

Vizualizace dat

Principy, nástroje, webová vizualizace

Canvas, SVG, D3.js, Charting libs, Geo

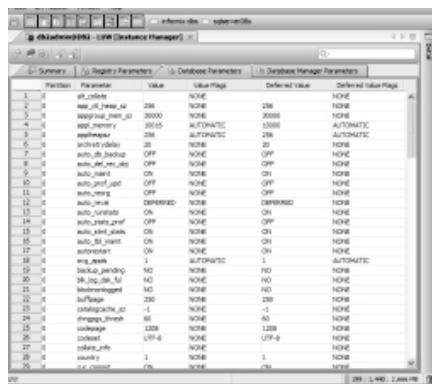


Jiří Hynek, VUT FIT UIFS
ihynek@fit.vut.cz

Motivace

Prezentace dat uživateli

Produkční prostředí



ETL

Datový sklad

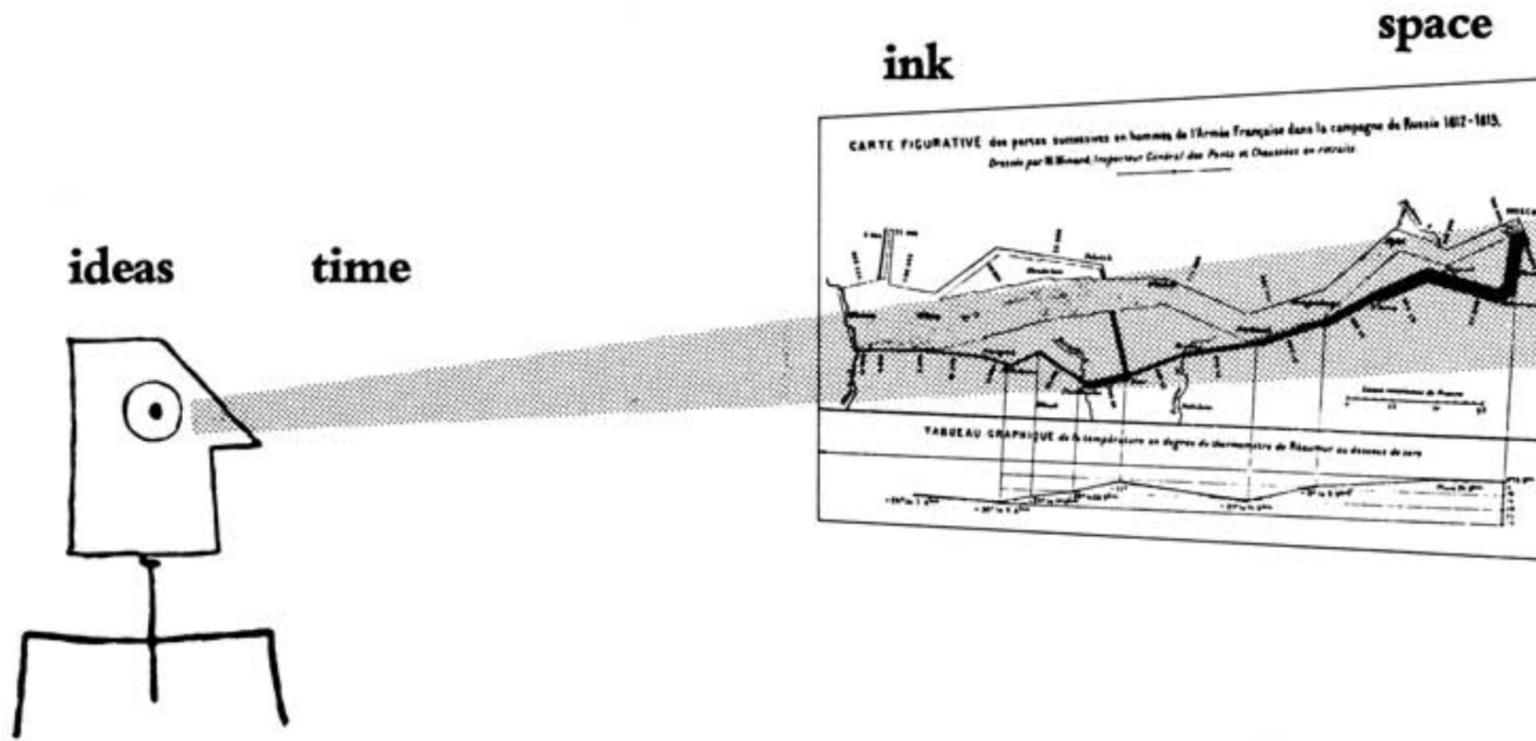


OLAP



Uživatelské rozhraní

Motivace



Dokázat uživateli prezentovat:

- velké množství dat
- na malém prostoru
- ve srozumitelné formě

Obsah

- Data, informace, znalosti
- Vizualizační nástroje (diagramy)
- Webová vizualizace dat (Canvas, SVG)
- D3.js
- Známé vizualizační knihovny
- Geovizualizace (Leaflet, Google Maps)

Data, informace, znalosti

Vizualizační nástroje

Webová vizualizace dat

D3.js

Vybrané vizualizační knihovny

Geovizualizace

Data, informace, znalosti

Data

- informace v **digitální formě**, která může být **přenášena a zpracovávána [Merriam-Webster]**
- hodnoty, údaje, fakta různých **datových typů**
- reprezentace nějaké skutečnosti

POČASÍ PRO BRNO



+10 °C

Vítr 29 km/h



Polojasno

Pociťovaná teplota.....	+3°
Tlak vzduchu.....	1026.2 hPa
Rosný bod.....	+1°
Vlhkost.....	53.9%
Viditelnost.....	45 km
Východ slunce.....	06:38
Západ slunce.....	16:34
Délka dne.....	9 h 56 min

Změřeno..... 30/10 13:00

Místo měření

Brno / Turany

POČASÍ PRO MOSKVA



+0 °C

Vítr 4 km/h



Zataženo, slabé sněžení

Pociťovaná teplota.....	-3°
Tlak vzduchu.....	1005.1 hPa
Rosný bod.....	-2°
Vlhkost.....	84%
Viditelnost.....	4 km

Východ slunce..... 07:32

Západ slunce..... 16:52

Délka dne..... 9 h 20 min

Změřeno..... 30/10 12:00

Místo měření

Moskva

Typy dat

- **kvantitativní data**
 - měřitelná data, vyjádřená číslem, **kardinální**
 - teplota, tlak, ... (spojité, diskrétní)
 - přesná, ale uživatel může obtížněji pochopit význam
- **kvalitativní data**
 - popisujeme kvalitu/vlastnosti nějakých jevů
 - **kategorické**, slovní (diskrétní – výčet)
 - lze (**nominální**) / nelze (**ordinální**) uspořádat
 - { déšť, jasno, sněžení, ... }, spokojenosť zákazníka, barva, ...
 - je možné pozorovat nebo odvodit z kvantitativních dat

Multidimenzionální data

- dimenze (databáze): množina hodnot nějakého typu popisující kvantitativní data nebo kvalitativní data [více předn. OLAP]
 - v databázi diskrétní + základní datové typy, obecně i spojité
 - čas, místo, katalog, ...
 - slouží pro třídění, kategorizaci, agregaci dat
- *příklad: počet prodaných produktů*
 - na konkrétní pobočce (místo)
 - v daný čas
 - konkrétní typ produktu (jeho vlastnosti) – možná hierarchie
- *počet a typ dimenzi hráje roli při výběru vizualizačního nástroje*

Reprezentace hodnot

- příklad: počet prodaných produktů

Čas	Místo	Typ	Hodnota (fakt)
1. 1.	Brno	pivo	10
1. 1.	Praha	kofola	15
2. 1.	Brno	pivo	50
2. 1.	Praha	kofola	20

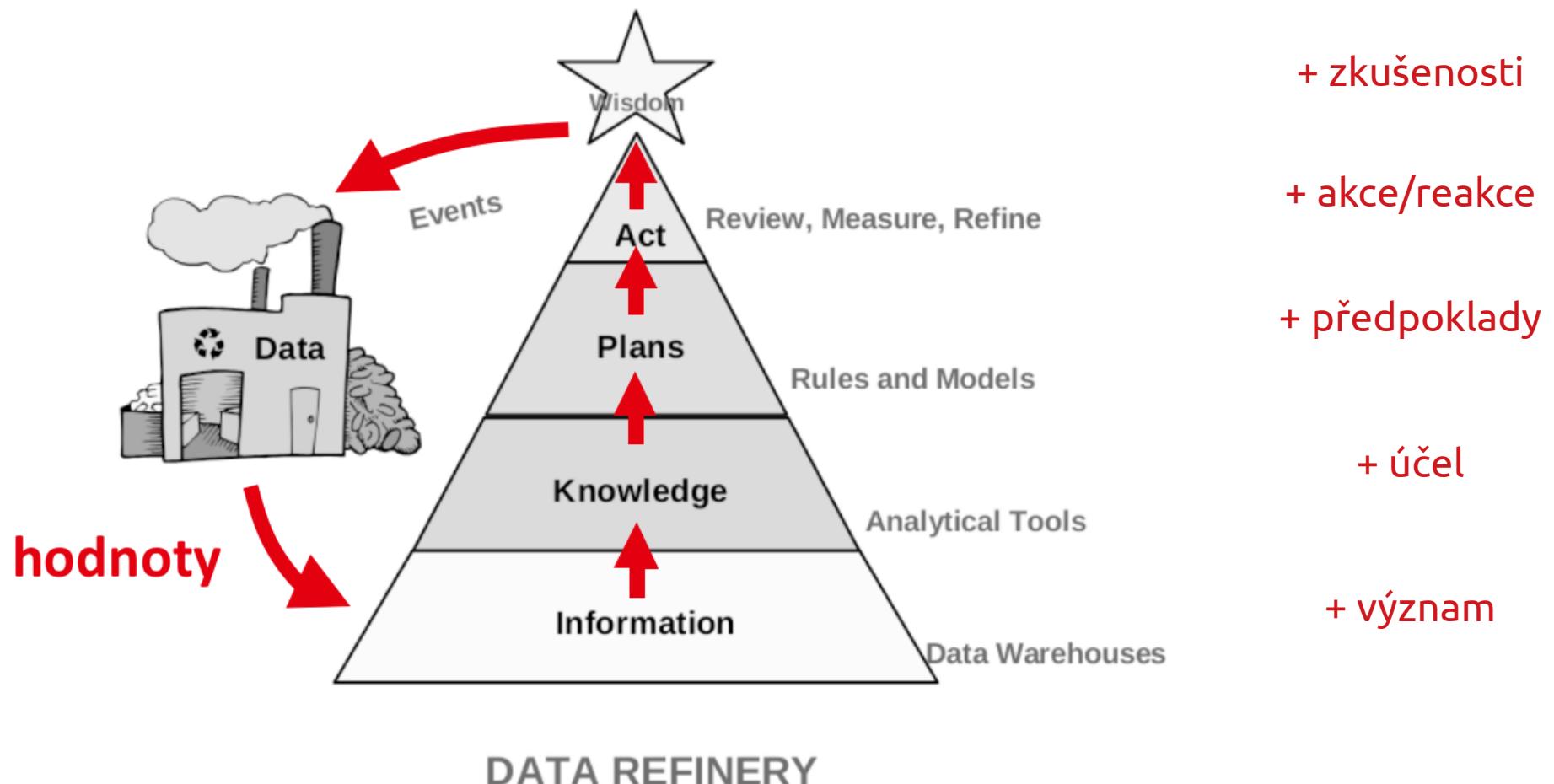
- hodnoty je možné **agregovat**
 - počet piv prodaných v Brně
 - počet produktů prodaných 2. 1.

Agregace

- slučuje několik hodnot **do jediného** čísla
- agregační funkce:
 - počet, suma, průměr, medián, minimum, maximum, ...
- další operace nad daty:
 - porovnávání hodnot v rámci jedné dimenze
 - sledování trendů: roste, klesá
- **cíl:** analýza dat a hledání jejich **významu** a **účelu**

Informace, znalosti

- **informace:** data, která mají **význam**
- **znalosti:** data, která **pro nás** mají význam



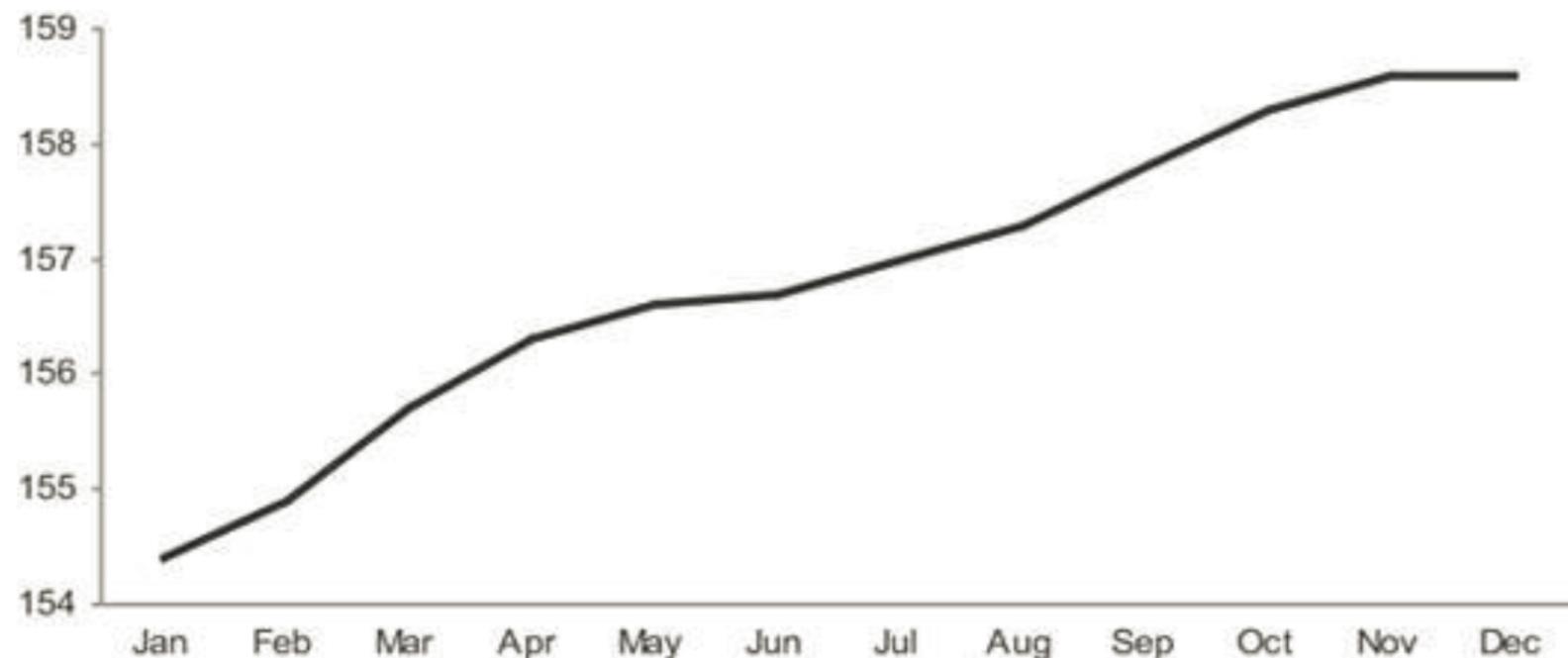
Rychlost interpretace dat

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1990	127.4	128.0	128.7	128.9	129.2	129.9	130.4	131.6	132.7	133.5	133.8	133.8	130.7
1991	134.6	134.8	135.0	135.2	135.6	136.0	136.2	136.6	137.2	137.4	137.8	137.9	136.2
1992	138.1	138.6	139.3	139.5	139.7	140.2	140.5	140.9	141.3	141.8	142.0	141.9	140.3
1993	142.6	143.1	143.6	144.0	144.2	144.4	144.4	144.8	145.1	145.7	145.8	145.8	144.5
1994	146.2	146.7	147.2	147.4	147.5	148.0	148.4	149.0	149.4	149.5	149.7	149.7	148.2
1995	150.3	150.9	151.4	151.9	152.2	152.5	152.5	152.9	153.2	153.7	153.6	153.5	152.4
1996	154.4	154.9	155.7	156.3	156.6	156.7	157.0	157.3	157.8	158.3	158.6	158.6	156.9
1997	159.1	159.6	160.0	160.2	160.1	160.3	160.5	160.8	161.2	161.6	161.5	161.3	160.5
1998	161.6	161.9	162.2	162.5	162.8	163.0	163.2	163.4	163.6	164.0	164.0	163.9	163.0
1999	164.3	164.5	165.0	166.2	166.2	166.2	166.7	167.1	167.9	168.2	168.3	168.3	166.6
2000	168.8	169.8	171.2	171.3	171.5	172.4	172.8	172.8	173.7	174.0	174.1	174.0	172.2
2001	175.1	175.8	176.2	176.9	177.7	178.0	177.5	177.5	178.3	177.7	177.4	176.7	177.1
2002	177.1	177.8	178.8	179.8	179.8	179.9	180.1	180.7	181.0	181.3	181.3	180.9	179.9

- *Jaký je vztah mezi vybranými hodnotami?*

Rychlost interpretace dat

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
1990	127.4	128.0	128.7	128.9	129.2	129.9	130.4	131.6	132.7	133.5	133.8	133.8	130.7
1991	134.6	134.8	135.0	135.2	135.6	136.0	136.2	136.6	137.2	137.4	137.8	137.9	136.2
1992	138.1	138.6	139.3	139.5	139.7	140.2	140.5	140.9	141.3	141.8	142.0	141.9	140.3
1993	142.6	143.1	143.6	144.0	144.2	144.4	144.4	144.8	145.1	145.7	145.8	145.8	144.5
1994	146.2	146.7	147.2	147.4	147.5	148.0	148.4	149.0	149.4	149.5	149.7	149.7	148.2
1995	150.3	150.9	151.4	151.9	152.2	152.5	152.5	152.9	153.2	153.7	153.6	153.5	152.4
1996	154.4	154.9	155.7	156.3	156.6	156.7	157.0	157.3	157.8	158.3	158.6	158.6	156.9
1997	159.1	159.6	160.0	160.2	160.1	160.3	160.5	160.6	161.2	161.6	161.5	161.3	160.5
1998	161.6	161.9	162.2	162.5	162.8	163.0	163.2	163.4	163.6	164.0	164.0	163.9	163.0
1999	164.3	164.5	165.0	166.2	166.2	166.2	166.7	167.1	167.9	168.2	168.3	168.3	166.6
2000	168.8	169.8	171.2	171.3	171.5	172.4	172.8	172.8	173.7	174.0	174.1	174.0	172.2
2001	175.1	175.8	176.2	176.9	177.7	178.0	177.5	177.5	178.3	177.7	177.4	176.7	177.1
2002	177.1	177.8	178.8	179.8	179.8	179.9	180.1	180.7	181.0	181.3	181.3	180.9	179.9



Grafická vs. textová reprezentace



October Units	869
YTD Units	7,822
Returns Rate	0.26%

Je vhodnější textová nebo grafická vizualizace?

Grafická vs. textová reprezentace

- **textová reprezentace:**
 - důraz na **samostatné hodnoty**, které nechceme dávat do vztahu s jinými
 - čteme sekvenčně
- **grafická reprezentace:**
 - dokáže zdůraznit **vztahy** mezi více hodnotami
 - vhodné pro zdůraznění **trendů**
 - na malém prostoru je možné zobrazit **velké množství hodnot**
 - vnímáme prostorově

Data, informace, znalosti

Vizualizační nástroje

Webová vizualizace dat

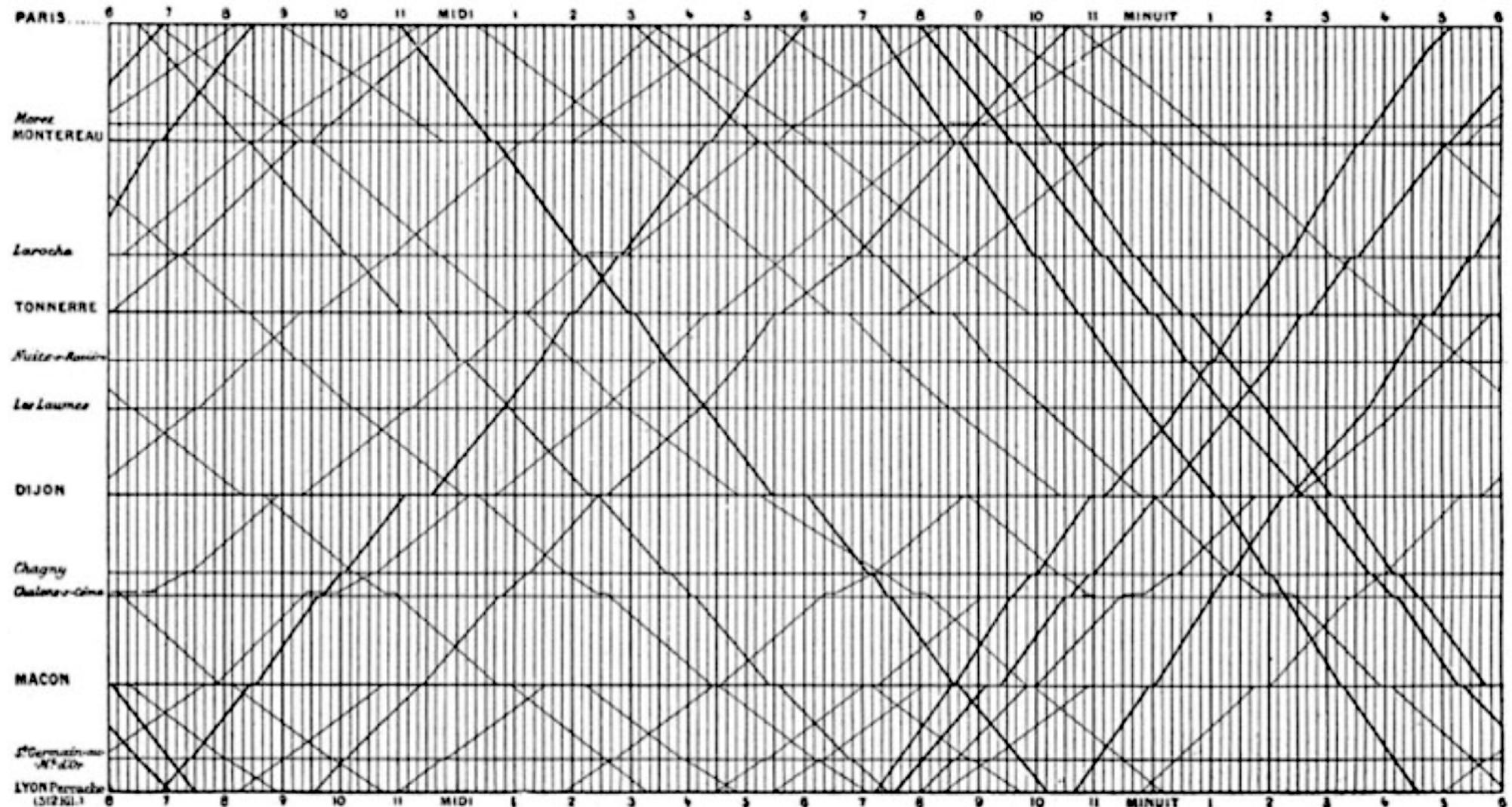
D3.js

Vybrané vizualizační knihovny

Geovizualizace

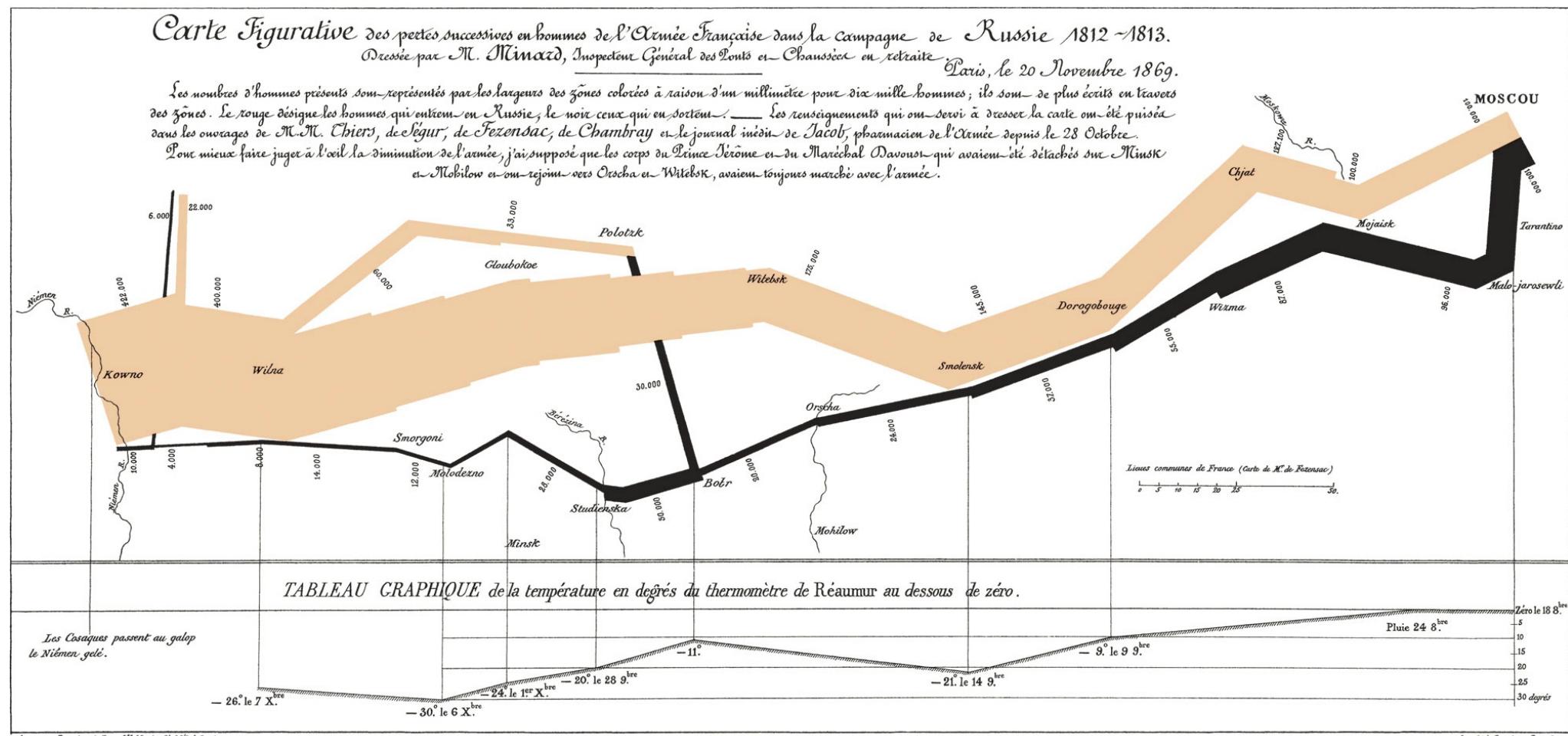
Vizualizační nástroje

Historie



Jízdní řád mezi Paříží a Lyonem, 1885

Historie



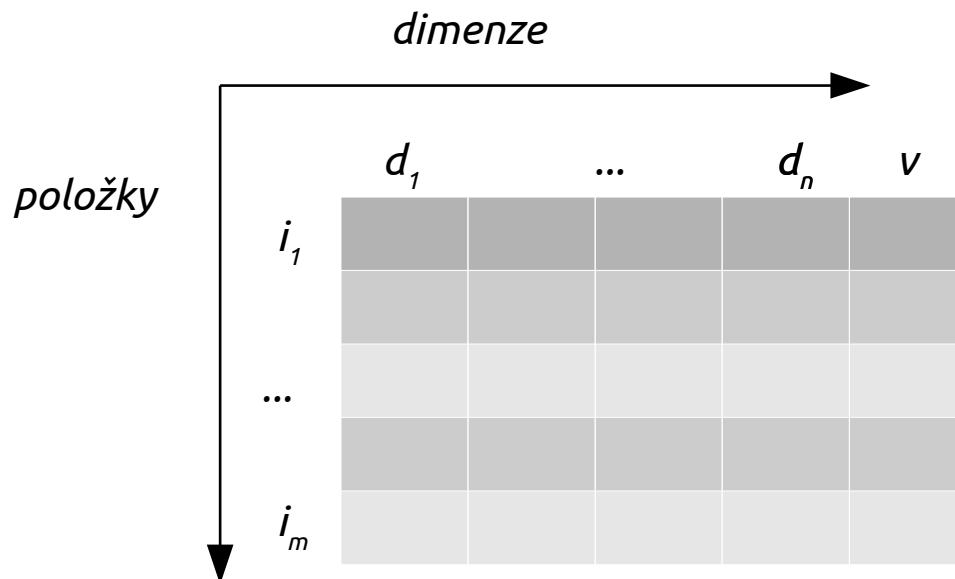
Datová mapa ilustrující zlý osud Napoleonovy armády při tažení do Ruska

Vizualizační nástroj/médium

- vizuální prvek, prostřednictvím kterého jsou graficky, textově (nebo kombinovaně) reprezentovány data
- **cíl:** prezentovat uživateli **význam** a **účel** dat
- dokáží zobrazit **omezený počet dimenzí**
- vyžadují různý **minimální potřebný prostor** (čitelná velikost písma a prvků)
- vyžadují **různý čas** pro pochopení vizualizace (závisí na zkušenostech uživatele)

Tabulka

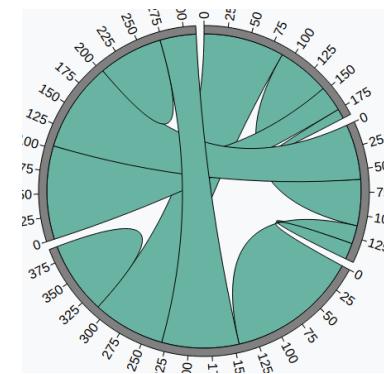
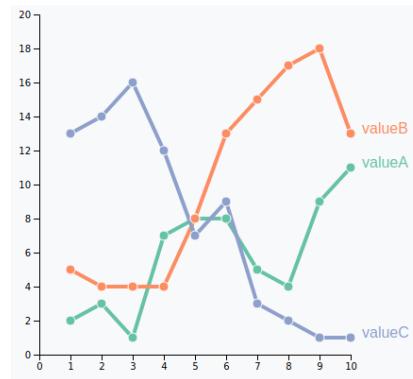
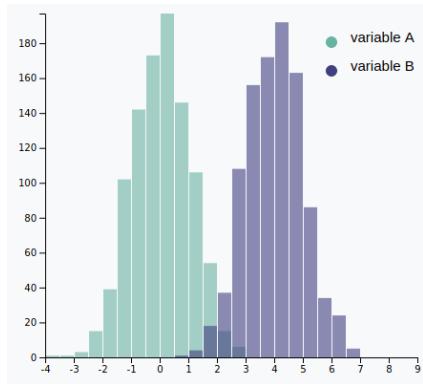
- základní vizualizace, n -dimenzionální data



- + dokáže zobrazit n -dimenzionální data tak, jak jsou v databázi
- zabírá mnoho prostoru
- obtížnější pochopení vazeb mezi dimenzemi/hodnotami

Diagram

- *graf(graph, chart, diagram, plot)*
- klade důraz na **grafickou reprezentaci** dat

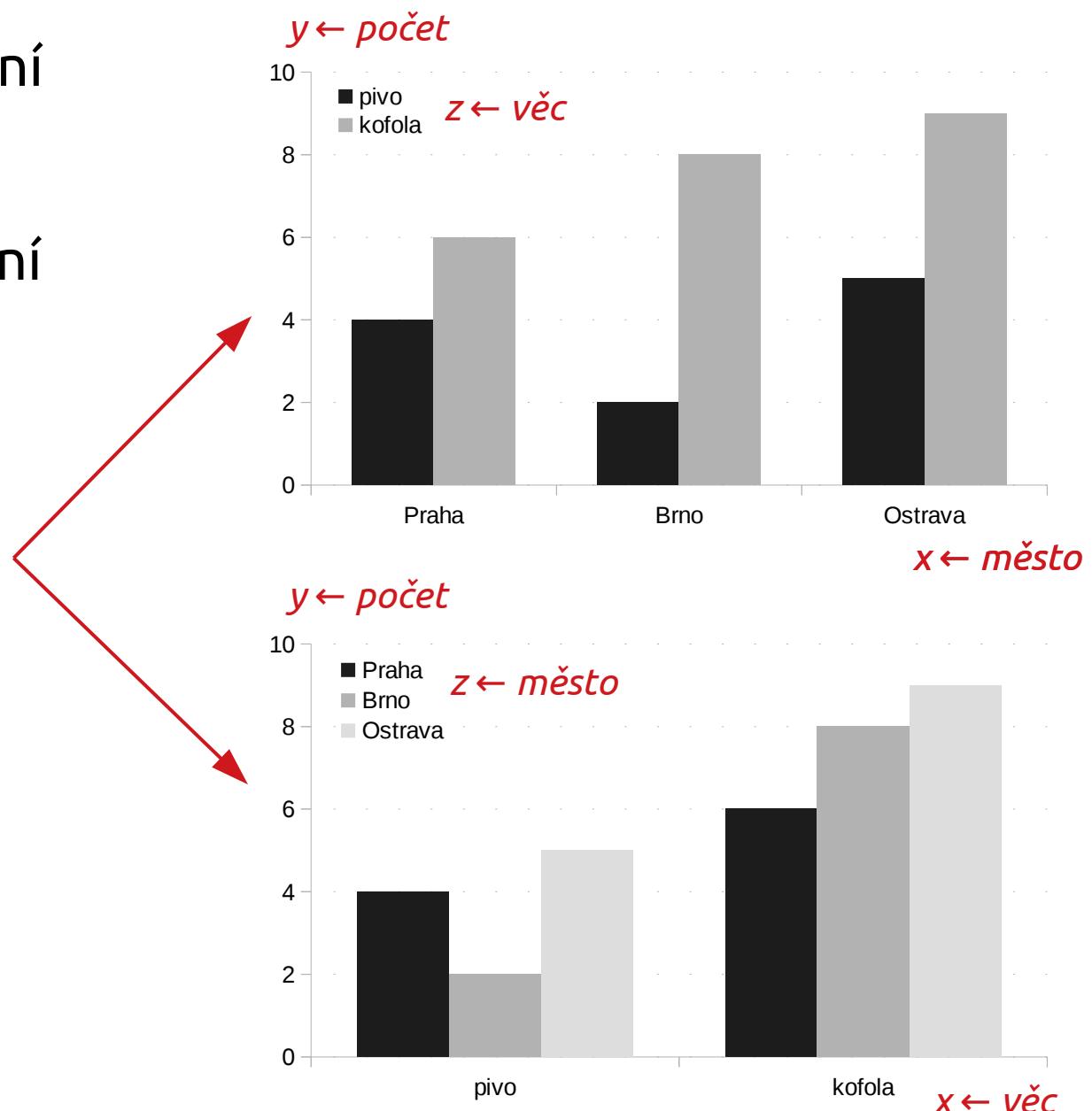


- + zdůraznění významu a účelu dat, vztahů mezi daty a dalších souvislostí
- + velké množství dat na malém prostoru
- omezené množství dimenzí
- vyžaduje různé uživatelské zkušenosti (zpravidla pouze základní druhy)

Mapovaní dimenzí (data - diagram)

- x : kategorická, diskrétní
- y : numerická, spojitá
- z : kategorická, diskrétní

město	věc	počet
Praha	pivo	4
Brno	pivo	2
Ostrava	pivo	5
Praha	kofola	6
Brno	kofola	8
Ostrava	kofola	9



Dělení dle účelu

- **hodnota v rozsahu:** gauge, bullet graph
- **porovnání, ranking:** bar chart, spider/radar, wordcloud, parallel, ...
- **distribuce hodnot:** histogram, boxplot, density, violin, ...
- **korelace:** scatter plot, heatmap, bubble, ...
- **vývoj (v čase):** line plot, sparkline, candlestick chart, area, stacked area, , ...
- **část celku, hierarchie:** pie/donut, stacked bars, treemap, circular packing, dendrogram, ...
- **flow:** Sankey, chord, edge bundling, network, ...
- **mapy, geovizualizace:** choropleth, map with markers (bubble map), connection, cartogram, ...

<https://www.d3-graph-gallery.com>

<https://datavizcatalogue.com>

Dělení dle typu dat a dimenzí

- **numerická data** (kvantitativní)
- **kategorická data** (kvalitativní)
- **kombinovaná data**
- **časové řady**
- **sítě** (grafy – uzly a spojení)
- **mapy**

<https://www.data-to-viz.com>

Grafické vizualizační nástroje

prezentace Grafické vizualizační nástroje...

Data, informace, znalosti

Vizualizační nástroje

Webová vizualizace dat

D3.js

Vybrané vizualizační knihovny

Geovizualizace

Webová vizualizace dat

Vizualizace dat v HTML5

- **Seznamy:** ``, ``
 - přednášky ITW, w3schools, ...
- **Tabulky:** `<table>`
 - přednášky ITW, w3schools, ...
- **Grafické prvky:**
 - **Canvas:** `<canvas>`
 - **SVG:** `<svg>`

Canvas

- „*plátno*“, element jazyka **HTML5**, který umožňuje rendrovat grafické prvky ve formě **rastrové grafiky**
- **obdélníková oblast** určující:
 - šířku (`width`)
 - výšku (`height`)
 - identifikátor v rámci dokumentu (`id`)
 - volitelně styl (např: `style="border:1px solid black;"`)

```
<canvas id="myCanvas" width="200" height="200">
    Canvas not supported by your browser.
</canvas>
```

- specifikace..., příklad...

Canvas API

- obsah elementu canvas je definován pomocí skriptovacího jazyka (přístup např. přes identifikátor)
- metody pro kreslení poskytuje objekt získaný metodou:
`getContext ()`

```
<script>
    var c = document.getElementById("myCanvas");
    var ctx = c.getContext("2d");
    ctx.fillStyle = "#FF0000";
    ctx.fillRect(0, 0, 150, 75);
</script>
```

- vykreslí červený obdélník
- [specifikace...](#), [reference...](#), [reference2...](#), [tutoriál...](#)

Canvas: CanvasRenderingContext2D

- `getContext ("2d")`
- rozhraní, které poskytuje metody pro kreslení **2D grafiky**
 - obdélníky – `fillRect (x, y, w, h)`, `strokeRect (x, y, w, h)`
 - cesty (*paths*) – `beginPath()`, `moveTo (x, y)`, `closePath()`, `stroke ()`
 - úsečka – `lineTo (x, y)`
 - oblouk – `arc (x, y, r, startAngle, endAngle)`
 - elipsa, beziérova křivka, ...
 - **text** - `font`, `fillText (text, x, y)`, `strokeText (text, x, y)`
 - **obrázky** – `drawImage (img, x, y)`, `createImageData (w, h)`, `img.data [i]`
 - **transformace** – `translate(x,y)`, `rotate(rad)`, `scale(sw,sh)`
 - **styly** – `fillStyle`, `strokeStyle`
 - **gradienty, stíny**, ...
- **specifikace..., reference..., reference2..., tutoriál...**

Canvas: WebGL

- `getContext ("webgl")`, `getContext ("webgl2")`
- rozhraní, které poskytuje metody založené na OpenGL ES pro kreslení 2D a 3D grafiky
- tvorbá pokročilé grafiky, her
- podpora pro:
 - animace, pohyb ve 3D
 - textury
 - osvětlení, stíny, průhlednost
 - ...
- specifikace..., reference..., tutoriál...

Canvas: shrnutí

- rastrové
- vhodné pro náročnější grafiku (větší množství prvků)
- tvorba her
- **grafické prvky nejsou reprezentovány v DOM**
 - obtížnější přístup a manipulace
 - horší provázání s uživatelskými událostmi
 - pro tvorbu diagramů je vhodnější zvolit SVG

SVG

- *Scalable Vector Graphics*, značkovací jazyk rodiny XML pro popis **vektorové grafiky**, standard W3C
- **HTML5** element **<svg>** – **obdélníková oblast** určující:
 - šířku (`width`)
 - výšku (`height`)
 - volitelně identifikátor v rámci dokumentu (`id`), ...
 - v těle obsahuje popis vektorových elementů

```
<svg id="mySVG" width="200" height="200">
    <circle cx="50" cy="50" r="40"
        style="stroke:green;stroke-width:4;fill:yellow" />
</svg>
```

- specifikace..., příklad...

SVG: soubor

- vychází z XML
- je možné reprezentovat samostaným souborem

```
<svg width="200" height="200"  
      xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">  
    ...  
</svg>  
  

```

- pro tvorbu je možné použít grafický editor: [Inkscape](#)

SVG: grafické elementy

- **obdélník** - <rect x="" y="" width="" height="" />
- **kruh** - <circle cx="" cy="" r="" />
- **elipsa** - <ellipse cx="" cy="" rx="" ry="" />
- **čára** - <line x1="" y1="" x2="" y2="" />
- **polyline** - <polyline points="x1:y2 x2:y2 ... xn:yn" />
- **polygon** - <polygon points="x1:y2 x2:y2 ... xn:yn" />
- **cesta** - <path d="">
- **text** - <text x="" y="">Text</text>
- **obrázek** - <image href="" width="" height="" />
- **skupina** - <g>...</g>
- ...
- **reference** ...,

SVG: path

- objekt pro definování cesty:
- <path **d**="X params">, kde X je příkaz – např.:
 - absolutní: **M** 10 10 / relativní: **m** 10 10 (move to)
 - **L** x y (line to), **V** x (vertical line) **H** y (horizontal line), ...
 - ...

```
<path d="M 10 10 H 90 V 90 H 10 L 10 10"/>
```

- definování čar a křivek (beziérový křivky, oblouky, ...)
- příklady ... , příklady2 ...

SVG: atributy, styly

- elementům je možné nastavovat styly podobně jako v HTML
 - použití externího/interního CSS
 - inline styl: <rect style="key:value;..." />
 - prezentace atributy svg: <rect key="value" ... />
- fill="blue" (barva výplně)
- stroke="green" (barva obrysu)
- stroke-width="2" (tloušťka obrysu)
- ...
- reference ...

SVG: animace

- elementům je možné přidávat animace
- element `<animate>`:
 - `attributeName` – jméno atributu, který se bude měnit
 - **vlastnosti hodnot:** `calcMode`, `values`, `keyTimes`, `keySplines`, `from`, `to`, `by`
 - **časování:** `begin`, `dur`, `end`, `min`, `max`, `restart`, `repeatCount`, `repeatDur`, `fill`

```
<rect width="10" height="10">
  <animate attributeName="rx" values="0;5;0"
    dur="10s" repeatCount="indefinite" />
</rect>
```

- příklad ...

SVG: události

- elementům je možné nastavovat handlery událostí

```
<svg>
  <circle cx="100" cy="100" r="100"
    onclick="alert('Click!')" />
</svg>
```

- onclick, ondblclick, onmousedown, onmouseup, onmouseenter, onmouseleave, onmouseover, onmousewheel, onmousemove
- onkeydown, onkeydown, onkeypress
- ...
- příklad ... , reference ...

SVG: shrnutí

- vektorové
 - není vhodné pro náročnější grafiku (větší množství prvků)
 - tvorba vizualizačních nástrojů, diagramů
-
- **grafické prvky jsou reprezentovány v DOM**
 - snadný přístup a manipulace (getElementsBy..., JQuery, D3)
 - snadné provázání s uživatelskými událostmi (`on<Event>`)
-
- **nutnost dynamicky generovat svg elementy na základě dat**
 - pomocí D3.js

Data, informace, znalosti
Vizualizační nástroje
Webová vizualizace dat
D3.js

Vybrané vizualizační knihovny
Geovizualizace

D3.js

D3.js

- Data-Driven Documents
 - knihovna jazyka Javascript určená pro manipulaci s dokumenty na základě dat
 - **vstup:** data (csv, json, ...)
 - **výstup:** dokument (elementy DOM)
-
- <https://d3js.org/>
 - licence BSD



D3.js: použití

- CDN:

- <https://d3js.org/d3.v5.js>
- <https://d3js.org/d3.v5.min.js>
- <https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/d3js/5.15.0/d3.min.js>

```
<head>
    ...
    <script src="https://d3js.org/d3.v5.min.js">
    </script>
</head>
<body>
    <script>
        // javascript code using D3
    </script>
</body>
```

D3.js: použití

- npm package:
 - <https://www.npmjs.com/package/d3>
- Import do jmenného prostoru (např. React):
 - `import * as d3 from "d3";`
- další plug-iny projektu D3:
 - <https://github.com/d3/>

D3.js: selekce

- d3/d3-selection poskytuje funkce pro manipulaci s DOM využívající CSS selektory:
 - d3.**select** ("...") – vrátí první výskyt
 - d3.**selectAll** ("...") – vrátí všechny výskyty
- umožňuje měnit obsah elementů:

```
d3.select("h1").text("New heading");
```

- umožňuje měnit atributy a styl elementů:

```
d3.selectAll(".divs").attr("class", "divs2");
d3.selectAll(".divs2").style("color", "blue");
```

D3.js: dynamické vlastnosti elementů

- umožňuje nastavovat dynamické vlastnosti elementům předáním funkce v parametru:

```
d3.selectAll("p").style("color", function() {  
    return "hsl(" + Math.random()*360 + ",100%, 50%)";  
});
```

- možné pracovat s indexem aktuálního prvku:

```
d3.selectAll("p").style("color", function(d, i) {  
    return i % 2 ? "#fff" : "#eee";  
});
```

- využívá funkcionální paradigma jazyka JavaScript

D3.js: práce s daty

- Funkce **data**(...) prováže data s vybranými elementy DOM.

```
var items = [4, 8, 15, 16, 23, 42];  
  
var p = d3.select("body")  
    .selectAll("p")  
    .data(items)  
    .text(function(d) { return d; });
```

- příklad změní obsah odstavců za hodnoty seznamu `items`
- *Co, když počet položek seznamu > počet odstavců?*
- *Co, když počet položek seznamu < počet odstavců?*

D3.js: přidávání/odebírání elementů

- **append** ("...") – přidá element do vybraného elementu
- **remove** () – odstraní vybraný element

```
var b = d3.select("body");
b.append("p").text("prvni");
b.append("p").text("druhy");
b.append("p").text("treti");
b.select("p").remove();
```

Co bude výstupem?

D3.js: enter, exit

- **enter()** – vrací „vstupní selekci“ – dočasné uzly pro data, pro které chybí uzly v DOM

```
b.selectAll("p").data(items) // zde chybí elementy
    .enter().append("p") // pridani chybajicich
    .text(function(d) { return d; });
```

- **exit()** – vrací „výstupní selekci“ – existující uzly v DOM, pro které chyběla data

```
b.selectAll("p").data(items) // zde prebyvaji elementy
    .exit().remove(); // odstraneni prebyvajicich
```

D3.js: parsování souborů

- d3.csv(...), .json(...), .tsv(...), .xml(...)

```
d3.json("data.json", function(data) {  
    // callback funkce  
    console.log(data);  
}) ;
```

```
d3.csv("data.csv", function(data) {  
    for (var i = 0; i < data.length; i++) {  
        // pole objektu (props. = jmena sloupcu)  
        console.log(data[i].Name);  
        console.log(data[i].Age);  
    }  
}) ;
```

D3.js: animace

- možnost animovaně měnit styl vybraným položkám
- `selection.transition()`
 - `.duration(...), .ease(...), .delay(...)`

```
d3.select("#item")
    .transition() // bind with selection
    .ease(d3.easeLinear) // linear change
    .duration(1000) // 1000 ms
    .delay(2000) // starts after 2000 ms
    .style("background-color", "red");
} );
```

D3.js: projekty

- <https://github.com/d3>
- **Tvary:** d3-shape
- **Projekce dat:** d3-scale
- **Práce s hierarchickými daty:** d3-hierarchy
- **Force-directed layouts:** d3-force
- **Barevné modely:** d3-color
- **Animace:** d3-transition
- **Geovizualizace:** d3-geo, d3-geo-projection
- ...

D3.js: sloupcový graf

- tvorba SVG skládajícího z elementů rect

```
var dataset = [80,100,56,120,180,30,40,120,160];

var w = 500, h = 300, padding = 5;
var bar_w = (w / dataset.length);

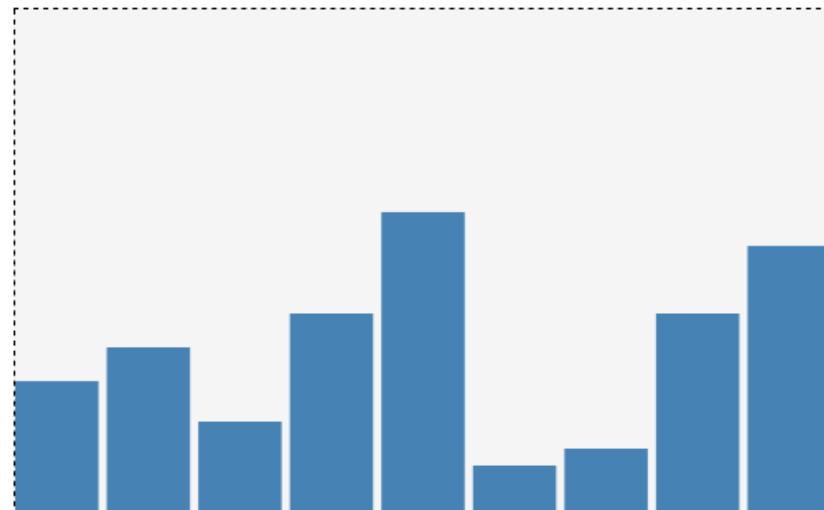
var svg = d3.select("body").append("svg")
    .attr("width", w).attr("height", h);

var barChart = svg.selectAll("rect")
    .data(dataset).enter().append("rect")
    .attr("y", function(d) { return h - d; })
    .attr("height", function(d) { return d; })
    .attr("width", bar_w - padding)
    .attr("transform", function(d, i) {
        var translate = [bar_w * i, 0];
        return "translate("+ translate +")";
    });
}
```

D3.js: sloupcový graf - vzhled

- definice stylu

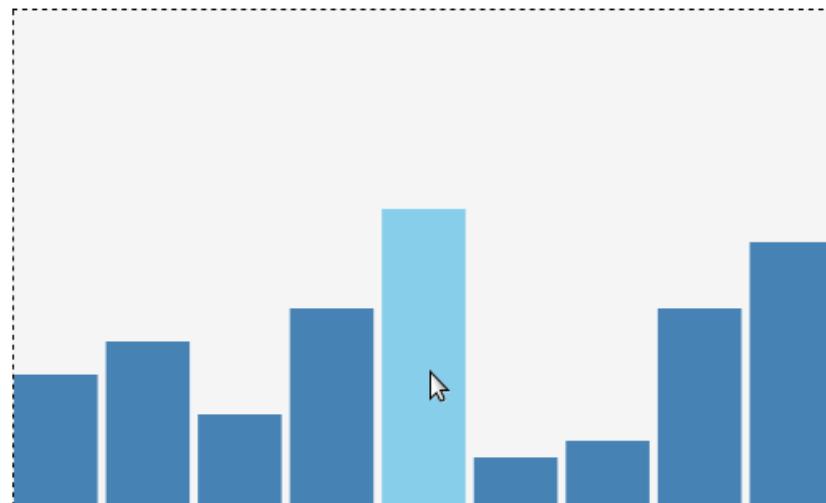
```
svg {  
    background-color: whitesmoke;  
    border: dashed black 1px;  
}  
  
rect {  
    fill: steelblue;  
}
```



D3.js: sloupcový graf - události

- přidání reakce na události

```
// ... pokracovani definice sloupcu  
  
.on("mouseover", function() {  
    d3.select(this).style("fill", "skyblue");  
})  
.on("mouseout", function() {  
    d3.select(this).style("fill", "steelblue");  
})
```



D3.js: další příklady

- <https://github.com/d3/d3/wiki/Gallery>
- <https://observablehq.com/@d3>
- <https://github.com/d3/d3/wiki/Tutorials>
- <http://techslides.com/over-1000-d3-js-examples-and-demos>

Data, informace, znalosti
Vizualizační nástroje
Webová vizualizace dat
D3.js

Vybrané vizualizační knihovny
Geovizualizace

Vybrané vizualizační knihovny

Srovnání projektů

- oblast se vyvíjí; Wikipedia comparison

Library Name	License	Supported Chart Types														Supported Bar Chart Types					Other Features	Interactivity	Rendering Technologies	Databinding	HTML 5 Canvas		
		Line	Timeline	Scatter	Area	Pie	Donut	Bullet	Radar	Funnel	Gantt	Network	Grouped	Stacked	Negative	Discrete	Horizontal	3D	Legends	Mouse Over	onClick	HTML5 Canvas	SVG	VML	AxisXY	WebGL rendering	
amCharts	Proprietary	Free with a link [1] or commercial [2]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes														
AnyChart.js	Proprietary	Free for education and non-profit use. Paid for commercial applications. [3]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes														
ApexCharts.js	MIT [4]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	
C3.js	MIT [5]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	
CanvasJS	Proprietary [6]	Free for Personal, Educational and Non-Commercial Uses	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes							
canvasXpress.js	GPLv3, namenraum required for source link [14]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes								
Chartist.js	WTFPL [11] or MIT [14]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	Yes	No	Yes									
Chart.js	MIT [14]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	
Chart Builder By Livergap	Free	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No									
Charts 4 PHP	Proprietary	Free basic edition [17]	No	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No								
Cytoscape.js	MIT [14]	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No														
D3.js, formerly Protovis [18][20]	BSD-3 [21]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
dc	Apache 2.0 [24]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes	No	Yes							
DevExtreme	Proprietary	Non-commercial or commercial [26]	Yes [23]	Yes [23]	Yes [23]	Yes [23]	Yes [23]	Yes [23]	Yes [23]	Yes [23]	Yes [23]	Yes [23]	Yes [23]														
DHTMLX Charts	GPL [41]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
dimple	MIT [44]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes									
Dope Charting	BSD or AFL [45]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes									
Dygraphs	MIT [46]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes									
Echarts	BSD-3 [21]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Yes									
Factment Charts	Proprietary	Non-commercial or commercial [47]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes														
Flot Charts	MIT [34]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No									
FusionCharts	Proprietary	free for personal and non-commercial uses. [50] Paid for commercial applications. [54]	Yes [51]	Yes [51]	Yes [51]	Yes [51]	Yes [51]	Yes [51]	Yes [51]	Yes [51]	Yes [51]	Yes [51]	Yes [51]	Yes [51]													
Flotr2	MIT [51]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No									
Muzr.js	MIT [51]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No									
LightningChart.js	Proprietary	Free for personal and non-commercial uses. [52] Paid for commercial applications. [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]													
Google Charts	Free [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]	Yes [54]
gRaphael	MIT [54]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No								
Highcharts, Highstock	Proprietary	Free for personal and non-commercial uses. [57] Paid for commercial applications. [58]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes													
Library Name	License	Supported Chart Types														Supported Bar Chart Types					Other Features	Interactivity	Rendering Technologies	Databinding	HTML 5 Canvas		
		Line	Timeline	Scatter	Area	Pie	Donut	Bullet	Radar	Funnel	Gantt	Network	Grouped	Stacked	Negative	Discrete	Horizontal	3D	Legends	Mouse Over	onClick	HTML5 Canvas	SVG	VML	AxisXY	WebGL rendering	
jQuery	MIT or GPLv2 [42]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes							
jxChart.js	Proprietary	Free with a link [48] or commercial [49]	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes											
jxCharting.js	Proprietary [48]	Free with branding [47]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes														
KooChart.js	Proprietary	Free with a link [48] or commercial [49]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes														
MetricaGraphics	Mozilla Public License Version 2.0 [43]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
NextCharts	Apache 2.0 [32]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
NVD3	Apache 2.0 [33]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
OLAPCharts	Proprietary	Free basic edition [56]	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes													
plotly.js	MIT [46]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
PlusCharts.js	Free	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
ReactiveChart	MIT [10]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
RGraph	MIT [10]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
rickshaw	MIT [10]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
Shield UI	Proprietary	Non-commercial or commercial [10]	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
Syncfusion	Proprietary	Free [10] or commercial [14]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes														
TreeChart.js	MIT [11]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Vaadin Charts	Proprietary	No [14]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
Viz.js	Apache 2.0 and MIT [118]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Webcharts	MIT [130]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
Webix UI	GPL [127]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes												
echarts	MIT [130]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
YUI Charts	BSD-gpl [148]	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
ZingChart	Proprietary	Free with a link [141] or commercial [142]	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes													
ZoomCharts	Proprietary	Non-commercial or commercial [144]	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes								
Library Name	License	Supported Chart Types														Supported Bar Chart Types					Other Features	Interactivity	Rendering Technologies	Databinding	HTML 5 Canvas		
		Line	Timeline	Scatter	Area	Pie	Donut	Bullet	Radar	Funnel	Gantt	Network	Grouped	Stacked	Negative	Discrete	Horizontal	3D	Legends	Mouse Over	onClick	HTML5 Canvas	SVG	VML	AxisXY	WebGL rendering	

Chart.js

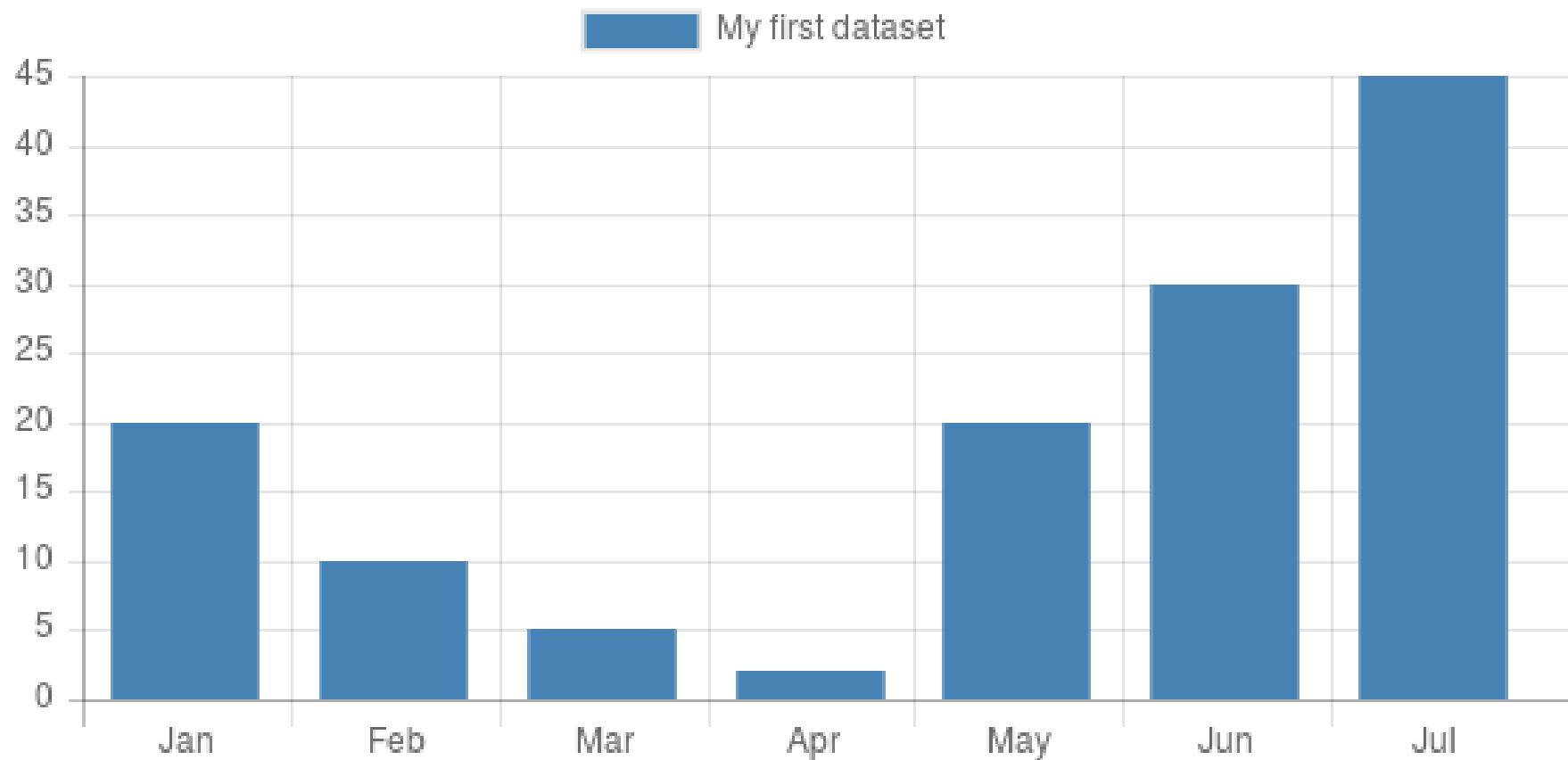
- chartjs.org, MIT, Canvas

```
<canvas id="myChart"></canvas>
```

```
var ctx = document.getElementById('myChart').getContext('2d');
var chart = new Chart(ctx, {
    type: 'bar', // typ grafu
    data: {
        labels: ['Jan', 'Feb', 'Mar', 'Apr', 'May', 'Jun', 'Jul'],
        datasets: [ {
            label: 'My first dataset',
            backgroundColor: steelblue,
            data: [20, 10, 5, 2, 20, 30, 45]
        } ]
    },
    options: { ... } // konfigurace
});
```

Chart.js

- rychlý deklarativní popis sloupcového grafu



Google Charts

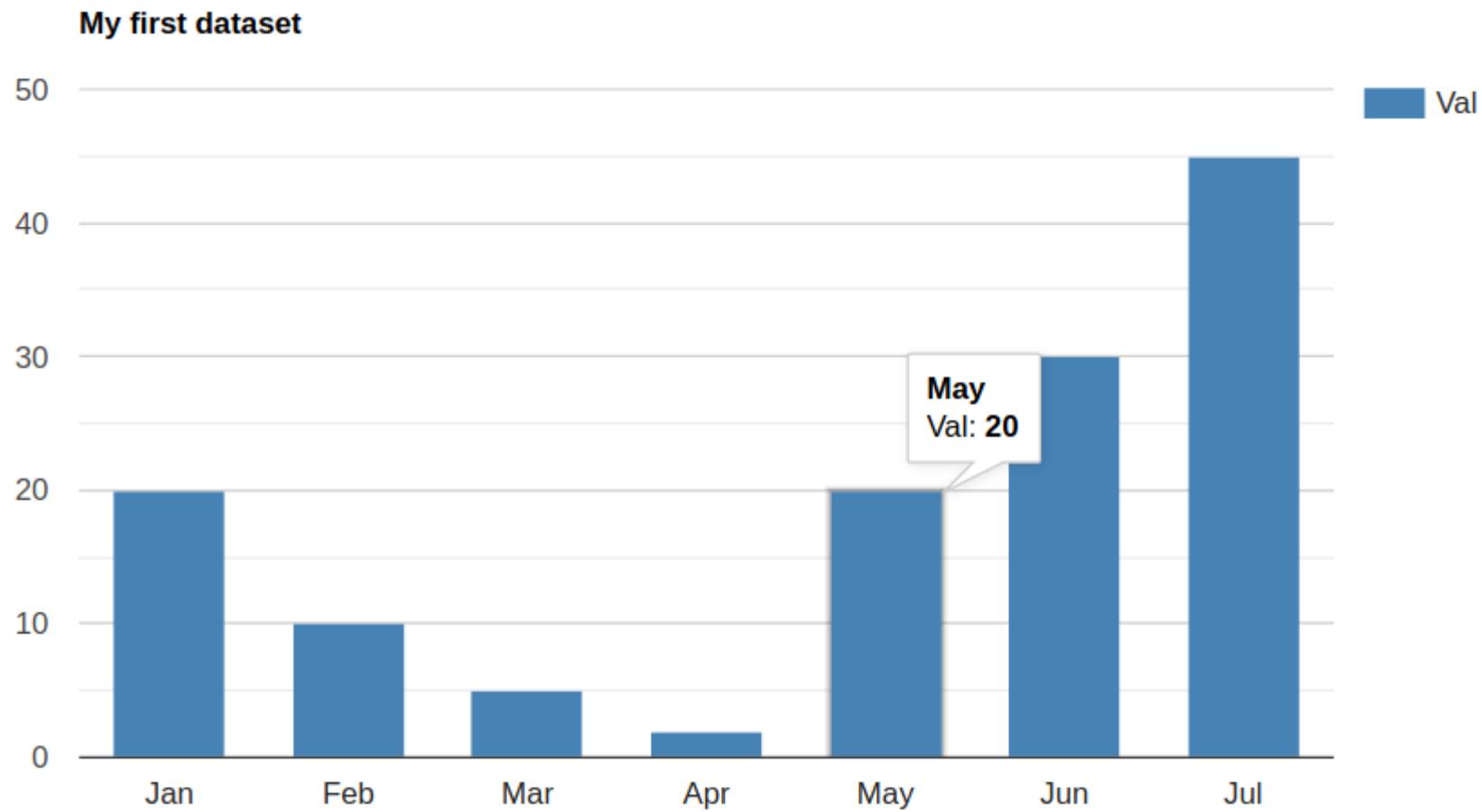
- developers.google.com/chart, Free, SVG, mnoho typů diagramů

```
<div id="myChart" style="width: ...; height: ... "></div>
```

```
function drawChart() {  
    var data = google.visualization.arrayToDataTable([  
        [ 'Month', 'Val' ], [ 'Jan', 20 ], [ 'Feb', 10 ]  
    ]);  
    var options = {  
        title: 'My first dataset',  
        colors: [ 'steelblue' ]  
    };  
    var chart = new google.visualization.ColumnChart(  
        document.getElementById('myChart')  
    );  
    chart.draw(data, options);  
}  
google.load("visualization", "1", {packages:["corechart"]});  
google.setOnLoadCallback(drawChart);
```

Google Charts

- rychlý deklarativní popis sloupcového grafu



Chartist.js

- gionkunz.github.io/chartist-js, MIT, SVG

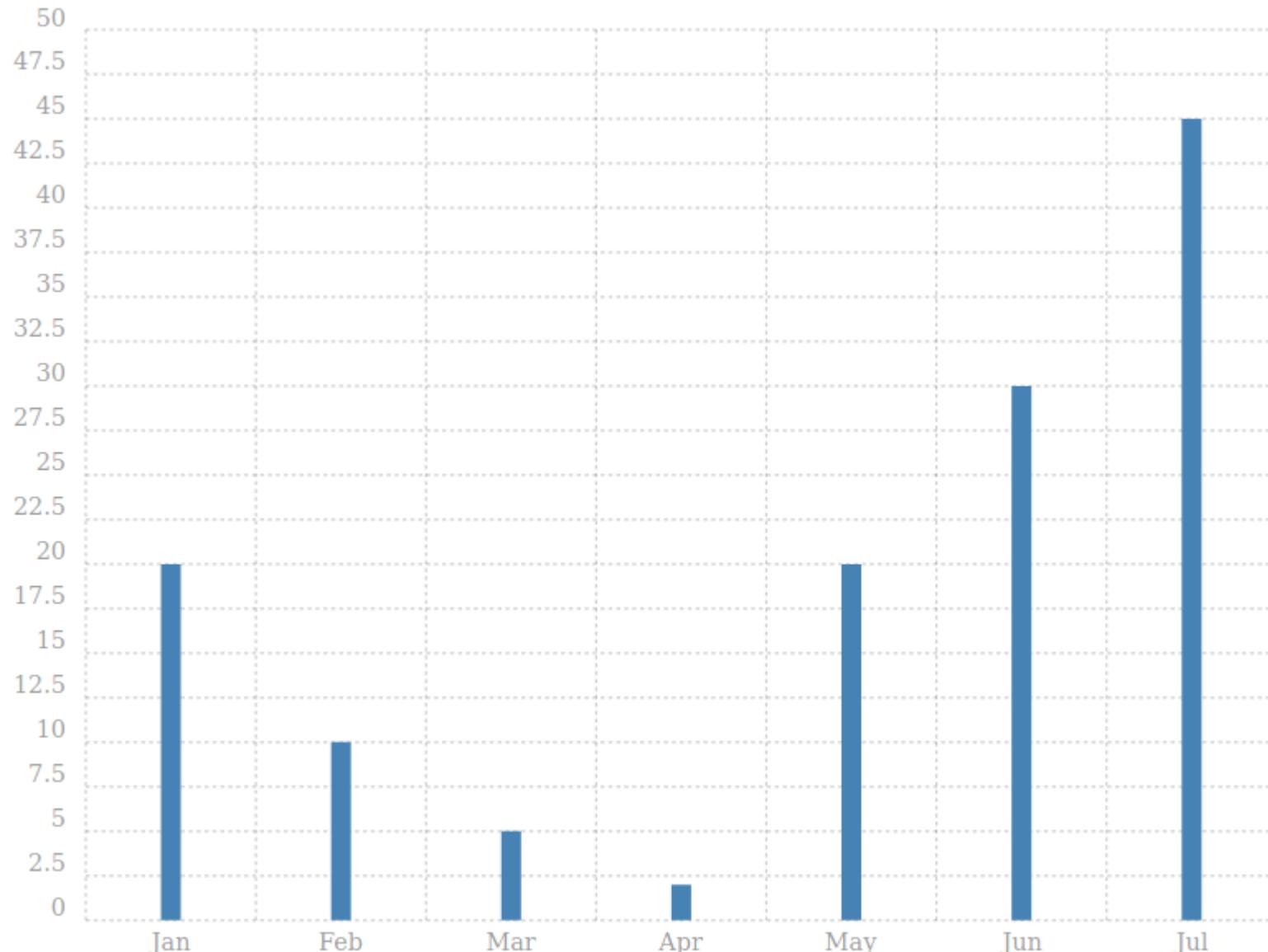
```
<div class="ct-chart ct-perfect-fourth"></div>
```

```
var data = {
    labels: [ 'Jan', 'Feb', 'Mar', 'Apr', 'May', 'Jun', 'Jul' ],
    series: [ [ 20, 10, 5, 2, 20, 30, 45 ] ]
};
var options = {
    high: 50
};
new Chartist.Bar('.ct-chart', data, options);
```

```
.ct-series-a .ct-bar {
    stroke: steelblue;
}
```

Chartist.js

- rychlý deklarativní popis sloupcového grafu



c3.js

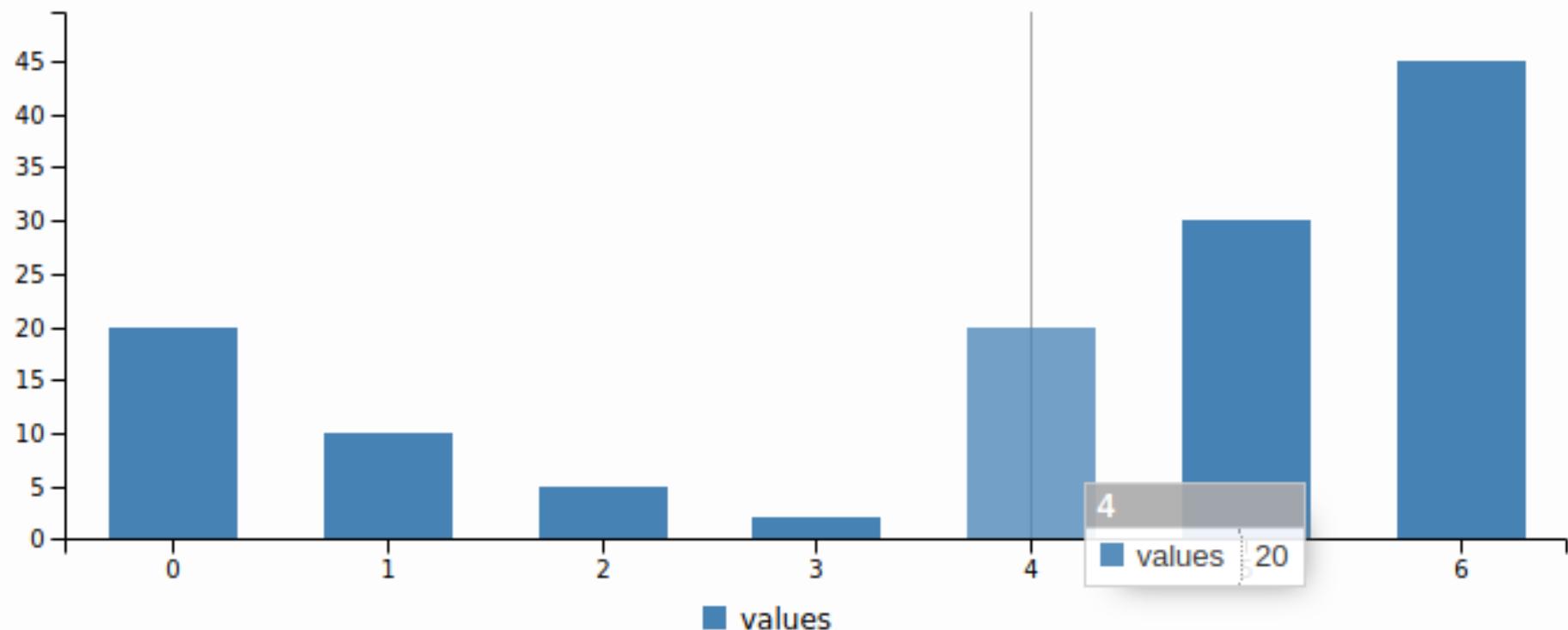
- c3js.org, MIT, SVG, založeno na D3

```
<div id="myChart"></div>
```

```
var chart = c3.generate({
  bindto: '#myChart',
  data: {
    columns: [
      ['values', 20, 10, 5, 2, 20, 30, 45]
    ],
    type: 'bar',
    colors: {
      values: 'steelblue'
    }
  },
}) ;
```

c3.js

- rychlý deklarativní popis sloupcového grafu



- nivo.rocks, MIT, SVG/Canvas, založeno na D3 a frameworku React

```
import { ResponsiveBar } from "@nivo/bar";

render() {
    return <ResponsiveBar
        data={ [ { "month": "Jan", "val": "20" }, ... ] }
        keys={ [ 'values' ] }
        indexBy="month"
        colors={ { scheme: 'nivo' } }
        ...
    />
}
```

- <https://nivo.rocks/bar/>

BASE

data object[] required
Chart data.

indexBy string | Function optional default: 'id'
Key to use to index the data.

keys string[] optional default: ['value']
Keys to use to determine each serie.

groupMode string optional default: 'stacked'
 stacked grouped
How to group bars.

layout string optional default: 'vertical'
 horizontal vertical
How to display bars.

reverse boolean optional default: false
 Reverse bars, starts on top instead of bottom for vertical layout and right instead of left for horizontal one.

minValue number | string optional default: 'auto'
 auto
Minimum value.

maxValue number | string optional default: 'auto'
 auto
Maximum value.

chart code data roll the dice

country	hot dog	burger	sandwich	kebab	fries	donut
AD	170	93	194	59	61	0
AE	99	51	142	80	98	0
AF	46	200	89	38	115	0
AG	197	0	177	163	113	0
AI	35	35	149	60	149	0
AL	178	38	138	0	108	142
AM	51	200	61	0	31	0

RECIPES

- Using markers
- Stacked diverging bar chart
- Grouped diverging bar chart
- Custom bar element
- Formatting values
- Using custom tooltip
- Custom axis ticks

ACTIONS LOGS

Start interacting with the chart to log actions

Další knihovny

- NVD3
- react-vis
- Recharts
- ...
- udělejte si vlastní průzkum a porovnání...

Data, informace, znalosti
Vizualizační nástroje
Webová vizualizace dat
D3.js
Vybrané vizualizační knihovny
Geovizualizace

Geovizualizace

Geovizualizace

- chceme vizualizovat data na mapě [*lat, long*]
- **rastrově:**
 - obrázky, reprezentující reálnou mapu (*tiles*) – odpovídají aktuálnímu přiblížení, pozici
 - OpenStreetMaps, Google Maps, ...
- **vektorově:**
 - polygony (kontinenty, státy, ...)
 - cesty (řeky, silnice, ...)
 - body (místa na mapě)
 - ...
- **kombinovaně:**
 - rastrový odklad + vektrové překrývající se objekty (*overlays*)

GeoJSON

- formát pro kódování geografických dat, [RFC 7946](#)
- popisuje body, čáry, polygony, kolekce objektů , ...
- hodnoty reprezentují zeměpisné souřadnice

```
{ "type": "Point", "coordinates": [ 15.33, 49.74 ] }

{ "type": "LineString", "coordinates": [ [30,10], [10,30], [40, 40] ] }

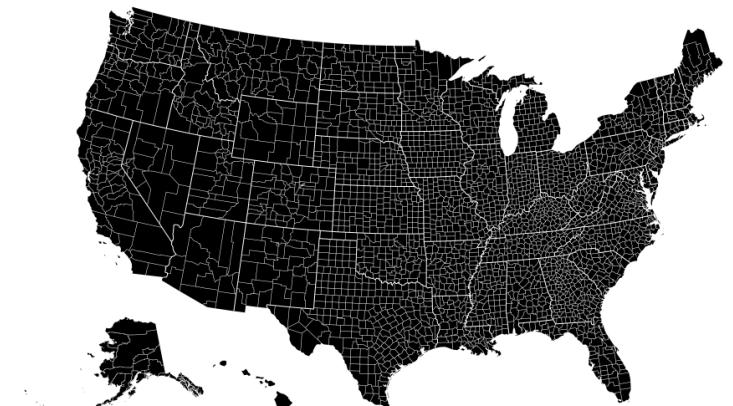
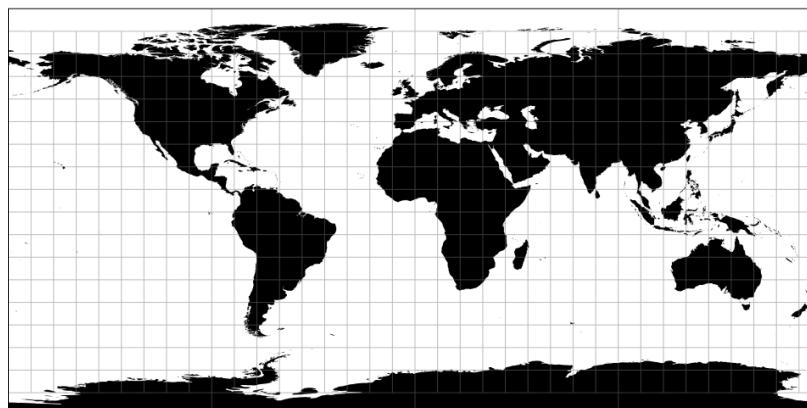
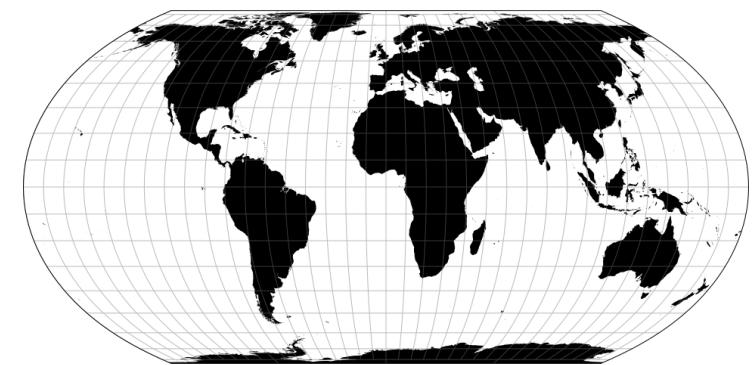
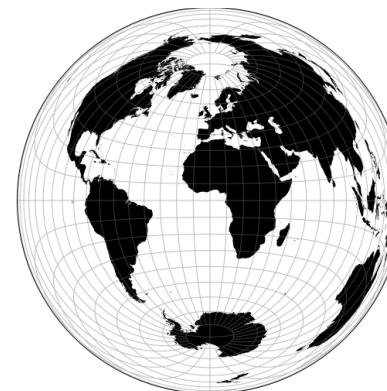
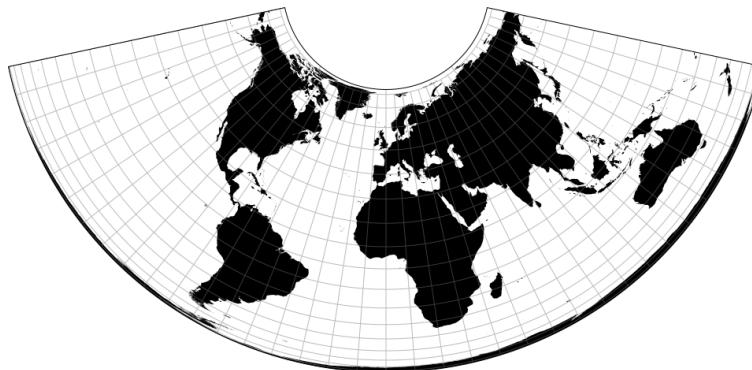
{ "type": "Polygon", "coordinates": [
    [ [35, 10], [45, 45], [15, 40], [10, 20], [35, 10] ],
    [ [20, 30], [35, 35], [30, 20], [20, 30] ]
]
}

...
```

- online grafický editor: [geojson.io](#)
- [world countries GeoJSON](#)

d3-geo

- `d3-geo` , `d3-geo-projection` poskytuje funkce pro mapové projekce:
 - azimutální, kuželová (Lambertová), cylindrická, kompoziční, ... (příklady)



D3 kartogram

```
<svg id="myChart" width="600" height="300"></svg>
```

```
var svg = d3.select("#myChart");
var width = svg.attr("width");
var height = svg.attr("height");

// projection
var projection = d3.geoNaturalEarth()
    .scale(100) // scale
    .translate([ width / 2, height / 2]); // translation

// processing geojson
d3.json("world.geojson", function(geojson) {
    svg.append("g")
        .selectAll("path")
        .data(geojson.features).enter()
        .append("path")
        .attr("d", d3.geoPath().projection(projection))
        .attr("fill", "black")
}) ;
```

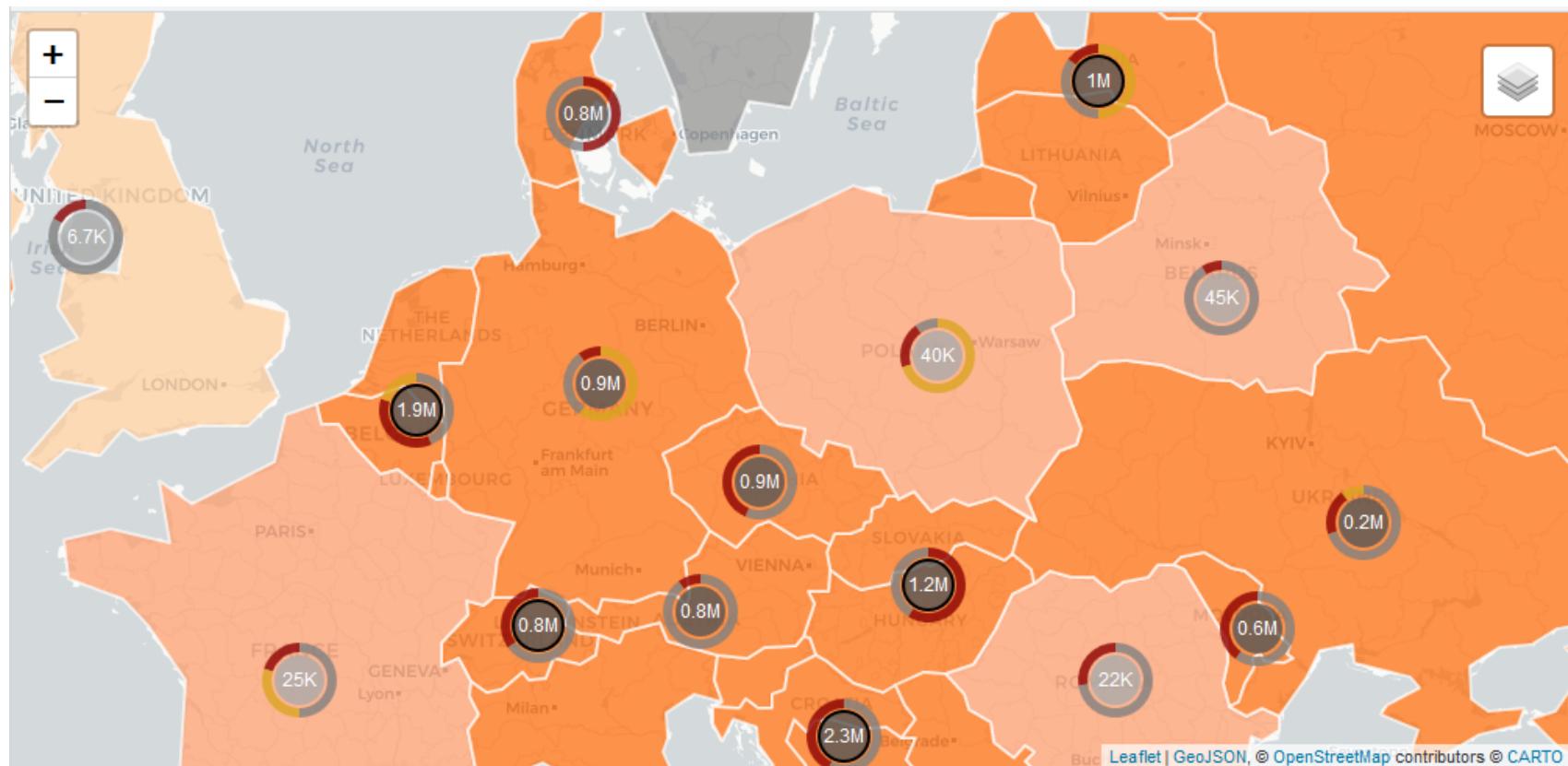
D3 kartogram



```
▼ <svg id="my_dataviz" width="600" height="300" style="background: white; /*! padding-right: 100px; */">
  ▼ <g>
    Some nodes were hidden. Show all 177 nodes
    <path d="M282.866264703906,35.434496105184394L282.4964941986337,36.42..4553,36.14108105596232L280.9186646141728,35.326310065191706Z" fill="black"></path>
    <path d="M351.50998331161384,92.28904281004972L351.31326422752716,92...023933,92.00781252935752L351.4812186425665,92.2769708029854Z" fill="black"></path>
    <path d="M321.9214238115206,82.53685066450483L321.48162403692777,83.9..28964,67.33769783712806L316.450595384781,67.03827345187922Z" fill="black"></path>
    <path d="M184.00188406154288,117.44556011336847L184.99003299459332,11..14,117.50910731751802L183.66824048943164,117.38607116937538Z" fill="black"></path>
    <path d="M351.31326422752716,92.84684821186724L351.50998331161384,92...8393375,94.4485966796338L351.416839666122,93.92917391069909Z" fill="black"></path>
    <path d="M493.18287466995474,89.74169116215577L493.6025810058794,90.3..63165,69.73906770031634L496.4354453706475,71.54485867158127Z" fill="black"></path>
    <path d="M398.45612512225784,75.45577633924891L397.7456118283999,75.7..93133,74.44413934218109L398.56144698272067,74.6904391575671Z" fill="black"></path>
```

Leaflet

- leafletjs.com, BSD-2-Clause license, responzivní
- umožňuje vytvářet komplexní mapy složené z mapových podkladů (např. OSM), dalších vrstev a ovládání (zoom, ...)
- velké množství [rozšíření](#)



Leaflet – příklad

```
<div id="myChart"></div>
```

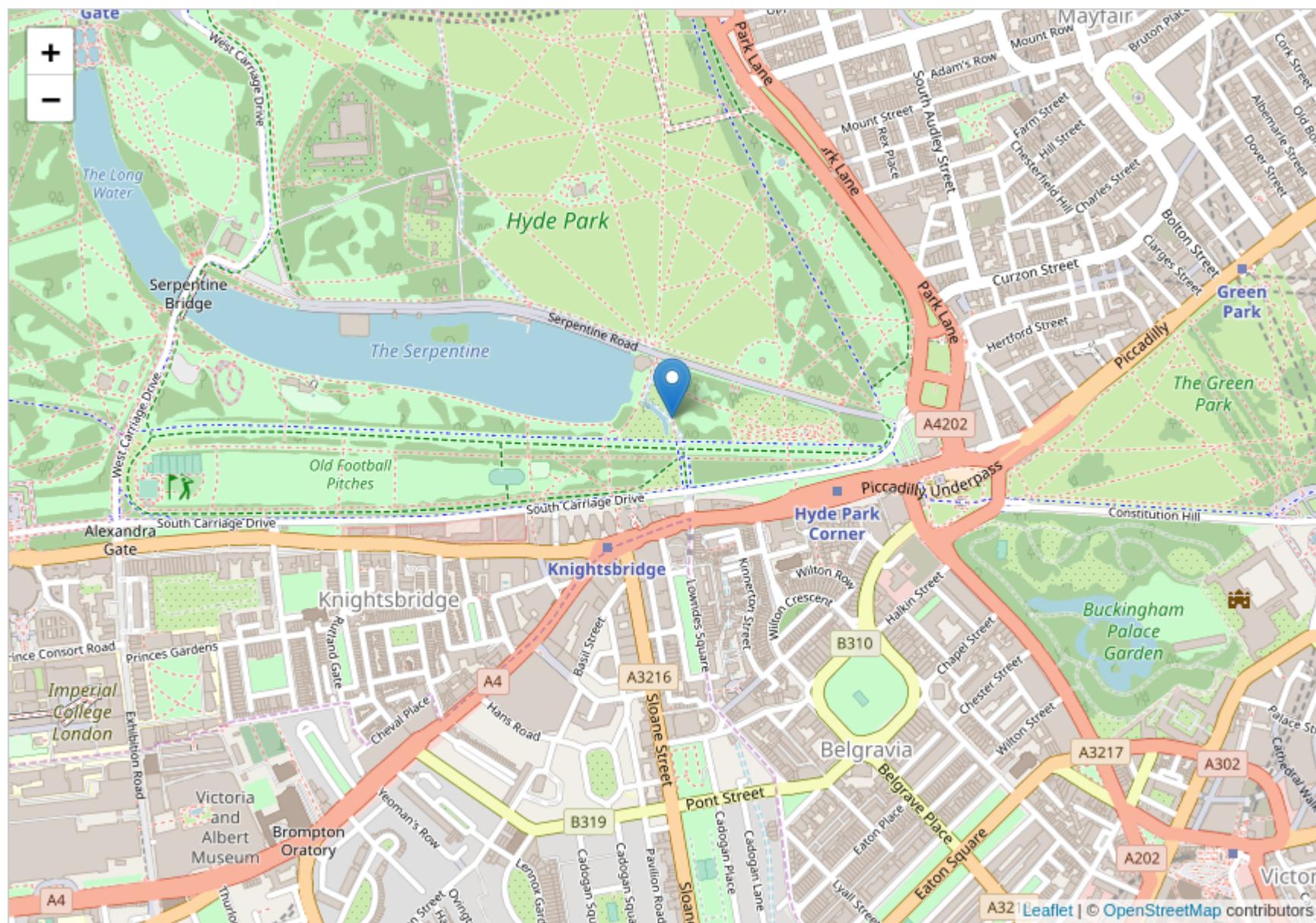
```
// inicializace mapy
var map = L
    .map('myChart')
    .setView([50, -0.1], 2);

// vrstva OpenStreetMap
L.tileLayer('https://s.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
    attribution: '&copy; <a href="https://www.openstreetmap.org/copyright">OSM</a>',
    maxZoom: 19
}).addTo(map);

// další vrstva skládající se ze znacky (marker)
L.marker([51.5, -0.09]).addTo(map)
    .bindPopup('A pretty CSS3 popup.<br>Easily customizable.')
    .openPopup();

// další vrstvy..., kartogram, ...
```

Leaflet – příklad



Google Maps

- Google Maps Platform, vyžaduje API key, responzivní
- umožňuje vytvářet komplexní mapy

```
<script src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?  
        key=YOUR_API_KEY&callback=initMap">  
</script>
```

```
<div id="myChart"></div>
```

```
// The location of Uluru  
var uluru = { lat: -25.344, lng: 131.036 };  
// The map, centered at Uluru  
var map = new google.maps.Map(  
    document.getElementById('myChart'), {zoom: 4, center: uluru}  
);  
// The marker, positioned at Uluru  
var marker = new google.maps.Marker({position: uluru, map: map});
```

Google maps – příklad



Další knihovny

- OpenLayers
- Mapy.cz
- ...

Data, informace, znalosti

Vizualizační nástroje

Webová vizualizace dat

D3.js

Vybrané vizualizační knihovny

Geovizualizace

Shrnutí

Data, informace, znalosti

- **data:**

- informace v **digitální** formě, která může být **přenášena** a zpracovávána
- hodnoty, údaje, fakta různých **datových typů**
- reprezentace nějaké skutečnosti

- **informace:** data, která mají **význam**

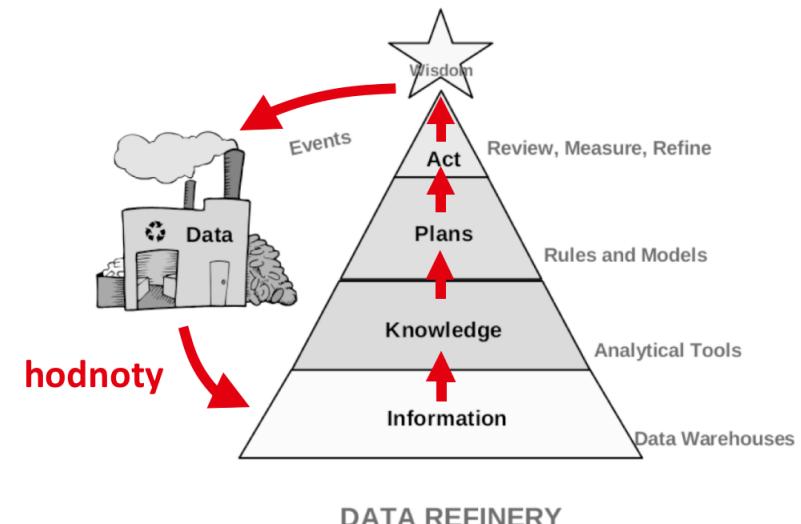
- **znalosti:** data, která **pro nás** mají význam

- **kvantitativní data:**

- měřitelná data, vyjádřená číslem, **kardinální**
- teplota, tlak, ... (spojité, diskrétní)
- přesná, ale uživatel může obtížněji pochopit význam

- **kvalitativní data:**

- popisujeme kvalitu/vlastnosti nějakých jevů
- **kategorické**, slovní (diskrétní – výčet)
- lze (**nominální**) / nelze (**ordinální**) uspořádat
- { déšť, jasno, sněžení, ... }, spokojenost zákazníka, barva, ...
- je možné pozorovat nebo odvodit z kvantitativních dat



Vizualizační nástroje

- Tabulka
 - + dokáže zobrazit n -dimenzionální data tak, jak jsou v databázi
 - zabírá mnoho prostoru
 - obtížnější pochopení vazeb mezi dimenzemi/hodnotami
- Diagram
 - + zdůraznění významu a účelu dat, vztahů mezi daty a dalších souvislostí
 - + velké množství dat na malém prostoru
 - omezené množství dimenzií
 - vyžaduje různé uživatelské zkušenosti (zpravidla pouze základní druhy)
- <https://www.d3-graph-gallery.com>
- <https://datavizcatalogue.com>
- <https://www.data-to-viz.com>
- prezentace Grafické vizualizační nástroje...

Webová vizualizace dat

- **Canvas**

- rastrové, objekty nejsou reprezentovány v DOM
- vhodné pro náročnější grafiku (větší množství prvků)
- tvorba her
- [w3schools tutoriál ...](#)

- **SVG**

- vektorové, objekty jsou reprezentovány v DOM
- není vhodné pro náročnější grafiku (větší množství prvků)
- tvorba vizuálních nástrojů, diagramů
- [w3schools tutoriál ...](#)

D3.js

- knihovna jazyka Javascript určená pro manipulaci s dokumenty na základě dat
- **vstup:** data → **výstup:** dokument (elementy DOM)
- práce s DOM - `select()`, `selectAll()`, `text()`, `attr()`, `style()`,
`append()`, `remove()`
- provázání DOM s daty - `enter()`, `exit()`
- deserializace dat - `csv()`, `json()`, `tsv()`, `xml()`
- animace - `transition()`, `duration()`, `delay()`, `ease()`
- události - `on("click"/"mouseover"/"mouseleave"/...)`
- scrimba tutoriál ...

Vybrané vizualizační knihovny

- oblast se rychle vyvíjí
- některé knihovny využívají Canvas, jiné SVG, případně oboje
- vznikají knihovny založené na D3.js
- **udělejte si vlastní průzkum a porovnání!**

Geovizualizace

- data vizualizovaná na mapě (zeměpisná šířka, délka)
 - rastrově – podkladová mapa – obrázkové dlaždice (tiles)
 - vektorově – polygony, čáry, body, ...
 - kombinovaně – podkladová mapa a další vrstvy
- **GeoJSON:**
 - formát pro kódování geografických dat
 - [geojson.io](#)
- [d3-geo](#), [Leaflet](#), [GoogleMaps](#), ...

Děkuji za pozornost!