



Zadání bakalářské práce

Název:	Webová aplikace pro vizualizaci zvuků ohrožených zvířat
Student:	Kryštof Šuk
Vedoucí:	Ing. Radek Richtř, Ph.D.
Studijní program:	Informatika
Obor / specializace:	Webové a softwarové inženýrství, zaměření Počítačová grafika
Katedra:	Katedra softwarového inženýrství
Platnost zadání:	do konce letního semestru 2022/2023

Pokyny pro vypracování

Cílem práce je vytvořit interaktivní webovou vizualizaci zvuků různých ohrožených, či vyhynulých druhů zvířat a uměleckou formou dát uživatelům nahlédnout jiný pohled na problém vymírání ohrožených druhů.

1. Provedte rešerši:
 - a. Mapování modalit zvuku
 - b. Technologického řešení uměleckých (webových) vizualizací
2. Analyzujte podobná řešení pro uměleckou vizualizaci zvuku
3. Navrhněte a implementujte prototyp webové aplikace vizualizující zvuky zvířat
4. Provedte vhodné testy a debatujte výsledek



**FAKULTA
INFORMAČNÍCH
TECHNOLÓGIÍ
ČVUT V PRAZE**

Bakalářská práce

Webová aplikace pro vizualizaci zvuků ohrožených zvířat

Kryštof Šuk

Katedra softwarového inženýrství
Vedoucí práce: Ing. Radek Richtr, Ph.D.

25. dubna 2022

Poděkování

Mé díky patří Ing. Radku Richtrovi, Ph.D. za vedení a pomoc při psaní bakalářské práce. Dále bych velice rád poděkoval Veronice Kalouskové za spolupráci při tvorbě a návrhu prototypu. Díky také všem, kteří testovali prototyp, či diskutovali a konzultovali mou práci.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů. V souladu s ust. § 2373 odst. 2 zákona č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, ve znění pozdějších předpisů, tímto uděluji nevýhradní oprávnění (licenci) k užití této mojí práce, a to včetně všech počítačových programů, jež jsou její součástí či přílohou a veškeré jejich dokumentace (dále souhrnně jen „Dílo“), a to všem osobám, které si přejí Dílo užít. Tyto osoby jsou oprávněny Dílo užít jakýmkoli způsobem, který nesnižuje hodnotu Díla, avšak pouze k nevýdělečným účelům. Toto oprávnění je časově, teritoriálně i množstevně neomezené.

V Praze dne 25. dubna 2022

.....

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta informačních technologií

© 2022 Kryštof Šuk. Všechna práva vyhrazena.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí a nad rámec oprávnění uvedených v Prohlášení na předchozí straně, je nezbytný souhlas autora.

Odkaz na tuto práci

Šuk, Kryštof. *Webová aplikace pro vizualizaci zvuků ohrožených zvířat*. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií, 2022.

Abstrakt

Každý rok vymře několik zvířecích druhů. I přestože se nám může zdát tato skutečnost velmi vzdálená, týká se každého z nás každým dnem více a více. V této práci se v první teoretické části zabýváme analýzou již existujících audio vizualizací a mapováním zvukové modality. Poté se v praktické části věnujeme tvorbě webové aplikace pro vizualizaci zvuků zvířat, které jsou blízko, či již za hranicí vyhynutí a tím rozšířit povědomí a uměleckou formou vnést uživatelům alternativní pohled na tento globální problém.

Klíčová slova zvuk, audio vizualizace, Fourierova transformace, P5.js, zvířata, vyhynutí, kreativní programování

Abstract

Several animal species are going extinct every year, and although this fact may be seen as very distant to us, it affects every one of us every day more and more. In the first part of this work, we are doing research on other audio visualization projects and the mapping of sound modality. In the second part, we are making the prototype of an audio visualization web application for the visualization of animal sounds, animals that went extinct or are on the verge of extinction. Through this approach, we are trying to spread awareness and bring a new approach for users to this global problem.

Keywords sound, audio visualization, Fourier transform, P5.js, animals, extinction, creative coding

Obsah

Úvod	1
1 Cíl práce	3
I Teoretická část	5
2 Digitální zpracování zvuku	7
2.1 Zvuk	7
2.1.1 Vlastnosti zvuku	7
2.1.2 Modalita	8
2.2 Fourierova transformace	8
2.3 Digitální záznam audio signálu	10
2.3.1 Vzorkování	10
2.3.2 Kvantování	12
2.3.3 Formáty pro záznam digitálního signálu	14
2.4 Mapování zvuku do jiných typů modalit	14
2.4.1 Modality hmatu	14
2.4.2 Modality chuti	15
2.4.3 Modality vizuální	16
3 Příklady vizualizací zvuku	21
3.1 Milkdrop	22
3.2 Cymantics	23
3.3 Prisma	24
3.4 Fraviz	25
3.5 .superformula	26
3.6 Hate In-Situ a Sound of Space	27
3.7 Test Pattern	29
3.8 Repetition a HANGING D	31

3.9	Crystallize	33
II	Realizace	35
4	Analýza možností realizace	37
4.1	Požadavky aplikace	37
4.2	Technologické možnosti	38
4.3	Závěr	41
5	Návrh	43
5.1	Případy užití	43
5.2	Uživatelské rozhraní	46
5.3	Technologie a nasazení	51
6	Implementace	53
6.1	Zvuky zvířecích druhů	53
6.2	Modifikace zvuků a jejich mixování	54
6.3	Generování plakátů	55
7	Testování	57
7.1	Cílové skupiny	57
7.2	Scénář a dotazník	58
7.3	Výsledky	58
	Závěr	61
	Literatura	63
A	Seznam použitých zkratk	67
B	Obsah příloženého CD	69
C	Wireframe prototypu	71
D	Výsledné plakáty	75
E	Dotazník pro testování	79

Seznam obrázků

2.1	Vizuální reprezentace fourierovy transformace	10
2.2	Ilustrace procesu vzorkování v časové závislosti	11
2.3	Chybovost kvantování, při použití 3 bitů	13
2.4	<i>Haptic Wave</i> prototyp s asociovaným softwarem	15
2.5	Volba účastníků pro stimulaci hudebním nástrojem	16
2.6	Vizualizace průběhu intenzity zvuku v programu <i>Audacity</i>	17
2.7	Vizuální reprezentace audio zdroje ve hře <i>The Last of Us</i>	17
2.8	Relace mezi výškou tónu a jeho asociovanou světlostí barvy	19
3.1	Ukázky vizualizace hudby pluginem <i>MilkDrop</i>	22
3.2	Ukázka Chladiniho plátu z videoklipu <i>Cymantics</i>	23
3.3	Vizualizace v prostoru pomocí iluze na plexisklo projektu <i>Prisma</i>	24
3.4	Ukázka webové vizualizace projektu <i>Fraviz</i>	25
3.5	Ukázka projektu <i>.superformula</i>	26
3.6	Audiovizuální vzory nenávisli a zlosti z projektu <i>Hate In Situ</i>	27
3.7	Koláž Aurory Borealis z projektu <i>Sound Of Space</i>	28
3.8	Ukázky projektů <i>Test Pattern</i>	30
3.9	Ukázka projektu <i>Repetition</i>	31
3.10	Ukázka fragmentu vzpomínky v klipu <i>HANGING D</i>	32
3.11	Ukázka skulptur <i>Swan Lake</i> z výstavy <i>Crystallize</i>	34
5.1	Wireframe obrazovky pro uvítání uživatele	46
5.2	Wireframe obrazovky pro výběr biomu	47
5.3	Wireframe obrazovky s tutoriálem	47
5.4	Wireframe obrazovky s vizualizací	48
5.5	Návrh výsledné vizualizace s ovládacími tlačítky	50
5.6	Wireframe obrazovky s mementem uživateli	50
5.7	Wireframe obrazovky s plakáty ke stažení pro uživatele	51
7.1	Graf počtu spuštění vizualizace	59

C.1	Wireframe první části aplikace obsahující načítání a menu	72
C.2	Wireframe druhé části aplikace obsahující návod a vizualizaci	73
C.3	Wireframe poslední části aplikace	74
D.1	Plakát typu A	76
D.2	Plakát typu B	77
D.3	Plakát typu C	78

Úvod

V roce 2021 navrhla americká organizace U.S. Fish and Wildlife Services ve zprávě [1] vyřazení 23 kriticky ohrožených druhů z databáze ohrožených druhů, jelikož jejich uchování v této databázi již není třeba. Jejich zvířecí příslušníky už několik let v případě Šatovníka ostrovního, ale i přes více než dlouhých 70 let v případě Datla knížecího, nikdo nespasil. Vyhnuli, byli vyřazeni, odepsáni, zapomenuti.

Globální problém vymírání jednotlivých zvířat, ba dokonce celých druhů je obsáhlým a komplexním problémem týkající se každého z nás a to den ode dne více a více. V této práci se tedy věnujeme tvorbě webové aplikace, která uměleckou formou přibližuje tento problém uživatelům a umožňuje na něj pohlédnout z jiného úhlu pohledu. Zážitek, při kterém uživatel spouští a naslouchá audio záznamům zvířecích obyvatel a tím tvoří úchvatnou audio scénérii. Tu prolétá a skřehotá sup *Gyps afrikanus*, tu piští malý lemur *Eulemur mongoz*. Bohužel všichni vyhnulí, či těsně před touto hranicí. Tento organický koncert uživatele již ve volné přírodě nikdo nikdy neuslyší.

Zároveň se v práci v neposlední řadě zabýváme teorií potřebnou pro tvorbu naší audio vizualizace a věnujeme se důležitému konceptu mapování zvukové modality společně s ukázkou ostatních více i méně uměleckých audio vizualizací.

Cíl práce

Naším cílem v rámci této práce je v první řadě navrhnout a implementovat prototyp interaktivní webové vizualizace, která bude vizualizovat zvukové záznamy ohrožených, či vyhynulých druhů. Uživatel bude mít možnost pouštět jednotlivé zvuky zvířat a tím tvořit výslednou vizualizaci. Zároveň bude aplikace umožňovat stáhnout konečný výsledek vytvořené vizualizace, který je uživateli jistým mementem o vymírání druhů.

Po implementování tohoto prototypu bude následujícím krokem jeho vhodné otestování, kde je nutné převážně otestovat:

- Vytipované prvky z uživatelského rozhraní a jejich pochopitelnost pro cílové skupiny.
- Pocity vyvolávané aplikací pro jednotlivé cílové skupiny.

Výsledky testování poté budeme řádně debatovat a nastíníme řešení případných nastalých problémů a nedostatků.

V souvislosti s touto praktickou částí je cílem provést rešerši a analýzu ostatních projektů podobného audio vizuálního zaměření a to více i méně uměleckých. Analyzovat výhody, či nevýhody jednotlivých technologií, které byly použity v projektech a jejich přínosy pro naši výslednou implementaci.

Posledním cílem práce je tvorba čistě teoretické části zabývající se rešerší mapování zvukové modality a teorií obsahující nezbytné základy k tvorbě uměleckých webových vizualizací, aby si uživatel po přečtení mohl odpovědět na otázky:

- Co je to zvuk?
- Jak probíhá jeho zpracování a jeho digitální záznam?
- Jak funguje frekvenční analýza signálu?

Část I

Teoretická část

Digitální zpracování zvuku

Zvuky jsou všude kolem nás. Jednotlivé kmity hmoty, které putují svým médiem až ke svým posluchačům, nabývají různých forem sahajících od určitých tónů až po nerozpoznatelné ruchy. Pro člověka je sluch jeden z hlavních smyslů, kterými vnímá svět. Je však možné vnímat zvuky i jinak než jen sluchem, či jak zvuk vizualizovat pomocí digitální technologie? Odpověďmi na tyto otázky se budeme zabývat v této kapitole.

2.1 Zvuk

Zvuk je obecně definován jako mechanické vlnění částic látky určitého média o dané frekvenci. Jelikož při tomto procesu nevznikají samovolně žádné částice a jedná se pouze o vlnění a přenos této vlny, je nutné mít médium, které bude mít dostatečnou hustotu částic pro přenos, neboli pro existenci zvuku musí existovat médium, kterým se bude šířit. Tím je myšlen kupříkladu vzduch.

2.1.1 Vlastnosti zvuku

Zvuky můžeme rozdělit do dvou specifických kategorií, jak kupříkladu uvádí [2]. První jsou tóny, neboli vlnění částic je periodické o dané frekvenci a nemění se v závislosti na čase. Druhou kategorií jsou tzv. hluky, ty se vyznačují jejich neperiodickým vlněním částic.

Jelikož je zvuk velmi komplexní fyzikální jev, lze definovat mnoho jeho vlastností. To jak objektivních, mnohými fyzikálními veličinami, tak i subjektivních, které závisí na daném posluchači. Patří mezi ně frekvence, barva, hlasitost, intenzita, výška a mnoho dalších.

Frekvence

Jedna ze základních fyzikálních vlastností zvuku určuje, jak často částice hmoty kmitají v závislosti na daném časovém úseku. Zvuk, který dokáže

vnímat člověk pomocí sluchového ústrojí¹ je ve frekvenčním rozsahu mezi 16 a 20000Hz. Tuto veličinu můžeme využít i pro hlubší analýzu subjektivních vlastností zvuku. Například výšku, či barvu tónů, těmi se ale v této práci nezabýváme.

Hlasitost a intenzita

Vlnění hmoty, které představuje více či méně periodické stlačování a rozpínání vzduchu daného média, lidé vnímají značně subjektivně. Hlasitost je pro každého jedince individuální záležitostí, z důvodu různých citlivostí sluchového ústrojí a případným známám jeho opotřebení, či poškození.

Jednotkou hlasitosti se uvádí jeden bel, případně menší a více využívaný decibel, který je základní rozlišovací jednotkou lidského ucha dle [3]. To je schopné vnímat hlasitosti přibližně v rozsahu 0–130 decibel. Za zmínku také stojí logaritmické chování zpracovávání vjemů lidským mozkiem. Proto se jednotka decibel chová logaritmicky a je tedy při práci s ním vhodné využít logaritmické měřítko. Je také nutné definovat i objektivní verzi hlasitosti nezávislou na lidském sluchovém aparátu, tou je tzv. intenzita zvuku.

Tu lze definovat jako podíl výkonu P zvukového vlnění a plochy S , kterou vlnění prochází [2]. Výsledný vzorec pro výpočet intenzity I poté vypadá následovně [4]:

$$I = \frac{P}{S} ; \quad (2.1)$$
$$[I] = Wm^{-2} .$$

2.1.2 Modalita

Modalitou můžeme nazvat jeden konkrétní způsob vnímání informace pomocí jednoho ze smyslů - od sluchu, přes vnímání hrubosti, nebo vibrací, jak popisuje [5]. Případně můžeme popsat modalitu jako prožívání daných vjemů.

Jednou z hlavních modalit, kterým se v této práci věnujeme, je již často zmiňovaný zvuk a jeho vnímání pomocí sluchu. Obsáhlým tématem je poté mapování modalit na jiné vjemy, kterému se věnujeme o několik stránek dále. Pro příklad transformace modality ale nyní uvedme transformaci zvuku do hmatatelné formy. Nebo v případě této práce transformace zvukové modality na modalitu vizuální.

2.2 Fourierova transformace

Můžeme si položit otázku: Jak rozložit či analyzovat určitý komplexní signál na jeho jednotlivá spektra či frekvence formující původní signál? Například jak intenzivní je zvuk v úrovni 100–500Hz? Na množství těchto typů otázek

¹Tato hranice je velmi individuální.

nám velmi dobře poslouží fourierova transformace od Jeana Baptisty Josefa Fouriera.

Základním konceptem je myšlenka rozložení vstupního signálu na mnoho nám známých funkcí typu sinus o dané frekvenci a s určitým posunem. Pokud bychom tyto různé sinusoidy sečetli, dostali bychom původní signál. Tento fakt pro určitou komplexní funkci $s(t)$ s proměnnou t a její fourierový obraz či odborně nazvané frekvenční spektrum $S(v)$ proměnné v , jsme schopni popsat dle [6] takto:

$$S(v) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-2\pi i vt} dt . \quad (2.2)$$

Můžeme využít i notace, kde $F(x)$ je fourierova transformace:

$$S(v) = F[s(t)] . \quad (2.3)$$

Pro úplnost je nutné definovat i inverzní fourierovu transformaci. Ta bude pro tuto práci užitečná zejména pro vizualizaci určitého audio signálu v závislosti na čase za předpokladu, že známe jeho frekvenční spektrum. Definovat tuto inverzní funkci můžeme například takto:

$$F^{-1}[S(v)] = s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(v)e^{2\pi i vt} dv . \quad (2.4)$$

Pro analýzu digitálních zvukových signálů, které budou ve formě diskretních bodů a ne ve formě spojité funkce (o tomto procesu je podrobně psáno dále v textu), využijeme modifikaci nám již známe fourierovy transformace. Modifikaci pro diskretní posloupnosti a to diskretní fourierovu transformaci pro spektrum $S(k)$ a posloupnost $x(n)$ uváděnou v prezentaci VŠCHT [7] jako:

$$S(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-i2\pi \frac{nk}{N}} . \quad (2.5)$$

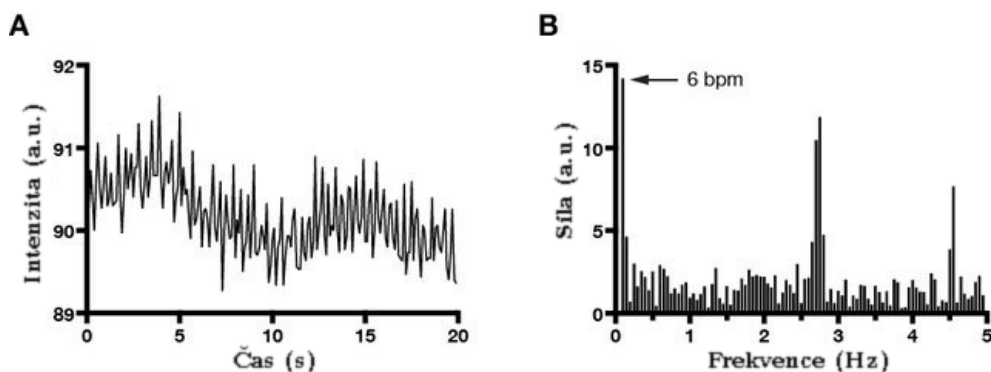
Analogicky její inverze pro získání diskretní posloupnosti z frekvenčního spektra dané posloupnosti bude ve tvaru:

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} S(k)e^{i2\pi \frac{nk}{N}} . \quad (2.6)$$

V běžné praxi nepotřebujeme zcela přesnou spektrální analýzu vstupního signálu, obzvláště pokud analýza probíhá na již diskretních datech, která jsou zkreslená a neúplná oproti originálnímu signálu. Proto lze využít odhad fourierovy transformace, který se nazývá FFT (fast fourier transformation). FFT je algoritmus pro odhad původní fourierovy transformace, který již lze s relativní lehkostí implementovat například v informačních technologiích, kde se

2. DIGITÁLNÍ ZPRACOVÁNÍ ZVUKU

nemůžeme zabývat zdlouhavým a náročným počítáním korektní fourierovy transformace. Pro představu celého procesu lze vizuálně reprezentovat fourierovu transformaci obrázkem² (2.1).



Obrázek 2.1: Vizuální reprezentace fourierovy transformace

2.3 Digitální záznam audio signálu

Jeden z mnoha způsobů uchovávání a záznamu zvuku je pořízení jeho digitálního otisku. Počátkem této cesty je mikrofón, který nám převádí jednotlivé vlny rozechvělých částic neboli mechanické záchvěvy či chvění na elektrický analogový signál. Pro uložení analogového signálu do digitální podoby je nutné jej digitalizovat. Tento proces převodu do tzv. PCM (pulse code modulation) v překladu *pulzně kódová modulace*, je ztrátový proces³, který vzorkuje a kvantifikuje vstupní analogový signál a tím z něj vytváří digitální. Tento signál poté můžeme dále využívat v dalších audio prvcích, posílat jej na jiné datové linky, či zaznamenávat na určitou formu datového úložiště, například SSD (solid state drive) disk.

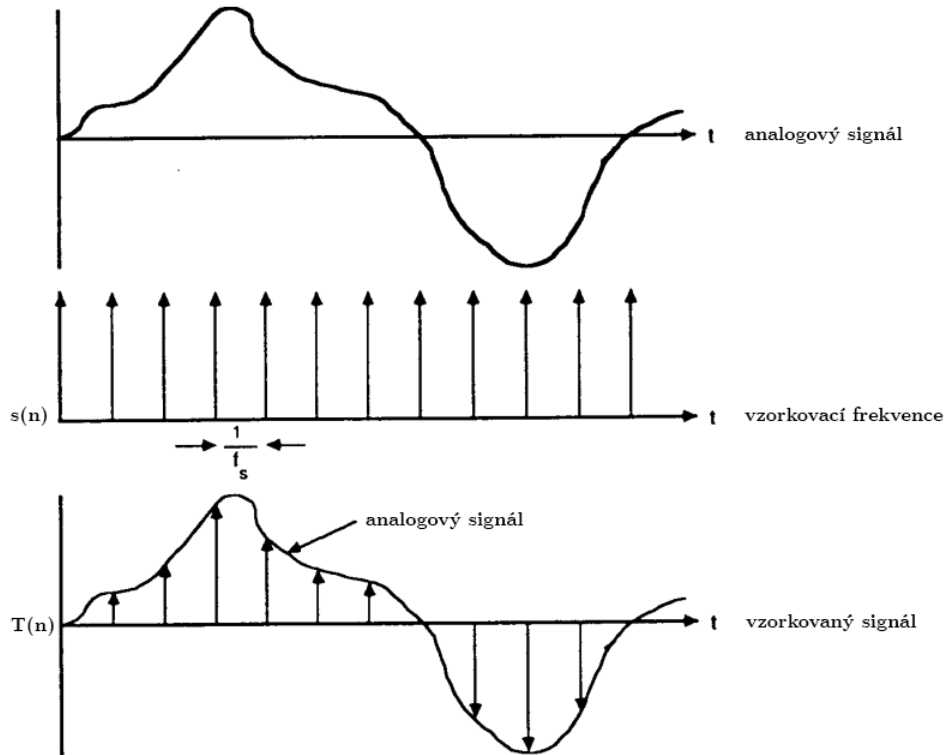
2.3.1 Vzorkování

Nejprve ale lépe definujme co je to elektrický analogový signál. Elektrický analogový signál je určitá spojitá funkce, která reprezentuje mechanické chvění zaznamenané například mikrofónem. Důležitou vlastností je ona spojitost, jelikož nám znemožňuje lehce použít tento analogový signál v digitálním prostředí, či jej uchovávat. Pro převod do digitálního prostoru musíme vstupní analogový signál tzv. převzorkovat. To spočívá v diskretizaci vstupní spojitě funkce a vytvoření diskrétní posloupnosti bodů za určité vzorkovací frekvence.

²Zdroj: https://www.researchgate.net/publication/328397869_Quantification_of_Cardiomyocyte_Beating_Frequency_Using_Fourier_Transform_Analysis.

³Díky ztrátové vlastnosti tohoto procesu již nikdy nebudeme schopni dosáhnout původního analogového signálu v jeho originální kvalitě.

Tento proces není beze ztrát. To jakým způsobem zvolíme vzorkovací frekvenci, ovlivní kvalitu naší diskrétní reprezentace a tím i výsledného digitálního záznamu, uvádí [8]. Celý proces vzorkování je vyjádřen obrázkem⁴ (2.2).



Obrázek 2.2: Ilustrace procesu vzorkování v časové závislosti

⁴Zdroj: https://www.researchgate.net/publication/3584571_An_introduction_to_digital_audio.

Pro představu uvažujme příklad. Jsme u prázdného sudu na dešťovou vodu před naším domem. Začneme si zapisovat výšku hladiny po následující týden a to dvěma způsoby. Způsobem A každou hodinu a způsobem B každý den ráno v 9 hodin. Během experimentu nám popršelo několik dní. Když si náš pokus vyhodnotíme, zjistíme, že při zapisování způsobem A jsme byli schopni zaznamenat i jemné výkyvy hodnot během deště a poté při odpařování, neboli jsme měli vysokou frekvenci vzorkování. V případě zápisu způsobem B jsme měli jen hrubý přehled o kolik se hladina zvedla či snížila za velmi dlouhý časový úsek. Tím jsme tedy nemohli zaznamenat jemné odchylky hladiny mezi dešti, kdy se voda vypařovala. Neboli, měli jsme nízkou vzorkovací frekvenci.

Aliasing

Tento problém nedostatečné frekvence vzorkování a tím výsledného zkreslení dat se nazývá aliasing. Pro odstranění tohoto artefaktu je nutné mít vysokou vzorkovací frekvenci. Co znamená tzv. vysokou nám udává Nyquistův–Shannonův vzorkovací teorém popsáný v [9] tímto způsobem:

$$f_s < 2f_{max} \quad . \quad (2.7)$$

Kde jak popisuje [9], pro nejvyšší frekvenci, kterou budeme schopni korektně zaznamenat, neboli Nyquistův limit, platí :

$$f_{max} < f_s/2 \quad . \quad (2.8)$$

Z tohoto teorému vyplývá, že pro optimální minimální vzorkovací frekvenci musíme zvolit dvojnásobek maximální frekvence ze vstupního signálu. Pro vzorkování zvukového signálu, který je slyšitelný pro člověka neboli již zmíněných 16–20000Hz, budeme požadovat minimálně 40000Hz vzorkovací frekvenci, pro minimalizaci artefaktů způsobených vzorkováním. Pro příklad uveďme dle [10] uváděnou vzorkovací frekvenci pro běžné CD médium a to 44100Hz.

2.3.2 Kvantování

Po úspěšném vzorkování vstupního signálu jsme získali jeho diskrétní reprezentaci v čase. Pokud jsme měli vhodně nastavenou vzorkovací frekvenci, tak jsme i minimalizovali aliasingové artefakty této reprezentace. Pro možnost s touto reprezentací pracovat nám stále chybí druhá část zaznamenávajícího procesu a tím je kvantování, neboli jakým způsobem budeme ukládat hodnoty naší diskrétní reprezentace. Jinými slovy řečeno, kolika bity budeme reprezentovat jednotlivé body, které vzorkujeme.

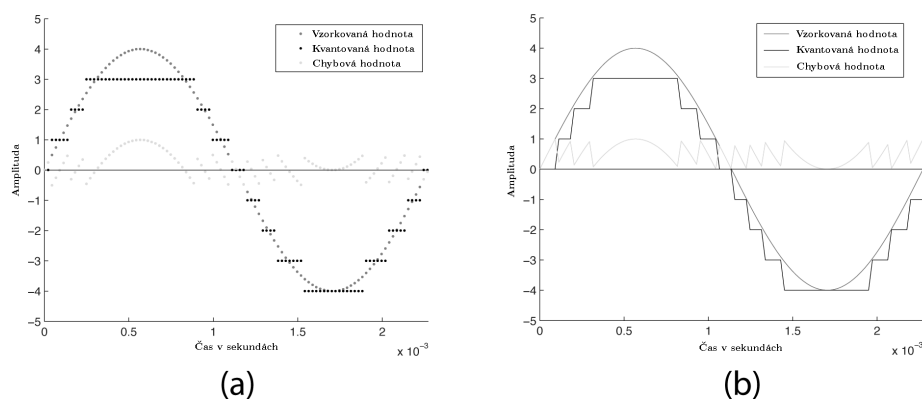
Bitová hloubka a chybovost

Standardními možnostmi jsou 8, 16, 24, či 32 bitů. Osm bitů je schopno pojmut až 256 úrovní vstupního napětí a má tedy dynamický rozsah 48 decibel. Šestnáct bitů oproti tomu pojme až 65536 úrovní napětí a má dynamický rozsah 96 decibel. Toto například dle [8] odpovídá kvalitě na CD médiu, pro které je šestnáct bitů naprosto dostačující.

I tento proces ale skýtá mnohé nástrahy. Tou největší je chybovost, či zkreslení při nižších bitových hloubkách. Zkreslení můžeme definovat jako chybné zkreslení naší hodnoty oproti původnímu signálu. Zkreslení kvantovaného signálu velmi dobře ilustruje obrázek⁵ (2.3).

Tuto chybovost můžeme snížit zvýšením bitové hloubky. To sebou ale přináší vyšší nároky na úložné médium, jelikož výsledná reprezentace bude zabírat více prostoru a paměti. Jak uvádí [10], existují i různé další způsoby jak snížit chybovost, jako například tzv. audio dithering, či noise shaping, těmi se ale tato práce nezabývá a proto je tedy pomineme.

Jakmile jsme spokojeni s výslednou diskretní reprezentací v čase (vzorkování) a diskretní reprezentací v hodnotách (kvantování) našeho vstupního analogového signálu, nezbyvá nám nic jiného, než celý tento postup zautomatizovat a vytvořit součástku realizující tento postup. Touto součástkou je digitálně-analogový převodník, který pracuje s určitou nastavenou frekvencí pro vzorkování a bitovou hloubkou pro kvantování a převádí nám vstupní audio signál na jeho digitální reprezentaci, pro více informací lze využít zdroje [8, 11].



Obrázek 2.3: Chybovost kvantování, při použití 3 bitů

⁵Zdroj: <http://digitalsoundandmusic.com/5-1-2-digitization/>.

2.3.3 Formáty pro záznam digitálního signálu

Nyní již máme zvuk převeden do digitální podoby a můžeme s ním pracovat, či jej dále využívat. Posledním krokem je jeho uložení na určité médium, abychom jej mohli uchovat po delší časový horizont.

K tomu nejčastěji využijeme audio soubory. Ty mohou být v nejrůznějších formátech, ale zmiňme několik nepoužívanějších. Těmi jsou *.wav* a *.mp3* soubory. Audio soubory mají veskrze stejné části a to hlavičku, metadata a vlastní data, jak uvádí [8].

První částí bývá hlavička, ve které má kupříkladu *.wav* soubor definován dle [12] informace o frekvenci vzorkování, bitové hloubce a dalších pomocných záznamech. Ve druhé části jsou metadata, kterými se k souboru připojují další informace. Například *ID3* tag popsáný v dokumentaci [13], který uchovává data o názvu skladby, autorovi a dalších podobných parametrech. Poslední částí jsou samotná data, zde již velmi záleží na formátech souborů, některé data komprimují pro menší datovou náročnost, jiné ponechávají data bez komprese. Také záleží na množství stop, neboli kanálech, které audio obsahuje, toto ovlivňuje jak jsou data zapisována a v jakém pořadí. Vše se vždy řídí danou definicí pro specifický typu souboru.

2.4 Mapování zvuku do jiných typů modalit

I přestože se může zdát, že zvuk bude vždy pouze zvukem, nemusí tomu býti tak. Zvuk můžeme mimo jiné fyzicky pocítit a vnímat jej pomocí hmatu, nebo sledovat jeho vizuální reprezentaci na monitoru našeho počítače.

Zvuk jako i ostatní modalitty tedy lze mapovat do jiných prostorů. A to i do poměrně netriviálních, jako například do prostoru chutí. Proto zde uvedme několik zajímavých experimentů, jejich výsledků a příkladů, jakým způsobem takové mapování realizovat.

2.4.1 Modalitty hmatu

Lehce nestandardní transformací je převod zvukové modalitty do modalitty hmatové. Tento převod ocení například osoby s poruchami sluchu, nebo jeho případnou ztrátou. Těm poskytne možnost pocítit zvukové vjemy. Případně pro lidi s poruchami zraku, kteří nemohou využívat převod zvuku do vizuální modalitty, bude toto mapování také výrazným ulehčením.

Tento princip je využit v práci [14], která si dává za cíl vytvořit zařízení, pomocí něhož mohou lidé hapticky pocítit zvuky či hudbu. Toto zařízení se sestává z velkého posuvníku, kterým se uživatel může pohybovat v časové závislosti dané audio stopy, a posuvníku malého. Ten je umístěn v držadle velkého posuvníku a znázorňuje intenzitu audio stopy v daný časový moment.

Prototyp tohoto produktu je znázorněn na obrázku⁶ (2.4).



Obrázek 2.4: *Haptic Wave* prototyp s asociovaným softwarem

2.4.2 Modality chuti

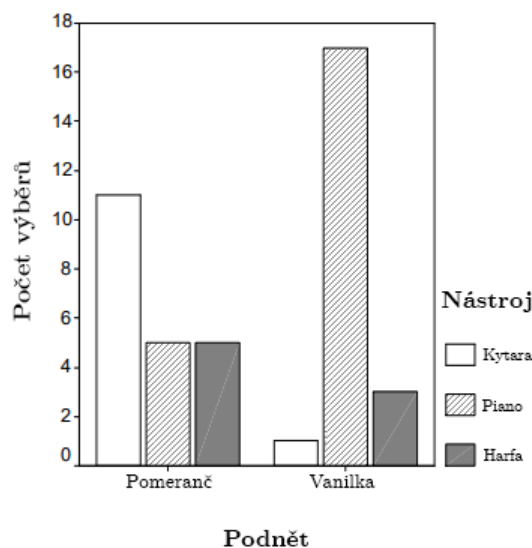
Velmi zajímavým mapováním je mapování zvuku na chuť. V tomto směru vzniklo mnoho studií a výzkumů. Značně zajímavým je například výzkum [15], který pojednává o experimentu, při kterém měli účastníci přiřadit různým zvukovým a vizuálním podnětům chuť buď vanilkovou, či určitého citrusu. Zajímavým faktem vyplývajícím z dotazníku, který účastníci vyplňovali, bylo velmi nízké procento subjektivní obtížnosti pro tento typ transformace. Jinými slovy, účastníci nepovažovali přiřazení chuti specifické melodii za složitý problém.

Výsledkem tohoto experimentu je většinové přiřazení vanilkové příchuti k jemným a neagresivním melodiím, které mají tendenci být pomalejší. Stejný efekt byl pozorován i při analýze kytarové versus piano skladby, kde většina účastníků přiřadila vanilkovou k piano. Oproti tomu melodie, které byly více agresivní, rychlejší, živější, tak byly více připisovány citrusovým příchutím. V již zmíněné části porovnávání kytarové versus piano skladby označili účastníci v majoritní míře kytaru jako citrusovou příchutí. Pro úplnost tento fenomén zachycuje graf na obrázku⁷ (2.5).

Z mnoha podobných výzkumů vyplývá, že lidský mozek dokáže s relativní lehkostí převádět a asociovat zvuky, či hudbu s různými chutěmi. Zajímavým

⁶Zdroj: <https://research.gold.ac.uk/id/eprint/17509/1/haptic-wave-camera-sm.pdf>.

⁷Zdroj: https://www.researchgate.net/publication/231226052_What_is_the_Sound_of_Citrus_Research_on_the_Correspondences_between_the_Perception_of_Sound_and_Flavour.



Obrázek 2.5: Volba účastníků pro stimulaci hudebním nástrojem

faktem je velká konzistence mezi různými experimenty a jejich výsledky. Pro srovnání, tento článek [16] uvádí obsáhlou tabulku, která shrnuje několik studií a experimentů a konzistence jejich výsledků je uchvacující.

Obecně se tedy dá říci, že většina populace si sladkou chuť asociuje s jemnými melodiemi, které jsou převážně pomalejšího charakteru. Oproti tomu čím rychlejší a ostřejší byla určitá melodie, tím kyseleji ji lidé vnímali. Zajímavostí je i zapojení hořké a slané dimenze u některých experimentů.

2.4.3 Modality vizuální

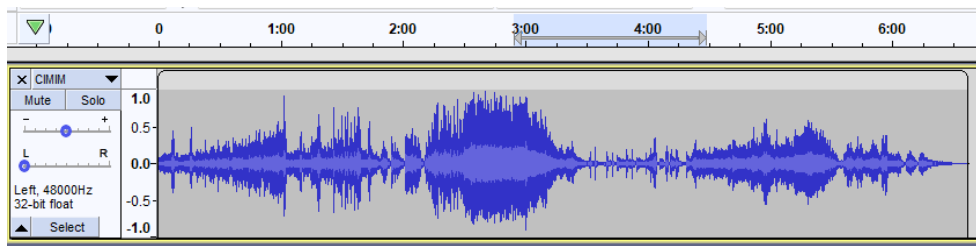
Posledním velmi zajímavým způsobem mapování, kterému se tato práce věnuje, je mapování zvuku na vizuální vjemy. Tento druh je velmi často využívanou variantou a mnoho lidí se s jeho implementací setkává každý den.

Reprezentace v aplikacích

Obzvláště v informačních technologiích je tento způsob transformace využíván v mnoha programech. To z důvodu nutnosti vizuální reprezentace audia nevyhnutelně v audio editorech, programech na tvorbu hudby a podobně. V těchto případech se často využívají různé implementace jako například frekvenční vizualizace pro dané části audio spektra, nebo různé typy zobrazení intenzity zvuku v časové závislosti. Pro ilustraci dozajista poslouží obrázek⁸ (2.6).

⁸Zdroj: https://manual.audacityteam.org/man/audio_tracks.html.

2.4. Mapování zvuku do jiných typů modalit



Obrázek 2.6: Vizualizace průběhu intenzity zvuku v programu *Audacity*

Velmi důležitou součástí je audiovizuální transformace i pro další aplikace, které nejsou se zvuky přímo spjaté. Pro ilustraci si představme dvě bílá tlačítka na obrazovce. Když stiskneme levé, ozve se oslavné zvukové vodítko, tlačítko poté zčervená. Při stisku pravého tlačítka se ozve stejný zvuk jako v předchozím případě, ale tlačítko se zbarví zeleně. I takto jednoduchou barevnou indikací můžeme uživatele znejistit, jelikož k oslavné melodii a celkově pozitivní reakci si většina lidské populace neasociuje červenou barvu.

Další významnou oblastí jsou počítačové hry. Zde může být například nutné vizualizovat, odkud se ozval zvuk pomocí šipky na kraji obrazovky. Intenzitu kroků, či vydávaných zvuků a tím i nebezpečí odhalení od patrolujících nepřátel, kterým se hráč snaží vyhnout, aby nebyl odhalen, ilustrované obrázkem⁹ (2.7).



Obrázek 2.7: Vizuální reprezentace audio zdroje ve hře *The Last of Us*

⁹Zdroj: <https://geeknewsnetwork.net/the-last-of-us-review-game-review/>.

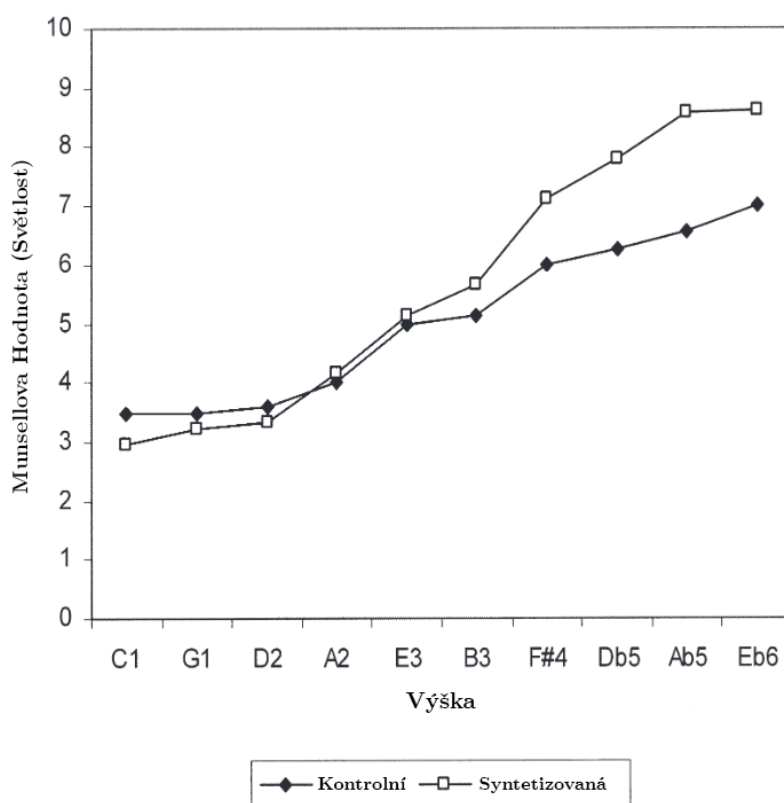
Reprezentace textem

Do vizuální transformace můžeme zařadit i textovou reprezentaci zvuku. Velmi užitečné jsou k tomu v českém jazyce citoslovce. Například jak je uvedeno v prezentaci [5] : *žába skočila do vody *žbluňk**. I toto lze považovat za vizuální reprezentaci zvuku. Velmi užívanou formou je i přepis dialogu postav ve hrách, filmech a literatuře. Takovou transformaci popisuje [5] jako logování.

Reprezentace barvou

Velmi zajímavým výzkumem v této oblasti je práce [17]. Ta se pomocí experimentů zabývá otázkami, jak lidé interpretují určité zvukové vjemy ve vizuálním barevném prostoru. Z experimentů vyplynula například korelace mezi výškou zvukového stimulu a jeho asociovanou barevností či světlostí. Nižší tóny byly řazeny k tmavějším barvám, oproti tomu vyšší tóny byly častěji řazeny k světlejší barvě. K tomu byla například využita munsellova hodnota. Neboli deseti stupňová stupnice světlosti dané barvy, kde 0 je černá barva a 10 je bílá barva, uvádí [18]. Výsledná vysoká korelace mezi pozorovanou a kontrolní skupinou pro přiřazení munsellovy hodnoty jednotlivým tónům je ilustrovaná grafem¹⁰ na obrázku (2.8)

¹⁰Zdroj: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010945208703526?via%3Dihub>.



Obrázek 2.8: Relace mezi výškou tónu a jeho asociovanou světlostí barvy

Příklady vizualizací zvuku

Vizualizacemi se lidé zabývali již od nepaměti. Vizualizovali své prožitky na jeskynní stěny pomocí barevných pigmentů pro uchování následujícím generacím. Ty můžeme dnes obdivovat stejně jako novodobé vizualizace z různorodých odvětví. Ať se jedná o kreativní vizualizování dat o pohybu ptáků během ročních období, či technickou vizualizaci našeho vysněného bydlení.

V následující kapitole se práce věnuje průřezu různými vizualizacemi zvuku. Kapitola rozlišuje dvě skupiny vizualizací a to vizualizace probíhající v reálném čase a vizualizace zaznamenané. Nemusí se ale jednat jen o programy využívající nám již známou fourierovu transformaci, kterou následně využívají pro vizualizaci zvukových vstupů. Jedná se i o příklady různých uměleckých instalací, které vizualizují zvuk originálními a kreativními způsoby a to v některých případech i bez většího zapojení digitálních technologií.

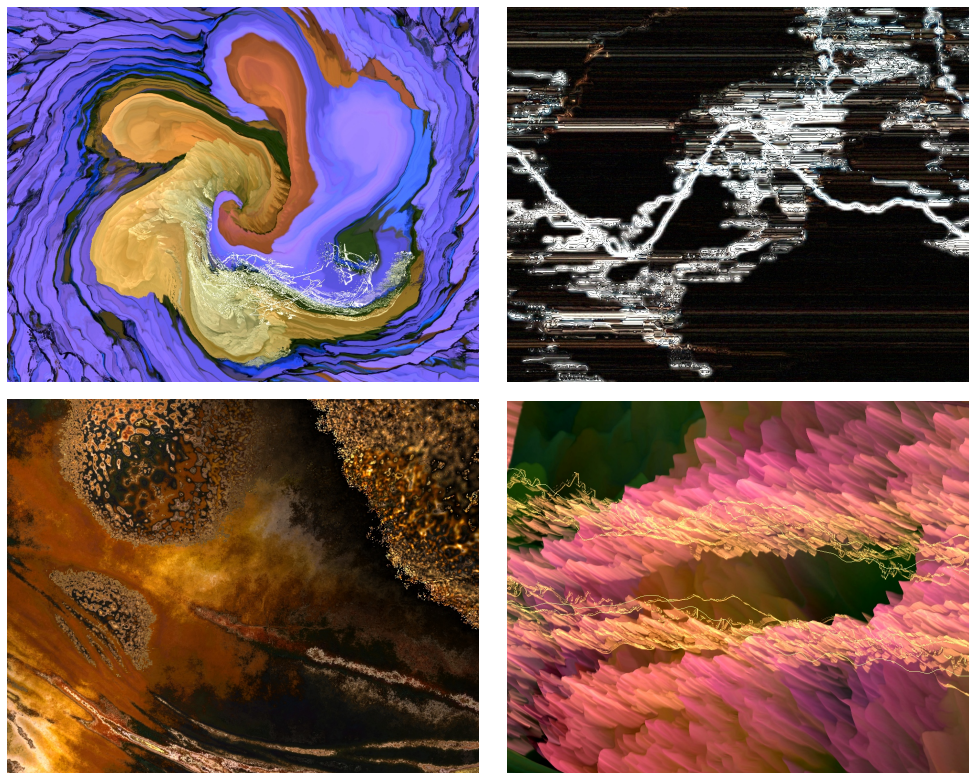
Vizualizace v reálném čase

Některé z následujících projektů slouží i k tzv. živé vizualizaci hudby či zvuku, neboli vizualizace probíhá v reálném čase v závislosti na audio vstupu. Toho využívají převážně umělci na hudebních vystoupeních, pro vizuální ozvláštňení jejich vystoupení. V neposlední řadě to mohou být i programy, které takto vizualizují hudbu jen pro určitého uživatele v jeho hudebním přehrávači na základě jeho právě poslouchané skladby.

3.1 Milkdrop

Prvním ukázkovým projektem je plugin MilkDrop. Ten byl vytvořen Ryanem Geissem již v roce 2001 jako plugin pro program Winamp (program sloužící pro přehrávání hudby). Během poslechu hudby může uživatel sledovat abstraktní vizualizace, které „*tvoří bohatou vizuální pout' zvukem*“ [19]. Při této vizuální pouti jsou uživatelům „*zobrazovány nepřehledné množství psychedelických vizuálních efektů a průletů poslouchanými zvukovými vlnami*“ [19]. Ukázkou¹¹ vizualizace ilustruje obrázek (3.1).

K dosažení tohoto cíle využívá MilkDrop dle dokumentace [20] detekci tzv. beatů¹² a 3D zobrazovací systém, který využívá GPU (grafický procesor) a tzv. pixelové shadery¹³. Tím dosahuje schopnosti tvořit vizualizace v reálném čase a zpracovávat desítky instrukcí pro miliony pixelů obrazovky pro každý snímek.



Obrázek 3.1: Ukázky vizualizace hudby pluginem *MilkDrop*

¹¹Zdroj: <http://www.geisswerks.com/milkdrop/screenshots.html>.

¹²Beatem se rozumí jednotka rytmu hudby případně času.

¹³Program spuštěný na grafické kartě jak uvádí dokumentace OpenGL [21].

3.2 Cymantics

Projektem velmi tématickým pro vizualizace, kde je hudba provázána s reálným prostorem a fyzikou, je projekt Cymantics. Jedná se o videoklip pro stejnojmennou skladbu od autora Nigela Jona Stanforda. Ten se během roku 2013 a 2014 pokusil o experimentální propojení hudby a fyzikálních jevů, kterými bude hudbu vizualizovat. Projekt má několik částí, kde každá stojí za zmínku a to experimenty s: Chladního plátem, tekoucí vodou, tekutinou na reproduktoru, ferrokapalinou¹⁴, plasmovou koulí, Rubensovou trubicí a Teslovou cívkou. V této práci jen podrobněji popíšeme část s Chladního plátem, pro více informací o ostatních částech lze navštívit autorovu stránku [23].

Chladního plát je soustava železné destičky propojené s reproduktorem jak uvádí [23]. Na destičku je nasypán například písek, který se při vibracích plátu přesunuje do specifických vzorů. Nejdůležitějším faktorem je nalezení rezonančních frekvencí daného plátu, jelikož při dosažení těchto frekvencí jsou dané vzory nejostřejší. Pro ukázkou¹⁵ je zde uveden obrázek (3.2).



Obrázek 3.2: Ukázka Chladního plátu s vizuální reprezentací tónu z videoklipu *Cymantics*

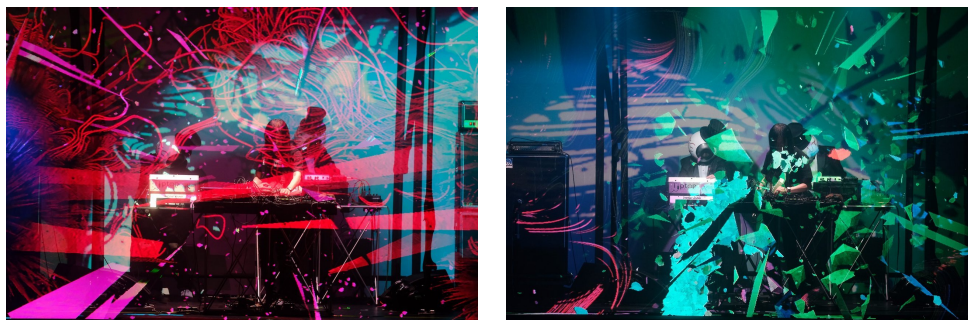
¹⁴Jak uvádí [22] *kapalina, která se stává silně magnetickou v přítomnosti magnetického pole je nazývána ferrokapalinou.*

¹⁵Zdroj: https://nigelstanford.com/Cymantics/Cymatic_Images.aspx.

3.3 Prisma

Dalším projektem, který vizualizuje hudební vstupy, je projekt Prisma. Jedná se o softwarový rozšiřující balíček pro živou vizualizaci hudby a zvuků od Keijira Takahashiho.

Balíček je vytvořen pro program Unity a byl využit například při živém představení Merzbow & XXX Residents v DMM VR divadle v Yokohamě. Balíček obsahuje mnoho různých shaderů a přednastavení pro program Unity a je napsán v jazyce C#. Při vizualizacích využívá tzv. Peprrovaého ducha, uvádí dokumentace projektu [24]. Tento efekt vymyslel vědec John Henry Pepper, který využil skla, kterým lze odrážet osvětlený objekt mimo zorné pole diváka, popisuje [25]. Vzniká poté iluze holografického obrazu, který levituje v prostoru. Ukázka¹⁶ vizualizace a využití této iluze je na obrázku (3.3).



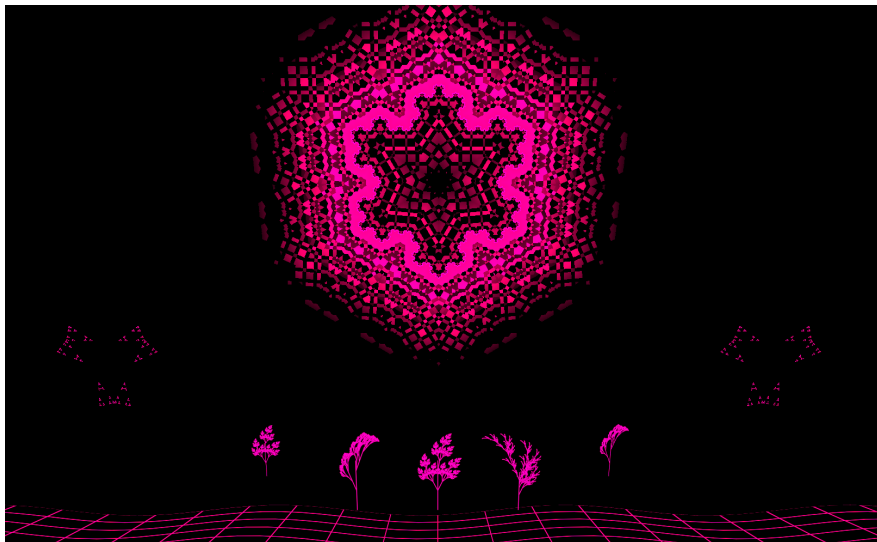
Obrázek 3.3: Vizualizace v prostoru pomocí iluze na plexisklo projektu *Prisma*

¹⁶Zdroj: <https://radiumsoftware.tumblr.com/tagged/vrdgh4>.

3.4 Fraviz

Webovou vizualizací hudby se zabývala i Radka Hošková ve své práci Fraviz [26]. V této práci se zabývá generací fraktálů a jejich využitím pro živou vizualizaci hudby. Fraktály, které se v aplikaci vyskytují, sahají od kaleidoskopické kochovy vločky až po fraktály generované pomocí L-systémů, jak uvádí autorka ve své práci [26].

K tomuto cíli využívá propojení s hudební platformou Spotify pomocí Spotify API. To umožňuje rychlou analýzu přehrávané skladby a vrácení parametrů o dané skladbě. K vizualizaci využívá knihovnu Three.js. Díky ní je možné vytvořit 3D rozhraní ve webovém prohlížeči a využít grafickou akceleraci a tím zvýšit rychlost výpočtů, které jsou pro generování složitých fraktálů zásadní. Ukázkový obrázek¹⁷ fraktálů v projektu Fraviz (3.4).



Obrázek 3.4: Ukázka webové vizualizace projektu *Fraviz*

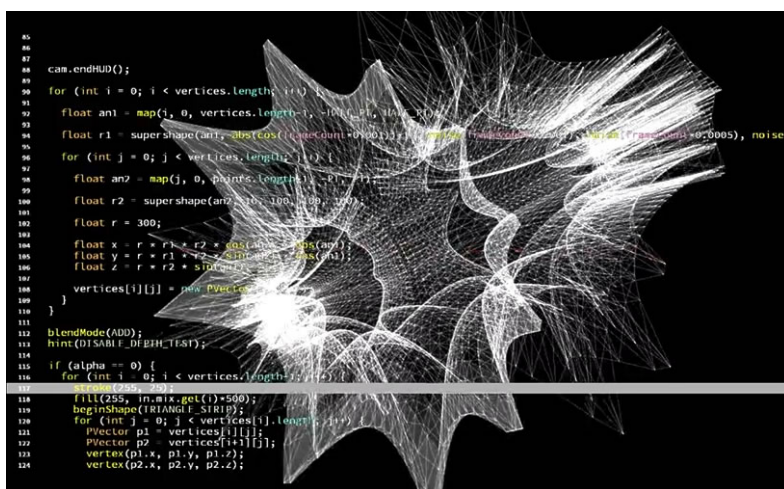
¹⁷Zdroj: <http://fraviz.herokuapp.com/>.

3.5 .superformula

Okolo roku 2003 Johan Geilis předložil tzv. superformuli. Tou jsme schopni popsat mnoho komplexních organických tvarů. Pro zajímavost uveďme, že pro polární souřadnice výsledného tvaru platí dle [27] tato rovnice:

$$r(\theta) = \left[\left| \frac{\cos\left(\frac{1}{4}m\theta\right)}{a} \right|^{n_2} + \left| \frac{\sin\left(\frac{1}{4}m\theta\right)}{b} \right|^{n_3} \right]^{-1/n_1} \quad (3.1)$$

Volba různých a , b , m , n_1 , n_2 a n_3 vyústí v různé výsledné tvary. Tohoto faktu a rovnice využívá Giovanni Muzio přezdívaný Kesson, který tvoří vizualizace živé elektronické hudby s jeho projektem nazvaným .superformula. Ty jsou tvořeny buď za pomoci processingu, či jeho webové varianty P5.js jak uvádí [28]. Zajímavostí je, že vizualizace jsou tvořeny a kódovány zároveň s přehrávající se hudbou a to často i se zobrazeným vývojovým prostředím, ve kterém je vidět kód. K vizualizacím často využívá právě zmíněnou superformuli a jí generované tvary a 3D reprezentace, které mění své parametry v závislosti na právě hrající hudbě. Případně využívá jiné matematické reprezentace geometrických objektů a tvarů k osvěžení koncertního zážitku. Ukázkový tvar tvořen superformulí a hudbou i s kódovým překryvem ilustruje obrázek¹⁸ (3.5).



Obrázek 3.5: Ukázka projektu .superformula

¹⁸Zdroj: <https://codesthesisia.net/p5graphics/lez0-introduzione/live-coding-viso/>.

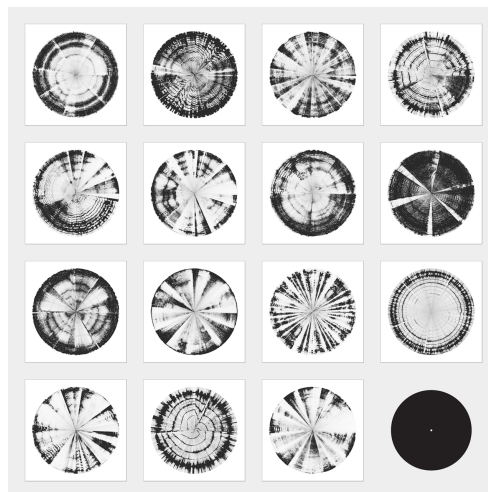
Vizualizace zaznamenané

Druhou obsáhlou skupinou vizualizací, kterou se tato práce zabývá, jsou vizualizace tzv. zaznamenané. Ty jsou velmi často před-připraveny a generují neměnné výstupy. Těmi mohou být kupříkladu fyzické objekty, tisknuté obrazy atp. Této kategorie také nelze využít pro interaktivní vizualizace, jelikož s ní nelze interagovat a v reálném čase měnit výsledky. K tomu může mít autor mnoho důvodů, například časovou či výpočetní náročnost celé vizualizace, která by způsobila velmi velkou prodlevu při zpracovávání v reálném čase, či umělecký záměr, případně požadavek na velkou konzistenci výsledků.

3.6 Hate In-Situ a Sound of Space

Příklady vizualizací, které jsou tzv. zaznamenané, jsou i projekty Hate In-Situ a Sound of Space vytvořené designérem Davidem Mrugalou. Vizualizace využívají stejný vizuální jazyk a to vizualizaci pomocí spektrogramu, který znázorňuje jednotlivé frekvence daného zvuku v závislosti na čase. Ten poté vyobrazují v kruhovém tvaru a tvoří jím reprezentaci daného vstupního zvukového signálu. Vizualizace byly dle [29, 30] vytvořeny pomocí jazyka processing.

Hate In-Situ je projekt zkoumající nenávist a zlost, které jsou vyjádřeny pomocí hlasového projevu a byly nahrávány na festivalu Hate v Korei, jak uvádí [31]. Ty jsou poté převedeny pomocí generativního designu do kruhových obrázků jako například na obrázku¹⁹ (3.6).

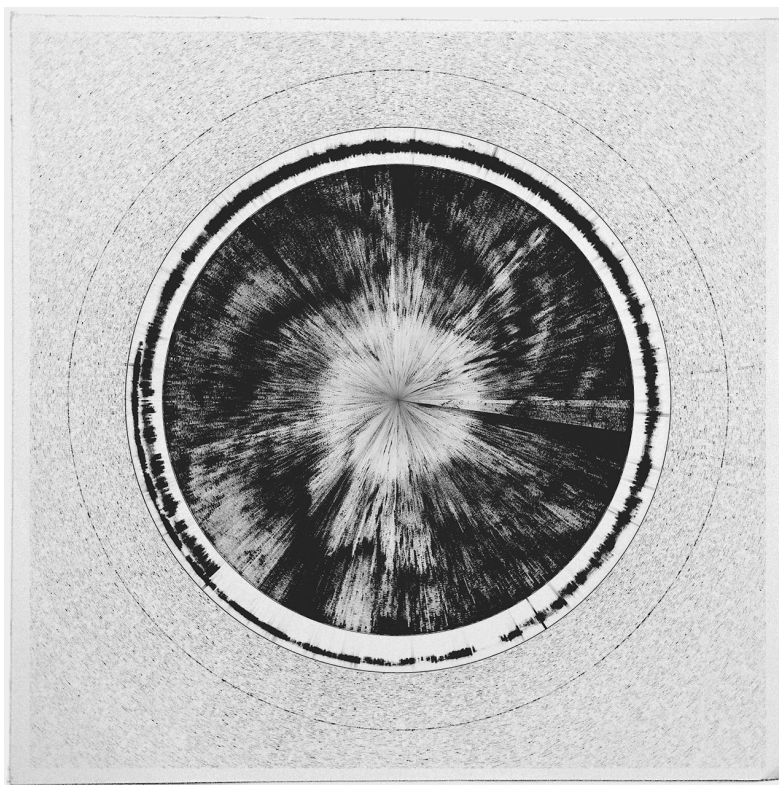


Obrázek 3.6: Audiovizuální vzory nenávisti a zlosti z projektu *Hate In Situ*

¹⁹Zdroj: <https://thedotisblack.com/post/653279288415698944/hate-in-situ-2018-audiovisual-patterns-and-forms>.

3. PŘÍKLADY VIZUALIZACÍ ZVUKU

Oproti tomu projekt *Sound of Space* vizualizuje zvuky různých elektromagnetických interakcí solárních větrů a magnetických polí planet, více informací lze nalézt na webové stránce autora [30]. Ty byly nahrány společnostmi NASA a ESA. Tyto zvuky jsou poté stejně jako v případě *Hate In-Situ* převedeny pomocí jazyka *processing* do vizuální kruhové reprezentace, pro ilustraci je zde uvedena vizualizace²⁰ na obrázku (3.7).



Obrázek 3.7: Koláž Aurory Borealis, Van Allenových pásů a mezihvězdné mise z projektu *Sound Of Space*

²⁰Zdroj: <https://thedotisblack.com/post/662001739207196673/sound-of-space-collage-of-earth-aurora-borealis>.

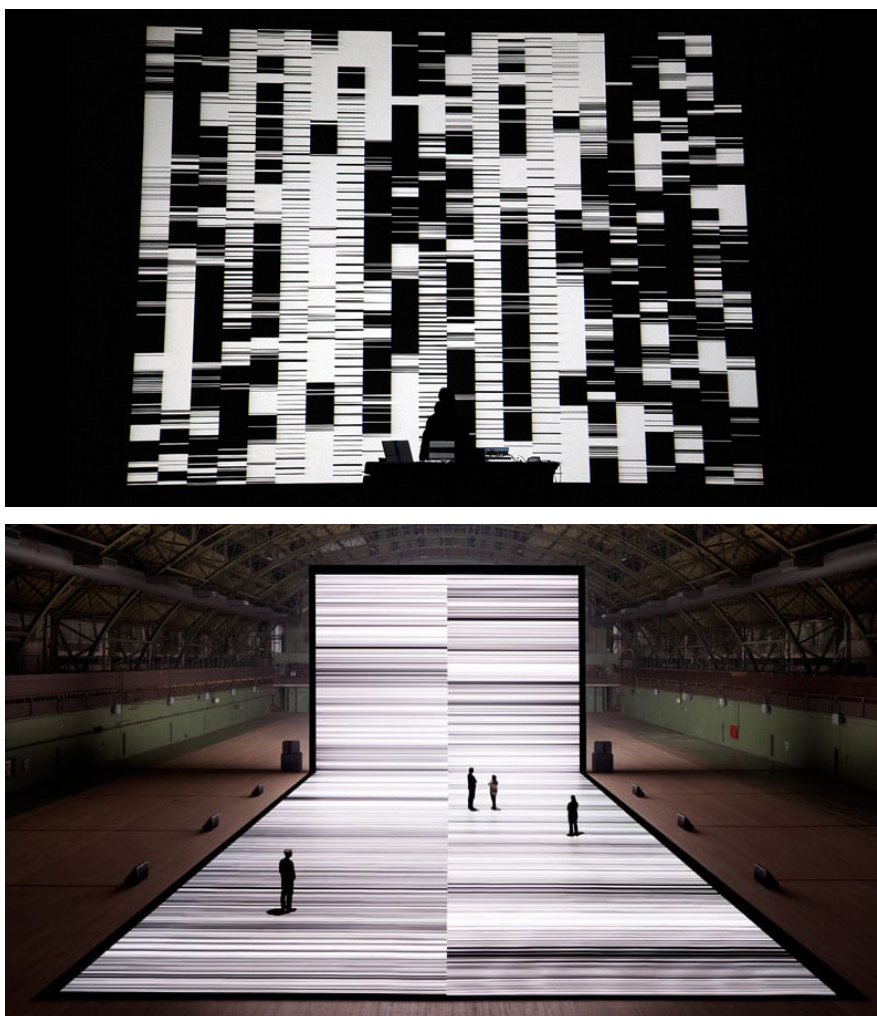
3.7 Test Pattern

Test Pattern projekty patří k velmi ikonickým vizualizacím dat a zvuků. Jeho autorem je Ryoji Ikeda, který začal vizualizovat konvertovaná data počínaje texty a obrazy až po zvuky do binárních abstraktních vzorů již v roce 2008, uvádí autor v [32]. Projekty spojuje abstraktní vyobrazování různých typů dat a jejich provázanost s přívalem zvuků.

K zobrazení v prostoru využívají jednotlivé Test Pattern projekty převážně projektory a monitory. Pro příklad uveďme Test Pattern [n°1], který tvořil vizuální vzory generované z tvaru zvukových vln. Ty byly dle [32] promítány na 8 monitorů a díky tomu blikaly ve velmi vysoké frekvenci. Do celého procesu bylo zakomponováno i 16 reproduktorů, které dotvářely atmosféru tomuto audio vizuálnímu zážitku. Tento první exemplář byl testem této technologie a dopadu zážitku na návštěvníky. Ukázkou²¹ různých verzí projektu ilustruje obrázek (3.8).

²¹Zdroj: <https://elephant.art/ryoji-ikeda-test-pattern/>

3. PŘÍKLADY VIZUALIZACÍ ZVUKU

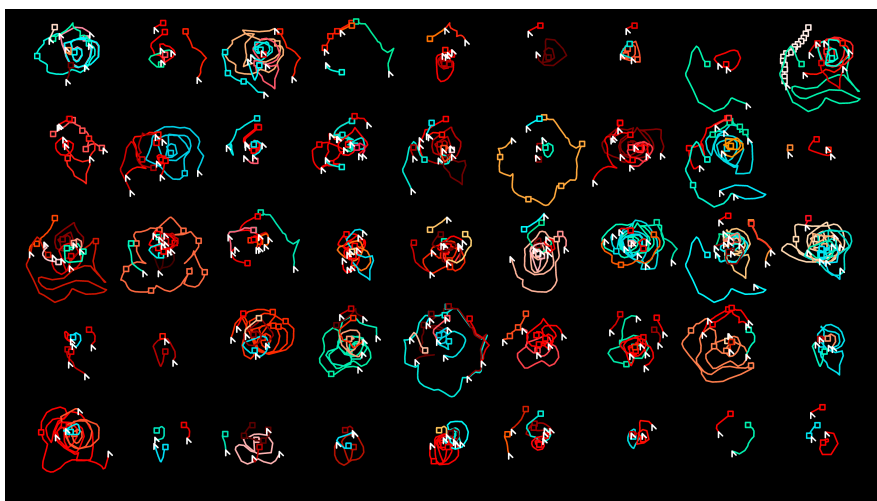


Obrázek 3.8: Ukázky projektů *Test Pattern*

3.8 Repetition a HANGING D

Od polského autora Ksawera Kirlewskiho vzešlo mnoho zajímavých vizuálních experimentů a vizualizací různých témat. Mezi dvě podstatné pro tuto práci se řadí dva hudební videoklipy nazvané Repetition a HANGING D. Obě vizualizace spojuje již několikrát zmíněný jazyk processing ve kterém jsou dle webových stránek projektů [33, 34] vytvořeny. Oba videoklipy transformují hudební vstupy do grafických obrazců od linek přes šipky až po kruhy a čtverce.

Repetiton je novějším přírůstkem do Kirlewskiho rozmanitého portfolia, vznikl v roce 2022 jako videoklip k skladbě Repetition od Svena Helbirga. Jak popisuje autor v [33] „*v mé animaci se snažím vizualizovat evoluci linky, které se vyvíjí v čase. To i s nevyhnutelnými chybami, s cílem státi se růží.*“ K tomuto záměru využívá tzv. machine learning, čili strojové učení²². Jednotlivé fáze modelu během učení kreslení růže jsou poté vizualizovány a synchronizovány s hudbou. Pro ukázkou²³ je zde uveden jeden snímek různých evolucí růží na obrázku (3.9).



Obrázek 3.9: Ukázka projektu *Repetition*

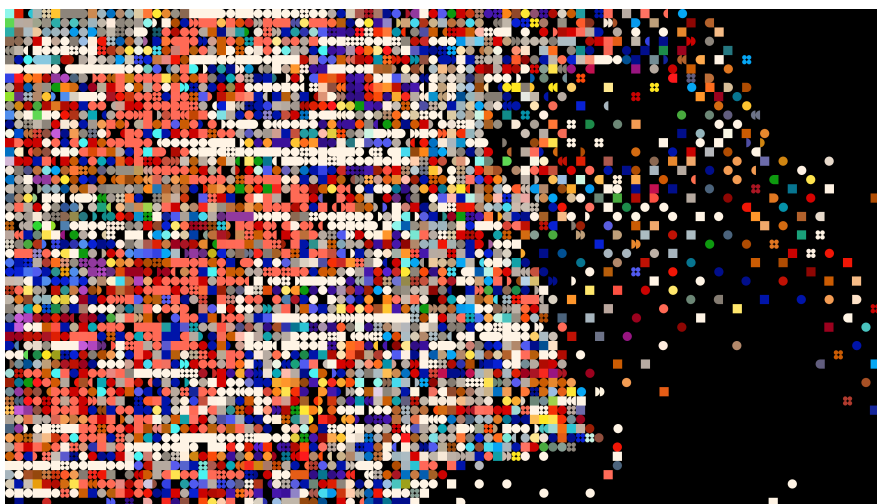
Druhý videoklip ke skladbě HANGING D od Joepa Bevinga, kterou remixoval Max Cooper, inspiroval nápad extrakce dat. Vizualizace využívá mřížkový vzor, kde data (geometrické objekty) proudí z pravé strany na levou. Během jejich pohybu se ve výsledných vzorech objevují různé obrazy a lidské tváře. „*Data která v dnešní době generujeme budou uchována jako archiv historie budoucím generacím. Umožní nám cestovat v čase a rychle projít svým životem zpět*“, popisuje autor [34]. Tento proces cestování zpět a procházení

²²Strojové učení je proces použití matematických modelů dat, pomocí kterých se počítač učí bez přímých instrukcí. Považuje se za součást umělé inteligence, jak uvádí [35].

²³Zdroj: <https://ksawerykomputery.pl/works/repetition>.

3. PŘÍKLADY VIZUALIZACÍ ZVUKU

vzpomínek se autor pokusil zachytit v tomto videoklipu. Celý pohyb pixelů a obrazů poté ovlivňuje hudba, která přináší dynamiku (cestování zpět v čase), rytmus a barevné změny do výsledné vizualizace. Uživatel je tedy vtažen do tohoto průletu do minulosti. Ukázkou²⁴ pohledu na obličej ovlivněný hudebním doprovodem a cestou zpět v čase lze nalézt na obrázku (3.10).



Obrázek 3.10: Ukázka fragmentu vzpomínky v klipu *HANGING D*

²⁴Zdroj: <https://ksawerykomputery.pl/works/hanging-d>.

3.9 Crystallize

Pro úplnost ukázky vizualizačních projektů je nutné zmínit i výstavu Crystallize od tvůrce Tokujina Yoshioky. Ta byla umístěna v muzeu současného umění v Tokiu na přelomu roku 2013 a 2014. „*Sestávala se z krystalických soch a útvarů abstraktních tvarů dříve nevídaných*“ [36].

Pro tuto práci je zajímavým převážně dílo Swan Lake. V tomto díle byly krystaly umístěné do skleněné nádoby, kde byly během svého růstu vystaveny skladbě Labutí jezero od Petra Iljiče Čajkovského. Jak uvádí článek [37], tato hudební expozice trvala po dobu 6 měsíců, během nichž jemné vibrace vzduchu a vibrace uvnitř krystalů způsobené zvukovým zdrojem proměnily výsledný vzhled krystalů velmi razantním způsobem. Tímto procesem krystaly svým způsobem vizualizovali skladbu jim pouštěnou a vzniklo několik výsledných krystalických soch, jejichž ukázky²⁵ lze nalézt na obrázku (3.11).

²⁵Zdroj: <https://www.yatzer.com/crystallize-tokujin-yoshioka-mot>.

3. PŘÍKLADY VIZUALIZACÍ ZVUKU



Obrázek 3.11: Ukázka skulptur *Swan Lake* z výstavy *Crystallize*

Část II

Realizace

Analýza možností realizace

Analýzu uměleckých děl a projektů nelze zcela pojmout pouze objektivním pohledem, v mnoha případech je jejich více i méně skrytým cílem vyvolat určité pocity, jež jsou zcela subjektivní záležitostí. Proto se v této následující kapitole budeme věnovat jen rozboru užitých technologií výše zmíněných vizualizačních projektů, které by mohly být vhodné pro naši audio vizualizaci.

4.1 Požadavky aplikace

Abychom měli lépe definovanou námi očekávanou funkčnost a prvky naší aplikace, je však nutné detailněji popsat tyto takzvané funkční a nefunkční požadavky na výslednou aplikaci.

Funkční požadavky

První skupinou, kterou detailněji rozvedeme, je skupina funkčních požadavků. V naší aplikaci můžeme definovat dva hlavní funkční požadavky a to:

Zobrazení a generace vizualizace zvířecích zvuků

Hlavním funkčním požadavkem je generování vizualizace z právě přehrávaných zvuků. Zvukovými zdroji budou v našem případě zvířecí zvuky vyhynulých a ohrožených druhů.

Generování plakátů s vizualizací

Sekundárním funkčním požadavkem na aplikaci je umožnit uživateli vygenerovat plakát ve formátu A2 obsahující generativní prvky a především uživatelovu vizualizaci. Tento plakát si poté uživatel může stáhnout a vytisknout.

Nefunkční požadavky

Druhou kategorií, kterou v našich požadavcích nelze opomenout, jsou požadavky nefunkčního charakteru. Mezi ně můžeme zařadit následující dva:

Webová dostupnost aplikace

Prvním nefunkčním požadavkem je dostupnost aplikace na webové platformě. Zároveň by měla být kompatibilní s webovými prohlížeči Firefox a Chrome na mobilních i desktopových zařízeních.

Vzbuzení negativní emoční reakce

Druhým nefunkčním požadavkem, který vyplývá z hlavní myšlenky aplikace, je vzbuzení negativních emocí u uživatele, tím hlavním je především úzkost z vymírání druhů.

4.2 Technologické možnosti

V následující sekci si analyzujeme, jaké technologické možnosti máme k dispozici pro tvorbu výsledné aplikace. Vzhledem k našemu prvnímu nefunkčnímu požadavku, jež požaduje webovou dostupnost vizualizace, budou technologie k možné realizaci omezené jen na tento cílený sektor. Pro tvorbu vizualizace bychom tedy mohli využít například následující vybrané knihovny, jazyky a programy popsané níže v této sekci.

JavaScript

První možností, která připadá v úvahu, je využít pouze samotný skriptovací jazyk, který se nachází na většině webových stránek a tím je jazyk JavaScript. Využít jej lze v našem případě k manipulaci plátna, ve kterém budeme tvořit vizualizaci, zvukových elementů stránky pro přehrávání audio stop zvířat a ovládání uživatelského rozhraní vizualizace.

- Vybrané výhody řešení jsou následující:
 - + Nezávislost na knihovnách, které mohou mít chyby a v první řadě zvyšují velikost dat, které uživatel při navštívení stránky bude muset stahovat.
 - + Jazyk JavaScript je kompatibilní s většinou webových prohlížečů a zařízení, tudíž má velkou uživatelskou základnu.
 - + V teoretické rovině může být požadovaná funkce rychlejší, nežli její obdobná implementace v knihovnách.

- Nevýhodami řešení je:
 - Vykreslování na plátno je nutné napsat zcela od začátku, což může být více časově náročné pro implementaci všech požadavků na vizualizaci oproti již implementovanému vykreslování v různých knihovnách.
 - Analýza audia pro vykreslování pomocí metody FFT musí být také řešena svépomocí bez ulehčení určitou úrovní abstrakce, kterou nám zprostředkovávají knihovny.

Three.js

První knihovnou pro jazyk JavaScript, kterou by bylo vhodné pro tvorbu naší vizualizace uvážit, je Three.js. Pro jeho základní popis uveďme, že využívá WebGL aplikační rozhraní, které umožňuje využít grafickou akceleraci na grafické kartě pro zobrazování výsledků. Pro svou vizualizaci fraktálů jej například vybrala i Radka Hošková s již zmíněným projektem Fraviz.

- Některé výhody knihovny jsou následující:
 - + Díky WebGL rozhraní patří ve vykreslování k jedněm z nejrychlejších knihoven pro webové stránky. Proto je využívána mnohými velkými i malými společnostmi pro různorodé druhy aplikací a vizualizací.
 - + Podporuje primárně 3D grafiku a shadery v jazyce GLSL, díky tomu by naše vizualizace mohla využívat dalšího rozměru pro větší vtažení uživatele do vizualizace.
 - + Jedná se již o několik let vyvíjenou knihovnu, která je stabilní a dobře testovaná díky své velké uživatelské základně.
 - + Velikost minimalizované knihovny je kolem 500kB. V případě naší vizualizace se tento objem dat vejde do našeho limitu, obzvláště když je nutné uživatelem stáhnout zvukové soubory o celkové velikosti několika MB.
- Vybraná nevýhoda při užití této knihovny:
 - Díky hlavnímu zaměření knihovny na 3D grafiku jsou některé konstrukty pro vytváření 2D grafiky zdlouhavé a časově náročnější na vytvoření vůči jiným knihovnám či čistému JavaScriptu.

Unity

Poměrně zajímavou alternativou čistému JavaScriptu, či jeho knihovnám, je herní engine Unity. Ten je primárně určen pro vývoj počítačových a konzolových her, obsahuje však i modul pro vývoj webových aplikací a her, který lze využít pro vizualizace na webových stránkách. Tento engine použil již zmíněný Keijirio Takahashi s jeho vizualizačním projektem Prisma.

- Vybrané výhody řešení jsou:
 - + Engine již obsahuje velmi komplexní řešení pro kreativní vizualizace a projekty. Není proto nutné soustředit se na vývoj řešení kupříkladu pro přehrávání audio stop či podobně.
 - + Díky původnímu určení Unity, kterým je multiplatformí herní engine, by šlo naši vizualizaci šířit i na jiných platformách než jen na webové, a to s velmi malým odporem zvolené technologie a velké rychlosti takového procesu.
 - + Engine je určen jak pro 3D tak i pro 2D grafiku, je tedy možné velmi jednoduše kombinovat tyto dvě zobrazovací techniky.
 - + Vysoká rozšiřitelnost. Díky velkému množství dostupných rozšíření a obsáhlé technologii .NET, na které je Unity založeno, je možné vizualizaci rozšířit s relativní lehkostí o vlastnosti, které by jinak byly velmi složité na implementaci, například kooperativní vnímání zážitku a podobně.
- Některé nevýhody řešení jsou:
 - Díky faktu, že se jedná o herní engine a ne o specifickou knihovnu, je velikost stahovaného balíčku pro uživatele násobně větší. To bohužel ve stínu okolností, ve kterých bychom mnoho vlastností tohoto enginu nevyužili a tím tedy plýtvali drahocenným časem uživatele, který by musel tyto nevyužité části stahovat.
 - Některé konstrukty se dají napsat mnohem jednodušeji v čistém JavaScriptu, nežli budou v překompilované verzi naší vizualizace z enginu Unity.
 - Webové rozšíření Unity nemá dostatečně velkou kompatibilitu s mobilními zařízeními, tím pádem bychom omezili výrazné části uživatelů přístup k naší vizualizaci.

P5.js

Poslední zmiňme možnost JavaScriptové knihovny s názvem P5.js. Knihovna je zaměřena primárně na umělce, kteří se chtějí soustředit na vizuální a uměleckou stránku svého projektu, ale nezabývat se různými nuancemi spojenými

s čistým programováním v JavaScriptu. Jedná se o webovou adaptaci knihovny Processing, která je vyvinuta pro jazyk Java. Představitel této technologie je například zmíněný projekt HANGING D od Ksawera Kirlewského, ten jej sice vytvořil v knihovně Processing, ale ten je jak již zmíněno veskrze tou samou knihovnou. Druhým představitelem je projekt .superformula, který byl vytvořen přímo v knihovně P5.js.

- Zvolené výhody knihovny:
 - + Hlavní výhodou je abstrakce konceptů práce s HTML plátnem webové stránky. Tím umožňuje se více soustředit na vizuální stránku dané vizualizace a uměleckou direkci daného projektu.
 - + Knihovna má značně velkou komunitu vývojářů a umělců, díky které k ní existuje mnoho různých zdrojů aktualizací a modifikací.
 - + Díky adaptaci knihovny Processing s ní sdílí skoro veškeré technické koncepty a tím propojuje tyto dva světy, neboli co bylo vytvořeno v Processingu jde s velmi vysokou pravděpodobností vytvořit v P5.js.
 - + Knihovna obsahuje rozšíření pro práci s audio elementy webové stránky a jejich snadné ovládání.
- Vybrané nevýhody jsou:
 - Vzhledem k převážnému zaměření knihovny na 2D grafiku (i přestože existuje možnost tvorby ve 3D) existují o poznání vhodnější alternativy pro tvorbu 3D grafických vizualizací.
 - Se svojí velikostí minimalizované knihovny okolo 800kB nepatří k nejmenším. Znovu ale platí, že v našem případě uživatel musí stáhnout velký balíček se zvukovými soubory o velikosti několika MB.

4.3 Závěr

Po uvážení všech možností jednotlivých technologických řešení padlo rozhodnutí využít knihovnu P5.js pro zobrazování vizualizace a kontrolu audio elementů v kombinaci s čistým JavaScriptem pro kontrolu UI celého zážitku. Toto rozhodnutí zajistí maximální možnost soustředit se na vizuální a uměleckou stránku celého projektu, zároveň však zajišťující maximální možnou kompatibilitu a rozšiřitelnost celého řešení splňující funkční i nefunkční požadavky.

Zároveň byla pro vizualizaci zvolena 2D reprezentace, ve které P5.js oproti jiným řešením exceluje. Tímto se ochuzujeme o ulehčení v případném rozšíření do 3D prostoru, to ale není v blízké budoucnosti projektu plánováno.

4. ANALÝZA MOŽNOSTÍ REALIZACE

V poslední řadě využití P5.js bude zajištěna i budoucí rozšiřitelnost aplikace na jiné nežli webové platformy a to například pomocí frameworku Flutter či Electron, které umožňují vytvářet aplikace i pro jiné nežli webové platformy.

Návrh

Vzhledem ke zpracované analýze hlavních technologií, které mohou být využity pro implementaci technického řešení, nám zbývá otázka návrhu jednotlivých částí celého našeho prototypu výsledné vizualizace. Této oblasti se tedy podrobněji věnujeme v následující kapitole.

5.1 Případy užití

První otázkou, kterou si můžeme položit, je: „Proč, či co bude uživatel s vizualizací provádět?“ Pro odpověď na tuto otázku je nutné definovat jednotlivé aktivity uživatele a za jakým účelem, či cílem je uživatel plní. Pro úplnost dodejme, že hlavní a jedinou postavou je pro nás uživatel, jelikož vizualizace neobsahuje žádné rozhraní pro administraci, či jiná rozhraní, díky kterým by existovaly osoby s jinými cíli a případy užití. Pro lepší ilustraci uvedme pár hlavních příkladů takových případů užití.

Prožití zážitku

Hlavním cílem uživatele je projít naši audio vizualizaci a prožít určitý zážitek, jak je uvedeno i v hlavním funkčním požadavku. V iniciální moment uživatel stále neví, co se ve vizualizaci odehrává, či co jej čeká na jejím konci. Po jejím úspěšném projití je uživateli krom prožitku a předání hlavní filosofické myšlenky projektu nabídnuto i stažení několika generovaných plakátů dle druhého funkčního požadavku, které obsahují jeho vizualizaci, kterou vytvořil přehráváním různých zvuků zvířat. Ukázky plakátů lze nalézt na obrázcích (D.1, D.2 a D.3).

Scénář zážitku

1. Scénář začíná při navštívení webové stránky a stažení vizualizace uživatelem.
2. Uživatel je uvítán obrazovkou s názvem projektu a tlačítkem pokračovat.
3. Po kliknutí na pokračovat je uživateli prezentováno hlavní menu s možností výběru biomu, ze kterého budou načteny zvuky jednotlivých zvířat.
4. Uživatel vybere požadovaný biom dle jeho preferencí.
5. Při prvním spuštění je uživateli prezentován na několik sekund návod na ovládání vizualizace.
6. Následuje vlastní audio vizualizace, při které jsou uživateli prezentována tlačítka, kterými přehraje určitý zvuk zvířete. Zároveň se přehrává ambientní zvuk pro daný biom (ruch stromů atp.).
7. Uživatel přehrává zvuky pomocí tlačítek.
8. Postupně jsou jednotlivá tlačítka skrývána před uživatelem, tím reprezentují vymření daného druhu a zamezení jejich dalšího přehrávání pro uživatele. Tento fakt je symbolizován i na časové ose zážitku okolo vizualizace.
9. Postupem času vymřely všechny nabízené druhy a uživatel je na malý časový úsek ponechán jen s ambientním zvukem daného biomu, aby mohl pocítit nastalou změnu díky absenci zvířecích zvuků.
10. Zážitek končí a uživateli je prezentována hlavní myšlenka projektu o vymírání druhů a nemožnosti slyšet jím vytvořenou symfonii zvuků ve volné přírodě.
11. Poslední fází je zobrazení stažitelných plakátů, které mají motivovat uživatele opakovat zážitek, či si vyzkoušet jiné biomy. Zároveň jsou uživateli mementem, aby pamatoval na globální vymírání druhů.

Opakování zážitku

Druhým důležitým případem užití je opakování zážitku po jeho prvním spuštění. Jelikož si již uživatel prošel celým zážitkem, ví co jej čeká a jak celý zážitek funguje, může se rozhodnout jej zopakovat. Pro toto rozhodnutí může mít několik důvodů a to primárně:

- Poslech jiného biomu a jeho specifických zvířat.
- Poslech stejného biomu, jelikož si uživatel nestihl poslechnout všechny zvuky či jen pro jinou kombinaci zvuků.
- Mít jinou vizualizaci na výsledných plakátech.

Scénář opakování zážitku

1. Scénář začíná při ukončení zážitku a zobrazení výsledných generovaných plakátů.
2. Uživateli je prezentována možnost stáhnout plakát, či se vrátit do menu.
3. Uživatel se vrací do menu po kliknutí na tlačítko.
4. Znovu je konfrontován s volbou biomu.
5. Uživatel zvolí požadovaný biom.
6. Jelikož se nejedná o první spuštění není uživateli zobrazován tutoriál, zobrazuje se místo něj rovnou vlastní audio vizualizace s tlačítky zvířat a začne se přehrávat ambientní audio.
7. Scénář poté pokračuje stejně, jako při prožití zážitku od kroku 6.

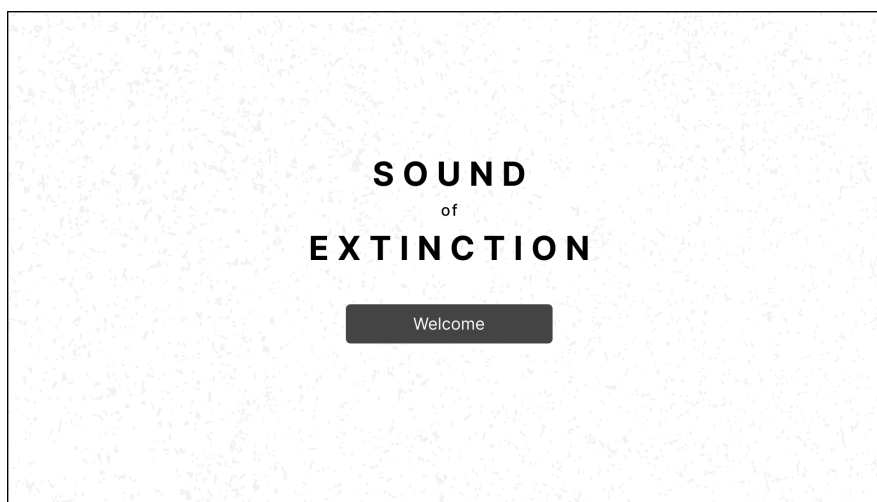
5.2 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní je v rámci celé vizualizace značně simplistické a čisté, primárně z důvodu co nejrychlejšího pochopení pro uživatele a nepřehlušení samotné vizualizace. Až na vizualizaci se jedná jen o tlačítka s různými výstižnými texty, či ikonami a texturou na pozadí.

Níže v textu je přiložen i celkový wireframe návrh s jednotlivými možnostmi průchodu a interakcí v rámci uživatelského rozhraní v rámci jednotlivých scénářů. Vzhledem k lineárnosti celého zážitku je wireframe vcelku jednoduchého charakteru. Hlavní komponenty wireframu jsou v příloze C na obrázcích (C.1, C.2 a C.3).

Úvodní obrazovka

Intro Screen



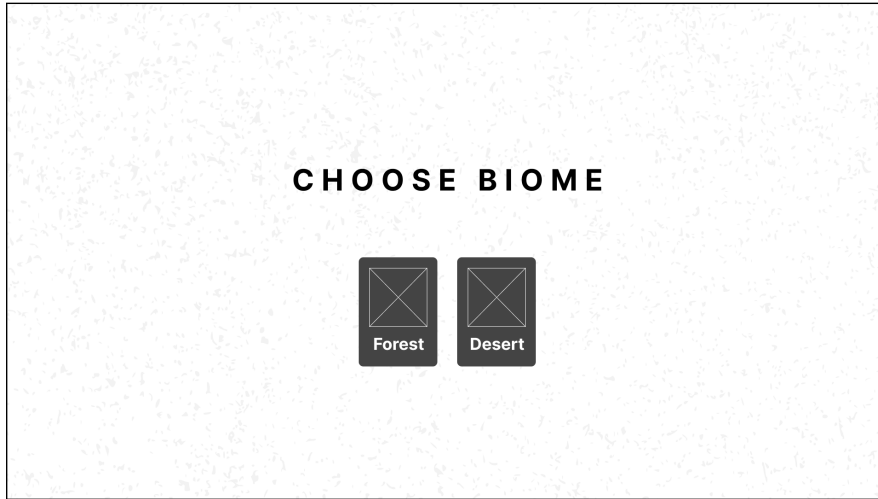
Obrázek 5.1: Wireframe obrazovky pro uvítání uživatele

První obrazovkou po načtení aplikace, která uvítá uživatele, je tzv. Intro Screen k nahlédnutí na obrázku (5.1). Obrazovka obsahuje název projektu v anglickém jazyce „SOUND of EXTINCTION“ neboli „ZVUKY VYHYNUTÍ“. Druhým elementem, který uživatel na obrazovce nalezne, je tlačítko, které po kliknutí přemístí uživatele na obrazovku s výběrem jednotlivých biomů.

Uvítací obrazovka

Výběrem biomu se zabývá obrazovka Welcome Screen na obrázku (5.2). Hlavním elementem na obrazovce jsou tlačítka, která slouží pro výběr jednotlivých

Welcome Screen

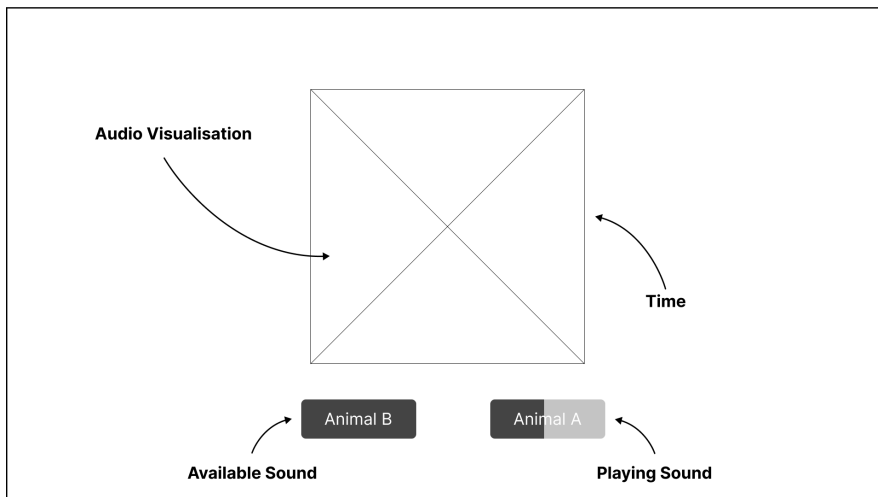


Obrázek 5.2: Wireframe obrazovky pro výběr biomu

biomů. Tlačítka obsahují název biomu a výstižnou ikonu, která daný biom reprezentuje. Po interakci uživatele s tlačítkem je daný biom zvolen a aplikace pokračuje tutoriálem (pokud uživatel poprvé spustil aplikaci), nebo již následuje vizualizace.

Obrazovka s tutoriálem

Tutorial Screen



Obrázek 5.3: Wireframe obrazovky s tutoriálem

5. NÁVRH

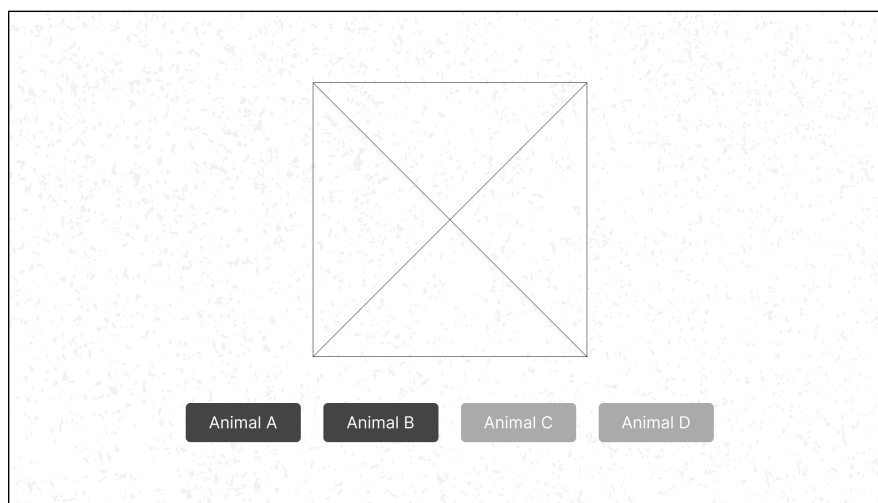
Pokud uživatel spustil aplikaci poprvé, je mu zobrazena obrazovka s tutoriálem, ta mu má představit základní koncepty v nadcházející vizualizaci. Představení probíhá pomocí vysvětlivek, které vedou k jednotlivým částem vizualizace, vysvětlivky jsou následující:

- Vysvětlivka pro samotnou audio vizualizaci.
- Vysvětlivka pro čas zážitku.
- Vysvětlivka pro dostupné zvuky k přehrání (vyplněné tlačítko).
- Vysvětlivka pro právě se přehrávající zvuk (načítající se tlačítko).

Tutoriál je zobrazen po dobu 10 sekund a poté automaticky přechází ve vizualizaci. Obrazovka s tutoriálem je k nalezení na obrázku (5.3).

Obrazovka s vizualizací

Visualisation Screen



Obrázek 5.4: Wireframe obrazovky s vizualizací

Samotnou vizualizaci obsahuje obrazovka Visualisation Screen, její wireframe naleznete na obrázku (5.4), výsledný finální design je k nahlédnutí na obrázku (5.5). První vrstvou tohoto návrhu je umožnit jednoduché předání informací týkajících se zážitku uživateli a to primárně:

- Čas zážitku, či zbývajícím čas, ten je znázorněn pomocí kruhové časové osy a spektrogramu, který se postupně kruhovitě načítá, jak vizualizace plyne.

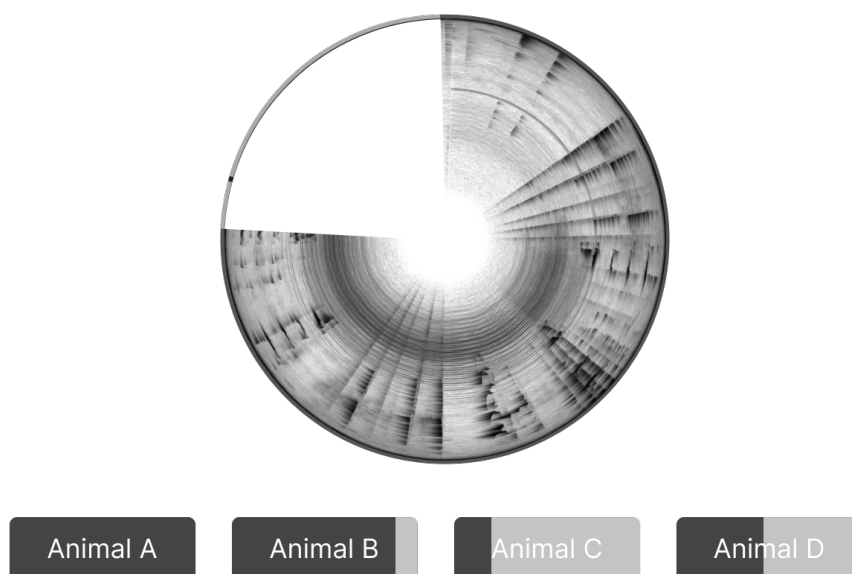
- Zvuky, které jsou připraveny na spuštění, ty jsou znázorněny jako vyplněná tlačítka.
- Zvuky právě přehrávané, ve vizualizaci znázorňujeme pomocí postupně se vyplňujícího tlačítka, které předává uživateli informaci o době do dalšího možného spuštění daného zvuku.
- Časy vymření zvířat jsou znázorněny pomocí milníků na kruhové časové ose, ty jsou reprezentovány tmavě šedými značkami. Podobným způsobem jsou například znázorněny kapitoly ve videopřehrávačích.

Druhou vrstvou tohoto návrhu je jistá symboličnost a umělecká vize, tu lze shrnout do několika následujících bodů:

Čas v zážitku je převážně uživateli znázorněn pomocí vyplňujícího se kruhového spektrogramu. Jeho kruhovitost není náhodná, ba naopak, podobnost s hodinami je záměrem. Reprezentují ubíhající čas, který se každým dnem krátí pro naše vymírající a ohrožené zvířecí druhy na planetě Zemi.

Země druhou silnou ekologickou symbolikou je vizuální mapování spektrogramu a jeho zvuků, které připomíná grafiky průřezu planetou Zemí. Na ní stále žijí, či již bohužel žily ony ohrožené druhy, kterým uživatel právě naslouchá.

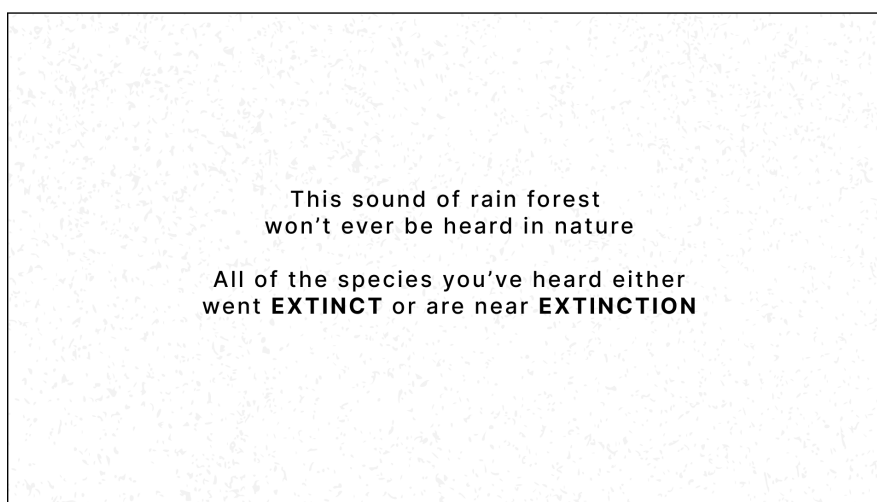
Saturace celé uživatelské rozhraní je bezbarvé a využívá jen stupně šedi, symbolizuje tedy dopad vymírání druhů, jež zapříčiňuje ztrátu variety (barevnosti) jejich domovských biomů a tím i ztrátu rozmanitosti planety Země pro každého z nás.



Obrázek 5.5: Návrh výsledné vizualizace s ovládacími tlačítky

Obrazovka s mementem

Message Screen



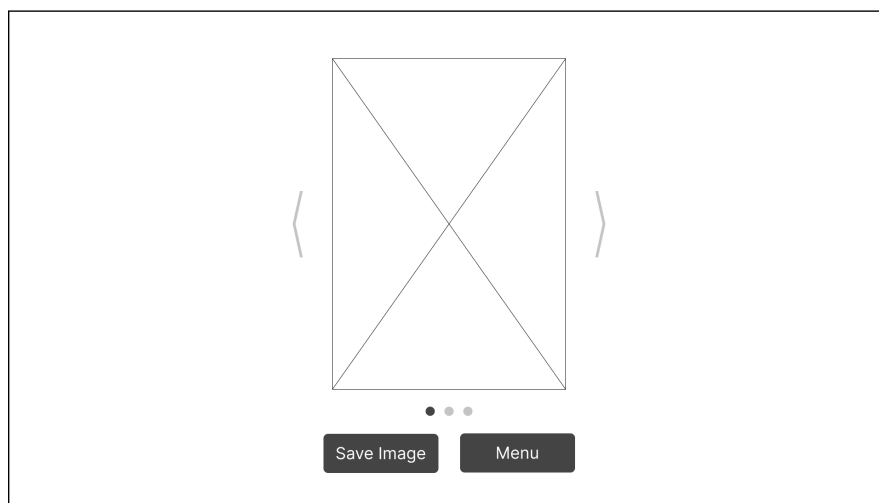
Obrázek 5.6: Wireframe obrazovky s mementem uživateli

Obrazovka, která je uživateli zobrazena po dokončení vizualizace, je tzv. Message Screen, wireframe k nahlédnutí na obrázku (5.6). Ta obsahuje generovaný text, dle zvoleného biomu, a slouží jako výstraha uživateli a rovněž od-

haluje hlavní myšlenku a smysl vizualizace. Obrazovka je uživateli zobrazena po každém dokončení vizualizace a to na dobu 10 sekund, poté automaticky přechází do finální obrazovky s výběrem plakátů.

Konečná obrazovka

Finish Screen



Obrázek 5.7: Wireframe obrazovky s plakáty ke stažení pro uživatele

Poslední obrazovkou, která je prezentována uživateli, je obrazovka s názvem Finish Screen, její návrh je na obrázku (5.7). Ta slouží pro stažení a výběr výsledných plakátů generovaných aplikací. K výběru plakátu může uživatel využít šipky, které výběr posouvají vlevo, či vpravo. Druhým způsobem jsou tečky pod plakátem, kterými lze vybrat plakát dle jeho indexu. Pro stažení slouží tlačítko s textem „Save Image“, které uživateli stáhne právě vybraný plakát. Posledním elementem na této stránce je tlačítko pro návrat k zvolení biomu a opakování zážitku.

5.3 Technologie a nasazení

Jelikož naším nefunkčním požadavkem je vytvořit webovou aplikaci pro vizualizaci zvuků, je nutné zmínit i několik technologií, které k dosažení tohoto cíle budou nutné. Prototyp tedy bude využívat následující technické řešení, programovací jazyky a knihovny.

HTML5 a CSS3

Prvním nepostradatelným jazykem pro webové aplikace je jazyk HTML, v našem případě ve verzi 5. Ten zajišťuje možnost přehrávat zvukové zdroje a realizovat plátno pro vykreslování s vysokou kompatibilitou na mnoha platformách.

Druhým jazykem neodlučitelným od moderních webových aplikací je jazyk CSS ve verzi 3. Díky němu můžeme splnit veškeré grafické požadavky na uživatelské rozhraní aplikace, které bude responzivní na různých platformách a zařízeních.

JavaScript a P5.js

Skriptovacím jazykem, kterým budeme ovládat uživatelské rozhraní a celý chod aplikace, bude jazyk JavaScript, který je běžnou součástí webových aplikací. Zároveň nám umožní efektivně reagovat na případné budoucí rozšíření aplikace a to díky jeho kompatibilitě, také pro něj existuje značné množství knihoven a rozšíření. Pro vizualizaci poté bude využita knihovna výše zmíněná a to P5.js, která zajistí finální vykreslování vizualizace, práci s audiem a generování výsledných plakátů.

Heroku

Jelikož se jedná o webovou vizualizaci, je nutné ji určitým způsobem distribuovat uživatelům. K tomu jsme zvolili platformu Heroku, která umožňuje nasazení webové aplikace v propojení s naším verzovacím systémem GitHub. Zároveň se jedná o velmi rychlou platformu, kde nasazení trvá v řádu několika málo minut. Podporuje https protokol, který je nutný pro správný chod audio části knihovny P5.js. Naše výsledná vizualizace je dostupná na adrese: <https://sound-of-extinction.herokuapp.com/>.

Závěr

Díky její jednoduchosti jsme se k distribuci výsledné webové aplikace rozhodli využít platformy Heroku, která splňuje veškeré požadavky, které na ní klademe. Zároveň k implementaci využijeme webové technologie HTML5 a CSS3, díky kterým budeme schopni implementovat uživatelské rozhraní. Pro vizualizaci a generování plakátů dle funkčních požadavků nám poslouží knihovna P5.js a čistý skriptovací jazyk JavaScript.

Implementace

Implementace prototypu probíhala dle popsaného návrhu bez větších úskalí či ústupků, a to až na použití knihovny jQuery pro snadnější animování HTML elementů. Jedinou částí, která v prototypu není z časových důvodů kompletně implementována, je responzivita na mobilních zařízeních. Proto si v následující krátké kapitole jen zmiňme pár zajímavostí, které souvisí s implementací naší webové vizualizace. Veškeré zdrojové kódy práce jsou k dispozici na veřejném GitHub repozitáři²⁶.

6.1 Zvuky zvířecích druhů

Zajímavým aspektem bylo získávání samotných zvuků zvířat, která jsou blízko vyhynutí, nebo již vyhynula. Tento problém je mnohem komplexnější, než se v návrhové fázi zdálo, a hlavním faktorem v tomto problému je čas. Většina druhů totiž vyhynula během dob, kdy je nebylo možno zaznamenat, či je pouze nikdo nezaznamenal. Proto jsme museli rozšířit naše kritérium pro výběr na nejenom již vyhynulé druhy, ale i na druhy kriticky ohrožené a velmi blízko vyhynutí. I přes tento ústupek zůstává hlavní myšlenka projektu zachována a dává nám k dispozici více audio zdrojů.

Cesta za nalezením kvalitních nahrávek s permissivními licenčními podmínkami a zároveň druhů, které nás zajímaly patřila k lehce náročnějším. Kontaktovali jsme několik vědeckých pracovníků²⁷ z různých institucí zabývajících se vyhynulými druhy, ti nás bohužel jen často odkazovali na nám již známé stránky. Mezi hlavní zdroje, ze kterých jsme čerpali do tohoto prototypu, patří archiv zvířecích zvuků Muzea přírodní historie v Berlíně, ten obsahuje přes 120 000 nahrávek zvířecích zvuků. Zároveň se v něm nachází nahrávky druhů, které již vyhynuly, či jsou velmi blízko vyhynutí, případně kriticky

²⁶<https://github.com/KrystofSuk/sound-of-extinction>

²⁷Davida Labského, Mgr. Jaroslava Cepáka, Ph.D., Mgr. Radka Šandu, Ph.D. a RNDr. Jana Huška, Ph.D.

ohrožené. Díky obsáhlé a dlouhodobé vědecké práci jsou některé nahrávky i ze 70. let minulého století a mnoho jich je i staršího data. Velká část zvuků je zároveň pod permissivními licencemi různých podtypů licence CC, které vyhovují potřebám naší práce. Archiv lze nalézt na webové adrese: <https://www.tierstimmenarchiv.de/>.

Dalšími zdroji, které dozajista stojí za zmínku a to i přes to, že jsme je pro náš případ nepoužili, ale mohou posloužit při případném rozšíření našeho prototypu jsou:

- Xeno-canto, archiv nahrávek ptactva a jejich zvukových projevů. Obsahuje některé ohrožené, či vyhynulé druhy, lze najít na adrese: <https://www.xeno-canto.org/>.
- British-wildlife-recordings, britský archiv nahrávek různých zvuků zvířat, lze navštívit na adrese: <https://sounds.bl.uk/Environment>.
- Macaulaylibrary, ornitologický archiv zvuků. Lze v něm najít některé ohrožené, či vyhynulé druhy, naleznout jej lze na: <https://www.macaulaylibrary.org/>.

6.2 Modifikace zvuků a jejich mixování

Druhým krokem po získání zvukových nahrávek bylo jejich ořezání na kratší části, čištění, normalizace a mixování. Ale popíšme celý proces popořadě o něco detailněji. Pro modifikaci audio souborů jsme využili program Audacity, který umožňuje manipulovat audio soubory s relativní lehkostí a pro náš případ byl naprosto dostačujícím. V něm jsme provedli následující kroky:

1. Ořezání na kratší části, jelikož mnoho nahrávek bylo delšího rázu mezi 5 až 25 sekundami, což není příliš vhodné pro naše použití, které vyžaduje audio stopy do 3 sekund. Primárně z důvodu možnosti přehrát daný zvuk několikrát za zážitek. Bylo nutné dané nahrávky projít, vybrat vhodnou část a tu oříznout na námi požadovanou délku 1–3 sekund.
2. Čištění zvuků, vzhledem k faktu, že nahrávky byly pořizovány v různých obdobích a na různá záznamová zařízení, bylo nutné zbavit se šumu. Zároveň bylo ale nutné zachovat co největší kvalitu zvířecích zvuků. Díky nástrojům v Audacity nebylo složité lehce potlačit šum a zároveň výrazně nezkreslit výsledek.
3. Normalizace, stejně jako v předchozím kroku, díky různému způsobu záznamu a i jiné hlasitosti zvířat na nahrávkách měly jednotlivé záznamy různě úrovně hlasitosti. Pro následné použití a mixování je bylo nutné znormalizovat na stejné úrovni.

4. Posledním krokem byl mixing, kdy jsme si jednotlivé zvuky pustili na jednu a upravovali jednotlivé hlasitosti, aby nebyly určité zvuky příliš výrazné, či naopak nezapadly v pozadí během přehrávání uživatelem. Výsledné zvukové stopy jsme poté uložili do audio souborů k budoucímu přehrávání vizualizací.

6.3 Generování plakátů

Poslední zajímavou sekcí, která stojí za zmínku je generování plakátů. Plakáty jsou ve formátu A2 a rozlišení 4960 na 7016 pixelů, což je standardní tisknutelný formát pro plakáty při 300 pixelech na palec. Generovány jsou po každém běhu vizualizace a to ve 3 různých verzích. Ukázky jednotlivých designů, jak již bylo zmíněno výše v textu, lze nalézt na obrázcích (D.1, D.2 a D.3).

Každý plakát obsahuje výsledný spektrogram, název projektu a názvy druhů, které se nacházely v daném přehrávaném biomu. K jejich generování je opět využita knihovna P5.js, která celý proces značně zjednodušuje. Zároveň jsou v nich využity různé formy barevných operací a generativních prvků, kupříkladu plakát na obrázku (D.3) má náhodně generované linie na levé straně, které reprezentují zvukové vlny.

Testování

Poslední kapitolou, které se v práci budeme věnovat, je uživatelské testování formou krátkého dotazníku, jež proběhlo po dokončení navrženého prototypu a jeho distribuci pomocí platformy Heroku. Výsledky a podklady z testování jsou zásadním podkladem pro případný další vývoj prototypu a jeho případné změny.

7.1 Cílové skupiny

Vzhledem ke globálnosti problému vymírání druhů, který se týká každého z nás a našemu cíli dávat uživateli jiný pohled na tento problém, by se do naší cílové skupiny dal zařadit takřka každý člověk.

Pro lepší interpretaci výsledků prototypu se ale zaměříme jen na dvě pro nás velmi důležité podskupiny tohoto obsáhlého celku a to v první řadě studenty na univerzitách a v druhé na osoby s dokončeným vzděláním, kterým není vymírání druhů lhostejné.

Tyto dvě skupiny jsme primárně vybrali z důvodu jejich existujícího zájmu o ekologii a vymírání druhů, kterým může tato vizualizace zpestřit, či nabídnout další pohled na věc, který může vzbudit další zájem o prohloubení znalostí v dané problematice. Zároveň se však jedná o skupiny s kapacitou rozšířit tuto vizualizaci svým méně zasvěceným přátelům a spolužákům.

Skupina A: Studenti univerzit

První zmíněnou skupinou jsou studenti univerzit. Jedná se o osoby studující bakalářské, magisterské, či doktorské studium a jejich věk se nejčastěji pohybuje v rozmezí 20–25 let. Tato skupina má často již povědomí o klimatických změnách, ekologii a vymírání zvířat díky svým zájmům, či výuce ve školách. Zároveň velmi často zvládají ovládat webové aplikace a pohybovat se na webových stránkách.

Skupina B: Absolventi se zájmem o vymírání druhů

Druhou skupinou, která je pro naše testování důležitá, jsou absolventi zajímající se o vymírání druhů, či ekologii jako celek. Věk této skupiny je často v rozmezí 26–35 let. V této skupině se stále někteří zajímají o informační technologie a umí s nimi pracovat, zároveň v ní však existuje nemalé procento, které může mít s ovládním webových aplikací problémy a potřebuje jednodušší uživatelské rozhraní, či rozsáhlejší vysvětlení jednotlivých funkcí.

7.2 Scénář a dotazník

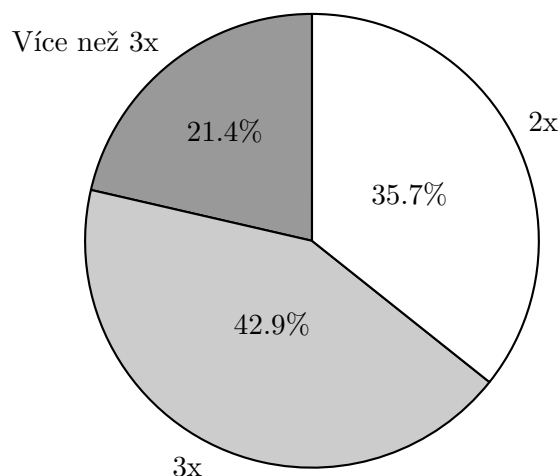
Testování probíhalo formou dotazníku, jehož přesnou formu a znění můžete nalézt v příloze E. Ten byl rozeslán osobám z jednotlivých cílových skupin, ty v dotazníku našly odkaz na webovou aplikaci a instrukce k otestování, poté vyplnily několik otevřených a uzavřených otázek. Otázky se týkaly převážně třech témat:

1. Informací o dané osobě, díky kterým ji můžeme zařadit do její cílové skupiny a to převážně věk a jestli je studentem, či nikoli.
2. Pohledu na vymírání druhů a výsledné pocity z aplikace, díky nimž můžeme sledovat, jestli měla vizualizace kýžený efekt a splňuje naši vizi projektu. A to ať už se jedná o rozšíření povědomí, vyvolání zájmu o problematiku, či jen vyvolání stísněného, nebo úzkostného pocitu z tohoto globálního problému vymírání druhů.
3. Ovladatelnosti vizualizace, kde jsme testovali několik problematických bodů v aplikaci. Tím je primárně správné vysvětlení a pochopení uživatelem, že stiskem tlačítka během vizualizace se spustí zvuk daného zvířete. Druhým problematickým bodem je pochopení časové osy během vizualizace uživatelem. Zároveň v této fázi zjišťujeme pro nás velmi důležitý ukazatel a to kolikrát subjekt vizualizaci spustil, kde je naším cílem dosáhnout průměrně více než jednoho spuštění na uživatele.

7.3 Výsledky

Během testování se nám podařilo dostatečně pokrýt obě cílové skupiny a obdrželi jsme mnoho zajímavých postřehů a podnětů ke zlepšení. Z velké části se vyskytovaly pozitivní ohlasy a kladné ohodnocení celého nápadu vizualizace.

Za velmi dobrý výsledek lze považovat fakt, že všichni testeři spustili vizualizaci více než jednou, z čehož více než 3x ji spustilo přibližně 25% testerů, detailní hodnoty lze nalézt v grafu na obrázku (7.1).



Obrázek 7.1: Graf počtu spuštění vizualizace

Uživatelské rozhraní a ovladatelnost

Veskrze nejproblematičtější se z testování jeví uživatelské rozhraní a načasování. Nejčastějším problémem byla zmiňovaná frustrace²⁸ z mizení tlačítek a to u obou cílových skupin. Zajímavým podnětem k vylepšení je postřeh testera ze skupiny B a to spustit zvuk zvířete během jeho vymření, jako tzv. poslední výkřik.

K celkovému časování se vyjádřili negativně někteří testeři z obou skupin A i B a to z hlavně koncepčního hlediska. Nestačili si totiž pustit všechny zvuky během relativně krátkého běhu vizualizace, či zmiňují fakt, že by na ně celá vizualizace silněji působila, pokud by byla delší.

Ovládání aplikace bylo jasné skoro všem testerům napříč skupinami, za zmínku stojí, že některým testerům z obou skupin během prvního běhu ale nebylo jasné, proč tlačítka na přehrání zvířat mizí. Jak uvádí tester ze skupiny studentů: „Ze začátku mi nedošlo, že tlačítka budou mizet, napodruhé to již ale bylo jasné.“

Někteří pak uvádí, že k celkovému lepšímu pochopení funkce tlačítek a celkového ovládání by jim pomohlo prodloužení časového intervalu u tutoriálu, či umístění tlačítka pro pokračování, které budou moci stisknout až si jej v klidu přečtou. Jeden z testerů ze skupiny B uvádí: „Na vysvětlující obrazovce jsem se déle věnovala zkoumání časové osy a kruhové vizualizace, až došlo k přechodu a nebyla jsem si jistá, jestli mi nebudou informace v dolní části tutoriálu chybět.“

Poslední částí uživatelského rozhraní, na kterou se testování primárně zaměřilo, byla časová osa a značky pro vymření jednotlivých druhů. Zde bylo

²⁸Tento efekt je záměrným, jelikož souvisí se symbolikou vymírání, proto jsou pocity frustrace namístě.

pochopení testery bohužel relativně nízké, přibližně 50% testerů pochopilo, že se jedná o vyměření a to převážně ze skupiny A. Zároveň ale mnozí uvádí, že si nejsou jistí, případně uvádí, že byli schopni říci co značka znamená až na jejich několikáté spuštění vizualizace. Jeden z testerů skupiny B zmiňuje vylepšení v podobě alternativního umístění časové osy na spodek obrazovky ve formě linie pro korelaci s lineárním umístěním tlačítek.

Velká část testerů se shoduje, že velmi silnou částí zážitku je část s myšlenkou projektu. Jeden z testerů skupiny B navrhoval přidat tlačítko vyzývající k akci, které by sloužilo jako přesměrování na další projekty a organizace zabývající se tímto problémem.

Ostatní dojmy

Mnoho testerů ze skupin A i B popisuje pocity deprese, neutěšenosti, úzkosti a smutku po průchodu zážitkem. Zároveň někteří ze skupiny A dodávají, že jim dala vizualizace prostor se zamyslet a najít si o problému dodatečné informace. Skupina A také často zmínila jejich zalíbení v provázanosti této depresivní tematiky s krásou zvukových stop zvířat.

Někteří testeři ze skupiny B by také uvítali mít více informací o daném zvířeti, například kdy vyhynulo, případně počet žijících příslušníků a tak dále. Jako řešení se veskrze shodují na vytvoření další obrazovky s více informacemi o daných zvířatech, aby si mohl uživatel odnést i určitou informační hodnotu.

Shrnutí

Výše zmíněné pozorování, poznatky a připomínky jsou velmi validní zpětnou vazbou, na kterou může navázat další rozšiřování výsledné vizualizace. Důležitým výsledkem testování je celková obliba vizualizace a dosažené cílené pocity, které se shodují s návrhem a značné procento opakovaného spouštění. Změny, které vyplývají z návrhů testerů, po jejich budoucí implementaci značně vylepší celkový pocit z vizualizace a to obzvláště změny v načasování tutoriálu a přidání informačních materiálů o zvířatech.

Závěr

Hlavní cíle, které jsme si v této práci kladli za úkol splnit, byly implementace a návrh prototypu webové audio vizualizace a tvorba teoretická části, která popisuje mapování zvukové modality a řešerši podobných technických audio vizualizací.

V rámci první sekce teoretické části jsme se v věnovali teoretickému základu zvuku a jeho digitálnímu zpracování, společně s řešerši o mapování zvukové modality na více i méně známé. V druhé jsme se zabývali řešerši různých podobných audio vizualizačních projektů s různými technologiemi, nápady a koncepty.

Zmíněné projekty a jejich technologie, které by byly vhodné pro naše využití, jsme poté analyzovali v praktické části při plnění hlavního cíle a detailně popsali jejich výhody a nevýhody, které poté posloužily jako základní rozhodovací prvek při samotném návrhu vizualizace.

Návrh jsme poté společně s Veronikou Kalouskovou implementovali a s pomocí knihovny P5.js vytvořili výsledný prototyp webové vizualizace, která interaktivně vizualizuje zvukové záznamy ohrožených a vyhynulých druhů.

Prototyp jsme otestovali a debatovali výsledky daného testování, které přináší podněty pro případné budoucí vylepšení naší výsledné vizualizace, zároveň ale potvrzuje užitečné a zajímavé umělecké zpracování, které uživatelům přináší jiný pohled na problém vymírání druhů.

Všech cílů, které jsme si vytyčili, jsme v rámci této práce dosáhli, zároveň jsme uživatelům přinesli nový obohacující pohled, či poslech na problém, který každým dnem narůstá na své velikosti.

Mimo vylepšení, která vyplynula z testování, by se výsledný prototyp dal dále rozšiřovat o další biomy, zvuky a jiné plakáty. Další rozšíření by také mohlo spočívat v rozšiřování na další platformy, kupříkladu kiosky v zoo, či Národním muzeu, které by tuto vizualizaci zpřístupnily návštěvníkům a rodinám s dětmi.

Literatura

- [1] U.S. Fish & Wildlife Service: U.S. Fish and Wildlife Service Proposes Delisting 23 Species from Endangered Species Act Due to Extinction. 2021, [Citováno 07.04.2022]. Dostupné z: <https://www.fws.gov/press-release/2021-09/us-fish-and-wildlife-service-proposes-delisting-23-species-endangered-species>
- [2] Reichl, J.; Všetíčka, M.: Encyklopedie fyziky. 2022, [Citováno 07.02.2022]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/152-zvukove-vlneni>
- [3] Bureau international des poids et mesures: *The International System of Units (SI)*. Bureau international des poids et mesures, 2019, ISBN 978-92-822-2272-0. Dostupné z: <https://www.bipm.org/documents/20126/41483022/SI-Brochure-9-EN.pdf>
- [4] Lumen Learning: Sound Intensity and Sound Level. 2022, [Citováno 08.02.2022]. Dostupné z: <https://courses.lumenlearning.com/physics/chapter/17-3-sound-intensity-and-sound-level/>
- [5] Richtr, R.: Virtuální herní světy Modality. Leden 2021, [Citováno 02.02.2022]. Dostupné z: https://courses.fit.cvut.cz/BI-VHS/media/20VHS_2_c.pdf
- [6] Alois Klíč, M. D., Karel Volka: *Fourierova transformace (s příklady z infračervené spektroskopie)*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2002, ISBN 80-7080-478-5.
- [7] Mudrová, M.: Fourierova transformace ve zpracování obrazu. 2022, [Citováno 09.02.2022]. Dostupné z: <http://uprt.vscht.cz/mudrova/zob/prednasky/06-FOURIER/fouriercz.pdf>

- [8] Kabelka, R.: Teorie digitálního audia. 2022, [Citováno 11.02.2022]. Dostupné z: <https://www.portal-pelion.cz/teorie-digitalniho-audio/>
- [9] Smyth, T.: Nyquist Sampling Theorem. 2022, [Citováno 11.02.2022]. Dostupné z: http://musicweb.ucsd.edu/~trsmlyth/digitalAudio171/Nyquist_Sampling_Theorem.html
- [10] Burg, J.; Romney, J.: Two Steps: Sampling and Quantization. 2022, [Citováno 11.02.2022]. Dostupné z: <http://digitalsoundandmusic.com/5-1-2-digitization/>
- [11] Malcolm, H.: An introduction to digital audio. 04 1994.
- [12] Aspose: WAV File Format. 2022, [Citováno 13.02.2022]. Dostupné z: <https://docs.fileformat.com/audio/wav/>
- [13] Supurovic, P.: MPEG Audio Compression Basics. 2022, [Citováno 13.02.2022]. Dostupné z: http://mpgedit.org/mpgedit/mpeg_format/mpeghdr.htm
- [14] Tanaka, A.; Parkinson, A.: Haptic Wave: A Cross-Modal Interface for Visually Impaired Audio Producers. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2016.
- [15] Bronner, K.; Frieler, K.; Bruhn, H.; aj.: What is the Sound of Citrus? Research on the Correspondences between the Perception of Sound and Flavour. 07 2012.
- [16] Knöferle, K.; Spence, C.: Crossmodal correspondences between sounds and tastes. *Psychonomic Bulletin & Review*, ročník 19, č. 6, Říjen 2012: s. 992–1006, doi:10.3758/s13423-012-0321-z. Dostupné z: <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0321-z>
- [17] WARD, J.; HUCKSTEP, B.; TSAKANIKOS, E.: Sound-Colour Synaesthesia: to What Extent Does it Use Cross-Modal Mechanisms Common to us All? *Cortex*, ročník 42, č. 2, 2006: s. 264–280, doi:10.1016/s0010-9452(08)70352-6. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(08\)70352-6](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70352-6)
- [18] X-Rite: Munsell Value. 2022, [Citováno 16.02.2022]. Dostupné z: <https://munsell.com/about-munsell-color/how-color-notation-works/munsell-value/>
- [19] Geiss, R.: MilkDrop. 2022, [Citováno 25.02.2022]. Dostupné z: <http://www.geisswerks.com/milkdrop/>

- [20] Nullsoft, Inc.: MILKDROP 2.0d (January 2008). 2022, [Citováno 25.02.2022]. Dostupné z: <http://www.geisswerks.com/milkdrop/milkdrop.html>
- [21] OpenGL: Shader. 2019, [Citováno 03.03.2022]. Dostupné z: <https://www.khronos.org/opengl/wiki/Shader>
- [22] Šustková Hana: *Viskoelastické vlastnosti ferrokapaliny - Studium normálových napětí*. Diplomová práce, Univerzita Karlova, Praha, Březen 2013.
- [23] Standford, N.: CYMANTICS BEHIND THE SCENES. 2022, [Citováno 02.03.2022]. Dostupné z: https://nigelstanford.com/Cymatics/Behind_the_Scenes.aspx
- [24] Takahashi, K.: Prisma. 2022, [Citováno 02.03.2022]. Dostupné z: <https://github.com/keijiro/Prisma>
- [25] Wikipedia contributors: Peppers duch - Peppers ghost. 2022, [Citováno 02.03.2022]. Dostupné z: https://wikijii.com/wiki/Pepper%27s_Ghost
- [26] Hošková, R.: *Fraktální audio vizualizér*. Diplomová práce, České vysoké učení technické, Praha, Červenec 2020.
- [27] Weisstein, E. W.: Superellipse. 2022, [Citováno 02.03.2022]. Dostupné z: <https://mathworld.wolfram.com/Superellipse.html>
- [28] Belluscio, A.: Live Coding (visivo). 2022, [Citováno 02.03.2022]. Dostupné z: <https://codesthesis.net/p5graphics/lez0-introduzione/live-coding-visivo/>
- [29] Mrugala, D.: HATE IN-SITU (2018). 2022, [Citováno 28.02.2022]. Dostupné z: <https://thedotisblack.com/post/653279288415698944/hate-in-situ-2018-audiovisual-patterns-and-forms>
- [30] Mrugala, D.: Sound of Space — Solar System. 2022, [Citováno 28.02.2022]. Dostupné z: <https://thedotisblack.com/post/638246194699763712/thedotisblack-sound-of-space-solar-system>
- [31] Fabrik: Hate In-Situ (Korea). 2022, [Citováno 28.02.2022]. Dostupné z: <https://19.freshfuture.site/portfolio/hate-in-situ-korea>
- [32] Forma: Test Pattern. 2022, [Citováno 28.02.2022]. Dostupné z: <https://forma.org.uk/projects/test-pattern>
- [33] ksawerykomputery: REPETITION – SVEN HELBIG. 2022, [Citováno 01.03.2022]. Dostupné z: <https://ksawerykomputery.pl/works/repetition>

- [34] ksawerykomputery: “HANGING D” BY JOEP BEVING – MAX COOPER REMIX. 2022, [Citováno 01.03.2022]. Dostupné z: <https://ksawerykomputery.pl/works/hanging-d>
- [35] Microsoft: Co je machine learning? 2022, [Citováno 03.03.2022]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-machine-learning-platform/>
- [36] Spirou, K.: Tokujin Yoshioka Grows Mesmerising Crystal Colonies For His “Crystallize” Exhibition. 2022, [Citováno 01.03.2022]. Dostupné z: <https://www.yatzer.com/crystallize-tokujin-yoshioka-mot>
- [37] SPOON & TAMAGO: 6 Months of Tonal Vibrations of Tchaikovsky’s Swan Lake Expressed in Crystal. 2022, [Citováno 01.03.2022]. Dostupné z: <https://www.spoon-tamago.com/2013/10/23/6-months-of-tonal-vibrations-of-tchaikovskys-swan-lake-expressed-in-crystal/>

Seznam použitých zkratk

Hz Hertz

FFT Fast fourier transform

PCM Pulse code modulation

SSD Solid state drive

CD Compact disc

GPU Graphics processing unit

VR Virtual reality

API Application programming interface

NASA National aeronautics space administration

ESA European space agency

HTML Hypertext markup language

UI User interface

GLSL OpenGL shading language

kB Kilobyte

MB Megabyte

CSS Cascading style sheets

CC Creative commons

VŠCHT Vysoká škola chemicko-technologická

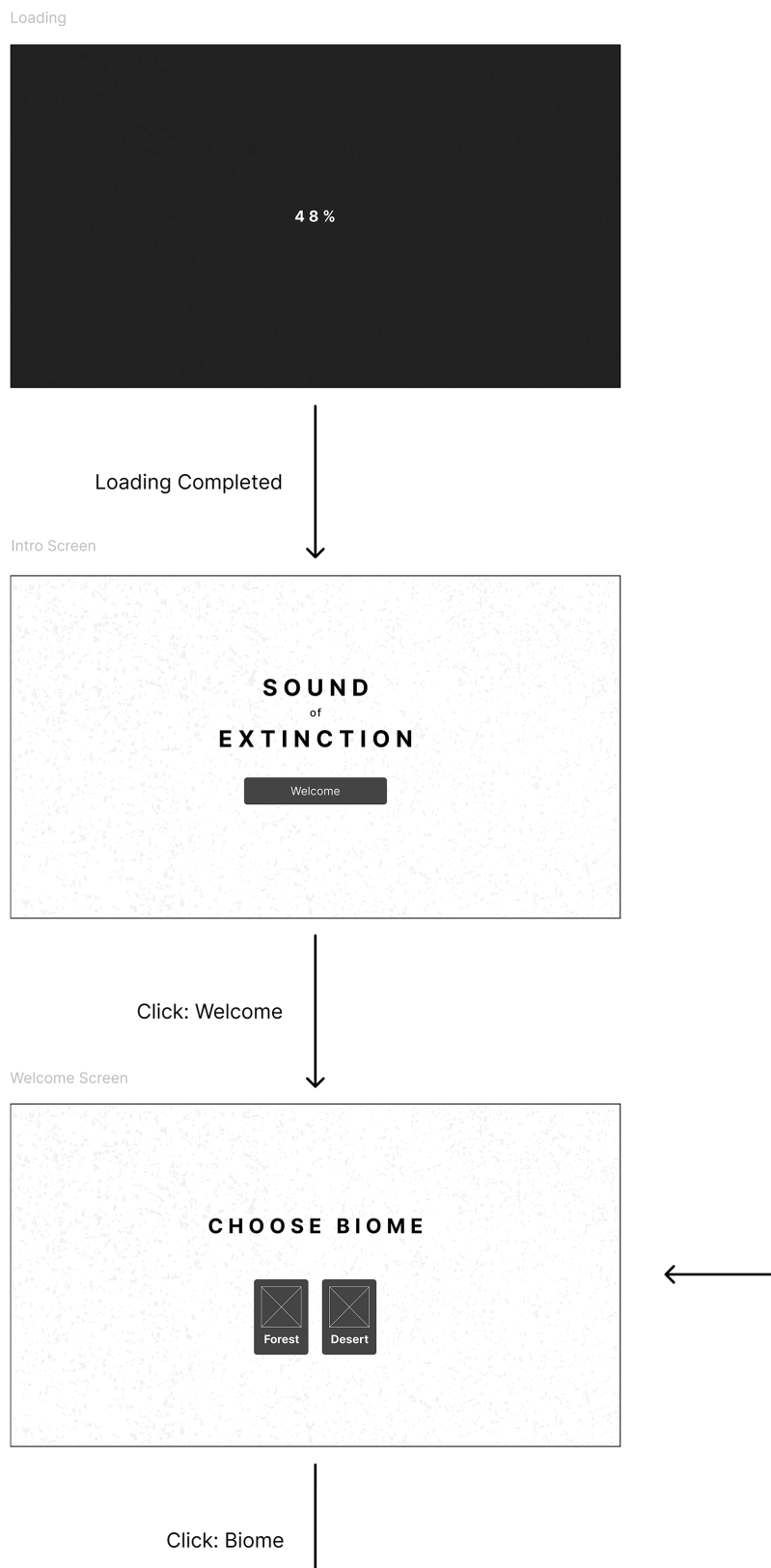
Obsah přiloženého CD

readme.txt	stručný popis obsahu CD
doc	dokumentace zdrojového kódu
src	
impl	zdrojové kódy implementace
data	zvukové soubory a obrázky
fonts	fonty
lib	JavaScriptové knihovny
script	
core	skripty pro ovládání aplikace
visualisation	skripty pro vizualizaci a plakáty
style	CSS styly
thesis	zdrojová forma práce ve formátu $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$
text	text práce
thesis.pdf	text práce ve formátu PDF

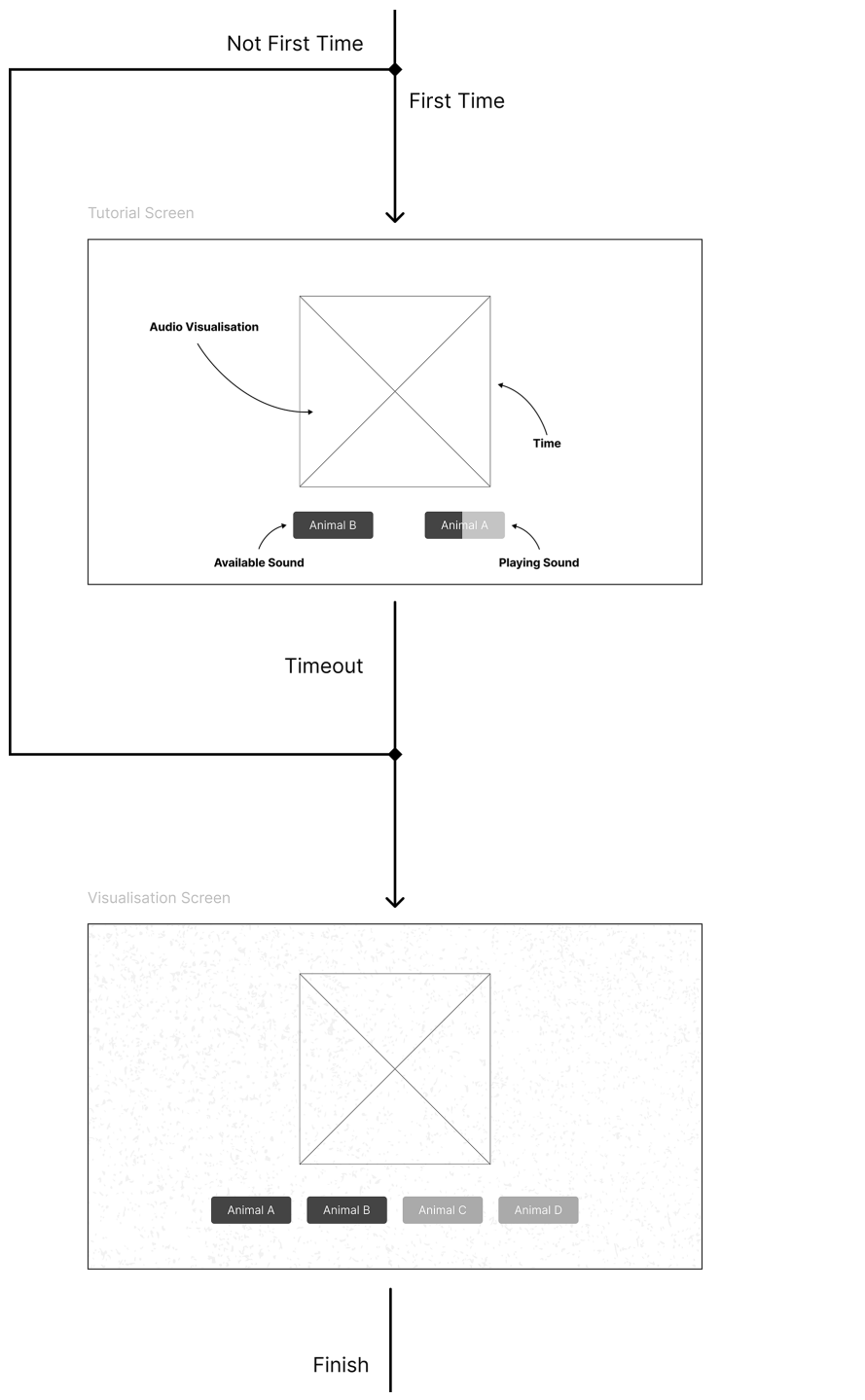
Wireframe prototypu

Následující obrázky jsou wireframe reprezentací prototypu aplikace.

C. WIREFRAME PROTOTYPU

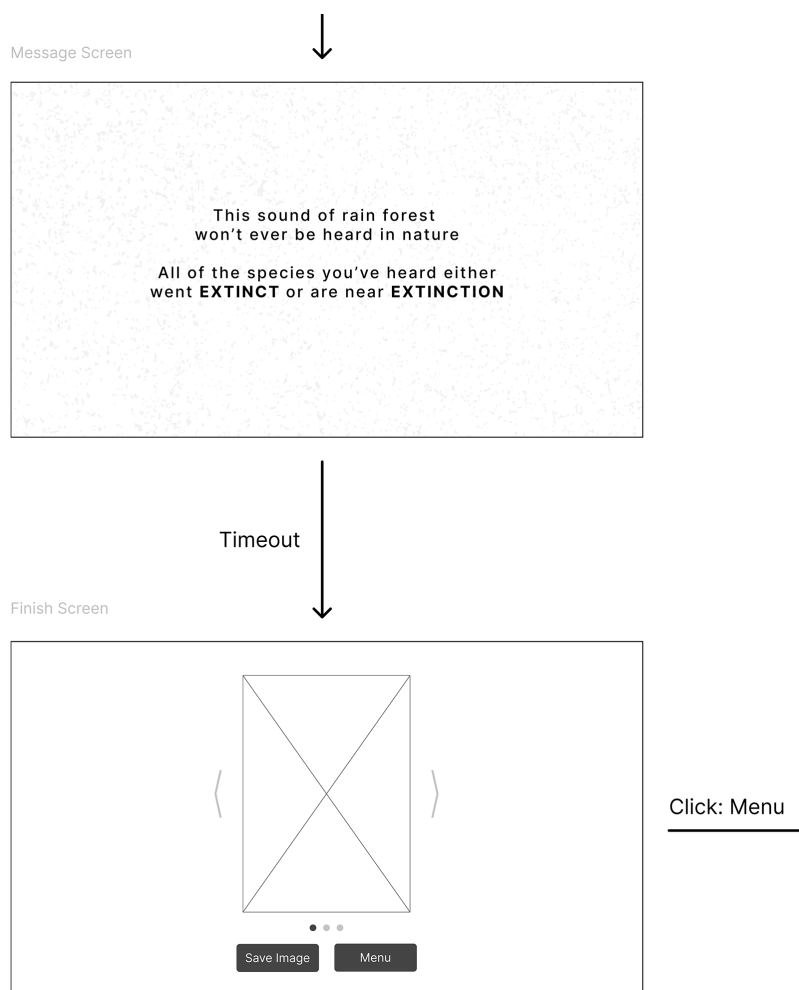


⁷²Obrázek C.1: Wireframe první části aplikace obsahující načítání a menu



Obrázek C.2: Wireframe druhé části aplikace obsahující návod a vizualizaci

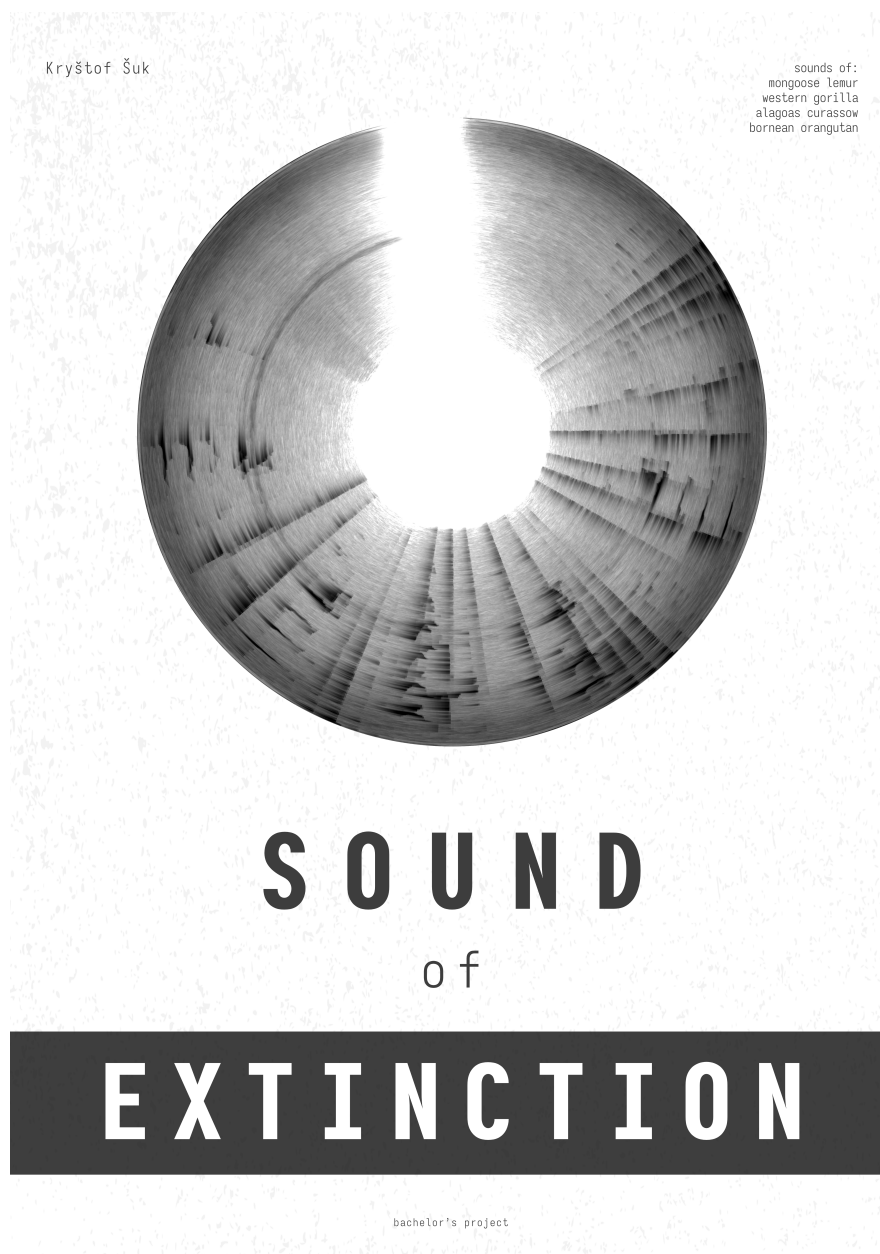
C. WIREFRAME PROTOTYPU



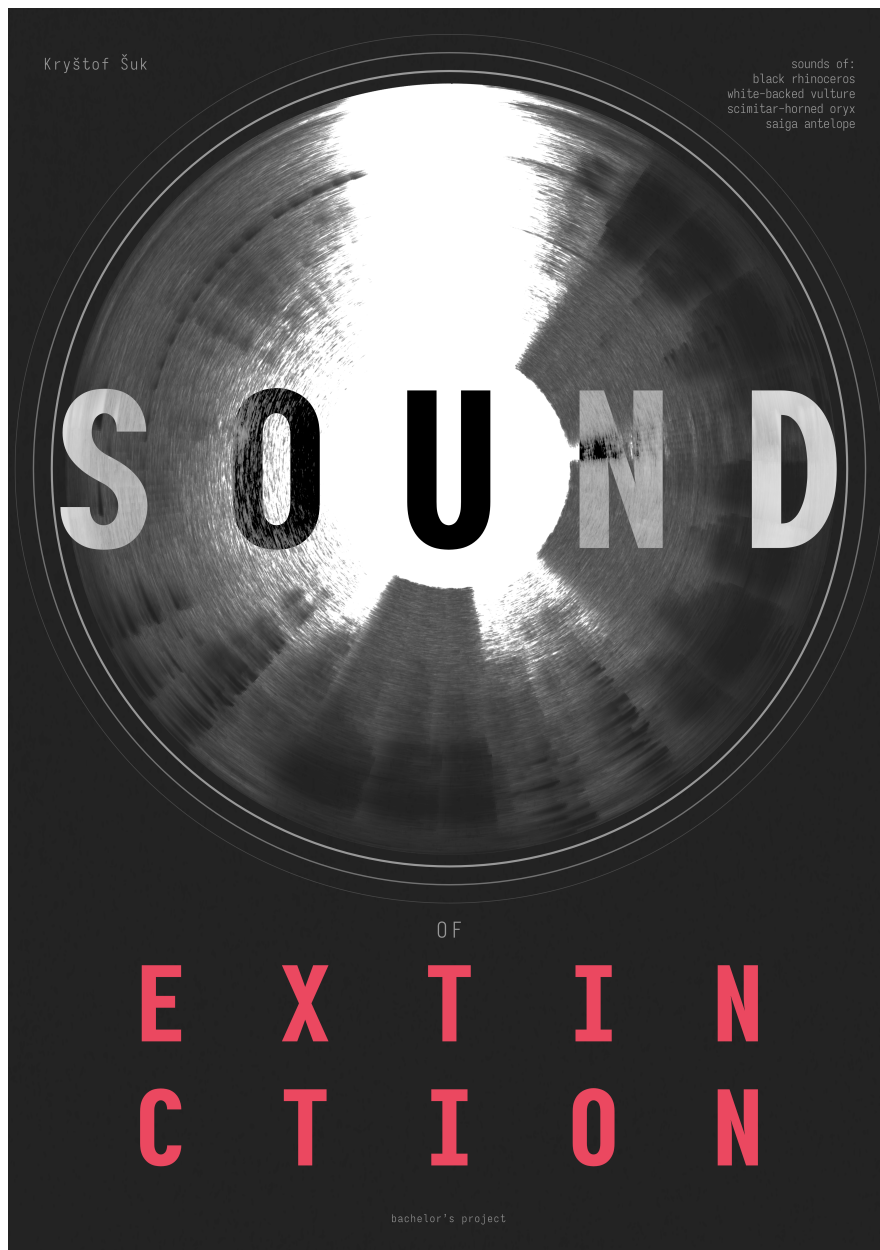
Obrázek C.3: Wireframe poslední části aplikace obsahující zprávu a konečnou obrazovku

Výsledné plakáty

Následující generované plakáty jsou příkladem výsledku vizualizace popsanych v návrhové části práce.



Obrázek D.1: Plakát typu A



Obrázek D.2: Plakát typu B



Obrázek D.3: Plakát typu C

Dotazník pro testování

Následující dotazník byl použit pro testování finálního prototypu vizualizace a o jeho výsledky se opírají závěry testování.

Sound of Extinction

Dobrý den,
mé jméno je Kryštof a jsem studentem ČVUT Fakulty informačních technologií. Má bakalářská práce se zabývá tvorbou webové audio-vizualizace vymírání ohrožených zvířecích druhů.

Rád bych Vás tímto poprosil o její vyzkoušení a vyplnění následujícího krátkého anonymního dotazníku s otevřenými i uzavřenými otázkami. Data budou využita pouze v rámci mé bakalářské práce.

Vizualizaci najdete na adrese a otevřete ji prosím v Google Chrome na vašem počítači, či notebooku pokud jej máte: <https://sound-of-extinction.herokuapp.com/>

Děkuji Vám za Vámi věnovaný čas.

Kryštof

***Povinné pole**

O vás

Vizualizaci najdete na adrese: <https://sound-of-extinction.herokuapp.com/>

1. Věk: *

Označte jen jednu elipsu.

- 17 let a méně
 18-25 let
 26-35 let
 36-45 let
 46 let a více

2. Pohlaví: *

Označte jen jednu elipsu.

- Žena
 Muž
 Jiné: _____

3. Studuji? *

Označte jen jednu elipsu.

Ano

Ne

Vymírání druhů

Vizualizaci najdete na adrese: <https://sound-of-extinction.herokuapp.com/>

4. Jaký se stavíte k vymírání zvířecích druhů?

5. Jak na Vás vizualizace zapůsobila, či jaké pocity vyvolala? *

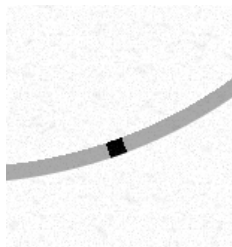
Ovládání

Vizualizaci najdete na adrese: <https://sound-of-extinction.herokuapp.com/>

6. Měli jste problémy s ovládáním vizualizace a pokud ano, jaké? *

E. DOTAZNÍK PRO TESTOVÁNÍ

7. Všimli jste si těchto značek během vizualizace a víte co znamenají? *



8. Kolikrát jste spustili vizualizaci? *

Označte jen jednu elipsu.

- 1x
 2x
 3x
 Víckrát než 3x

Závěrem

9. Změnili, či vylepšili by jste něco?

10. Jakákoli vaše připomínka, či cokoli by jste rádi sdělili:

Děkuji

Ještě jednou Vám děkuji za vyplnění dotazníku a vyzkoušení vizualizace. Doufám, že Vám nabídla jiný úhel pohledu na problém, který se týká nás všech.

Přeji Vám krásný zbytek dne.

Nezapomeňte odeslat své odpovědi.

Obsah není vytvořen ani schválen Googlem.

Google Formuláře