Računalniški praktikum in Osnove računalništva

4. Vektorska grafika

Vektorska grafika

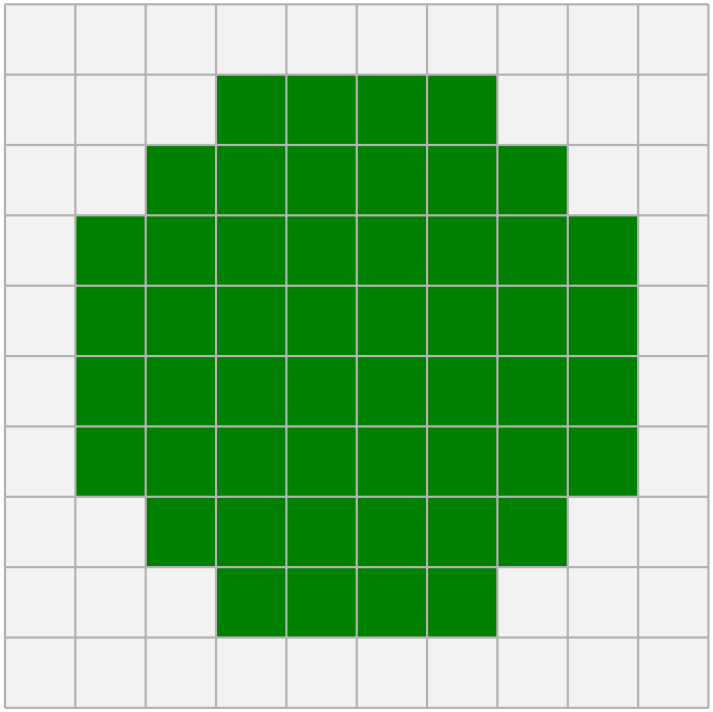
- **Vektorska grafika** je vrsta računalniške grafike, pri kateri slike nastanejo iz različnih geometrijskih oblik v ravnini (2D grafika).
- Na primer: točke, daljice, krivulje, mnogokotniki.
- Z vektorsko grafiko so povezani tudi strojna oprema za vektorske slike in tiskanje, vektorski podatkovni modeli ter zapisi datotek in programska oprema, ki temeljijo na teh modelih.

Kje se uporablja vektorska grafika?

- Grafično oblikovanje in ilustracija
- Geografski informacijski sistemi (GIS)
- Računalniško podprto načrtovanje (CAD)
- 3D računalniška grafika: vključno z video igrami in animacijo.

Primerjava s pikselsko grafiko

- Slika je **mreža pikslov**
- Vsak piksel hrani eno barvo
- Datoteka je seznam barv vseh pikslov
- Značilno za fotografije



„Krog“, sestavljen iz pikslov

Primerjava s pikselsko grafiko

- Slika je **opis oblik**
- Primer navodil:
  - „krog, središče tukaj, polmer 5, zelen“
  - „daljica od A do B, črna, debela 2 pt“
- Računalnik sledi temu receptu vsakič, ko mora sliko prikazati
- Primeri: SVG, PDF, EPS



Isti krog, kot oblika

Primerjava s pikselsko grafiko

Vektorska grafika je primerna za

- Diagrame in sheme
- Grafe in diagrame podatkov
- Logotipe in ikone
- Besedilo in oznake
- Vse, kar je treba pozneje povečati, pomanjšati ali urediti

Pikselska grafika je primerna za

- Fotografije
- Mikroskopske slike
- Gele, skenirane slike, posnetke zaslona
- Slike z drobnimi, nepravilnimi podrobnostmi

Prednosti in slabosti vektorske grafike

Prednosti

- Pri spreminjanju velikosti ni izgube kakovosti
- Majhne datoteke za preproste risbe
- Vsak objekt ostane ločeno urejljiv
- Besedilo ostane pravo besedilo

Omejitve

- Ni primerna za fotografije
- Zelo zapletene risbe postanejo velike in počasne
- Za prikaz na zaslonu jo je treba pretvoriti v piksle

Podatkovni modeli

- **Logični podatkovni modeli** vektorske grafike temeljijo na matematiki, zlasti na geometriji. Oblike so določene z zaporedjem točk v dvo- ali tridimenzionalnem koordinatnem sistemu, npr.: $A = (x, y)$ ali $B = (x, y, z)$.
- Ker so vse oblike matematično sestavljene iz neskončnega števila točk, vektorski model določa končno množico **osnovnih geometrijskih oblik**, ki jih lahko opišemo s končnim številom točk ali lastnosti.
- **Primer:** kvadrat lahko enolično določimo s tremi njegovimi oglišči, iz katerih lahko izpeljemo rob in notranjost. Kvadrat lahko določimo tudi z enim ogliščem, velikostjo in kotom zasuka.

Podatkovni modeli

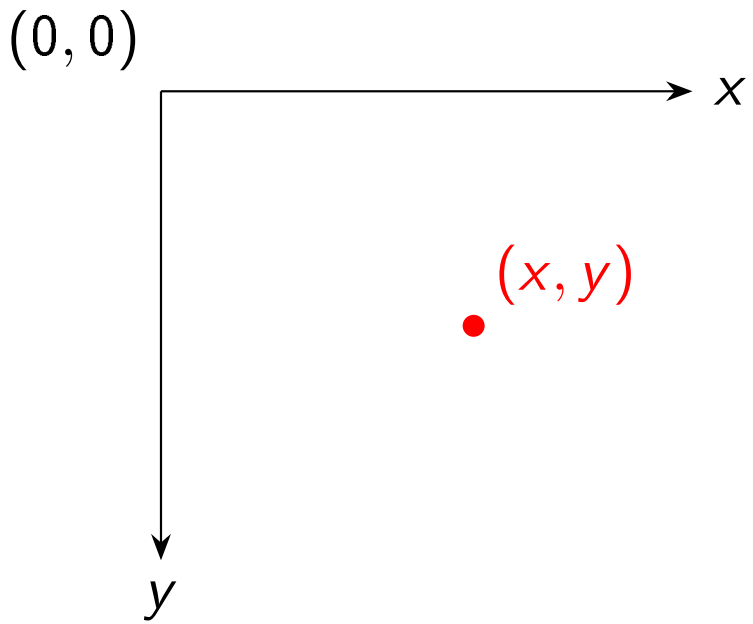
- Nekatere osnovne geometrijske oblike:
  - **Točka**
  - **Daljica**, določena z dvema točkama
  - **Lomljena črta**, določena z zaporedjem točk
  - **Mnogokotnik**, lomljena črta z enako začetno in končno točko ter jasno določeno notranjostjo.

Podatkovni modeli

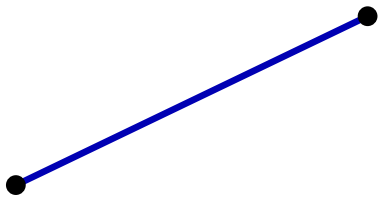
- Obstajajo tudi zahtevnejše oblike:
  - **Parametrične krivulje**
  - **Standardne parametrične oblike** so: krog, elipsa in številne druge
  - **Nepravilne 3D oblike**
  - **Fraktali**
  - **Bézierove krivulje**
  - **...**

Točke

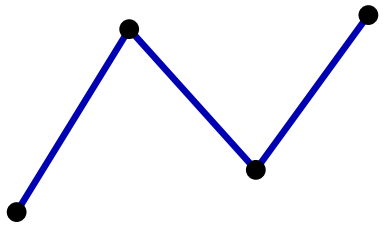
- Položaj je določen z dvema številoma: x (vodoravno) in y (navpično navzdol)
- Podobno kot koordinate na zemljevidu ali položaj na mizici mikroskopa
- Števila niso nujno cela: (3,7; 12,25) je povsem v redu
- Na zaslonih je izhodišče $(0, 0)$ običajno v **zgornjem levem kotu**



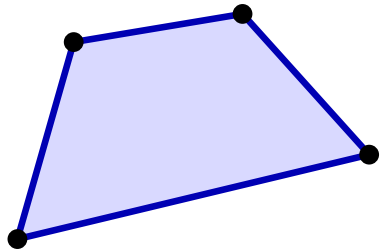
Daljica, lomljena črta in mnogokotnik



Daljica



Lomljena črta



Mnogokotnik

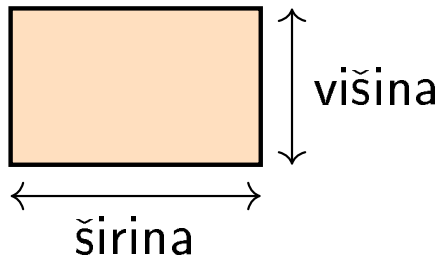
- **Daljica:** dve točki
- **Lomljena črta:** več točk, povezanih ena za drugo (odprta veriga)
- **Mnogokotnik:** lomljena črta, ki se zaključi v začetni točki, zato jo lahko zapolnimo

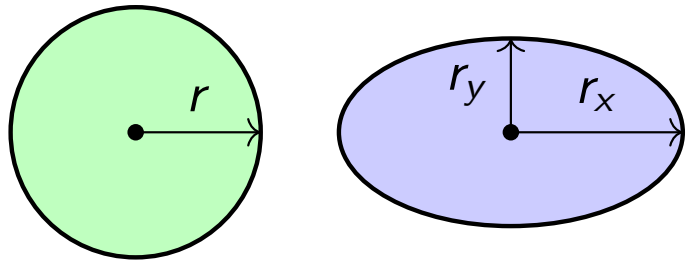
Pravokotniki, krogi in elipse

Opisani so le z nekaj števili:

- **Pravokotnik:** položaj oglišča, širina, višina
- **Krog:** položaj središča, polmer
- **Elipsa:** središče, vodoravni polmer, navpični polmer

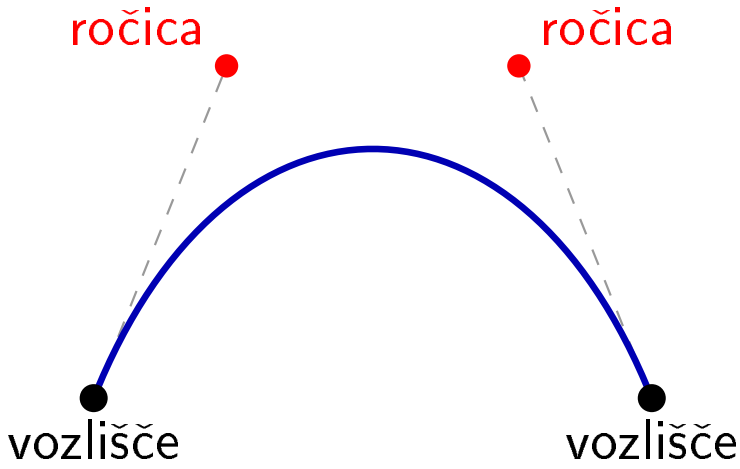
Zelo kompaktno: krog potrebuje 3 števila, ne glede na velikost.





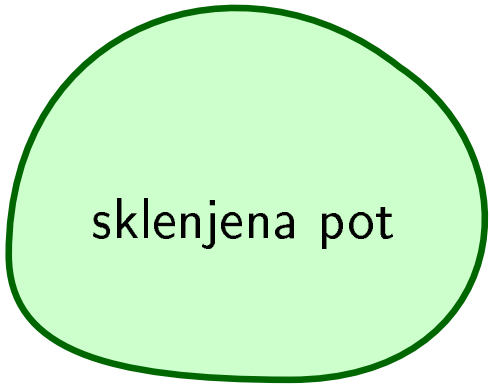
Krivulje: poti z ročicami

- Prave oblike (celice, listi, črke) so gladke in ukrivljene
- Vektorski programi krivulje opisujejo z **vozlišči** in **ročicami**
- Vozlišča so točke, skozi katere poteka krivulja
- Ročice krivuljo povlečejo v določeno smer (kot upogibanje prožne žice)
- To so **Bézierove krivulje**: matematike ne potrebujete, dovolj je ideja



Poti: univerzalna oblika

- **Pot** je veriga vozlišč, povezanih z ravnimi ali ukrivljenimi odseki
- Odprta pot (daljica, krivulja) ali sklenjena pot (oblika, ki jo lahko zapolnimo)
- Vsako obliko lahko pretvorimo v pot — na primer krog postane štirje ukrivljeni odseki
- Tudi črke v pisavi so sklenjene poti!



Fraktali: oblike, nastale s ponavljanjem preprostega pravila

- **Fraktal** je podoben samemu sebi pri vsaki stopnji povečave (*samopodobnost*)
- Nastane z večkratno uporabo enega preprostega pravila
- Kratko pravilo daje neskončno podrobnosti, zato je „recept“ drobcen
- V naravi jih najdemo (približno): praproti, romanesco brokoli, bronhialno drevo, krvne žile, veje nevronov, obale

Slog: obroba in polnilo

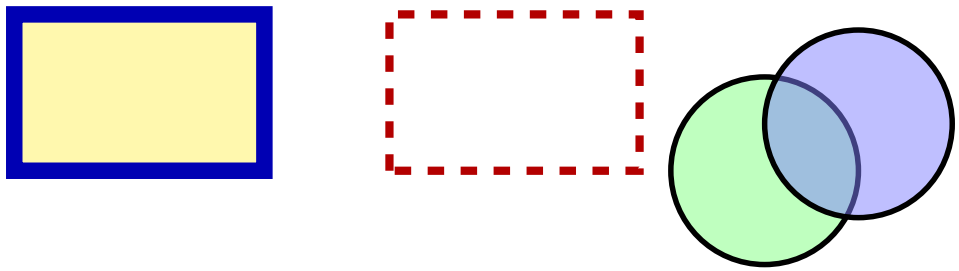
Oblika je le geometrija; njen videz določajo **lastnosti**:

Polnilo (notranjost)

- Barva
- Prosojnost
- Preliv (postopen prehod barv)
- Brez polnila

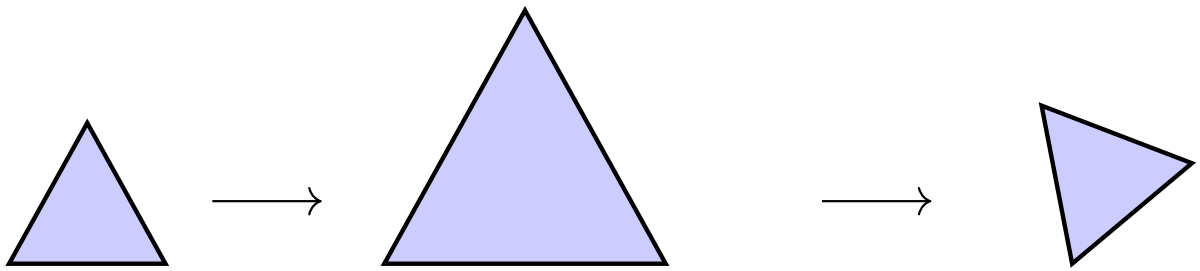
Obroba (rob)

- Barva
- Debelina
- Črtkana ali polna
- Zaobljeni ali koničasti robovi



Premikanje, spreminjanje velikosti in vrtenje

- Ker je slika seznam oblik, je urejanje preprosto
- **Premik:** vse točke zamaknemo za enak znesek
- **Spreminjanje velikosti:** vse povečamo ali pomanjšamo
- **Vrtenje** in **zrcaljenje**
- Program samo preračuna točke — nič se ne izgubi
- Nasprotno pri rastrski sliki: pri spreminjanju velikosti je pogosto treba piksle *dodati*

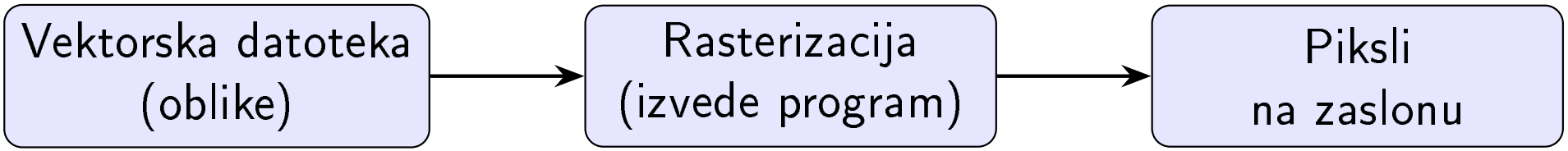


Plasti in skupine

- Objekti se rišejo **po vrsti**: poznejši prekrijejo zgodnejše (vrstni red zlaganja)
- **Skupine** obravnavajo več objektov kot enega (skupaj premaknemo ali povečamo del slike)
- **Plasti** urejajo sliko: npr. ena plast za ozadje, ena za oznake
- Uporabno pri znanstvenih slikah: oznake lahko vklopimo ali izklopimo ali jih prevedemo v drug jezik

Problem

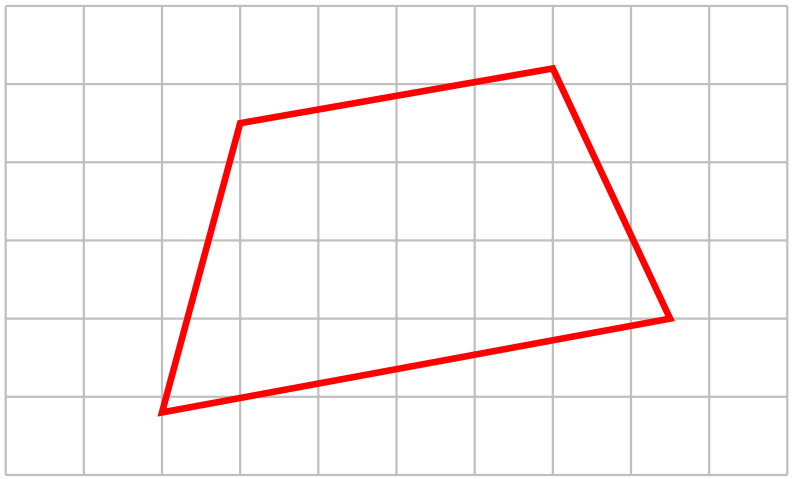
- Vektorska slika je seznam oblik z natančnimi položaji
- Zaslon (ali tiskalnik ali projektor) je **mreža pikslov**
- Zato je treba vsako vektorsko sliko pretvoriti v piksle, preden jo lahko vidimo



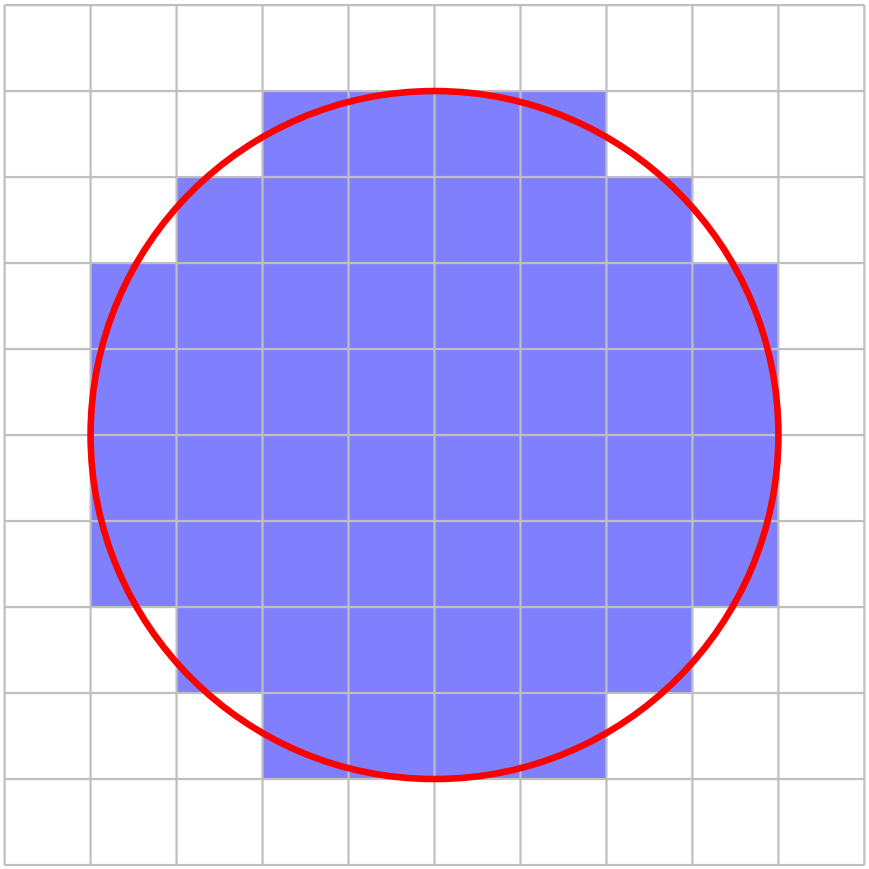
Tej pretvorbi pravimo **rasterizacija** (ali *upodabljanje*).

Rasterizacija korak za korakom

1. Obliko postavimo na mrežo pikslov pri trenutni stopnji povečave
2. Za vsak piksel presodimo: ali je znotraj oblike?
3. Piksle znotraj oblike pobarvamo z barvo polnila
4. Enako naredimo za obrobo (tanka oblika okoli roba)
5. Postopek ponovimo za vsak objekt, od spodaj navzgor po vrstnem redu zlaganja



Piksli znotraj oblike se pobarvajo

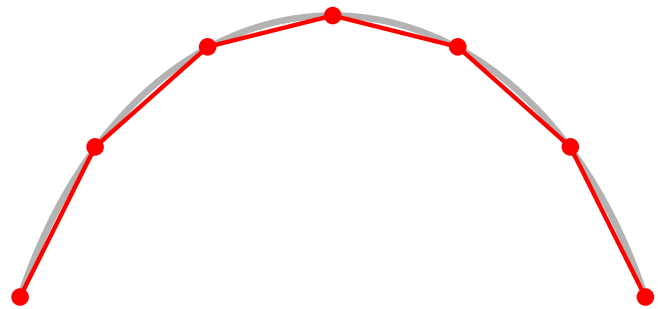


Rdeči obris je natančna oblika; modri kvadratki so tisto, kar lahko prikaže zaslon.

Rezultat: nazobčani robovi, podobni stopnicam.

Krivulje postanejo kratki ravni odseki

- Pred zapolnjevanjem program krivuljo približa z mnogimi drobnimi ravnimi odseki
- Pri pomanjšavi zadostuje malo odsekov
- Pri povečavi se uporabi več odsekov, zato krivulja ostane gladka
- Tega ne opazimo, ker se postopek ponovi ob vsaki spremembi povečave



Ločljivost: piksli na palec

- Vektorska slika nima stalne ločljivosti
- Ločljivost se izbere šele ob prikazu ali izvozu
- Isto vektorsko sliko lahko rasteriziramo za majhno spletno ikono *in* za velik plakat
- Pri rastrski sliki je ločljivost določena ob nastanku (npr. fotoaparat)

Praktično pravilo: ohranite vektorski izvirnik; rastrske kopije izvozite po potrebi.

Kako je vektorska datoteka zapisana?

```
<svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg"
     width="200" height="120">
  <rect x="10" y="10" width="80" height="50"
        fill="lightblue" stroke="navy" stroke-width="2"/>
  <circle cx="140" cy="35" r="25" fill="orange"/>
  <line x1="10" y1="100" x2="190" y2="100"
        stroke="black" stroke-width="3"/>
  <text x="20" y="85">Zdravo</text>
</svg>
```

- To je navadno **besedilo**, ki ga lahko odprete v urejevalniku besedil
- Ena vrstica na objekt: oblika, položaj, barve
- Cela slika: nekaj sto bajtov

Pogosti vektorski zapisi

Zapis	Za kaj je primeren
SVG	Odprt standard za splet; ikone, diagrami, grafi; berljiva besedilna datoteka
PDF	Dokumenti in tisk; lahko vsebuje vektorsko in rastrsko vsebino; sprejmejo ga skoraj vse revije
EPS	Starejši zapis za tisk; nekatere revije ga še zahtevajo
AI	Lastni zapis programa Adobe Illustrator
EMF/WMF	Zapisa Microsoft Office/Windows; uporabna pri izvozu iz Worda/PowerPointa

Zapis SVG

- **S**calable **V**ector **G**raphics (prilagodljiva vektorska grafika): odprt standard, ki temelji na XML (razširljivem označevalnem jeziku)
- Podprt v vseh spletnih brskalnikih, Inkscapu, Illustratorju, Affinityju in še mnogih drugih programih
- Urejamo ga lahko v grafičnem programu *ali* urejevalniku besedil
- Lahko vsebuje besedilo, prelive, prosojnost in celo animacijo
- Lahko vsebuje tudi vdelane rastrske slike
- Številna orodja za grafe (R, Python/Matplotlib, GraphPad) znajo izvoziti SVG

Zapis PDF

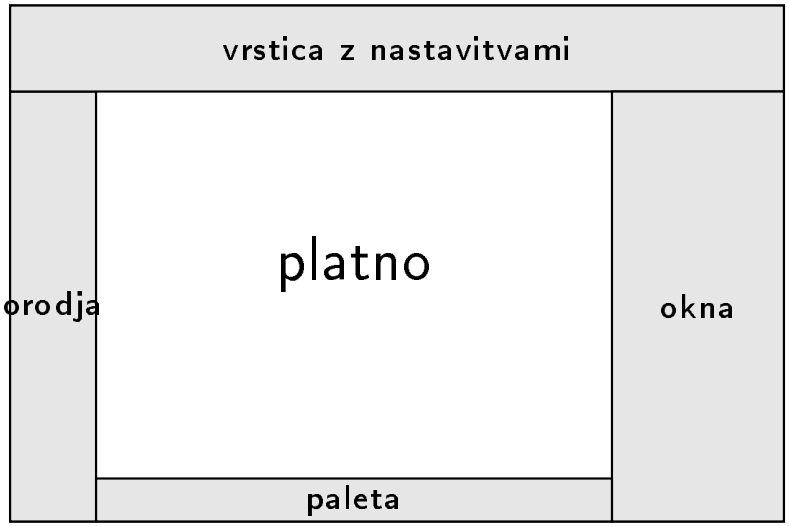
- **P**ortable **D**ocument **F**ormat (prenosljiv zapis dokumentov), ki ga je ustvaril Adobe, danes odprt standard ISO
- Opisuje cele **strani**, ki so videti enako na vsakem računalniku in tiskalniku
- Stran lahko hkrati vsebuje **besedilo**, **vektorske oblike** in **rastrske slike**
- Pisave je mogoče vdelati, zato se besedilo pravilno prikaže, tudi če pisava ni nameščena
- Vektorski deli ostanejo ostri pri vsaki povečavi; vdelane rastrske slike ne
- Podpira prosojnost, prelive, plasti in tiskarske barve (CMYK)
- Sprejmejo ga skoraj vse znanstvene revije; standardna izbira za tisk in plakate
- Izvozi ga veliko orodij: R, Python (Matplotlib), GraphPad, Word, PowerPoint, Inkscape
- Odpremo in urejamo ga lahko v Inkscapu (eno stran naenkrat)
- Preverite: povečajte na 800 %. Če besedilo in grafi ostanejo ostri, so vektorski; posnetek zaslona, shranjen kot PDF, je le rastrska slika

Kaj je Inkscape?

- Brezplačen odprtokodni urejevalnik vektorske grafike
- Na voljo za Windows, macOS in Linux: `inkscape.org`
- Kot izvorni zapis uporablja SVG
- Alternativa programoma Adobe Illustrator ali Affinity Designer
- Primeren za: sheme, metabolne poti, risbe celic, plakate, logotipe

Okno programa Inkscape

- **Orodjarna** (levo): orodja
- **Platno** (sredina): vaša risba in stran
- **Vrstica z nastavitvami** (zgoraj): možnosti izbranega orodja
- **Paleta barv** (spodaj)
- **Pogovorna okna** (desno): Polnilo in obroba, Plasti, Poravnava, ...



Najpomembnejša orodja

Orodje	**Tipka**	**Uporaba**
Izbirnik	`S`	Izbiranje, premikanje, spreminjanje velikosti in vrte
Orodje za vozlišča	`N`	Urejanje vozlišč in ročic poti
Pravokotnik / Elipsa	`R` / `E`	Risanje osnovnih oblik
Pero	`B`	Risanje daljic in krivulj točko za točko
Besedilo	`T`	Dodajanje oznak
Preliv	`G`	Postopni prehodi barv

- `Ctrl+Shift+F`: Polnilo in obroba `Ctrl+G`: združi v skupino
- `Ctrl+Z`: razveljavi — uporabljajte ga brez zadržkov!

Uporabne operacije

- **Polnilo in obroba:** nastavitev barv, debeline obrobe, črtkanja
- **Poravnava in porazdelitev:** poravnava in enakomerno razporejanje objektov (odlično za dele slike)
- **Pot $\rightarrow$ Unija / Razlika / Presek:** združevanje oblik v nove oblike
- **Objekt v pot:** pretvori obliko ali besedilo v urejljivo pot
- **Plasti:** ohranjajo sliko urejeno
- **Uvoz:** vstavite mikroskopsko sliko (PNG/TIFF) in jo opremite s puščicami, oznakami in merilom
- **Pretvori bitno sliko v poti:** pretvori preproste rastrske slike v vektorske

Izvoz iz programa Inkscape

- **Shrani kot...** izberite ciljni zapis
  - **Inkscape SVG:** ohrani vse za poznejše urejanje
  - **Navaden SVG:** za splet ali druge programe
  - **PDF / EPS:** za tisk in revije
- **Izvoz PNG** (`Ctrl+Shift+E`): izberite območje (stran, izbor) in DPI
- Nasvet: besedilo pretvorite v poti, če pisave drugje ne bodo na voljo — vendar prej shranite urejljivo kopijo

Praktična vaja (15 min)

1. Narišite preprosto celico: elipsa za celico, krog za jedro
2. Določite jima barvi polnila in obrobo
3. Z orodjem za besedilo dodajte oznako, s peresom pa puščico
4. Premaknite jedro: opazite, da objekti ostanejo ločeni
5. Vse združite v skupino, nato skupino povečajte in pomanjšajte
6. Shranite kot SVG; izvozite kot PNG pri 300 DPI
7. SVG odprite v urejevalniku besedil in poiščite svojo elipso in krog

Dodatno branje

- Priročnik in vodiči za Inkscape: `inkscape.org/doc`