

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEMS

## WEBOVÝ SYSTÉM PRO PUBLIKOVÁNÍ GPS DAT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

FILIP HAMŠÍK

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEMS

## WEBOVÝ SYSTÉM PRO PUBLIKOVÁNÍ GPS DAT

WEB-BASED GPS DATA PUBLISHING SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

FILIP HAMŠÍK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. RADEK BURGET, Ph.D.

BRNO 2014

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá vývojem webové aplikace, která umožní správu a publikaci zaznamenaných tras ve formátu GPX na mapových podkladech Mapy.cz. U každé trasy je možné zobrazit její výškový profil, přidat fotografie k daným místům a další informace. Aplikaci je možné instalovat na vlastním serveru s případnou úpravou vzhledu nebo funkcionality.

## **Abstract**

This thesis focuses on development of a web application that allows the management and publishing of recorded tracks in GPX format on the Mapy.cz map data. For each track, it is possible to show the elevation profile, add photos to the given locations and other information. The application can be installed on user's server with an optional change of appearance or functionality.

## **Klíčová slova**

GPS, GPX, mapa, záznam trasy, výškový profil, webová aplikace, správa tras, publikování tras, API Mapy.cz, Google Visualization API

## **Keywords**

GPS, GPX, map, record of the track, elevation profile, web application, management of the routes, publishing routes, API Mapy.cz, Google Visualization API

## **Citace**

Filip Hamšík: Webový systém pro publikování GPS dat, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2014

# Webový systém pro publikování GPS dat

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Radka Burgeta, Ph.D.

.....  
Filip Hamšík  
14. května 2014

## Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Radku Burgetovi, Ph.D. za odborné rady a připomínky.

© Filip Hamšík, 2014.

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.*

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>2</b>
<b>2 Globální družicové polohové systémy</b>	<b>3</b>
2.1 Global Positioning System (GPS)	3
2.1.1 Základní segmenty	3
2.1.2 Metody určování polohy	4
2.1.3 Signály	4
2.1.4 Nadmořská výška	5
2.2 Další družicové systémy	5
2.2.1 Globalna ja navigacionna ja sputnikovaja sistema (GLONASS)	5
2.2.2 Systém Galileo	5
2.2.3 Compass	5
<b>3 Reprezentace a formáty geografických dat</b>	<b>6</b>
3.1 Formát GPX	6
3.2 Formát KML	7
3.3 Další formáty	8
3.4 Souřadnicové systémy	8
3.4.1 WGS 84	8
3.4.2 S-42	9
3.4.3 S-JTSK	9
<b>4 Online mapové služby</b>	<b>10</b>
4.1 Mapy.cz	10
4.2 Google Maps	12
4.3 OpenStreetMap	13
<b>5 Existující služby pro publikaci a správu GPS dat</b>	<b>14</b>
5.1 Desktopové aplikace (MyTourBook, GeoSetter a další)	14
5.2 Webové aplikace (Endomodo, Runkeeper)	15
<b>6 Návrh řešení a cíl</b>	<b>16</b>
6.1 Specifikace požadavků	16
6.2 Architektura aplikace	17
6.2.1 Použité technologie a knihovny	17
6.2.2 Ukládání dat	17
6.3 Uživatelské rozhraní	18

<b>7 Implementace aplikace</b>	<b>19</b>
7.1 Registrace uživatelů . . . . .	19
7.2 Přihlašování a odhlašování uživatelů . . . . .	19
7.3 Zobrazení seznamu tras uživatele (kalendář) . . . . .	19
7.4 Zobrazení jednotlivé trasy . . . . .	20
7.5 Zobrazení veřejné trasy . . . . .	21
7.6 Nahrání trasy . . . . .	21
7.7 Výpočet vzdáleností bodů . . . . .	22
7.8 Editace trasy . . . . .	23
7.9 Smazání trasy . . . . .	23
7.10 Sdílení trasy . . . . .	23
7.11 Přidání fotek . . . . .	24
7.12 Nastavení účtu . . . . .	24
7.13 Nastavení administrátora . . . . .	25
7.14 Stažení a instalace aplikace . . . . .	25
<b>8 Testování</b>	<b>26</b>
<b>9 Navrhované pokračování projektu</b>	<b>27</b>
<b>10 Závěr</b>	<b>28</b>
<b>A Obsah CD</b>	<b>31</b>

# Kapitola 1

## Úvod

Mnoho lidí dnes využívá svá GPS zařízení včetně mobilních telefonů k zaznamenávání trasy. Většinou se jedná o sportovní činnosti uživatelů, ale může jít i o jiné typy aktivit, které je poté třeba spravovat. S mobilní aplikací pro záznam je proto často úzce provázán program pro jejich evidenci.

Současné existující služby nabízí většinou mapové podklady od společnosti Google, a působí tak v globálním měřítku. Uživatel však nemá záruku, že se nahraná data neztratí nebo služba neukončí svůj provoz. Obvykle také nemá možnost jakkoliv upravit vzhled aplikace podle svých potřeb.

Cílem práce bylo vytvořit jednoduchý nezávislý systém, který umožňuje evidenci a sdílení zaznamenaných tras ve formátu GPX. Jejich zobrazení je realizováno na mapových podkladech Mapy.cz s možností využití kvalitně a podrobně zpracovaných turistických map včetně zakreslených turistických tras. Aplikace je tak určena především pro správu tras zaznamenaných na území České republiky. Nedílnou součástí je také možnost zobrazení výškového profilu celé trasy a vkládání pořízených fotografií k jednotlivým místům na mapě.

Uživatel má také možnost instalovat aplikaci na vlastním serveru a případně upravit její vzhled nebo funkcionalitu. Dalším volitelným prvkem je například povolení registrace jiným uživatelům.

Text práce je rozdělen do osmi kapitol. V kapitole 2 krátce popisují princip fungování globálních družicových polohových systémů, zejména GPS. Na ni navazuje kapitola 3, ve které popisují způsoby reprezentace geografických dat včetně různých typů souřadnicových systémů. V kapitolách 4 a 5 se věnují dostupným online mapovým službám a existujícím desktopovým i webovým aplikacím, které se zabývají správou GPS dat.

Ve druhé části práce je v kapitole 6 popsán návrh řešení aplikace a její architektura. V následující kapitole 7 rozebírám implementaci jednotlivých logických celků aplikace.

Závěr práce, kapitoly 8 a 9, je věnován testování vytvořené aplikace a navrhovanému pokračování projektu.

## Kapitola 2

# Globální družicové polohové systémy

Dějiny navigace sahají k samotným počátkům lidstva a rozvíjely se s čím dál větší potřebou přemístování lidí nebo zboží jakýmikoliv dopravními prostředky. Pomineme-li základní významné objevy a vynálezy jako kompas, heliocentrický systém, radionavigační přístroje, vývoj kreslení map, různého značení a měření, dostaneme se do roku 1957, kdy byla do vesmíru vypuštěna první umělá družice. V této době vznikla představa o přesné lokalizaci pomocí znalosti konkrétní polohy několika družic a principu Dopplerova posunu.

Vývoji družicových navigačních systémů se věnovaly hlavně Spojené státy americké a tehdejší Sovětský svaz. Vzhledem k přetrvávajícím sporům těchto států byly systémy určeny pouze k armádnímu využití, případně k vědeckým nebo komerčním účelům s menší přesností lokalizace. Až na přelomu 20. a 21. století se do vývoje družicových polohových systémů zapojily i jiné země a vznikal tak například francouzský systém Doris, čínský Compass (Beidou-2) nebo plánovaný evropský Galileo.

V současné době je z globálního hlediska nejvyužívanějším navigačním systémem americký GPS. Tomu se věnuje následující kapitola, ve které jsou shrnuty základní principy jeho fungování. Další významné projekty jsou stručně popsány v kapitole 2.2 Další družicové systémy.

### 2.1 Global Positioning System (GPS)

GPS, původně NAVSTAR GPS, funguje od roku 1994 a jeho provozovatelem je ministerstvo obrany USA. Jeho vývoj začal v roce 1973 a vychází z předchozího projektu Transit. Systém byl původně koncipován jako vojenský, avšak kvůli finančním problémům v 80. letech bylo rozhodnuto, že jej mohou využívat také civilní zařízení.

#### 2.1.1 Základní segmenty

Systém se dělí na tři základní segmenty – kosmický, uživatelský a řídicí [9].

*Kosmický segment* je složen ze zařízení na oběžné dráze Země. Základní použitelnost systému garantuje minimálně 24 družic. V současné době je však pro lepší dostupnost provozováno 27 družic. Několik dalších je navíc vyřazeno z provozu, ale mohou být v případě potřeby znovu aktivovány [12]. Pro určení přesné polohy systémem GPS je potřeba zachycení signálu alespoň ze čtyř družic. Pozici lze určit méně přesně i s pomocí pouhých tří družic, ale při takovém zaměření nebude mít zařízení informaci o nadmořské výšce.



Družice obíhají Zemi ve výšce 20 200 km a nejnovější vypuštěné družice obsahují mimo jiné sestavu atomových hodin s rubidiovým a cesiovým oscilátorem schopných rozlišovat čas až v řádu nanosekund.

V *uživatelském segmentu* jsou zahrnuty všechny přístroje, které přijímají signál z umělých družic. Výpočet aktuální polohy zařízení probíhá až v každém uživatelském zařízení, takže všechna působí pouze jako přijímač.

Přijímače se mohou dělit podle svého zaměření – automobilové, kapesní, samostatné moduly, moduly v mobilních telefonech a fotoaparátech, ale i specializovaná námořní nebo vojenská zařízení.

*Řídící segment* zajišťuje správu a řízení celého systému. Skládá se z monitorovacích stanic rozmístěných po celé Zemi a jedné hlavní řídicí stanice. Ta zpracovává signály z jednotlivých monitorovacích stanic a vydává pokyny k řízení družic.

### 2.1.2 Metody určování polohy

GPS byl vybudován jako pasivní dálkoměrný systém. Přijímač tedy určuje svoji polohu podle signálů přicházejících z dostupných družic a sám žádné signály nevysílá. Stanovení polohy probíhá na základě kódových, fázových nebo dopplerovských měření.

*Kódové měření* je nejběžnějším způsobem určování polohy. Družice vysílají dálkoměrné kódy s časovými značkami. Přijímač identifikuje družici, ze které zachytil kód a podle vlastní informace o poloze družice a rozdílu času vypočítá vzdálenost družice. Pomocí těchto vzdáleností k více družicím poté může vypočítat svoji přesnou pozici.

Použití *fázového měření* umožňuje výrazně přesnější výpočet polohy. Přijímač spočítá počet celých vln signálu a podle výchylky a intenzity určí délku nedokončené vlny. Určení počtu celých vln je však složité a celý princip vyžaduje zvláštní vybavení. Využívá se proto většinou jen ve specializovaných geodetických a vědeckých přístrojích.

*Dopplerovské měření* je založeno na principu Dopplerova jevu (zjišťování změny frekvence pohybujícího se zdroje, případně i příjemce). Využívá se většinou pouze k zjištění aktuální rychlosti přijímače.

### 2.1.3 Signály

Družice GPS vysílají signály, které obsahují nosnou vlnu, dálkoměrný kód a navigační zprávu. Systém využívá pěti přidělených frekvencí, z čehož jsou pro civilní využití dostupné kanály L1 a L2.

Na kanálu L1 jsou vysílány dva dálkoměrné kódy. Jedná se o C/A-kód, který není zašifrovaný a je určen pro běžné využití civilními uživateli, a P-kód využitelný speciálními přijímači k vojenským účelům (může být zašifrovaný, v tom případě se jedná o Y-kód). Novější družice mohou vysílat také vojenský M-kód.

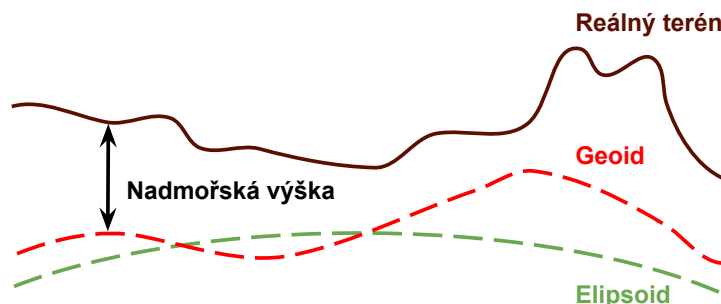
Kanálem L2 je vysílán P-kód (příp. Y-kód). Novější družice však mohou na tomto kanále vysílat i vojenský M-kód a civilní C-kód.

Kanály L3 a L4 se využívají pro sledování startů balistických raket, jaderných výbuchů apod. (L3) nebo pro měření ionosferické refrakce (L4). Kanál L5 je vyhrazen pro přenos signálů podílejících se v bezpečnostních systémech v letecké i pozemní dopravě.

Navigační zprávy jsou vysílány družicemi a obsahují mimo jiné parametry jejich oběžných drah. Z těchto zpráv získává přijímač informace o přesné poloze jednotlivých družic. Navigační zpráva dále obsahuje tzv. almanach, což jsou hrubé informace o poloze ostatních družic, které přijímač využívá pro vyhledávání pouze aktuálně viditelných družic. Data v navigační zprávě jsou platná 4 hodiny.

### 2.1.4 Nadmořská výška

Nadmořská výška je v souřadnicovém systému WGS-84 (viz kapitola 3.4 Souřadnicové systémy) počítána jako výška nad elipsoidem (pro reprezentaci Země používá tzv. referenční elipsoid). Ta se však nehodí pro praktické činnosti, proto se využívá přesnější model tzv. geoidu. Zařízení GPS musí tedy zjistit výšku geoidu nad elipsoidem, která je známá pro dané území (pro Českou republiku se tato hodnota pohybuje v rozmezí 42,5–47 metrů) a s její pomocí vypočte aktuální nadmořskou výšku. Pro výpočet výšky je také potřeba dostupnost signálů z alespoň čtyř družic [9].



Obrázek 2.1: Schéma vzájemného vztahu referenčního elipsoidu, geoidu a reálného terénu. Výsledná nadmořská výška se vypočítá z naměřené výšky nad elipsoidem a známé výšky geoidu nad elipsoidem.

Výsledná přesnost nadmořské výšky se pohybuje v rozmezí 15 až 40 metrů. Výrazně ji však lze zvýšit doplněním barometrického výškoměru na přesnost 1–2 metrů.

## 2.2 Další družicové systémy

### 2.2.1 Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema (GLONASS)

Ruský GLONASS je, podobně jako GPS, systém pro určení přesné polohy na Zemi a stanovení přesného času. Vývoj začal v roce 1976 a v roce 1982 byla vypuštěna první družice. Provozovatelem je ruské ministerstvo obrany. V současné době je v provozu 24 družic [10].

Systém je ve světě zastíněn rozšířeným provozem GPS, Ruská federace se však snaží omezit závislost na USA a uvažuje například o zákazu dovozu zařízení, která nejsou kompatibilní se systémem GLONASS.

### 2.2.2 Systém Galileo

Plánovaný systém Galileo spravuje Evropská kosmická agentura s cílem vytvořit nezávislý navigační systém. První družice byly vypuštěny v roce 2011 a celá soustava 30 družic by měla být podle plánu v provozu v roce 2019. Příjímače však budou využívat i družice GPS, což povede ke zvýšení přesnosti.

Systém je koncipován pro provoz pěti základních služeb – základní služby pro běžné použití, komerční služby nabízející vyšší přesnost, služby zajišťující bezpečnost života, služby nouzové lokalizace a veřejně regulovaná služby pro účely armád a bezpečnostních složek [13].

### 2.2.3 Compass

Čínský systém Compass, označovaný také jako BDS nebo BeiDou-2, navazuje na první generaci navigačního systému BeiDou-1, který je v provozu pro čínskou oblast od roku 2000. Druhá generace má být již globální a všech 35 družic podle plánů zahájí provoz v roce 2020 [2].

## Kapitola 3

# Reprezentace a formáty geografických dat

Pro záznam a použití rozsáhlejších geografických dat je možné použít více datových formátů. V této práci se zaměřím především na formát GPX, dále popíšu formát KML a zmíním i další formáty jako TCX, CSV nebo Magellan. Zmíněné GPX, KML i TCX využívají strukturovanou XML notaci, která umožňuje jasnou a přehlednou práci s daty.

Pro určení polohy samostatných bodů se používají různé matematické a geodetické modely. Způsob zápisu souřadnic se během doby vyvíjel. Vznikaly jak globální systémy, které jsou univerzální pro celou Zemi, tak systémy lokální, jednodušší pro výpočet v určené oblasti. Přesnost globálních systémů je však ovlivněna snahou vyvážit odchylky k referenčnímu elipsoidu.

V závěru kapitoly se nachází popis několika souřadnicových systémů.

### 3.1 Formát GPX

GPX (GPS Exchange Format) je datový formát využívající XML notaci. Používá se pro přenos geografických dat mezi záznamovými zařízeními a zpracovávajícími aplikacemi. Podobně jako u jazyka XML jde o otevřený standard, který umožňuje volné užití [21].

Současná aktuální verze 1.1 byla vydána v roce 2004 společností Expert GPS původně pro účely geocachingu [20]. Dnes tento formát využívá většina GPS zařízení a mapových aplikací.

Formát umožňuje mimo jiné záznam tzv. waypointů, resp. trasových bodů, které lze zobrazit na mapě nebo z nich vytvořit trasu. Ta může sloužit jako záznam prošlých nebo projetých bodů nebo jako seznam navigačních bodů pro cestu do daného cíle. V jednotlivých bodech mohou být zaznamenány textové komentáře nebo fotografie.

V kořenovém elementu `<gpx>` [19] se nejprve nachází informace o zaznamenané trase, jako datum a čas pořízení, typ aktivity (závisí na nastavení v zaznamenávající aplikaci), případně uživatelské pojmenování trasy. Pro potřeby vyvíjené aplikace (zobrazení trasy a jejího výškového profilu, získání data a názvu cesty) bude nutné použít data o trase, resp. jednotlivých zaznamenaných bodech. Ty mohou být rozděleny do několika segmentů, které se vytvářejí automaticky například při přerušení trasy. Segmenty jsou označeny tagem `<trkseg>`.

V segmentech jsou v elementech `<trkpt>` zaznamenány jednotlivé body trasy. V povinných attributech `lat` a `lon` se nachází informace o pozici (zeměpisná šířka a výška ve

stupních). Tyto elementy mohou obsahovat další elementy, z nichž nejdůležitější jsou `<ele>` pro záznam o nadmořské výšce v metrech a `<time>` s informací o datu a čase výskytu v tomto bodě ve formátu koordinovaného světového času UTC (tzn. ne lokálního času) podle mezinárodního standardu ISO 8601 (viz ukázka 3.1).

Dalším zajímavým elementem v GPX souboru může být `<geoidheight>` pro záznam rozdílu výšky geoidu (úroveň mořské hladiny) a výšky v souřadnicovém systému WGS-84. Ne všechna zařízení však do záznamů tato data vkládají.

---

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<gpx version="1.1"
  creator="Vytvořeno v aplikaci Moje trasy Google na zařízení Android."
  xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1"
  xmlns:topografix="http://www.topografix.com/GPX/Private/TopoGrafix/0/1"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.topografix.com/GPX/1/1 http://www.topografix.com/GPX
    /1/1/gpx.xsd http://www.topografix.com/GPX/Private/TopoGrafix/0/1 http://www.
    topografix.com/GPX/Private/TopoGrafix/0/1/topografix.xsd">
  <metadata><name><![CDATA[24. 9. 2013 12:38]]></name><desc><![CDATA[]]></desc></
    metadata>
  <trk>
    <name><![CDATA[24. 9. 2013 12:38]]></name>
    <desc><![CDATA[]]></desc>
    <type><![CDATA[cyklistika]]></type>
    <extensions><topografix:color>c0c0c0</topografix:color></extensions>
    <trkseg>
      <trkpt lat="49.247413" lon="16.573682">
        <ele>661.2</ele>
        <time>2013-09-24T10:39:13.637Z</time>
      </trkpt>
      <trkpt lat="49.247163" lon="16.573475">
        <ele>449</ele>
        <time>2013-09-24T10:39:15.637Z</time>
      </trkpt>
      <trkpt lat="49.247163" lon="16.573475">
        <ele>449</ele>
        <time>2013-09-24T10:39:16.345Z</time>
      </trkpt>
    </trkseg>
  </trk>
</gpx>
```

---

Kód 3.1: Ukázka záznamu trasy v GPX souboru vytvořeném aplikací MyTracks.

## 3.2 Formát KML

Formát KML (Keyhole Markup Language) byl původně vyvinut společností Keyhole, Inc. pro zobrazení dvourozměrných map a třírozměrných modelů v programu Google Earth. Později tuto firmu odkoupila samotná společnost Google a formát KML se stal standardem mezinárodní organizace Open Geospatial Consortium [14], která zajišťuje otevřené standardy a specifikace týkající se geoprostorových dat.

Obdobně jako formát GPX se také KML data zaznamenávají pomocí XML notace [7]. V kořenovém elementu `<kml>` a následně elementu `<Document>`, `<Placemark>` s atributem `id="tour"` a `<gs:MultiTrack>` se nachází v elementu `<gs:Track>` jednotlivé zaznamenané

body (viz ukázka 3.2). Obsahově jsou stejné jako u GPX souboru, je zde zaznamenaný čas v elementu `<when>` a souřadnice s nadmořskou výškou dohromady v elementu `<gx:coord>`.

---

```
<gx:Track>
  <when>2013-10-19T12:03:39.000Z</when>
  <gx:coord>16.571465 49.24687 335.0</gx:coord>

  <when>2013-10-19T12:03:43.000Z</when>
  <gx:coord>16.571422 49.246848 332.0</gx:coord>

  <when>2013-10-19T12:03:44.000Z</when>
  <gx:coord>16.5714 49.246843 332.0</gx:coord>
</gx:Track>
```

---

Kód 3.2: Ukázka části záznamu trasy v KML notaci vytvořené aplikací MyTracks.

### 3.3 Další formáty

Mezi další možnosti záznamu geografických dat patří formát TCX vyvinutý v roce 2007 firmou Garmin jako součást jejich produktů. Podobně jako předchozí formáty používá XML notaci, je však přizpůsoben především pro záznam sportovních a zdravotních dat, například tepové frekvence, spálených kalorií a jiných [5].

Z některých zařízení je také možné exportovat data, která nejsou zapsána ve XML notaci, ale jsou uspořádána v pomyslné tabulce. Datový soubor je tvořen řádky, ve kterých jsou jednotlivé položky v uvozovkách odděleny pouze čárkou. Na začátku souboru může být řádek s pojmenováním sloupců.

Klasickým zástupcem tohoto způsobu zápisu je formát CSV (Comma-separated values). Jeho rozšířením uzpůsobeným pro záznam geografických dat je formát Magellan.

### 3.4 Souřadnicové systémy

Souřadnice se mohou zaznamenávat v různých formátech. Vznikaly jako celosvětové standardy, ale také jako lokální způsoby zápisu. Standard WGS 84 je používán v rozšířeném systému GPS, dva lokální – S-42 a S-JTSK – vznikly pro potřeby především na českém území.

#### 3.4.1 WGS 84

WGS 84 (World Geodetic System 1984) je mezinárodní standard pro používání souřadnicového systému [4]. Součástí je také definice referenčního elipsoidu Země.

Střed soustavy souřadnic je definován v těžišti Země včetně oceánů a atmosféry. Systém je pravotočivý a jednotlivé osy  $x$ ,  $y$  a  $z$  směřují do prostoru určeného nultým poledníkem, rovníkem a 90. poledníkem.

Poloha se udává pomocí zeměpisné délky a šířky doplněné výškou. Délka a šířka se udává ve stupních, případně s doplněním minut a vteřin nebo v desetinném tvaru v intervalu pozic od  $(-180.0, -90.0)$  až do  $(180.0, 90.0)$ . Výška je udávána jako vzdálenost v metrech nad referenčním elipsoidem.

### **3.4.2 S-42**

System S-42 je dnes používán v některých turistických mapách, které vycházejí ze starších vojenských map. System používá Krasovského elipsoid a povrch Země je válcově zobrazen v pásech širokých 6 stupňů.

Některé GPS přístroje nemusí být s tímto systémem plně kompatibilní.

### **3.4.3 S-JTSK**

Pro katastrální mapy České republiky je použit systém jednotné trigonometrické sítě katastrální. Využívá Křovákovo zobrazení (kuželové zobrazení) z roku 1922. Tehdejší Československá republika ležela v prvním kvadrantu souřadnicového systému, takže je možné využívat kladné části obou os.

## Kapitola 4

# Online mapové služby

Pro potřeby zobrazení dat na mapě lze zvolit různé mapové podklady, které budou uživateli nejvíce vyhovovat.

Mapové podklady pro potřeby zobrazení konkrétních dat poskytuje několik internetových služeb. Mezi celosvětově nejznámější patří Google Maps<sup>1</sup> nebo OpenStreetMap<sup>2</sup>, v České republice je k dispozici také lokální služba portálu Seznam.cz<sup>3</sup>.

### 4.1 Mapy.cz

Společnost Seznam.cz se soustředí na český trh a mimo jiné poskytuje také lokální službu Mapy.cz. V souvislosti s tím také v roce 2011 koupila digitální část mapového dodavatele PLANstudio [16].

Aplikace nabízí mapové pokrytí celého evropského kontinentu a blízkého okolí. Mapy jsou dostatečně detailní pro základní navigaci při cestě autem, ale mimo Českou republiku neposkytuje dostatečně detailní vrstvy pro potřeby například turistiky nebo sportu.

Základní zobrazení v Evropě obsahuje například názvy i menších obcí, avšak v nich už jen názvy významnějších ulic. Podrobné plány měst se týkají jen asi stovky významných evropských měst. Letecké snímky také většinou nejsou dostupné ve větším přiblížení než málo detailní satelitní snímky. Tato horší kvalita je však pochopitelná vzhledem k výhradní orientaci poskytovatele na český trh.

Mapy České republiky jsou oproti Evropě dobře aktualizované a detailní. Základní vrstva nabízí velmi kvalitní zpracování měst včetně popisných, resp. orientačních čísel jednotlivých budov a přehledného zobrazení bodů zájmu – např. restaurační zařízení, obecní úřady, nádraží, zastávky, nemocnice apod. Oblast je pokryta kvalitními satelitními (leteckými) snímky nabízejícími detailní přiblížení i mimo zastavěná území. V některých městech je možné využít také šikmé letecké pohledy nafocené pod úhlem 45 stupňů ze čtyř světových stran s názvem Ptačí pohled.

Mapy.cz je v případě chyby možné zkvalitnit i zasláním textové nebo grafické poznámky administrátorům služby, kteří ji následně zpracují.

Kromě základní (obecné) a letecké vrstvy Mapy.cz nabízí také možnost přepnutí na turistickou mapu, která zobrazuje i turistické trasy, cyklotrasy a také turistické a přírodní zajímavosti a památky. V této vrstvě jsou zakresleny také cesty menšího významu i méně

---

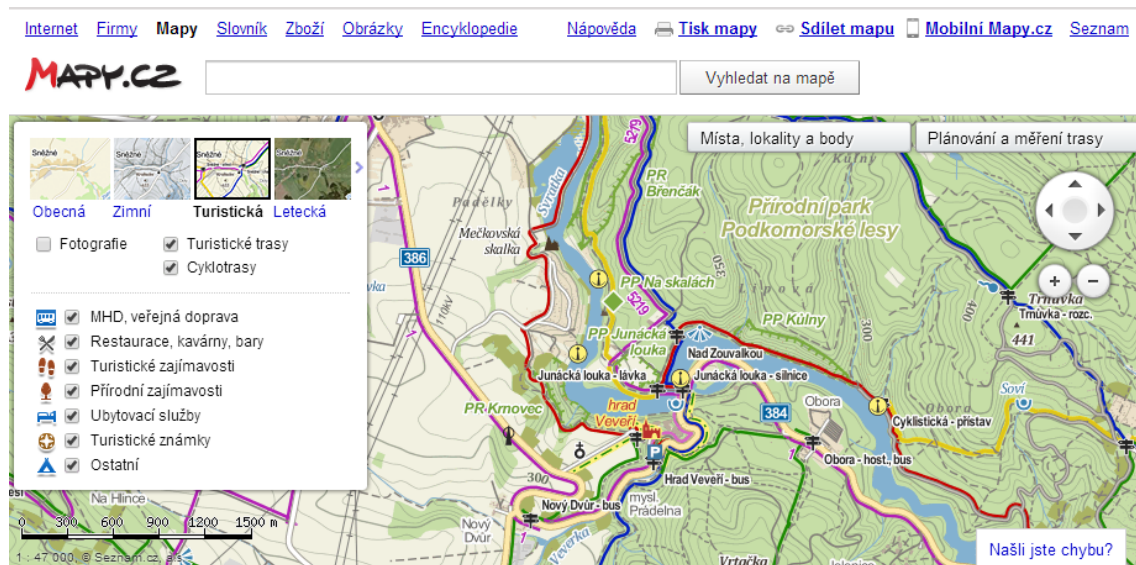
<sup>1</sup><http://www.maps.google.com>

<sup>2</sup><http://www.openstreetmap.org>

<sup>3</sup><http://www.mapy.cz>



významné lokální stezky. Pro turistické účely je vhodné i zobrazení vrstevnic terénu. V zimním období nalezne využití speciální zimní vrstva se zakreslenými lyžařskými trasami.



Obrázek 4.1: Mapy.cz (turistická mapa).

Na jaře 2014 byla spuštěna zkušební betaverze nových map, které nabízí mimo jiné nové grafické rozhraní služby, funkci Panorama (360° snímky zaznamenané speciálně vybaveným vozidlem), dopravní mapu s vyznačením aktuálních silničních uzavírek a nehod, haptické (hmatové) mapy pro nevidomé a slabozraké uživatele nebo realistický 3D model vzniklý spojením laserového nasnímání terénu a budov s nanesením textur pořízených leteckými snímky.

Webová aplikace také umožňuje zobrazení veřejně dostupných fotek uživatelů, kteří je nahrávají na adrese <http://foto.mapy.cz>. Při vkládání musí být fotografiím určeny souřadnice vyfocení, takže je možné následně zobrazit snímky z daného místa.

Systém API Mapy.cz využívá framework JAK, který usnadňuje práci s DOM a HTML, událostmi a dalšími. Obsahuje také nástroje pro objektově orientovaný přístup.

API poskytuje přístup k různým mapovým vrstvám, mimo jiné i leteckým (satelitním) snímkům z dřívějších mapování (z let 2003 a 2006), historické mapě z let 1836 až 1852 a dalším. Dále lze zapínat různé kombinace s vrstvou reliéfního zobrazení povrchu, turistických tras a cyklotras. K dispozici jsou také tzv. SMART vrstvy, které se při největším přiblížení klasické nebo turistické vrstvy automaticky přepnou do leteckých snímků.

Aplikační rozhraní dále umožňuje přepnout mapu do Mercatorovy projekce, a zobrazit tak i jiné mapové podklady jako Google Maps, OpenStreetMap nebo Bing Maps.

Při vykreslování dat ve formátu GPX nebo KML se do mapy přidá nová vrstva, která obsahuje vektorové zobrazení zaznamenané trasy. Rozhraní umožňuje nastavení maximálního počtu bodů křivky a její barvy.

Pomocí API je možné mimo jiné vytvořit vrstvu s uživatelskými značkami, které mohou být umístěny na zadaných souřadnicích. Ke každé značce může být přiřazena vizitka s daným HTML obsahem.

Licenční podmínky služby umožňují použít mapy pro nekomerční i komerční účely (zpoplatněný přístup uživatelů k mapě však nedovolují). Počet požadavků na použití map není nijak limitován.

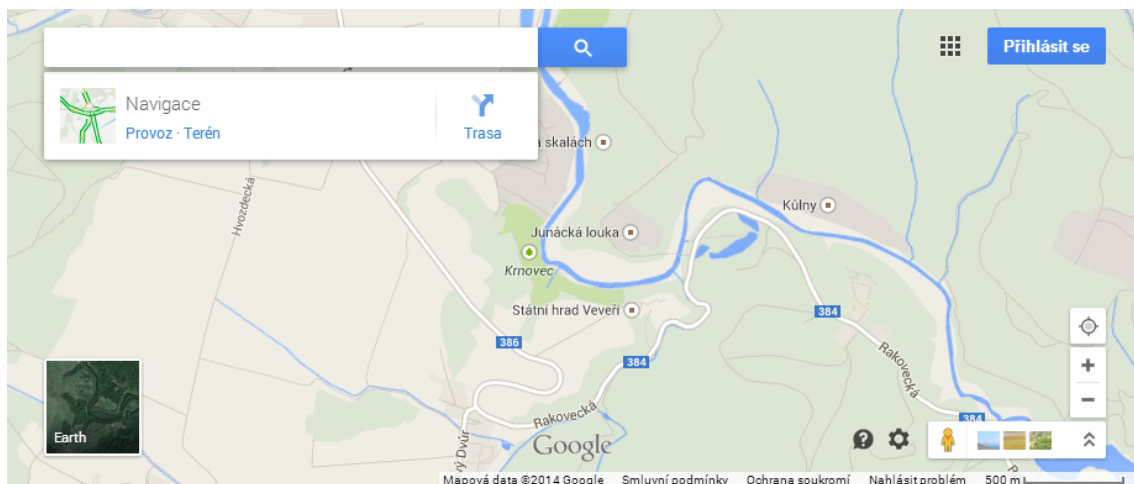
## 4.2 Google Maps

Mapy americké společnosti Google byly v první podobě spuštěny v roce 2005. Dnes pokrývají poměrně detailně území celého světa a jsou zde používány uživateli počítačů i mobilních zařízení.

Převážně Spojené státy americké a západní Evropa jsou zmapovány přímo společností Google, ve zbytku jsou nasazena veřejně přístupná služba MapMaker, která uživatelům umožňuje přidat do mapy návrh na úpravu daného místa, případně jsou použita data třetích stran.

K dispozici je základní vektorová mapová vrstva, satelitní (letecké) snímky s možností pohledu ze 45 stupňů v dostupných větších městech. Zajímavou možností je zobrazení tzv. terénní mapy, která pomocí stínování a vrstevnic vykresluje terén. Chybí zde však mapový podklad typicky specifický pro oblast České republiky, a to turistická mapa.

Současně mapy nabízí zobrazení doplňkových vrstev jako hustotu aktuálního silničního provozu, síť cyklostezek nebo síť veřejné dopravy ve vybraných městech. Další zajímavou možností je ve vybraných oblastech (převážně země Evropy a Severní Ameriky) přímý přechod do režimu Street View, který zobrazuje 360° snímky nafocené průjezdem speciálních vozidel.



Obrázek 4.2: Google Maps (základní vrstva).

Na mapě lze také zobrazit fotografie z vybraného místa. Uživatelé je mohou nahrávat na adrese <http://www.panoramio.com>. Přímo na mapy lze však také nahrávat speciální uživatelské prostorové snímky, tzv. photosphere, které pokrývají veškeré okolí fotografa. Ovládání je poté stejné jako v režimu Street View.

Aplikační rozhraní běžně umožňuje vkládání mapy na webové stránky s širokými možnostmi nastavení a doplňků. Aktuální verze 3 je postavena na JavaScriptu. K dispozici jsou čtyři základní vrstvy – klasická vektorová silniční, satelitní, hybridní a terénní. Na mapě je možné na daných souřadnicích vykreslit jednotlivé značky včetně popisných oken, ale také křivky, polygony a další tvary, čehož lze využít při vykreslování zaznamenaných GPX dat. Zajímavou možností z hlediska vyvíjené aplikace je také funkce pro určení nadmořské výšky zadaného bodu.

Licenční podmínky veřejného API dovolují použití Google Map v projektech a aplikacích, pokud jsou veřejně přístupné bez zpoplatnění. Existují však omezení limitující počet

přístupů k určitým službám za den. Například načtení mapy více než 25 000krát denně 90 po sobě jdoucích dnů bude zpoplatněno menším poplatkem. Zároveň lze také bezplatně provést zjištění nadmořské výšky zadaného bodu nejvíce 25 000krát denně (2 500 dotazů o 10 místech) [6].

Použití Google Map by mělo být podmíněno veřejným přístupem. Při použití uživatelského přihlašování by měla být dostupná jednoduchá registrace zdarma. Smluvní podmínky společnosti vyžadují při implementaci map do desktopové aplikace existenci webové stránky, odkud bude program volně ke stažení.

### 4.3 OpenStreetMap

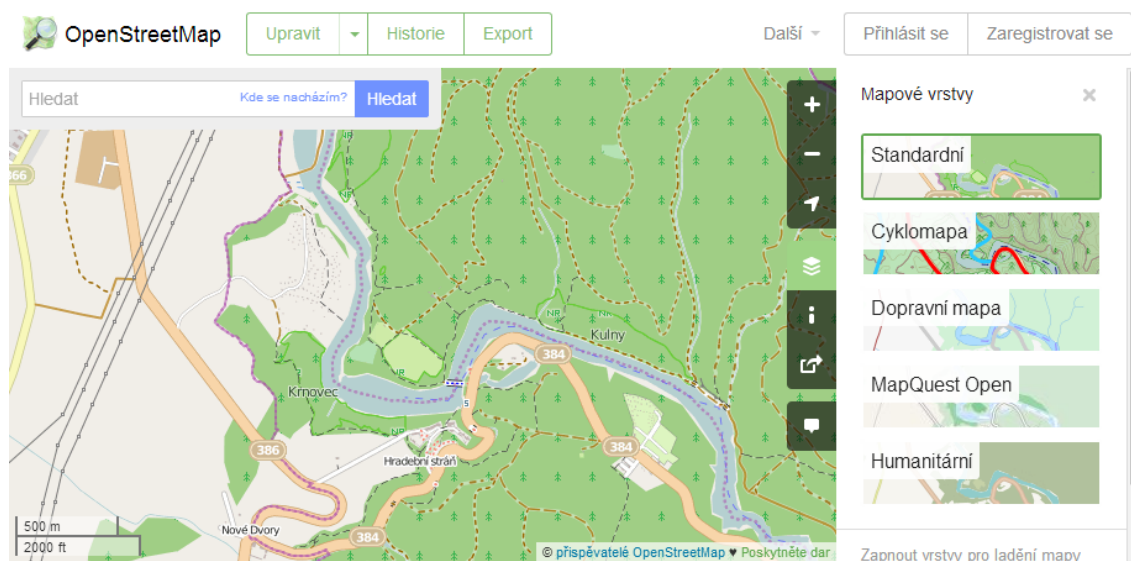
Projekt OpenStreetMap vznikl v roce 2004 a jejím záměrem je poskytování volně dostupných mapových dat pro různé účely. Službu podporuje řada společností a organizací, které se podílí na mapování nebo provozují samostatný projekt spojený s těmito mapovými podklady.

Nejlépe zmapovaná je západní Evropa spolu s USA, ovšem snahou je pokrýt co nejdetailněji celý svět. Oblast České republiky je zmapována poměrně dobře a výhodou je rychlá reakce a aktuální stav skutečnosti. Mapu editují dobrovolníci pomocí záznamů z GPS zařízení nebo jiných podkladů, a vzniká tak otevřený systém s editory, kteří mapují jim známou oblast. Změny se ihned projeví ve veřejné mapě a systém také uchovává historii všech změn.

Projekt kromě základních uživatelských vrstev jako cyklomapy nebo dopravní mapy umožňuje jakkoliv stylizovat mapu podle vlastních potřeb. Celý mapový systém včetně editačního rozhraní je tvořen vektorovými prvky a je ukládán ve XML formátu. Logicky zde však chybí satelitní nebo letecké snímky.

K dispozici je klasické API pro vložení mapy na webové stránky. Umožňuje vkládání značek, zobrazení různých vrstev, vyznačení určitých elementů mapy i vykreslení trasy podle GPX dat.

Licenční podmínky dovolují užití OpenStreetMap pro libovolný účel s nutností uvedení zdroje. Jakákoliv změna vyžaduje zachování stejné licence.



Obrázek 4.3: OpenStreetMap (základní vrstva).

## Kapitola 5

# Existující služby pro publikaci a správu GPS dat

Uživatel vlastní běžné GPS zařízení má k dispozici velké množství různých aplikací a programů, které může využít pro správu zaznamenaných tras. Umožňují export dat do grafů, vizualizaci tras na mapě a v neposlední řadě také zobrazení fotografií.

### 5.1 Desktopové aplikace (MyTourBook, GeoSetter a další)

První možností je instalace programu na uživatelův počítač. Všechny soubory se zaznamenanými daty, případně i vyfocené snímky, jsou pak uloženy přímo na disku a po spuštění si je program načte a zobrazí podle nastavení.

Takovými aplikacemi mohou být například MyTourBook<sup>1</sup> nebo GeoSetter<sup>2</sup>. Obě jsou vyvíjeny pro operační systémy Windows, MyTourBook i pro linuxové distribuce, a jsou zdarma k dispozici.

Aplikace umožňují zobrazení trasy na volitelném mapovém podkladu, tvorbu grafů různých závislostí a statistik, správu všech aktivit pomocí kalendáře i prohlížení fotografií s možností doplňovat k nim titulky a štítky.

Desktopové aplikace jsou na rozdíl od webových stavěny pro uchovávání pouze vlastních aktivit na vlastním počítači, resp. úložišti. Problematictější je sdílení trasy s ostatními uživateli, kteří danou aplikaci nemusí mít nainstalovanou na svém počítači, nebo třeba vytváření sportovních týmů se sdílením aktivit všech členů.

Naopak umožňují širší možnosti nastavení aplikace – od různých barevných schémat grafů, přes nastavení jednotek záznamů, vlastních klávesových zkratk až po individuální konfiguraci vzhledu a rozložení okna aplikace. Relativně jednodušší může být také synchronizace s vyfocenými snímky, jelikož se v tomto případě nemusí odesílat na vzdálený server.

Je možné zde zmínit také programy určené především pro správu a úpravu fotografií, které umožňují zobrazit na mapě místo vyfocení, avšak nezpracovávají přímo zaznamenané trasy. Využívají pouze lokalizační metadata uložená v jednotlivých fotografiích. Jedná se například o české Zoner Photo Studio<sup>3</sup>, Adobe Photoshop Lightroom<sup>4</sup>, Picasa<sup>5</sup> nebo další.

---

<sup>1</sup><http://mytourbook.sourceforge.net>

<sup>2</sup><http://www.geosetter.de>

<sup>3</sup><http://www.zoner.cz>

<sup>4</sup><http://www.adobe.com/cz/products/photoshop-lightroom.html>

<sup>5</sup><http://picasa.google.com>

## 5.2 Webové aplikace (Endomodo, Runkeeper)

Mimo desktopové aplikace mohou uživatelé použít i některou z webových služeb. Mezi tyto patří například dále blíže popisované RunKeeper – GPS Track Run Walk<sup>6</sup> nebo Endomodo Sports Tracker<sup>7</sup>.

Obě služby nabízí také zdarma ke stažení aplikace pro chytré mobilní telefony, minimálně pro operační systémy Android a iOS. Těmito aplikacemi lze po spojení s uživatelským účtem aplikace pomocí GPS přijímače nebo jiných senzorů zaznamenat prošlou nebo projetou trasu a přímo odeslat na servery aplikací.

Ve webovém rozhraní si poté uživatel může zobrazit zaznamenané trasy na mapě, vypočítanou celkovou vzdálenost, průměrnou rychlost, časovou délku, spálené kalorie, případně další parametry trasy. Aplikace také ke každému záznamu přidá graf závislosti rychlosti nebo výškového převýšení na čase nebo vzdálenosti. K jednotlivým činnostem lze také vkládat textové komentáře.

Všechny záznamy jsou uloženy pohromadě, lze mezi nimi vyhledávat buď podle data nebo typu činnosti, který uživatel zadává v mobilní aplikaci při ukládání záznamu. Aplikace také zobrazují souhrnné statistiky buď za určité období nebo pouze daného typu aktivity.

V obou zmíněných aplikacích je také možné se spojit s přáteli a vytvořit tak třeba vlastní sportovní tým. Aplikace také nabízí možnost sdílení aktivit na sociálních sítích jako Facebook nebo Twitter.

Dalšími podobnými službami jsou například Runastic, MapMyRun GPS Running, Nike+ Running pro záznam především sportovních aktivit, nebo například jednoduchá aplikace od společnosti Google Moje trasy pro záznam jakékoli trasy pomocí GPS a jeho export v různých formátech.

---

<sup>6</sup><http://www.runkeeper.com>

<sup>7</sup><http://www.endomodo.com>

## Kapitola 6

# Návrh řešení a cíl

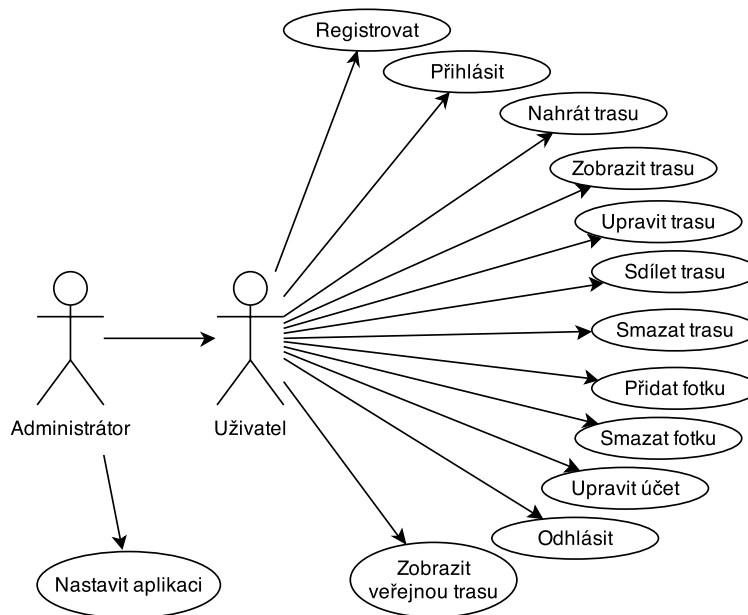
V následující kapitole budou popsány základní specifikační požadavky a z nich vycházející návrh architektury aplikace a uživatelského rozhraní.

### 6.1 Specifikace požadavků

Ze zadání práce vyplývají požadavky na vytvořenou aplikaci. Mělo by jít o webovou službu, ve které by uživatel mohl evidovat a veřejně sdílet trasy, které si zaznamenal. Aplikace bude podporovat data tras ve formátu GPX.

Systém zobrazí ke každé trase na základě jejich dat příslušný výškový profil. Preferovaným mapovým podkladem jsou Mapy.cz. Uživatel by měl mít možnost procházet trasy podle data a přiřazovat k nim a jednotlivým bodům další údaje.

Na základě těchto požadavků jsem vytvořil následující diagram případů užití.



Obrázek 6.1: Use case diagram.

## 6.2 Architektura aplikace

Projekt je koncipován jako webová aplikace. Z toho vychází návrh architektury a využívá současné modely řešení takových systémů.

### 6.2.1 Použité technologie a knihovny

Vzhled a struktura stránek aplikace (klient) budou popsány značkovacím jazykem HTML ve spojení s kaskádovými styly (CSS). Veškerý obsah by měl být plně validní v rámci standardů HTML5 a CSS3. Pro některé vizuální efekty a další funkce bude využit JavaScript a javascriptová knihovna jQuery.

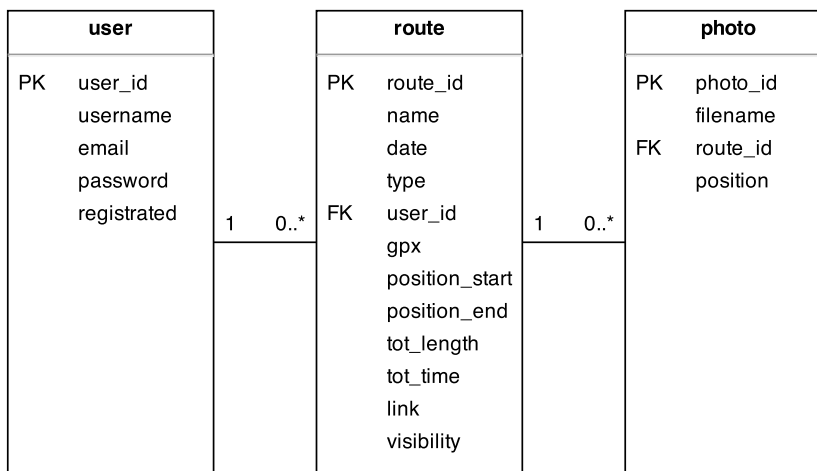
Knihovna jQuery bude také zprostředkovávat interakci mezi JavaScriptem a HTML prvky a pomocí jejích funkcí bude voláno asynchronní načítání dalších webových stránek podle potřeby (AJAX). Pro zajištění odesílání formulářů a jeho průběhu bude použit plugin jQuery Form.

Pomocí JavaScriptu budou zpřístupněna API pro veškeré funkce map (API Mapy.cz) a pro zobrazení grafů znázorňujících výškové profily tras (Google Visualization API).

Logiku na straně serveru bude obstarávat programovací jazyk PHP. Bude mimo jiné zajišťovat spojení s databází MySQL a zpracování získaných dat, obsluhu ajaxových požadavků a kontrolu zadaných dat.

### 6.2.2 Ukládání dat

Ukládání všech uživatelských dat bude zajištěno v relační MySQL databázi. Databáze bude tvořena třemi tabulkami pro uchování informací o uživateli (**user**), zaznamenaných trasách (**route**) a fotografiích (**photo**).



Obrázek 6.2: Struktura databáze.

V tabulce **user** jsou uloženy informace o uživateli – uživatelské jméno, e-mail, heslo a datum registrace. Primárním klíčem tabulky je číselný identifikátor uživatele.

Tabulka **route** uchovává data jednotlivých tras. U každé je uložen její název a datum záznamu, příp. nahrání do aplikace, a další doplňující informace jako celková délka trasy, doba trvání záznamu a viditelnost pro sdílení. Trasa je přiřazena jednomu uživateli pomocí jeho jedinečného primárního klíče.

GPX data ve XML formátu jsou celá uložena v tabulce, při jejich následném použití jsou buď celá předávána API pro vykreslení na mapě nebo ke zpracování a pro transformaci do JSON formátu. Navíc se pro snadné zobrazení začátku a konce trasy ukládají GPS souřadnice těchto bodů.

Každá trasa má kromě svého automaticky inkrementovaného primárního klíče i osmi-místný číselný identifikátor `link`, který je použit jako univerzální veřejné označení v požadavcích GET a POST a v URL adrese při sdílení trasy.

Informace o nahraných fotkách jsou uloženy v tabulce `photo`. Mimo primárního klíče každé fotografie se ukládá náhodně vygenerovaný název souboru v úložišti. Dále se ukládají souřadnice, na kterých se má zobrazovat značka s náhledem fotky a propojení s trasou pomocí jejího identifikátoru.

Přístup do databáze je zajištěn pomocí PHP knihovny PDO (PHP Data Objects), která znemožní především útoky typu SQL injection. Nutnou podmínkou této funkcionality je použití tzv. vázaných proměnných místo vkládání proměnných dat přímo do databázového dotazu, resp. příkazu.

Všechny výstupy z databáze jsou zároveň ošetřeny PHP funkcí `htmlspecialchars()`, která zajistí nahrazení speciálních znaků HTML entitami.

Každé fotce je při nahrávání vygenerován náhodný název (viz 7.11 Přidání fotek). Všechny nahrané fotografie jsou bez ohledu na přiřazení k jednotlivým trasám ukládány do složky `images`. Náhledy v menším rozlišení jsou následně umístěny ve složce `thumbs` a soubory s větším rozlišením ve složce `full`.

## 6.3 Uživatelské rozhraní

Při návrhu uživatelského rozhraní jsem kladl největší důraz na dostatečný prostor pro mapu, jelikož tato vlastnost některým existujícím službám chybí. Pro doplňující informace včetně výškového profilu trasy jsem zvolil umístění v levém bočním panelu vedle mapy tak, aby byl při prohlížení mapy neustále dostupný. Uživatel tak může rychle přepínat mezi jednotlivými trasami.

Současně je v horní části panelu umístěno základní menu aplikace (volby nastavení a odhlášení) a kalendář pro výběr měsíce s nahranými trasami. V případě potřeby lze boční panel skrýt, a využít tak celý prostor prohlížeče pro mapu.

V bočním panelu se odehrávají další akce jako přihlašování, registrace nebo úprava uživatelského účtu. Jedinou výjimkou je zobrazení informací o samotné aplikaci. V tom případě textové informace s možností stažení celé aplikace překryjí prostor mapy. Toto překrytí je však možné zavřít kliknutím kamkoliv do prostoru prosvítající mapy.

Ovládací prvky mapy vycházejí z běžně dostupné online mapové služby Mapy.cz. V pravé části je umístěno ovládání přiblížení a posunování mapy, na levé straně se nachází nabídka jednotlivých vrstev map včetně voleb zobrazení turistických tras a cyklotras nebo zvýraznění stínování.

Celý návrh aplikace je řešen s jednoduchým grafickým rozhraním tak, aby se uživatel dobře orientoval. Případně může administrátor při vlastním nasazení aplikace snadno změnit vzhled úpravou CSS souboru.



## Kapitola 7

# Implementace aplikace

V následující kapitole popíšu základní logické celky a funkce aplikace. Problematiku jsem rozdělil do částí podle jednotlivých případů užití, případně logických celků řešení.

Většina operací je prováděna vlastním PHP skriptem, jejich názvy uvádím u každé z nich. Javascriptové funkce jsou umístěny do samostatného souboru `functions.js` nebo přímo v zobrazovaných souborech `index.php` a `routes.php`.

### 7.1 Registrace uživatelů

Pokud je registrace administrátorem povolena (viz [7.13](#) Nastavení administrátora), zobrazí se po této volbě na úvodní stránce registrační formulář, do kterého je nutné zadat e-mailovou adresu, uživatelské jméno a heslo. Data formuláře jsou pomocí funkce knihovny jQuery odeslána požadavkem POST souboru `registration.php`.

V něm se provede kontrola vyplnění všech polí formuláře (kontroluje se také pomocí vlastností HTML elementů již před odesláním) a správnosti a jedinečnosti přijatých dat včetně ověření správného formátu e-mailové adresy nebo délky uživatelského jména a hesla.

Jsou-li splněny všechny podmínky, jsou data uložena do databáze. Uživateli je sdělen výsledek operace s možností přihlášení při úspěšné registraci.

### 7.2 Přihlašování a odhlašování uživatelů

Úvodní stránka `index.php` slouží kromě zjednodušeného prohlížení sdílených tras (viz [7.5](#) Zobrazení veřejné trasy) především pro přihlašování uživatelů. Přihlášení probíhá vyplněním příslušné e-mailové adresy a hesla a jejich odesláním požadavkem POST souboru `login.php`, který provede ověření údajů porovnáním s daty uloženými v databázi. V případě správného zadání je uživatel přesměrován na stránku `routes.php`, na které se zobrazují všechny jeho nahrané trasy.

Přihlašování pomocí e-mailové adresy bylo zvoleno kvůli relativně jednoznačné identifikaci každého uživatele a jisté unifikaci s jinými webovými aplikacemi. Uživatelské jméno se v aplikaci zobrazuje až po přihlášení a je také použito jako jméno autora veřejně sdílené trasy. V tomto případě by bylo nevhodné používat e-mailovou adresu.

Heslo uživatele je v databázi z důvodu zajištění bezpečnosti uloženo pomocí hašovací funkce `PASSWORD()`. Při přihlašování je tedy zadané heslo transformováno a porovnáno s hodnotou uloženou v databázi.

Odhlášení uživatele z aplikace je provedeno jednoduchým odstraněním všech dat relace v superglobální proměnné `$_SESSION` souborem `logout.php` a následným přesměrováním zpět na úvodní stránku aplikace.

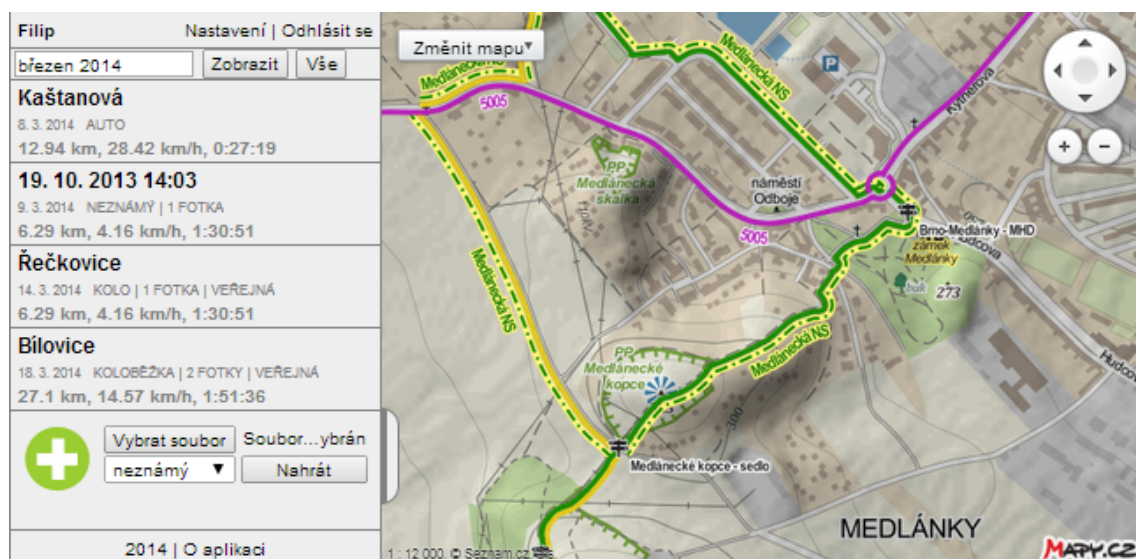
### 7.3 Zobrazení seznamu tras uživatele (kalendář)

Po přihlášení uživatele se v bočním panelu zobrazí přehled nahraných tras. Každou z nich lze kliknutím otevřít (viz 7.4 Zobrazení jednotlivé trasy). V horní části panelu je k dispozici kalendář, ve kterém si uživatel zvolí kalendářní měsíc, ze kterého chce zobrazit své trasy, případně může zobrazit úplně všechny trasy.

V aplikaci jsou volány čtyři různé funkce, které odpovídají zmíněným požadavkům – `loadRoutesInMonth(month)` pro výpis tras v daném měsíci, `loadAllRoutes()` pro výpis všech tras, `loadPublicRoute()` pro výpis veřejně sdílené trasy a `loadRoutesWithLast()` pro výpis tras v měsíci, do něhož byla nahrána poslední trasa (je volána po nahrání nové trasy).

Všechny tyto funkce volají požadavkem POST s danými parametry soubor `list_routes.php`, který vytvoří příslušný HTML obsah a vrátí jej volající funkci pro umístění v bočním panelu.

V případě požadavku na zobrazení veřejné trasy na úvodní straně aplikace je volána funkce `loadPublicRoute()`, která si od serveru vyžádá informace o trase podle zadaného GET parametru `route`.



Obrázek 7.1: Ukázka aplikace. Přehled nahraných tras, mapa se zapnutými turistickými trasami, cyklotrasami a stínováním reliéfu.

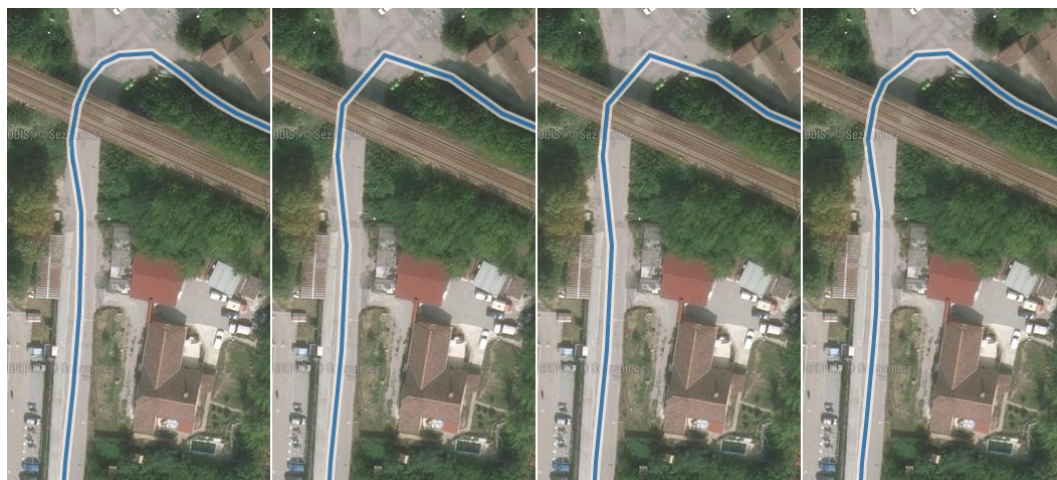
### 7.4 Zobrazení jednotlivé trasy

Po kliknutí na některou v nabídnutých tras se na mapě zobrazí samotná trasa a v bočním panelu se otevře box s rozšiřujícími informacemi. Kromě standardně zobrazovaného názvu trasy, data jejího porízení, resp. nahrání, typu aktivity, počtu fotek, přístupnosti, délky

trasy, průměrné rychlosti a času trvání jde hlavně o graf vyjadřující výškový profil zaznamenané trasy. Dále se zobrazí možnosti přidání fotek k určenému místu na mapě, editace trasy, její sdílení a případně smazání.

Postupně jsou volány funkce `drawRoute()`, `drawMarkers()`, `drawChart()` a `drawStartEnd()`, které vykreslí trasu na mapě, zobrazí případné připojené fotky, vytvoří graf s výškovým profilem a zvýrazní začátek a konec trasy na mapě.

Funkce `drawRoute()` využívá funkce API Mapy.cz, která na mapu přidá vrstvu s trasou. Funkce potřebuje textový řetězec s XML daty ve formátu GPX, která získá pomocí požadavku GET na soubor `load_route.php`. Přesnost zobrazení lze ovlivnit úpravou maximálního počtu bodů v souboru `library.php`, což způsobí vynechání některých bodů trasy (viz srovnání na obrázku 7.2).



Obrázek 7.2: Srovnání přesnosti vykreslení trasy v závislosti na počtu kreslených bodů. Zleva: originál (všechny body, cca 4000), 500 bodů, 1000 bodů a 2000 bodů trasy.

V případě, že jsou k trase přidány fotky, funkce `drawMarkers()` vytvoří požadavek GET a ze souboru `load_photos.php` získá data ve formátu JSON. Z nich vytvoří novou vrstvu se značkami umístěnými na určených místech a ke každé přidá vizitku s fotkou, která se otevře při kliknutí na příslušnou značku. Tuto vrstvu následně přidá na mapu.

Graf je zobrazen pomocí funkce `drawChart()`, která vytvoří požadavek GET na soubor `load_graph.php`. Skript z databáze získá data o zaznamenané trase ve formátu XML a s pomocí PHP funkce `simplexml_load_string()` je transformuje na JSON data obsahující vzdálenost od začátku trasy (viz 7.7 Výpočet vzdáleností bodů) a naměřenou nadmořskou výšku.

Po obdržení výsledku požadavku na server se získaná data předají funkci z Google Visualization API, která vytvoří jednoduchý spojnicový graf závislosti naměřené nadmořské výšky na vzdálenosti od počátku trasy ve formátu SVG a umístí jej na určené místo v bočním panelu (viz obr. 7.3).

Pro větší přehlednost je na závěr volána funkce `drawStartEnd()`, která zajistí přidání nové vrstvy na mapu. Ve vrstvě se nachází dvě značky v podobě barevných vlaječek – zelená v místě začátku trasy, červená na konci (viz obr. 7.4). Souřadnice těchto bodů funkce získá požadavkem GET na soubor `load_route.php` s patřičnými parametry `start`, resp. `end`.



Obrázek 7.3: Ukázka výškového profilu trasy a doplňujících informací.

## 7.5 Zobrazení veřejné trasy

Na úvodní stránce `index.php` je možné zobrazit veřejně sdílenou trasu identifikovanou GET parametrem `route`. Pokud identifikátor trasy odpovídá některé veřejné trase, načtou se data pomocí výše zmíněné funkce `loadPublicRoute()`. Poté se daná trasa rovnou otevře a vykreslí na mapě i s případnými fotkami. V datech je navíc uvedeno uživatelské jméno autora.

Trasu samozřejmě není možné jakkoliv upravovat a zasahovat do ní. Zobrazování veřejných tras musí být povoleno (viz 7.13 Nastavení administrátora).

## 7.6 Nahrání trasy

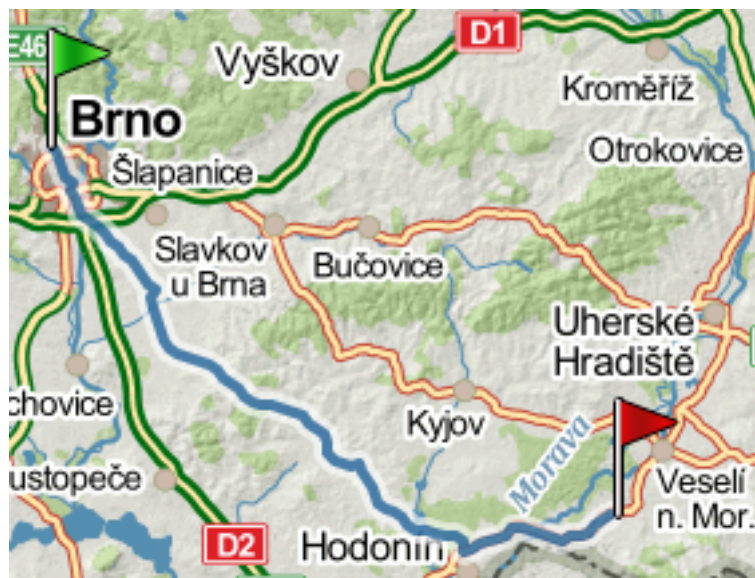
Nahrávání tras je zajištěno HTML formulářem pro výběr GPX souboru a typu aktivity. Samotné odesílání je zprostředkováno knihovnou jQuery Form Plugin, která umožňuje použít AJAX a mimo jiné tak zobrazovat například i průběh nahrávání souboru.

Zpracování dat provádí soubor `upload.php`, který vygeneruje osmimístný číselný identifikátor, pomocí něhož je prováděno sdílení veřejné trasy a další akce. Do databáze je následně vložen spolu s GPX daty ve formátu XML.

Podobně jako při zobrazení grafu výškového profilu (viz 7.4 Zobrazení trasy) jsou data načtena pomocí PHP funkce `simplexml_load_string()` a následně analyzována pro výpočet celkové délky trasy (viz 7.7 Výpočet vzdáleností bodů) a případného času trvání jejího záznamu. Z těchto údajů je při následném zobrazení trasy vypočtena průměrná rychlost pohybu.

Současně se také ověří výskyt informace o dni pořízení záznamu a jeho názvu. Pokud informace chybí (případ záznamu v elementu `<rte>` sloužící k navigaci), je datum nahrazeno dnem nahrání a jméno zůstává nevyplněno s možností pozdější editace.

Po úspěšném nahrání je využito funkce `loadRoutesWithLast()`, která zajistí výpis tras spadajících do měsíce záznamu nahrané trasy. Uživatel ji tak může hned zobrazit.



Obrázek 7.4: Ukázka zvýraznění začátku (zelená vlaječka) a konce (červená) trasy.

## 7.7 Výpočet vzdáleností bodů

Samostatným problémem při nahrávání trasy a zobrazování jejího výškového profilu je výpočet vzdáleností mezi jednotlivými body zaznamenanými v GPX souboru jako souřadnice GPS. Vzdálenosti bodů jsou v aplikaci neustále přičítány k průběžné vzdálenosti od začátku záznamu. Tak se vypočítá celková délka trasy, nebo je průběžná vzdálenost použita pro vytvoření grafu závislosti nadmořské výšky na vzdálenosti od začátku trasy.

V aplikaci jsem pro výpočet vzdálenosti dvou bodů použil metodu *haversinu* [11], která ji počítá jako vzdálenost bodů na kulové ploše. Metoda je vhodná i pro menší vzdálenosti, což se hodí pro zpracování GPX souborů. V těch se totiž obvykle vyskytují body zaznamenané velmi blízko sebe. Metoda se používá v rámci algoritmu Great-circle pro výpočet délky ortodromy (nejkratší spojnice bodů na kulové ploše).

Postup výpočtu vzdálenosti dvou bodů  $d$  je realizován následujícím postupem:

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat_1) \cdot \cos(lat_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta lon}{2}\right) \quad (7.1)$$

$$c = 2 \cdot \operatorname{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (7.2)$$

$$d = R \cdot c, \quad (7.3)$$

kde  $lat_1$ , resp.  $lat_2$ , je zeměpisná šířka dvou bodů v radiánech,  $\Delta lat$ , resp.  $\Delta lon$ , je rozdíl zeměpisné šířky, resp. výšky, v radiánech a  $R$  je poloměr Země. Funkce  $\operatorname{atan2}(a, b)$  vypočítá hodnotu funkce  $\arctan$  v bodě  $\frac{a}{b}$  při současném zajištění umístění ve správném kvadrantu.

## 7.8 Editace trasy

Při volbě editace trasy je vyslán požadavek GET souboru `edit_route.php`, který vrátí HTML obsah v podobě formuláře pro změnu informací o vybrané trase. Uživatel může upravit název a datum trasy, typ aktivity a přístupnost pro sdílení.

Uložení je provedeno požadavkem POST na stejný soubor `edit_route.php`, který provede požadovanou úpravu dat v databázi.

## 7.9 Smazání trasy

Smazání trasy je provedeno souborem `delete_route.php`, kterému je zaslán požadavek POST. Skript ověří autora trasy a vymaže její data z databáze.

V případě, že jsou k trase přidány fotky, smaže skript konkrétní soubory a jejich příslušné záznamy v databázi.

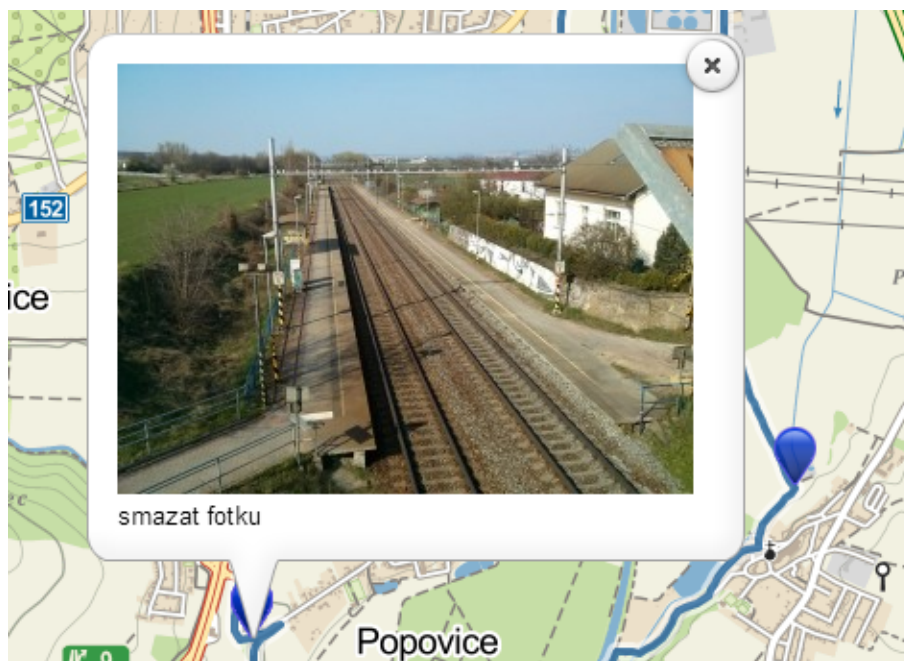
## 7.10 Sdílení trasy

Sdílení trasy probíhá uvedením vygenerovaného odkazu vytvořeného z identifikátoru trasy položka `link`. Nutnou podmínkou sdílení je nastavení viditelnosti trasy na veřejnou.

Volbou sdílení trasy se uživateli zobrazí pole s URL adresou, kterou může využít k odkazování na úvodní stránku aplikace. Trasa je identifikována GET parametrem `route` (viz [7.5 Zobrazení veřejné trasy](#)).

## 7.11 Přidání fotek

Přidávání fotek se aktivuje kliknutím na příslušnou volbu u otevřené trasy. Zobrazí se formulář pro výběr souboru obrázku ve formátu JPG a do mapy se přidá nová vrstva, která obsahuje novou značku. Uživatel značku umístí na požadované místo a při odeslání se její souřadnice odešlou společně se souborem požadavkem POST souboru `photo.php`. Při odesílání je využita funkce knihovny jQuery Form Plugin.



Obrázek 7.5: Ukázka vložené fotografie na určené místo.

Fotka je při nahrávání zmenšena na rozměry nastavené v souboru `config.php` (viz 7.13 Nastavení administrátora). Vízitky s fotkou, které se zobrazují po kliknutí na danou značku v mapě, mají dle API pevně stanovenou výšku na 440 pixelů. Pokud by byl obsah (v tomto případě fotka) větší, nezobrazil by se celý a uživatel by musel používat vertikální nebo horizontální posuvníky. Proto je výchozí poměr stran náhledu nastaven na velikost nejvýše 300×275 pixelů. Kliknutím na fotografii ji lze otevřít ve větším rozlišení.

Obrázky (v náhledové a plné kvalitě) jsou uloženy ve složce `images` a záznam o fotografii je vložen do databáze. Poté je na mapě znovu překreslena vrstva se značkami, tentokrát i s nově vloženou fotkou.

Smazání fotografie je možné odkazem v otevřené vizitce s obrázkem. Kliknutí vyvolá požadavek POST na soubor `delete_photo.php`, který ověří příslušnost fotky k trase a uživateli a smaže soubory z úložiště. Následně provede smazání záznamu o fotce z databáze.

## 7.12 Nastavení účtu

Pro případ úpravy údajů zadaných uživatelem při registraci je k dispozici nabídka Nastavení, která pomocí požadavku GET přijme data (HTML editovací formulář) ze souboru `settings.php`. Pro uložení změněných dat je stejnému souboru odeslán požadavek POST. Uživatel může změnit své uživatelské jméno, e-mail a heslo. Uživatelské jméno a e-mailová adresa je při tom ověřena proti duplicitnímu výskytu v aplikaci.

## 7.13 Nastavení administrátora

Administrátor (provozovatel aplikace na serveru) může v souboru `config.php` nastavit několik parametrů celé aplikace. Většina z nich je implementována jako konstanty v jazyce PHP.

Jedná se o úpravu výchozího seznamu typů aktivit, které lze přiřadit k jednotlivým trasám. Seznam je uložen jako PHP pole hodnot.

Dalším parametrem je povolení registrace ostatních uživatelů. Ve výchozím stavu je toto povoleno, v případě zakázání při instalaci bude aplikace sloužit pouze administrátorovi, případně lze například registrovat sportovní tým a další registrace zakázat.

Administrátor může také zakázat zobrazování veřejných tras. Zobrazení jakékoliv trasy pak nebude možné bez registrace. V případě zakázání pak nastavení viditelnosti trasy nebude mít vliv na veřejné zobrazování.

Dále je možné nastavit několik hodnot, které ovlivňují chod a vzhled aplikace. Nastavit lze počet bodů, které se použijí z GPX dat pro vykreslování trasy. Ve výchozím stavu je tato hodnota nastavena na 2000 bodů (viz 7.4 Zobrazení jednotlivé trasy).

Příslušnými konstantami lze upravit maximální velikost vkládaných fotografií. Ve výchozím stavu jsou náhledy do vizitek zmenšovány za dodržení původního poměru stran na velikost nejvýše 300×275 pixelů a v plném rozlišení nejvýše na 3000×3000 pixelů. Při případném zvětšování těchto limitů je nutné brát ohled na největší možné rozměry vizitky, ve které se fotky zobrazují, a v neposlední řadě také na dostupnou kapacitu webového úložiště.

Zaznamenané body jsou obvykle velmi blízko sebe a nadmořská výška se nijak výrazně nemění. Proto není nutné v grafu výškového profilu vykreslovat všechny zaznamenané body, ale jen některé, v závislosti na délce trasy. Nastavením počtu bodů grafu lze zároveň ušetřit přenášaná data. Výchozí hodnota koeficientu je 1000, to znamená, že se při vykreslování

grafu přeskočí takový počet bodů, který se rovná podílu celkové délky trasy tímto koeficientem. Zvýšení hodnoty tohoto koeficientu povede ke zvýšení přesnosti vykreslení výškového profilu trasy.

## 7.14 Stažení a instalace aplikace

Archiv se skripty aplikace je možné stáhnout, nainstalovat a v souladu s licencí GNU General Public License<sup>1</sup> provozovat na vlastním serveru. Každý takový provozovatel může libovolně upravit například CSS soubor a změnit tak vzhled celé aplikace. Případně může doplnit vlastní funkce, a rozvíjet tak aplikaci vlastním směrem podle svých potřeb.

Odkaz na stažení aplikace je umístěn v informačním boxu O aplikaci. Pro instalaci je nutné nejprve spustit inicializační skript `install.php`, který zajistí vytvoření příslušných tabulek v databázi a adresářů pro uložení fotek.

Pro správnou funkci celé aplikace je podmínkou instalované PHP verze alespoň 5.3 a databáze MySQL na serveru.

---

<sup>1</sup><http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.txt>



## Kapitola 8

# Testování

Aplikace byla umístěna na internet a zpřístupněna na adrese <http://www.filiphamsik.cz/gps>. Pro demonstrační účely bez nutnosti nové registrace byl vytvořen účet s e-mailovou adresou *demo@demo.cz* a heslem *demo*. Server je provozován společností WEDOS Internet, a.s.<sup>1</sup> s PHP verze 5.3.21 a databází MySQL verze 5.5.29.

Pro otestování aplikace jsem oslovil 10 přátel, kteří by mohli mít zájem službu vyzkoušet. Získal jsem od nich několik poznatků zpětné vazby, z nichž jsem většinu do aplikace zakomponoval nebo opravil.

Kromě několika málo funkčních nedostatků byla doplněna možnost skrytí bočního panelu s přehledem tras kliknutím na přidání tlačítka. To umožňuje zobrazit mapu na ještě větší ploše, přičemž zabírá veškerou dostupnou plochu webového prohlížeče.

Další doplněnou funkcí bylo označení začátku a konce trasy tak, aby bylo jasné odkud kam záznam trasy probíhal a v návaznosti na to také pomůže lepšímu pochopení výškového profilu.

Mimo testování uživateli jsem vyzkoušel nahrávání souborů pořízených různými aplikacemi nebo zařízeními. Všechny soubory byly úspěšně nahrány a správně analyzovány.

Aplikaci jsem otestoval v dostupných nejznámějších webových prohlížečích. Zároveň jsem ověřil validitu stránky podle standardů HTML5 a CSS validátorem konsorcia W3C<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup><http://hosting.wedos.com/>

<sup>2</sup><http://validator.w3.org/>

## Kapitola 9

# Navrhované pokračování projektu

Aplikaci lze rozšířit implementací dalších mapových vrstev od jiných dodavatelů. Jedná se hlavně o dvě výše zmíněné mapové online služby. Do mapové části aplikace by bylo nutné zabudovat přepínání na vhodné provedení zobrazení mapy OpenStreetMap a několik vrstev mapy Google Map.

Ve všech dostupných API mapových služeb se dá počítat s převodem geokódování na stejný typ souřadnic. Náročnější by bylo zobrazení GPX dat tras, jelikož například API Google Map nedisponuje funkcí pro jejich přímé zobrazení. Zde by bylo nutné procházet GPX soubor ještě na straně serveru s provozovanou aplikací a patřičně jej upravovat na data pro vykreslení příslušného polygonu. Pro každý typ map by bylo nejspíše vhodné vytvořit samostatné javascriptové funkce pro vykonávání jednotlivých akcí.

Zároveň je ponecháno na každém provozovateli aplikace, zda jí ponechá původní vzhled, nebo si ji upraví podle vlastních potřeb. Úpravou CSS souboru, případně doplněním některých grafických prvků, lze docílit personalizace aplikace. Také by bylo možné vytvořit několik CSS souborů tak, aby bylo možné mezi nimi v rámci nastavení aplikace přepínat podle preferencí samotného uživatele.

Nahrávání fotografií lze doplnit o pokročilejší systém zobrazování fotek ve větším rozlišení nebo například zobrazení samostatného panelu se všemi fotkami současně. K fotografiím by také bylo možné doplnit jejich krátký popis.

Mimo obrázků může být také do aplikace implementována funkce vkládání pouze textových informací nebo naopak multimediálních souborů, jako videa nebo zvukové záznamy. Každá taková data by bylo opět vhodné přiřadit k určitým souřadnicím na mapě.

Pro některé uživatele může být obtěžující překážkou podmínka registrace, případně přihlašování. Proto by bylo zajímavým vylepšením doplnění možnosti nahrávání tras anonymními uživateli, a umožnit tak jednorázové náhledy na data v GPX souborech. I takové trasy by bylo možné sdílet pomocí odkazů s identifikátorem trasy.

Pomocí PHP knihovny PDO je možné mimo MySQL obsluhovat databáze více typů (např. SQLite, Oracle). Doplněním rozhraní a funkcí pro jejich obsluhu lze rozšířit možnosti instalace na více druhů webových úložišť.

# Kapitola 10

## Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit webovou aplikaci pro správu a publikování GPS dat zaznamenaných v GPX souborech. Jako mapové podklady byly prostřednictvím dostupného API zvoleny Mapy.cz, které poskytují kvalitní mapové pokrytí území České republiky. V aplikaci je možné třídít jednotlivé trasy podle data jejich záznamu, přiřazovat jim určitý typ aktivity a doplňovat je o fotografie pořízené během cesty.

U každé trasy lze zobrazit výškový profil trasy v podobě grafu vytvořeného pomocí Google Visualization API. Dalšími doplňujícími informacemi o trase jsou její celková vzdálenost, doba záznamu nebo průměrná rychlost pohybu. Trasu může uživatel libovolně pojmenovat nebo upravit další údaje.

Pro implementaci bylo zvoleno propojení jazyků PHP, HTML5, CSS a Javascriptu spolu s funkcemi knihovny jQuery a technologií AJAX.

Přínos aplikace spatřuji v možnosti instalace uživatelem na vlastní server, přičemž může dojít k potřebným úpravám dle jeho představ. Dále za výhodu považuji velkou plochu mapy v uživatelském rozhraní a možnost výběru typu mapy ze široké nabídky vrstev, což kladně hodnotili i lidé, kteří se zúčastnili testování. Během vytváření aplikace jsem kladl důraz na přehledné a jednoduché uživatelské rozhraní.

Vytvořenou aplikaci lze v budoucnosti rozšířit o další funkce jako pokročilejší fotogalerii, vkládání nových typů poznámek nebo možnost přepínání mezi jinými mapovými podklady. Případně by mohlo být zajímavé propojení se souběžnou bakalářskou prací autora Martina Šouláka, který se zabýval propojením GPS dat s meteorologickými daty ze srážkových radarů [15].

# Literatura

- [1] Alsup, M.: jQuery Form Plugin. 2013, [Online].  
URL <http://malsup.com/jquery/form/>
- [2] BeiDou Navigation Satellite System: BeiDou Navigation Satellite System - Home. 2013, [Online; cit. 2013-10-14].  
URL <http://en.beidou.gov.cn/>
- [3] Boronczyk, T.; Naramore, E.; Gerner, J.; aj.: *PHP 6, MySQL, Apache: vytváříme webové aplikace*. Brno: Computer Press, první vydání, 2009, ISBN 978-80-251-2767-4, překlad Bogdan Kiszka.
- [4] Department of Defense: World Geodetic System 1984. Technická zpráva, National Imagery and Mapping Agency, 2000.
- [5] Garmin Ltd.: Garmin Training Center Database XML - Welcome. 2007, [Online; cit. 2013-10-20].  
URL <http://developer.garmin.com/schemas/tcx/v2/>
- [6] Google Inc.: Google Maps API licensing - Google Maps API - Google Developers. 2013, [Online; cit. 2013-11-02].  
URL <https://developers.google.com/maps/licensing>
- [7] Google Inc.: KML Reference - Keyhole Markup Language - Google Developers. 2013, [Online; cit. 2013-10-20].  
URL <https://developers.google.com/kml/documentation/kmlreference>
- [8] Gutmans, A.; Bakken, S. S.; Rethans, D.: *Mistrovství v PHP 5*. Brno: CP Books, první vydání, 2005, ISBN 80-251-0799-X, překlad Bogdan Kiszka.
- [9] Hojgr, R.; Stankovič, J.: *GPS: praktická uživatelská příručka*. Brno: Computer Press, 2007, ISBN 978-80-251-1734-7.
- [10] Information-analytical centre: Information analytical centre of GLONASS and GPS controlling. 2013, [Online; cit. 2013-10-15].  
URL <http://glonass-iac.ru/en/>
- [11] Movable Type Ltd.: Calculate distance and bearing between two Latitude/Longitude points using Haversine formula in JavaScript. [Online; cit. 2014-04-29].  
URL <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>
- [12] National Coordination Office for Space-Based Positioning, Navigation, and Timing: Official U.S. Government information about the Global Positioning System (GPS)

- and related topics. 2013, [Online; cit. 2013-10-13].  
URL <http://www.gps.gov/>
- [13] Odbor kosmických technologií a družicových systémů: GALILEO signály a přijímače. 2013, [Online; cit. 2013-10-14].  
URL <http://www.czechspaceportal.cz/gnss-systemy/galileo/komponenty-systemu-galileo/galileo-signaly-a-prijimace/>
- [14] Open Geospatial Consortium: Open Geospatial Consortium — OGC(R). 2013, [Online; cit. 2013-10-20].  
URL <http://www.opengeospatial.org/>
- [15] Šoulák, M.: *Webová aplikace pro publikování GPS a meteorologických dat*. Bakalářská práce, FIT VUT v Brně, Brno, 2014.
- [16] Seznam.cz, a.s.: O firmě. 2013, [Online; cit. 2013-11-10].  
URL <http://onas.seznam.cz/cz/o-firme/historie-firmy/>
- [17] Seznam.cz, a.s.: JsDoc Reference - SMap. 2014, [Online].  
URL <http://api4.mapy.cz/doc/symbols/SMap.html>
- [18] The jQuery Foundation: jQuery API Documentation. 2014, [Online].  
URL <http://api.jquery.com/>
- [19] TopoGrafix: GPX 1.1 Schema Documentation. 2007, [Online; cit. 2013-10-20].  
URL <http://www.topografix.com/gpx/1/1/>
- [20] TopoGrafix: ExpertGPS - Geocaching Software and Maps. 2013, [Online; cit. 2013-10-20].  
URL <http://www.expertgps.com/geocaching.asp>
- [21] TopoGrafix: GPX: the GPS Exchange Format. 2013, [Online; cit. 2013-10-20].  
URL <http://www.topografix.com/gpx.asp>
- [22] Zakas, N. C.; McPeak, J.; Fawcett, J.: *Ajax: profesionálně*. Brno: Zoner Press, první vydání, 2007, ISBN 978-80-86815-77-0, překlad Jiří Koutný.

# Příloha A

## Obsah CD

app	kompletní zdrojové soubory aplikace
app/readme.txt	návod k instalaci aplikace na serveru
tex	zdrojové soubory písemné zprávy
bp-xhamsi02.pdf	písemná zpráva ve formátu PDF