tvorby vlny umělé. Mnichov se brzy stal centrem, kam se sjížděli surfaři z celého světa, aby tuto novinku vyzkoušeli a nabrali inspiraci.[17]

Oproti flowboardingu má riversurfing několik výhod. Tou nejdůležitější je využití energie vodního toku. Když opomineme stavbu vlny, její provoz je již vlastně téměř zdarma. Vlna na řece je s časem lehce proměnlivá, což přidává na požitku z jízdy. Jezdec se musí přizpůsobit jako v oceánu. Díky tlustší vrstvě protékající vody mohou surfaři používat klasické kratší surfboardy. Nevýhodou je, že vlnu lze vytvořit pouze v již existujících vodních tocích, často se však nachází v přírodě nebo alespoň na venkovním prostranství v blízkosti parků. Toto a síla tekoucí vodní masy dává surfaři pocit většího propojení s přírodou a ten poté sportuje s větším respektem, což je v oceánu naprostou nutností.

4.4.1. Stojaté vlny

Existují dva typy stojaté vlny. První, tzv. sheet flow wave, vzniká, když rychle se pohybující vodní proud protéká přes překážku tvarovanou tak, aby vznikl tvar vln, a zároveň vodní proud není ovlivněn hladinou vody ve spodním bazénu. Tento princip se používá také u flowboardingu, kde je však voda poháněna vysokotlakými pumpami vzhůru namísto přirozeného pohybu dolů. Díky velké energetické náročnosti se však tloušťka vodního proudu nevyrovná vlnám na řece. Tento typ říční vlny je ojedinělý a není normální, aby vznikal přirozeně. Mezi Sheet flow wave patří například vlna Čunovo Wave postavená na Slovensku v roce 2012. Při tenčí vrstvě protékající vody nelze používat klasický surfboard s ploutvičkami. [18]

Druhou, mnohem častěji se vyskytující možností, je vlna způsobená vodním skokem. Na rozdíl od sheet flow se tento jev vyskytuje běžně v přírodě. Vlna se formuje, když rychle proudící voda přitéká do spodní klidnější vodní plochy. Odpor spodní vody zpomaluje vodní tok a tím ho vytlačuje vzhůru. Často se používají i pomocné rampy na dně dolního toku, které zlepšují tvarování vlny. Výsledné vlastnosti vlny závisí na několika faktorech. Vlna potřebuje mít dostatečný přívod vody. Čím větší bude vodní proud, tím větší a tlustší může být výsledná vlna. Dle B. Nielsen potřebuje surfová vlna zajistit průtok alespoň 1 kubického metru za sekundu na metr šířky kanálu. Vlnu také ovlivňuje sklon přítokového kanálu a důležitým faktorem je výškový rozdíl mezi horním a dolním tokem. Tento rozdíl udává potenciální energii potřebnou pro vytvoření vlny. Čím více potenciální energie budeme mít, tím rychleji voda přiteče k rampě. Vlna má svá maxima, takže se nebude s rostoucí rychlostí zvětšovat do nekonečna. Optimální rozdíl



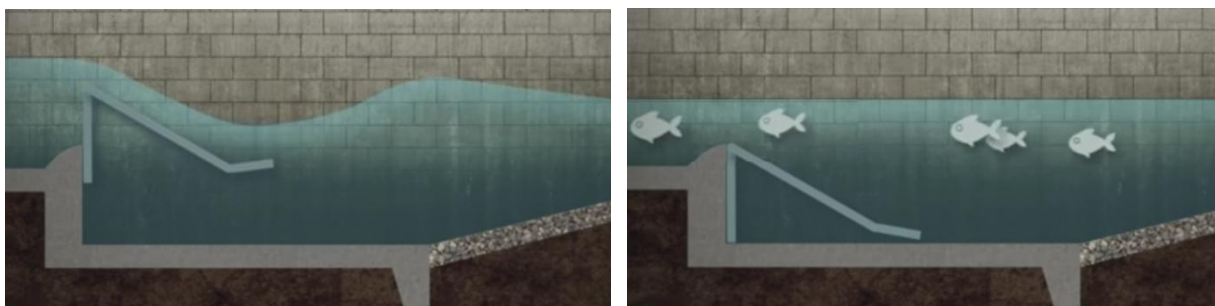
Obr. 8.: Boční řez říční vlnou [19]

dna horního a spodního toku se zpravidla nachází v rozpětí 0,6 až 1,2 metru. Boční řez takové vlny je znázorněn na obr. 8. Pokud chceme postavit takovou vlnu, máme vlastně jen dvě možnosti. Buď máme k dispozici silný tok, poté zvolíme větší rozdíl výšek a širší kanál. Mezi tyto vlny patří například vlna na řece Eisbach v Mnichově. V druhém případě budeme nuceni použít menšího výškového rozdílu a úzkého koryta jako například na umělé vlně v Salzburgu. [18][19]

Výsledná vlna je velmi citlivá na správnou konfiguraci a svých ideálních vlastností dosahuje vždy jen ve velmi malém rozpětí. Každá vlna musí být navržena specificky pro místní podmínky. Navrhnout přesné parametry pro maximální vlnu již před stavbou je velmi složité. Když se k tomu přidají proměnlivé podmínky jako změny průtoku, stává se to prakticky nemožným. V praxi tak většina zařízení využívá nějakých možností modifikace tak, aby šla vlna nastavit pro aktuální podmínky. Běžně se využívá možnosti regulace průtoku vody v kanálu. Další nastavení dělíme na statické změny a změny v reálném čase. Statické změny lze provádět pouze, když je kanál vypnutý. Zpravidla se jedná o možnosti posunutí a natvarování rampy umístěné na dně spodního bazénu. Konstrukce takovýchto zařízení je výrazně levnější, ale její následná optimalizace může být zdoluhavý proces díky nutnosti odklonění vodního toku. Proto se musí pozorněji dbát na návrh fixních parametrů vlny. Hlavní výhodou změn v reálném čase je, že není potřeba odklonit vodní tok. Díky tomu je i optimalizace vodní vlny mnohem rychlejší, tím pádem i levnější proces. Velkou výhodou je možnost nastavení vlny přímo na míru jezdcí dle jeho zkušeností a schopností. K nastavení dna kanálu se převážně používají buď pneumatické a hydraulické systémy nebo systémy mechanických šroubů. Možnosti nastavení také dobře kompenzují případné chyby při návrhu. Konstrukce takových zařízení je ale výrazně dražší. Nepokořenou metou pro inženýry říčních vln stále zůstává vytvořit vlnu tvarující vodní tunel. [21]

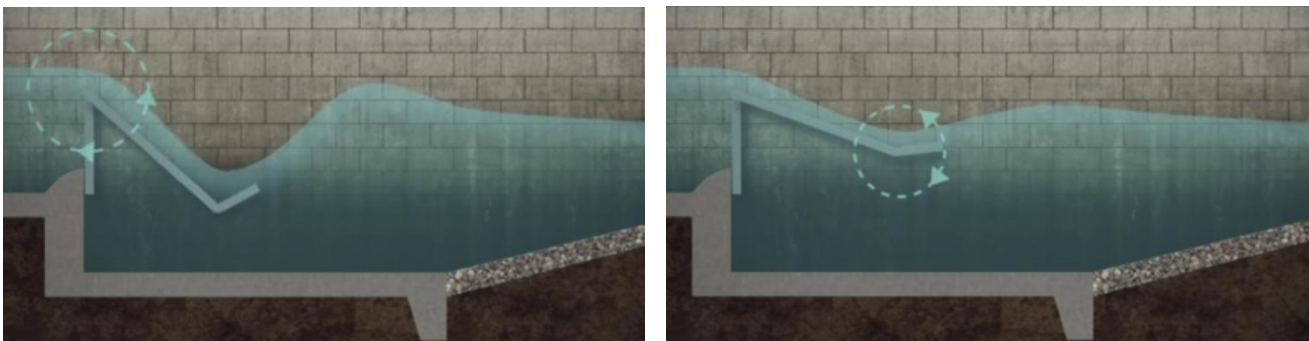
4.4.2. Leinewelle koncept

Pokročilý systém nastavování vlny v přímém čase si můžeme ukázat na novém projektu Leinewelle realizovaném v Hannoveru. Tuto vlnu navrhuje společnost



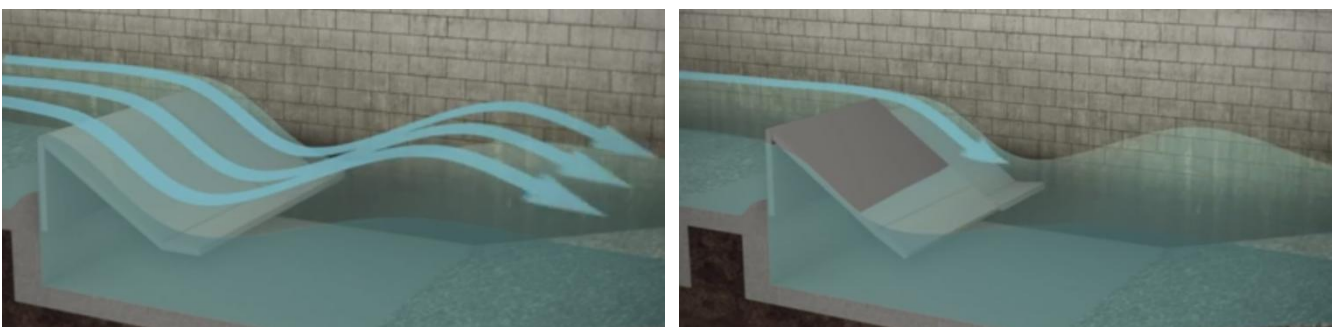
Obr. 9.: Vlna postavená s ohledem na živočichy [38]

Dreamwave s dlouholetou praxí v oboru. Systém, který použila, spojil přítokovou rampu s překázkou tvořící vlnu v jeden mechanismus ovládaný hydraulickými systémy. Vlna je navrhována s citlivostí na říční život. Jedna z jejích funkcí umožňuje kompletní stažení rampy tak, aby neovlivňovala průtok vody a tím umožnila rybám a jiným živočichům nerušené proplouvání kanálem. (Obr 9.) Mechanismus má dále nastavitelný sklon obou částí rampy, tak aby mohl efektivně reagovat na aktuální podmínky a vytvořit surfaři vlnu s jeho požadovanými parametry jako výška, délka a sklon vlny. (Obr 10.) Díky této funkci je vlna vhodná pro začátečníky i profesionální surfaře stejně jako pro freestyle vodáky.



Obr. 10.: Možnosti přímého tvarování vlny [38]

Šířka kanálu je 9 metrů a rampa je rozdělena na dvě samostatně regulovatelné části (3,5m a 5,5m) tak, aby mohla nabídnout rozmanitější a proměnlivější podmínky a zajistit kvalitní vlnu i v letních extrémně suchých měsících. (Obr. 11.) Kanál má jeden hlavní a jeden vedlejší regulovatelný přítok pro zajištění dobré vlny při různých průtokových podmínkách řeky. [22]



Obr. 11.: Nastavení vlny v plném/suchém provozu [38]

4.4.3. Přílivové vlny

„Velmi vzácným úkazem, který se vyskytuje jen na několika místech naší planety, jsou přílivové vlny. Dochází k nim pouze na místech s velkým rozsahem úrovně hladiny během přílivu a odlivu (obvykle 6m a více) a zároveň tam, kde je ze širokého zálivu hnán

přicházející příliv do zužující se mělké řeky. Vznikají tak vlny různých velikostí, které mohou být nebezpečné pro lodní dopravu, ale nabízejí možnost riversurfingu. Obvykle jsou velmi hlučné a mohou pokračovat korytem řeky hluboko do vnitrozemí. Nás tyto vlny zajímají spíše pohledem surfařů. Těch vhodných pro surfing nejvíc nalezneme na řekách Severn (UK), Amazonka (Brazílie) a Petitcodiac (Kanada). (Obr. 12.) Na těchto a dalších místech se scházejí surfaři, kteří chtějí vyzkoušet tento netradiční způsob surfingu. Velké množství z nich si dá nejdelší jízdu svého života. Ta zatím nejdelší měřila 29 kilometrů a mají ji na svědomí JJ Wessels a Colin Whitbread z Kalifornie.“ Tento výkon se odehrál na řece Petitcodiac River v létě 2013. [20]



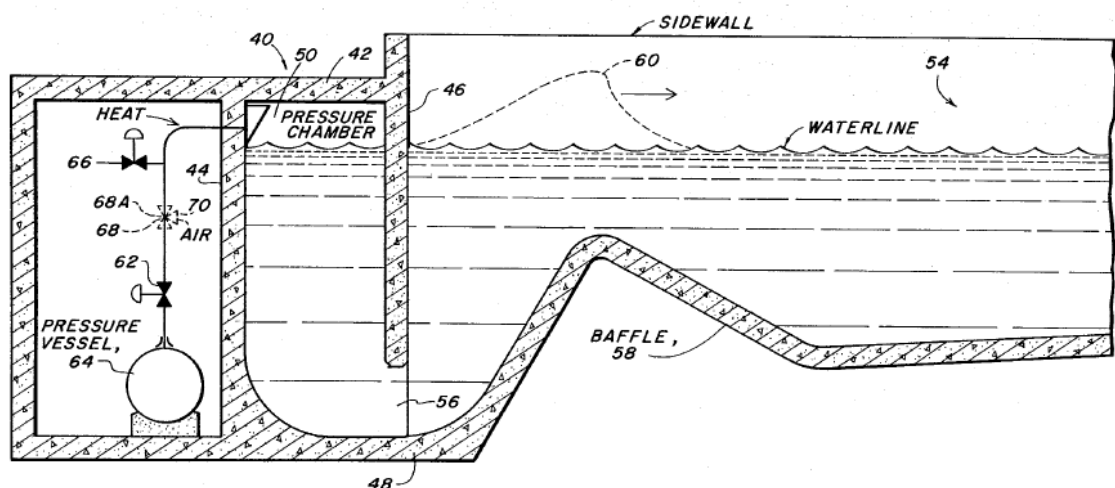
Obr. 12.: Surfování na přílivové vlně [39]

4.5. Wave pool

Wave pool je speciálně upravený vodní bazén s generátorem vln. Hlavním cílem je co nejvěrněji napodobit chování vln v oceánech. Ty mohou sloužit ke sportovním účelům, rekreaci nebo pro různá cvičení záchranných složek. Podobné bazény mají dlouhou historii, ale většinou šlo pouze o atrakci zábavních vodních parků. Díky pokročující technologii se kvalita tvorby vln zlepšuje a dnes již dovoluje tvořit téměř dokonalé vlny formující barel, což přináší velký zájem surfařů. Mechanismů generování vln je více, ale pouze některé jsou vhodné pro surfing. Klasické generátory vln v zábavních centrech používají periodického silového působení ze strany bazénu. Tyto opakované pulzy mohou být vyvolány tlakem vzduchu, vody nebo různými mechanickými způsoby. Takto působící systémy jsou však omezeny relativně krátkou periodou, čímž tvoří spíše pocit rozbouřeného moře. Pro tvorbu kvalitní surfové vlny potřebujeme systém s dlouhou periodou, který je schopný tvořit větší a dokonale lámající se vlny. [23][24]

4.5.1. Komorové systémy

Pro tvorbu velkých vln potřebujeme velký prostor a hodně energie. Bazény designované pro surfing tak mají rozměry okolo půl hektaru. Bazén má formované dno, které k jedné straně stoupá vzhůru. Na hluboké straně bazénu je umístěno několik velkých uzavíratelných komor s pravidelnými rozestupy od sebe. Tyto komory sahají ode dna bazénu až nad výšku hladiny a ve spodní části jsou propojeny s bazénem uzavíratelnými kanály. Do komor je načerpána voda nebo stlačený vzduch. (Obr. 13) Po otevření kanálu se díky přetlakování komory nebo potenciální energii vodní masu voda vytlačí směrem do bazénu. Když se spojí voda ze všech komor, vytvoří vlnu postupující na druhou stranu bazénu, kde díky zmenšující se hloubce narůstá a tvoří požadovaný barel. [25]



Obr. 13.: Komorový systém s kompresorem [24]

Tou největší výhodou a smyslem těchto bazénů je tvorba pocitově opravdové oceánské vlny, kdy se vodní masa pohybuje a jezdec s ní. Co víc, díky důmyslným systémům lze vlny naprogramovat předem. Jezdec si před vstupem do bazénu navolí požadované parametry vln z poskytnuté nabídky přesně podle jeho potřeb. Jezdit tak mohou jak začátečníci, tak pokročilí, vlny, které postupují rychle nebo pomalu, doleva nebo doprava a lámou se po celé šířce či z jednoho bodu. Výpust každé komory a tlak v ní generovaný jsou nezávislé na ostatních komorách. To přináší možnost vypouštět vodu z komor v požadovaných sekvencích s požadovanou intenzitou a tím vytvářet různorodé chování vlny. Jen velmi malý rozsah možností je vhodný pro surfing. Designéři z těchto možností vyberou pár programů s vhodným chováním vlny o různých vlastnostech a zákazník si pouze na svém telefonu vybere z nabídky, jakou vlnu chce jezdit. [25]

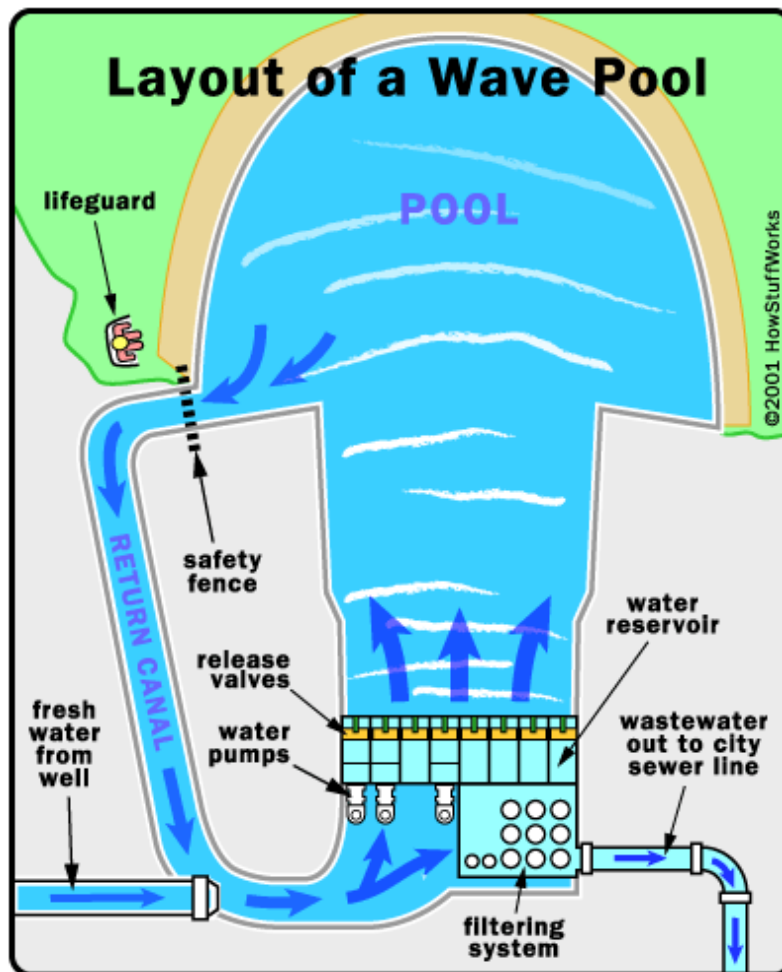
Limitujícím faktorem komorových systému je, že vlna dostane veškerou energii v počátečním bodu. Jak postupuje bazénem, energii ztrácí, až by postupně zanikla zcela. Délka takových bazénů je tedy omezena a maximální čas jízdy se pohybuje okolo 10-20 sekund, což je porovnatelné s oceánskými vlnami. Také perioda s jakou vlny přicházejí je limitována z více důvodů. Vlny jsou stabilnější a „ovladatelnější“ pokud jsou vysílány na klidnou vodní plochu, která potřebuje čas mezi dvěma vlnami pro ustálení. Komory potřebují dostatek času pro nabití a v neposlední řadě čas potřebuje také jezdec, aby se stihl připravit na line-up (místo ve vodě odkud jezdec začíná pádlovat). Takovéto systémy většinou nejsou schopny generovat vlnu častěji než každých 90 vteřin, což dává maximálně 40 vln za hodinu, čímž se velmi omezuje počet obslužených surfařů a tím i příjem takového střediska. Největší nevýhodou těchto systémů tak zůstává jejich cena; a to nejen z důvodu velké energetické náročnosti při provozu, ale také kvůli samotné konstrukci takto složitých systémů. [25]

4.5.1.1. American Wave Machines

Po celém světě nyní existuje alespoň 5 firem, které tvrdí, že jsou schopny postavit „opravdovou“ oceánskou pohybující se vlnu. Jednou z nich je AWM (American Wave Machines), která byla založena Bruceem McFarlandem, kalifornským surfařem a inženýrem. Firma se nejprve zabývala zařízeními typu flowrider, ale v poslední době se snaží proniknout na trh i se svou novou technologií Perfect swell, která pracuje na principu přetlakového komorového systému se silnými kompresory. McFarland se zatím může pochlubit pouze malým laboratorním modelem, ale dva bazény s jeho technologií Perfect Swell se mají otevřít v USA a jeden v Rusku. Vlnostroj by měl být schopen dle zvoleného programu produkovat vlny různých tvarů o velikosti 1,2 - 1,9 metru s délkou jízdy okolo 10 sekund. Cena stavby menšího bazénu (46x27 metrů) se pohybuje mezi 70 a 115 miliony korun. Energetická náročnost je zhruba 300 kWh, což odpovídá zhruba 1140 Kč za hodinu provozu (počítáno z 1kWh = 3,8 Kč). McFarland tvrdí, že jeho stroj bude schopný produkovat vlnu každých 6 sekund, čímž by se stal finančně soběstačným. Není ale pravděpodobné, že by byl schopný v takto malých periodách generovat vlny plného rozsahu, spíše se tedy bude jednat o menší vlny pro začátečnické skupiny. [26]

4.5.1.2. Murphy's waves

Tato skotská firma se na trhu drží na předních pozicích. Za dobu své působnosti postavila přes 200 umělých vln, většina z nich samozřejmě statických. I oni ale vyvinuli systém pohybuující se vlny nazvaný Point Break Surf System. Ten funguje na principu komorových systémů s velkými zásobníky vody. (Obr. 14) „Je to jako splachování na záchodě“ říká majitel firmy Douglas Murphy. [26] Na rozdíl od AWM se jim podařilo sehnat investory a svoji vlnu prodat. Dnes jejich vlnu najdeme například v The Mandala Bay v Las Vegas, v Typhoon Lagoon v Orlando, v Siam Park na Kanárských ostrovech nebo ve Wadi Adventure Park v SAE (Spojených arabských emirátech). [28]



Obr.14.: Komorový systém s vodním čerpadlem [40]

Poslední jmenovaný, Wadi Adventure Park, byl v době svého postavení v roce 2012 největší umělou vlnou na světě a dodnes drží titul největšího surfového bazénu. Nachází se uprostřed pouště a bazén zadržuje 13 milionů litrů vody udržovaných na teplotě 28 °C po celý rok. Vlny jsou generovány v 6 programech dle požadavků zákazníka. Při maximální velikosti vln (3,1 metru) nepřekoná systém periodu 90 vteřin. Cena bazénu s příslušenstvím se vyšplhala na 85 milionů dolarů. Celý projekt je tak absolutně finančně

nesoběstačný a při životě ho drží vládnoucí rodina SAE jako součást obřího komplexu. Jízda na této největší vlně však nepřekročí 10 vteřin a s cenou od \$175 do \$400 za privátní hodinu tak tento systém nemůže oslovit širší masy veřejnosti. Firma pokračuje na zdokonalování svého systému a tvrdí, že příští generace bude schopna produkovat menší vlny každých 6 vteřin a zvětší maximální velikost vlny až na 4 metry. [26][28]

4.5.2. Mechanické systémy

Druhou možností, jak tvořit plnohodnotné umělé vlny, jsou mechanické systémy. Tyto bazény v sobě mají zabudovaný tažný systém. Pohybem křídla se voda vybudí a začne tvořit vlnu. Systém je postavený tak, aby se vlna pohybovala šikmo směrem ke břehu bazénu. Hloubka bazénu se zmenšuje směrem ke kraji a vlna se v určité nastavené vzdálenosti začne lámat. Jelikož vlna získává ze systému energii průběžně, její vzdálenost není teoreticky omezena. Záleží tedy pouze na zvolené délce bazénu a čas jízdy pak může překračovat i ty nejdelší přírodní vlny. Dráha tažného systému je nejčastěji zabudována uprostřed bazénu podélně s pobřežím tak, aby tvořila vlny na pravou i levou stranu. U těchto systémů jezdí křídla tam a zpět a počet vln, které mechanismus produkuje je poměrně nízký. Druhou možností je, že křídlo rotuje po uzavřené dráze. Důsledkem je možnost zapojení více těles k jedné kolejnici a zvýšení počtu vln za minutu. Systém je však současně schopný generovat vlny pouze v jednom směru. Kvalita vygenerovaných vln je nejlepší ze známých zařízení. Nevýhodou mechanických systémů je opět energetická náročnost, která však nedosahuje tak vysokých hodnot jako u systémů komorových. Aktuálně se tak mechanické systémy zdají být nejperspektivnější. [27]

4.5.2.1. Kelly Slater's Wave Pool

Momentálně nejpopulárnější vlnu má na svědomí americká firma KSWCo (Kelly Slater's Wave Company), a to i přesto, že zatím postavila pouze jeden prototyp sloužící k výzkumu uzavřený pro veřejnost. Důvodem je, že tuto firmu založil jedenáctinásobný světový šampion v surfingu a pravděpodobně nejvýznamnější osoba v surfingu vůbec Kelly Slater. Díky jeho popularitě a mediálnímu vlivu vidělo úvodní video k jeho projektu miliony lidí a značná část laiků si myslí, že právě tato firma je jediná, která je schopna uměle vlnu postavit. Avšak od jeho uvedení v listopadu 2015 se toho mnoho neudálo. A také informace o použité technologii se firma snaží utajovat. Prototyp postavený v Kalifornii v městečku Lenmoore má zakryté technologické části tak, aby zvenku nebo ze vzduchu nebylo nic podstatného vidět. Také ve zveřejněných videích se části tažného zařízení neobjevují. [29]

Hlavním designérem technologie je profesor Adam Finchman specializovaný na mechaniku tekutin. Délka bazénu je necelých 700 metrů a šířka 70 metrů. O samotné technologii toho nebylo mnoho prozrazeno. Tažné zařízení je umístěno pod molem po straně bazénu. Ke kolejnici je připojeno těleso nejspíše ve tvaru křídla, které se pohybuje pod vodou a tím způsobuje vzdouvání vodní masy. Jak klesá hloubka směrem ke straně bazénu, vlna roste a začíná se lámat. Zařízení funguje pouze jedním směrem (křídlo se vždy musí vrátit do výchozí polohy, je tedy schopné produkovat pouze pravoruké vlny. Vlna se pohybuje směrem šikmo od křídla. Jezdec se po této vlně pohybuje směrem ke křídlu a jeho výsledný pohyb je tím pádem paralelní s tažnou dráhou, od které je oddělen ochranou sítí z důvodů bezpečnosti. S délkou bazénu 700m tak jízda v barelu dosahuje až 30 vteřin, což je několikanásobně více, než kolik trvá průměrná jízda v barelu v přírodě. Cílem Kellyho Slatera bylo postavit zařízení co nejlepší v ohledu kvality vlny a z dostupných videí a z komentářů těch, kteří měli tu čest ji vyzkoušet, to vypadá, že se mu to opravdu povedlo. Většina jezdců si pochvaluje sílu vlny a její tvar vypadá téměř dokonale. [29]



Obr. 15.: Návrh kruhového bazénu [26]

Síla vlny a její rychlost jsou regulovatelné, stroj tak může produkovat vlny jak pro profesionály, tak pro začátečníky. Počet vln za minutu není známý a stejně tak pořizovací cena, která je závislá hlavně na požadovaných rozměrech. „Kdybyste řekli 2 miliony dolarů, nebudete špatně, a kdybyste řekli 20 milionů dolarů, také nebudete špatně“ říká Kelly Slater k otázce na cenu. Slater tvrdí, že budou schopni postavit zařízení, kde se křídlo bude pohybovat dokola po obvodu bazénu s centrálním ostrovem. Tím by docílil možnosti teoreticky nekonečně dlouhé vlny. Avšak zatím jediným zveřejněným výsledkem tohoto nápadu je počítačový obrázek, který láká investory. (Obr. 15) [29]

4.5.2.2. Wavegarden

Wavegarden je španělská společnost, která se vývojem umělých vln zabývá od roku 2005. Jejich vývojové centrum a první prototyp otevřený roku 2011 leží ve španělském Baskicku v městě San Sebastian. Vývojový tým se zaměřil zejména na ekonomickou udržitelnost projektu, a také proto se jim na rozdíl od Slaterovy společnosti podařilo svoji technologii investorům prodat. Momentálně mají za sebou dva dokončené projekty a dalších 20 je v různých fázích procesu. Prvním projektem z roku 2015 je Surf Snowdonia ve Walesu a druhý bazén byl dokončený v roce 2016 v Texasu. [28][30]



Obr. 16.: Areál s technologií Lagoon [30]

Společnost ve svém portfoliu aktuálně nabízí dva produkty. Starší typ Wavegarden Lagoon byl použit pro obě výše zmíněné instalace. (Obr. 16) Stejně jako KSWCo používá k vybudování masu vody tažného zařízení, ke kterému je připojen hydrofoil (podvodní křídlo). Jak se křídlo pohybuje, vytlačuje vodu. Velikost vlny je ovlivněna zejména rychlostí pohybu hydrofoilu, která se pohybuje mezi 4,5 – 7,5 metrů za vteřinu. Molo, pod kterým je umístěna lanová dráha s křídlem, púlí vodní plochu tak, aby systém současně tvořil dvě identické vlny směřující opačným směrem. Po dosažení cílového bodu se křídlo otočí a po ustálení hladiny může tvořit vlny opačným směrem. To dává jezdcům více vln a možnost jezdit na obě dvě strany. Frekvence dosahuje jedné vlny za 30 vteřin. Wavegarden však technologii posunul dále. Podloží bazénu je navrženo tak, aby se vlna lámala ve dvou různých místech. První lom je v hluboké části v blízkosti mola, kde má vlna největší intenzitu a velikost a tvoří barrel. Blíže ke břehu je druhý zlom podloží, který

vybudí vlnu ke druhému lomu. Vlna zde díky uražené vzdálenosti již nemá takovou sílu a sklon, tudíž je lepší pro středně pokročilé jezdce. Jakmile křídlo dorazí na konec dráhy, vlna pokračuje dále se zmenšující se intenzitou do mělčí části. Vlna se zde rozlívá a oslabuje, tím tvoří ideální prostor pro skupiny začátečníků. Na jeden průtah křídla je tak Wavegarden schopen obsloužit několik jezdců různých úrovní. [28][30]

Pro pokrytí požadavků většiny investorů připravil Wavegarden tři standardizované možnosti, které se zdají být ekonomicky nejvýhodnější. (Tab. 2) Realizace jiných rozměrů, či větších vln, je možná, ale investor musí počítat s prodražením, zejména z důvodu exponenciálního nárůstu energetické spotřeby ve vztahu k výšce vlny. Průměrná energetická náročnost je 270 kWh. Výsledná cena pro uživatele za typ Lagoon se pohybuje okolo 40 liber za hodinu. [30]

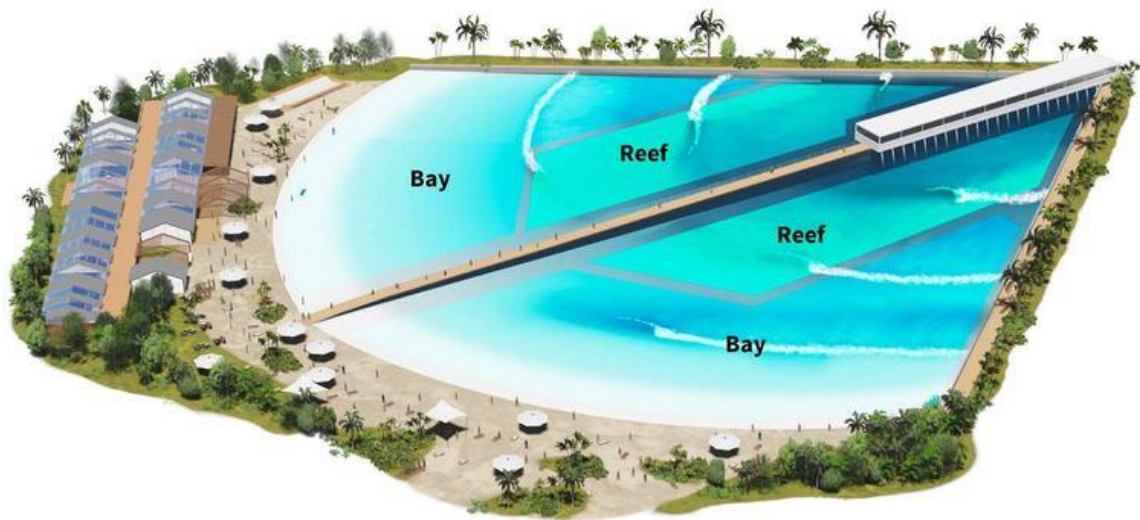
Tab. 2.: Standardizované možnosti Wagarden Lagoon

	1,3 m WG Lagoon	1,9 m WG Lagoon	2,2 m WG Lagoon
Výška vlny	1,3 metrů	1,9 metrů	2,2 metrů
Délka jízdy	22 vteřin	35 vteřin	25-27 vteřin
Standardní rozměry	190 x 100 metrů	330 x 140 metrů	330 x 140 metrů

Další patentovanou technologií Wavegardenu je specializované podloží pobřeží. Cílem je disipace energie vody, která se odráží od pobřeží a tím narušuje klidnou hladinu bazénu. Výsledkem je zvýšení maximální frekvence vln. Pobřeží je vyrobeno z mřížkové struktury, která vodu po průchodu vlny pohlcuje a pozvolna navrácí zpět do bazénu. Výhodou oproti tradičním přetékačím systémům je, že nedochází ke ztrátě vody. Z důvodu ekologie a ušetření se bazény navrhují s ohledem na plnění dešťovou vodou. Aby zvýšil svoji užitečnost, Wavegarden se snaží kultivovat konkrétní lokace. Například Surf Snowdonia bylo postaveno na původně hliníkem kontaminované oblasti, kterou přeměnili ve zdravý kus země. [30]

Druhým produktem firmy Wavegarden je novinka pod názvem Cove. Zatím je postaven pouze jeden, plně funkční prototyp ve vývojovém centru ve Španělsku. Cílem technologie Cove je vytvořit surfový bazén na poměrně malé ploše a zároveň maximalizovat počet vln za minutu tak, aby středisko mohlo obsloužit co nejvíce zákazníků a tím zvýšit ekonomickou prosperitu. Cove pracuje na jiném principu než předchozí technologie, avšak Wavegarden se zdržuje zveřejňování podrobností. Zatím jedinou zveřejněnou informací je popis z jejich webových stránek. [30]

„Patentovaná technologie Cove je modulární. Každý modul pohybující se v harmonické sekvenci vytváří perfektní vzdouvání, zatímco neustále dodává energii do vln s jejich pohybem vpřed. Délka jízdy závisí na počtu modulů; k prodloužení délky vlny stačí přidat více modulů. Tato průkopnická technologie kopíruje přesný pohyb částic vody při vzdouvání oceánu; neexistují žádné sekundární vlny, které by mohly negativně ovlivnit kvalitu následných vln. S nízkou ztrátou energie při přenosu sil ze strojního zařízení na vodu nemohla být úroveň účinnosti vyšší. S vlastnostmi jedinečnými pro Cove lze tvar a velikost vlny nastavit stisknutím tlačítka, a to jednoduše změnou funkce režimu na řídicí jednotce. Během běžné údržby lze moduly snadno opravovat nebo vyměňovat bez zastavení či zásahu do provozu zařízení.“ Přeloženo z Wavegarden.com [30]

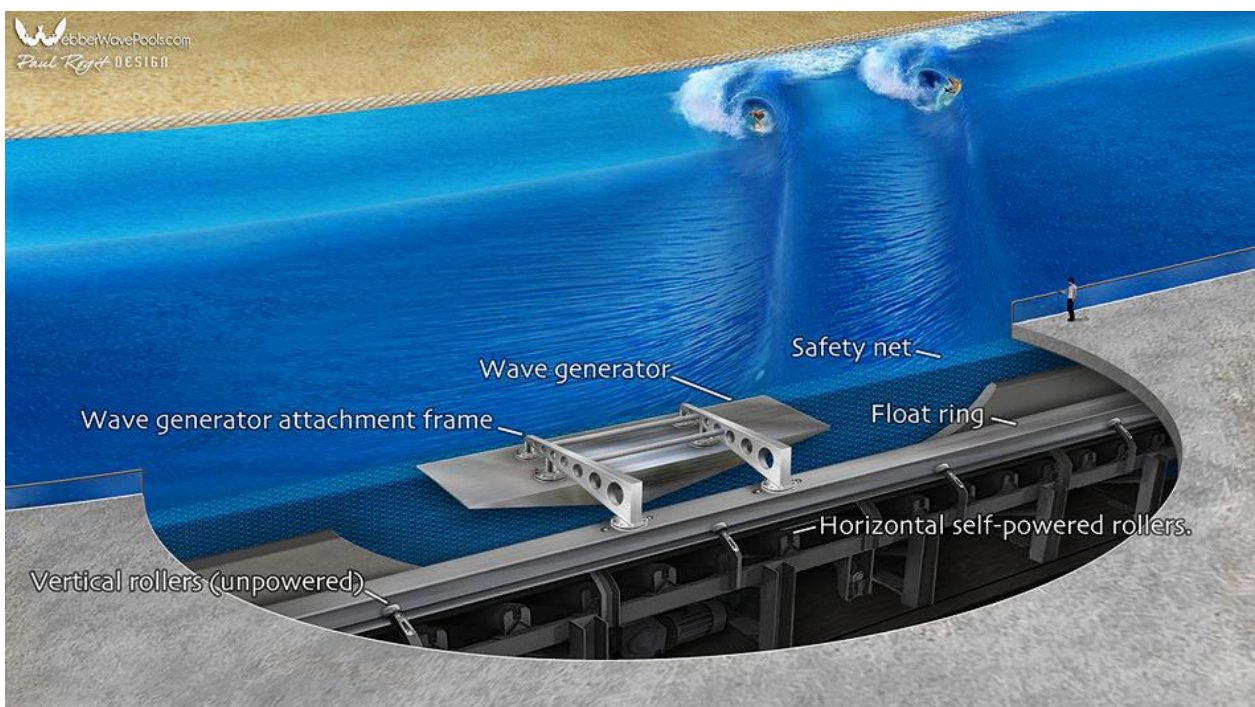


Obr. 17.: Areál s technologií Cove [30]

Wavegarden tvrdí, že Cove bude schopen produkovat 2 vlny každých 8 vteřin (jednu po obou stranách mola). Celkem by tedy zařízení mělo generovat 1000 vln za hodinu. Technologie je velmi flexibilní a dává možnost přesně regulovat počet vln za minutu dle aktuální vytíženosti areálu. Další možností je vkládání mezer mezi určitou sérií vln pro ulehčení návratu surfařů na line-up. Veškeré vlastnosti vlny jsou plně regulovatelné. Systém je schopný generovat jak pomalé 0,5 m vysoké vlny, tak i velmi silné 2,4 m vysoké vlny tvořící barel. Areál je rozdělen na dvě části. Pro pokročilé je určena oblast Reef, začátečníkům je určena oblast Bay, kde vlna již ztrácí svoji energii a rozlívá se, čímž dává možnost výcviku hned několika jezdců najednou. [30]

4.5.2.3. Webber Wave Pool

Poslední velkou firmou snažící se o proniknutí do světa umělých vln je australská WWP (Webber Wave Pool). Firma pracuje na vývoji již přes deset let, avšak zatím byl postaven pouze jeden zmenšený laboratorní prototyp. Cílem Webbera, zakladatele firmy, bylo postavit zařízení produkující co největší možný počet vln za hodinu a zároveň možnost ovládat vlastnosti vlny i při jejím průběhu. Jedním z možných programů by tak byla náhodně proměnlivá vlna, které by se jezdec musel v průběhu jízdy přizpůsobovat. Webber tým chce přiblížit chování vlny přirozeně vznikajícím vlnám v oceánech. [31]



Obr. 18.: Mechanický systém WWP [41]

Oproti ostatním mechanickým systémům pohyblivé křídlo vodu nevytlačuje vzhůru, ale naopak ji stlačuje dolů. (Obr. 18) Po jeho průjezdu za ním vzniká podtlaková oblast, kam se voda snaží nahnout a tím tvoří vlnu. Jedná se o stejný princip, jakým vznikají vlny při wakesurfingu. Dle rychlosti, sklonu, natočení a tlaku, kterým křídlo na vodu působí, můžeme měnit vlastnosti výsledné vlny. Křídlo je k vozíku připojeno hydraulickými pohony softwarově ovladatelnými na dálku, čímž umožňuje měnit vlastnosti vlny i při jejím průběhu. Zákazník si tak může navolit přesně takové vlny, jaké potřebuje. [31]



Obr. 19.: Webber Wave Pool model [31]

Vozíky se pohybují po centrální uzavřené ocelové kolejové dráze. Použitím elektrických motorů a dusíkem plněných pneumatik byla eliminována hlučnost zařízení. WWP použili uzavřené dráhy zejména z důvodu, že k jedné dráze může být připojeno více pohyblivých jednotek, čímž se dramaticky zvýší počet vln za minutu. WWP nejprve uvažovali podobně jako Kelly Slater nad kruhovým tvarem. Z důvodu prostorových a tím pádem i finančních úspor zvolili tvar dvojité lineární tratě s půlkruhy na koncích. Jejich systém je připraven pracovat se čtyřmi křídly. (Obr. 19) Každá vyprodukovaná vlna má tři fáze určené k surfování podobně jako tomu je u Wavegarden Lagoon. V lineární části se nachází dva body zlomu (vhodné pro pokročilé a středně pokročilé) a v půlkruhové části se vlna rozlívá a zpomaluje (vhodné pro začátečníky). Jelikož se křídla pohybují stejným směrem, zkracuje se doba čekání na ustálení hladiny. Mezi každým křídlem je potřeba dodržet čas 10-15 vteřin. Jednotlivá křídla, která jsou nezávisle ovladatelná, však mají mezi sebou malé časové rezervy. To systému umožňuje tvořit dvě vlny za sebou o různých rychlostech. V půlkruhových částech se poté křídlo vrací zpět do své základní polohy, aby jednotlivá křídla dodržela dostatečný odstup. Zařízení produkuje vlny pouze na jednu stranu, avšak směr je volitelný. Bazén tohoto typu by tak měl jednoznačně dosahovat nejvyššího počtu vln za minutu a zároveň umožňovat největší škálu modifikací. Maximální výška vln se bude pohybovat okolo 2 metrů a délka jízdy mezi 13 a 17 vteřinami. [31]

5. Situace v České republice

V České republice se momentálně nachází dvě statické vlny. V Brandýse nad Labem byla v roce 2014 dokončena vlna na principu riversurfingu. „Vlna je součástí umělého kanálu pro vodní slalom v Brandýse nad Labem, který byl vybudován ve výpusti bývalého mlýna přímo pod zámkem. Překážka tvořící vlnu je umístěna hned na začátku kanálu přímo pod mostem spojujícím Brandýs nad Labem a Starou Boleslav“ píše na svých stránkách autoři vlny [32] Konstrukce vlny v Brandýse byla inspirována vlnou Eisbach v Mnichově, ovšem kvůli malému průtoku (pouze 6-10 m³/s) a menšímu spádu musela být vlna několikrát modifikována. Z důvodu menšího průtoku vody kanálem se vlna otevírá pouze na dvě hodiny denně v průtokové špičce. Součástí areálu je také půjčovna neoprenu a surfových prken. Vstup na vlnu je zpoplatněn cenou 300 Kč. [33]

Druhá vlna byla zprovozněna v roce 2016 v Praze v Letňanech jako součást areálu Surf Arena. Jedná se o vlnu umístěnou v kryté hale používající technologii Flowrider. Na vlnu je tedy potřeba použít specializovaná prkna menších rozměrů bez ploutviček. Sama Surf Arena označuje projekt pouze jako vnitřní surfový simulátor. Za půl hodiny jízdy zákazník zaplatí 950 Kč. [16]

Surfingu se v České republice věnuje odhadem více než deset tisíc lidí. Miloslav Brzák, český surfař žijící na Bali, se jako první účastnil mezinárodních závodů, když v prosinci 2016 závodil na Mistrovství světa v adaptive surfingu. (Fyzicky znevýhodnění surfaři). [34] Letos také proběhl již desátý ročník českého a slovenského mistrovství v surfingu, které se kvůli nepříznivým podmínkám v ČR musí konat na západním pobřeží Francie. Když se podíváme na příbuzné sporty (skateboarding či snowboarding), zjistíme, že čeští sportovci dosahují světových kvalit. Česká surfová komunita má velký potenciál k dosažení světové úrovně, avšak místní surfová infrastruktura je absolutně nedostačující. Nejbližší oceán je vzdálený více než 1000 km. Surfový simulátor v Letňanech je ekonomicky nedostupný a vlna v Brandýse je otevřena pouze 2 hodiny denně a navíc ji nemůžeme považovat za plnohodnotnou náhradu oceánské vlny.

6. Závěr

Řešení situace v České republice bych provedl ve dvou krocích. Prvním krokem je vytvoření infrastruktury riversurfingových spotů. Tato zařízení jsou cenově nejdostupnější pro koncového uživatele a slouží jako vhodná tréninková centra. Tím získávají potenciál oslovit širokou veřejnost. V České republice se nachází mnoho kanálů pro vodní slalom, které jsou ideálním místem pro konstrukci vlny, čímž odpadá nutnost tvořit celé koryto toku. Konstrukce samotné rampy (bez hydraulického ovládní) není nákladná, stejně tak její údržba, což umožňuje realizaci projektu bez účasti investora. K vytvoření podobných vln by měla stačit podpora Asociace českého surfingu a lokálních surfařů. Díky nezávislosti na investorovi se výrazně zkracuje doba přípravy podobného projektu. Během dvou let by mohla být vytvořena síť alespoň 5 vln po ČR tak, aby surfování bylo dostupné pro každého. Mezi ideální místa patří například kanál v Praze na Štvanici. Poloha Štvanice v hlavním městě, v lokalitě s dobrou dopravní dostupností, je velmi výhodná. Podobný projekt na Štvanici zapadá také z kulturního pohledu, jelikož ostrov a jeho okolí je od nepaměti spojeno se sportem. Na Štvanici dnes kromě vodního slalomu funguje také největší skatepark v ČR a několik tenisových kurtů.

Surfing byl zařazen jako nová disciplína na letních olympijských hrách. Poprvé se představí již v roce 2020 na LOH v Tokiu. [35] Pro využití potenciálu českých sportovců je stavba plnohodnotného surfového wave poolu na území střední Evropy esenciální. Díky výhodné poloze ČR a poměrně levné pracovní síle by mělo být reálné sehnat investora pro stavbu takového zařízení přímo na našem území. Jelikož ceny pro uživatele jsou velmi vysoké, podobná zařízení většinou slouží pro vyšší společenskou třídu, či podporované profesionální sportovce. Z tohoto důvodu navrhuji realizaci wave poolu až ve druhé fázi, kdy již bude existovat mediální a kulturní zázemí tohoto odvětví, což výrazně zvýší zájem společnosti i investorů.

Oproti komorovým systémům dosahují mechanické systémy kvalitnější a déletrvající vlny. Stejně tak z pohledu ekonomické prosperity vychází lépe většina z mechanických systémů. Technologie, které mechanické systémy využívají k tvorbě vln, jsou chráněné patenty výše zmíněných společností, čímž si chrání svoji pozici na trhu. KSWCo momentálně nabízí nejkvalitnější vlnu, avšak jejich model je schopen generovat pouze malé množství vln za minutu. Technologie KSWCo je tedy vhodná pro čistě sportovní účely (závody, příprava sponzorovaných jezdců), ale z pohledu komerčně fungujícího centra je nevyhovující. Lépe na tom jsou obdobné modely od firem WWP a Wavegarden, avšak i tyto jsou limitovány maximálním počtem vln za minutu kvůli nutnosti čekání na ustálení hladiny. Zcela nejlépe tak vychází modulární systém



Wavagarden Cove, který tvoří vlny harmonicky a nemusí tedy čekat na ustálení hladiny. Generované vlny dosahují dobré kvality a rozměrové nároky bazénu jsou nižší než u ostatních technologií. Společnost Wavegarden má navíc jako jediná z výše zmíněných 3 firem zkušenosti s realizací komerčních zařízení. Pro výstavbu Wave Poolu na území České republiky doporučuji využít technologii Wavegarden Cove.

Seznam použitých informačních zdrojů

- [1] *Encyklopedie energie: Energie a člověk* [online]. [cit. 2017-06-14]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/01/pokrok_5.html
- [2] *Know what you are surfing!* [online]. [cit. 2017-06-14]. Dostupné z: http://www.surfing-waves.com/peeling_waves.htm
- [3] Nicholas P. Corne (2009) The Implications of Coastal Protection and Development on Surfing. *Journal of Coastal Research: Volume 25, Issue 2*: pp. 427 – 434. Dostupné z: <https://doi.org/10.2112/07-0932.1>
- [4] BABIČ, Petr. *Surf. Třebíč: Akcent*, 2008. Hobby (Akcent). ISBN 978-80-7268-484-7.
- [5] STRATILÍK, Ondřej. Surfing - Češi na vlnách. *ABC* [online]. 2009, (16) [cit. 2017-06-14]. Dostupné z: <http://www.abicko.cz/clanek/precti-si-zabava/9193/surfing-cesi-na-vlnach.html>
- [6] Dá se surfovat i v Čechách? *Tchibo blog* [online]. 2015 [cit. 2017-06-14]. Dostupné z: <http://www.tchiboblog.cz/da-se-surfovat-i-v-cechach/>
- [7] YOUNG, I. R. *Wind generated ocean waves*. New York: Elsevier, 1999. ISBN 0-08-043317-0.
- [8] KOUŘIL, Petr. *Surfing*. Praha, 2009. Univerzita Karlova v Praze.
- [9] RUDA, Aleš. *Klimatologie a hydrogeografie pro učitele: Fyzikální vlastnosti mořské vody* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2014 [cit. 2017-06-16]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/12-2-fyzikalni-vlastnosti.html
- [10] *How waves break* [online]. [cit. 2017-06-19]. Dostupné z: http://www.surfing-waves.com/waves/how_waves_break.htm
- [11] *Indoor Surfing*. 1929 [cit. 2017-06-19] Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=Uz_A6VDUbsI
- [12] *Ballast Guide: Weighting Your Boat for Wakesurfing* [online]. 2017 [cit. 2017-06-19]. Dostupné z: <https://www.wakemakers.com/resources/how-to-weight-your-boat-for-wakesurfing/>
- [13] An Introduction To Flowriding. *Men's Health* [online]. 2010 [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <http://www.menshealth.com.sg/guy-wisdom/introduction-flowriding>
- [14] Charles E. Sauerbier, Thomas J. Lochtefeld,,: Surfing-wave generators, US4954014A, US patent, 27.5.1987
- [15] *Wave Loch: World leader in surfing wave technology*. [online]. 2016 [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <http://www.waveloch.com/>
- [16] *Surf Arena: Surfuj* [online]. 2015 [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <http://www.surfarena.cz/surf/>
- [17] BARRETT, Paul. FROM POLYNESIA TO MUNICH. *Riversurfing* [online]. 2007 [cit. 2017-06-21]. Dostupné z: http://www.riversurfing.ca/about_riversurfing.php

- [18] NIELSEN, Ben. The Two Types of River Waves: Which One Are You Surfing On? In: *Riverbreak* [online]. 2014 [cit. 2017-06-21]. Dostupné z: <http://riverbreak.com/how-to/wave-construction/the-two-types-of-river-waves/>
- [19] EGSGARD, Neil. Surf Anywhere: Drop & Flow. In: *Riverbreak* [online]. 2013 [cit. 2017-06-21]. Dostupné z: <http://riverbreak.com/how-to/wave-construction/drop-flow-river-wave-building-surf-anywhere/>
- [20] Co je riversurfing? In: SURFWAVE [online]. [cit. 2017-06-21]. Dostupné z: <http://www.surfwave.cz/580-riversurfing/>
- [21] NIELSEN, Ben. The Case for Adjustability in River Wave Design. In: *Riverbreak* [online]. 2015 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <http://riverbreak.com/how-to/wave-construction/case-river-wave-adjustability/>
- [22] An Inside Look at Leinewelle's Wave Technology. In: *Riverbreak* [online]. 2015 [cit. 2017-06-22]. Dostupné z: <http://riverbreak.com/how-to/wave-construction/technical-concept-leinewelle/>
- [23] Wave pool. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-06-26]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Wave_pool
- [24] BASTENHOF, Dirk. Surf wave generator, US4522535A, US patent, 11.6.1987
- [25] TULLY, Shawn. Indoor surf parks aim for big money. In: *American Wave Machines* [online]. 2014 [cit. 2017-06-28]. Dostupné z: <http://americanwavemachines.com/tag/surf-pool/>
- [26] WOODY, Todd. The next big thing in surfing is artificial waves you can ride anywhere, any time. *Quartz* [online]. 2013 [cit. 2017-07-24]. Dostupné z: <https://qz.com/159789/the-next-big-thing-in-surfing-is-artificial-waves-you-can-ride-anywhere-any-time/>
- [27] ODRIOZOLA SAGASTUME, Jose Manuel. Wave-generating apparatus US20100017951A1, US patent, 28.1.2010
- [28] SWAN, Dave. New wave: Roll out barrels. *Smorgasboarder Magazine* [online]. 2014 [cit. 2017-07-24]. Dostupné z: https://issuu.com/smorgasboarder/docs/smorgasboarder_spring_2014-s
- [29] DEAN, Josh. Kelly Slater Built the Perfect Wave. *Bloomberg Businessweek* [online]. 2016 [cit. 2017-07-24]. Dostupné z: <https://www.bloomberg.com/features/2016-kelly-slater-wave-pool/>
- [30] *Wavegarden* [online]. 2017 [cit. 2017-07-25]. Dostupné z: <http://wavegarden.com/>
- [31] *Webber Wave Pools Australia* [online]. 2017 [cit. 2017-07-26]. Dostupné z: <http://www.webberwavepools.com>
- [32] Vlna pod Zámkem – Brandýs nad Labem. *Surfwave.cz* [online]. [cit. 2017-08-02]. Dostupné z: <http://www.surfwave.cz/vlna-pod-zamkem/>
- [33] MARŠÍK, Honza. Surfová Vlna pod Zámkem v Brandýse už funguje!. *Freeride.cz* [online]. 2014 [cit. 2017-08-02]. Dostupné z: <http://www.freeride.cz/water/clanky/lokality/surfova-vlna-pod-zamkem-v-brandyse-uz-funguje--20716/>



- [34] MICHNA, Jakub. Míla Brzák - první adaptive surfař reprezentující ČR na Mistrovství světa. *Freeride.cz* [online]. 2017 [cit. 2017-08-02]. Dostupné z: <http://www.freeride.cz/water/clanky/rozhovor/mila-brzak-prvni-adaptive-surfar-reprezentujici-cr-na-mistrovstvi-sveta--29074/>
- [35] Surfing at the 2020 Summer Olympics. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-08-03]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Surfing_at_the_2020_Summer_Olympics
- [36] *Local factors for good waves* [online]. [cit. 2017-06-19]. Dostupné z: http://www.surfing-waves.com/waves/best_waves_loc.htm
- [37] Autor neuveden. *Wavetown - Verkauf und Vermietung von Surf-Anlagen* [online]. [cit. 3.8.2017]. Dostupné z: <https://www.wave-town.com/unsere-dienstleistungen/verkauf-und-miete-von-surf-anlagen>
- [38] *Leinewelle Konzept 2016. Leinewelle Hannover* [video]. 2016 [cit. 2017-08-02]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=sSYva6BhKF8>
- [39] LEPAROUX, Isabelle. Les horaires du mascaret à Saint-Pardon. In: *Sud Ouest* [online]. 2014 [cit. 2017-08-03]. Dostupné z: <http://www.sudouest.fr/2014/09/11/le-mascaret-a-saint-pardon-1667684-3211.php>
- [40] HARRIS, Tom. How Wave Pools Work. In: *How stuff works?* [online]. [cit. 2017-08-03]. Dostupné z: <http://science.howstuffworks.com/engineering/structural/wave-pool3.htm>
- [41] ROGET, Paul. *Webber wave pools* [online]. [cit. 3.8.2017]. Dostupné z: <http://www.surfparkcentral.com/webber-wave-pools-artificial-wave-technology/>

Seznam použitých obrázků

- Obr. 1 – Základní parametry vlny.
- Obr. 2 – Kapilární a gravitační vlny.
- Obr. 3 – Srovnání offshore a onshore vln.
- Obr. 4 – Vliv mořského podloží na vlnu.
- Obr. 5 – Konfigurace externí zátěže.
- Obr. 6 – Flowrider.
- Obr. 7 – Flowbarrel.
- Obr. 8 – Boční řez říční vlnou.
- Obr. 9 – Vlna postavená s ohledem na živočichy.
- Obr. 10 – Možnosti přímého tvarování vlny.
- Obr. 11 – Nastavení vlny v plném/suchém provozu.
- Obr. 12 – Surfování na přílivové vlně.
- Obr. 13 – Komorový systém s kompresorem.
- Obr. 14 – Komorový systém s vodním čerpadlem.
- Obr. 25 – Návrh kruhového bazénu.
- Obr. 16 – Areál s technologií Lagoon.
- Obr. 17 – Areál s technologií Cove.
- Obr. 18 – Mechanický systém WWP.
- Obr. 19 – Webber Wave Pool model.