

Súradnicové systémy v QGISe

1. Súradnicové systémy v QGIS - druhý diel

V prvom dieli nášho krátkeho seriálu o súradnicových systémoch sme sa zoznámili so základnými teoretickými znalosťami o súradnicových systémoch. Tieto sú platné ako pre svet digitálny, tak aj analógový. Dnes sa však už obmedzíme len na svet digitálny a predstavíme si, ako so súradnicovými systémami pracujú GIS systémy, pričom prenikneme aj do práce s QGISom.

1.1. Všeobecný úvod do práce so súradnicovými systémami v GIS

Vo sfére GIS sa dá hovoriť o práci so súradnicovými systémami na dvoch úrovniach. V prvej úrovni hovoríme o súradnicovom systéme, v ktorom sú definované naše údaje. Môžeme mať napríklad sadu vektorových údajov o železničiach obsahujúcich líniové geometrie jednotlivých koľají v geografickom súradnicovom systéme WGS84. Údaj o tom, v akom súradnicovom systéme sú dané geometrie definované je (zväčša) uvedený ako metaúdaj pre celú údajovú sadu. Každý jeden objekt v tejto údajovej sade už potom len obsahuje líniovú geometriu, ktorej jednotlivé body (vertexy) majú súradnice $x=17,2178$ a $y=48,2476$, $x=17,2187$ a $y=48,2506$, a tak ďalej. Na to aby sme s GIS údajmi vedeli robiť správne akékoľvek priestorové operácie (vrátane ich správneho zobrazenia), musíme vedieť, v akom súradnicovom systéme sú uvedené ich geometrie (v prípade rastrov hovoríme o súradnicovom systéme ich polohového priradenia).

Pokiaľ údajová sada, s ktorou pracujeme, neobsahuje metaúdaj hovoriaci o súradnicovom systéme, v ktorom sú geometrie údajov vyjadrené, žiaden GIS systém za Vás neuhádne, kde na zemeguli sa tieto údaje naozaj nachádzajú (náš obľúbený šport s kolegyňou je hádanie súradnicového systému, v ktorom nám zákazník poslal údaje). Špeciálnou variáciou tohto pod-pásového faultu zo strany tvorcu údajov je, pokiaľ deklarovaný systém nekorešponduje so systémom, v akom sa skutočne údaje nachádzajú. Takto údaje vyzerajú formálne správne, no generujú nesprávne výsledky.

V druhej úrovni hovoríme o súradnicovom systéme projektu. Túto úroveň poskytujú len GIS systémy, ktoré vôbec implementujú nejaký koncept projektu - zväčša sa teda jedná o desktop GISy. Napríklad taký [PostGIS](#) alebo Váš skript napísaný v Pythone pomocou knižnice [GDAL](#) alebo [GeoPandas](#) teraz vôbec netušia, o čom to tu rozprávam. Tento súradnicový systém sa definuje na úrovni daného mapového projektu v GIS systéme, pomocou ktorého je projekt realizovaný (teda napríklad v QGISe). Sú v ňom zobrazené všetky údajové vrstvy použité v danom projekte. Znamená to, že súradnice všetkých použitých vrstiev sú transformované do práve tohto súradnicového systému a až následne vykreslené na obrazovku. Akonáhle sú tieto súradnice prepočítané do spoločného súradnicového systému, celá časť zobrazovania, ktorá má čo robiť s projekciami končí a program už "len" vykreslí na obrazovke výsledné XY súradnice. (Odbočka pre fajnšmekrov - toto si viete veľmi ľahko vyskúšať aj sami. Môžete zobrať dve vektorové vrstvy rozličných súradnicových systémov, natvrdo ich pretransformovať do Merkátora napr. pomocou [ogr2ogr](#) a následne výsledné geometrie vykresliť ľubovoľným systémom na tvorbu grafov, ako napr. [gnuplot](#), alebo [matplotlib](#), ktoré o geografií nevedia ani toľko, čo prváčik na základnej škole. Výsledok bude skutočné zobrazenie údajov v Merkátore.)

Ak ste s nami vydržali až do teraz, prosím prestaňte zúfať, konečne sa totiž preklápame do praktickej časti našej súradnicovej odysey!

1.2. Práca so súradnicovými systémami v QGIS

QGIS, tak ako drvivá väčšina voľne licencovaných GIS systémov, používa na všetku prácu súvisiacu so súradnicovými systémami knižnicu [PROJ](#). Vždy, keď QGIS vykonáva nejakú operáciu zahŕňajúcu transformáciu súradníc, robí tak pomocou volania funkcií definovaných práve v tejto knižnici. Znamená to, že schopnosti QGISu v tejto oblasti sú dané práve schopnosťami tejto knižnice. To je skvelá správa, pretože schopnosti knižnice PROJ sú naozaj veľmi silné.

V tejto časti si prejdeme základy práce so súradnicovými systémami v QGISe.

1.2.1. Definícia súradnicového systému zdroja údajov

Preto, aby sme s akýmikoľvek GIS údajmi vedeli zmysluplne pracovať, musíme poznať súradnicový systém, v akom sú geometrie týchto údajov definované a QGISu to správne vysvetliť. Viem, že sa opakujem, no tento krok je mnohokrát zanedbaný, čo zvykne bývať začiatkom katastrofy.

Všetky správne údaje, s ktorými sa stretnete, by mali obsahovať metaúdaj o súradnicovom systéme, v ktorom sú definované. Apelujem na Vás všetkých, považujte za svoju svätú povinnosť správne uvádzať súradnicový systém, v ktorom údaje ukladáte. Ušetríte tým mnoho starostí sebe, ale aj ostatným, ktorí niekedy s Vašími údajmi budú pracovať. QGIS našťastie robí všetko preto, aby Vám tieto povinnosti čo najviac zjednodušil.

Ako praktický príklad si zoberieme údajovú sadu "Územné a správne usporiadanie" publikovanú ÚGKK a voľne dostupnú na adrese https://www.geoportal.sk/sk/zbgis_smd/na-stiahnutie/. Po stiahnutí údajov (ideálne vo formáte GPKG) a otvorení niektorej z vrstiev obsiahnutej v týchto údajoch v QGISe (napríklad štátnych hraníc SR) si môžeme zobrazit' vlastnosti tejto vrstvy (dvojklikom na jej názov v okne Layers a v zobrazenom okne zvolenie záložky General Information vľavo úplne hore). Základné informácie o tejto vrstve u mňa vyzerajú takto:

Zobrazenie základných metaúdajov vektorovej vrstvy v QGIS.

Information from provider

Name	sr_0
Path	/USJ_hranice_0.gpkg
Source	UGKK/USJ_hranice_0.gpkg layername=sr_0
Storage	GPKG
Comment	
Encoding	UTF-8
Geometry	Polygon (MultiPolygon)
CRS	EPSG:5514 - S-JTSK / Krovak East North - Projected
Extent	-591311.3125000000000000,-1334762.2500000000000000 : -165436.8750000000000000,-1132697.3750000000000000
Unit	meters
Feature count	1

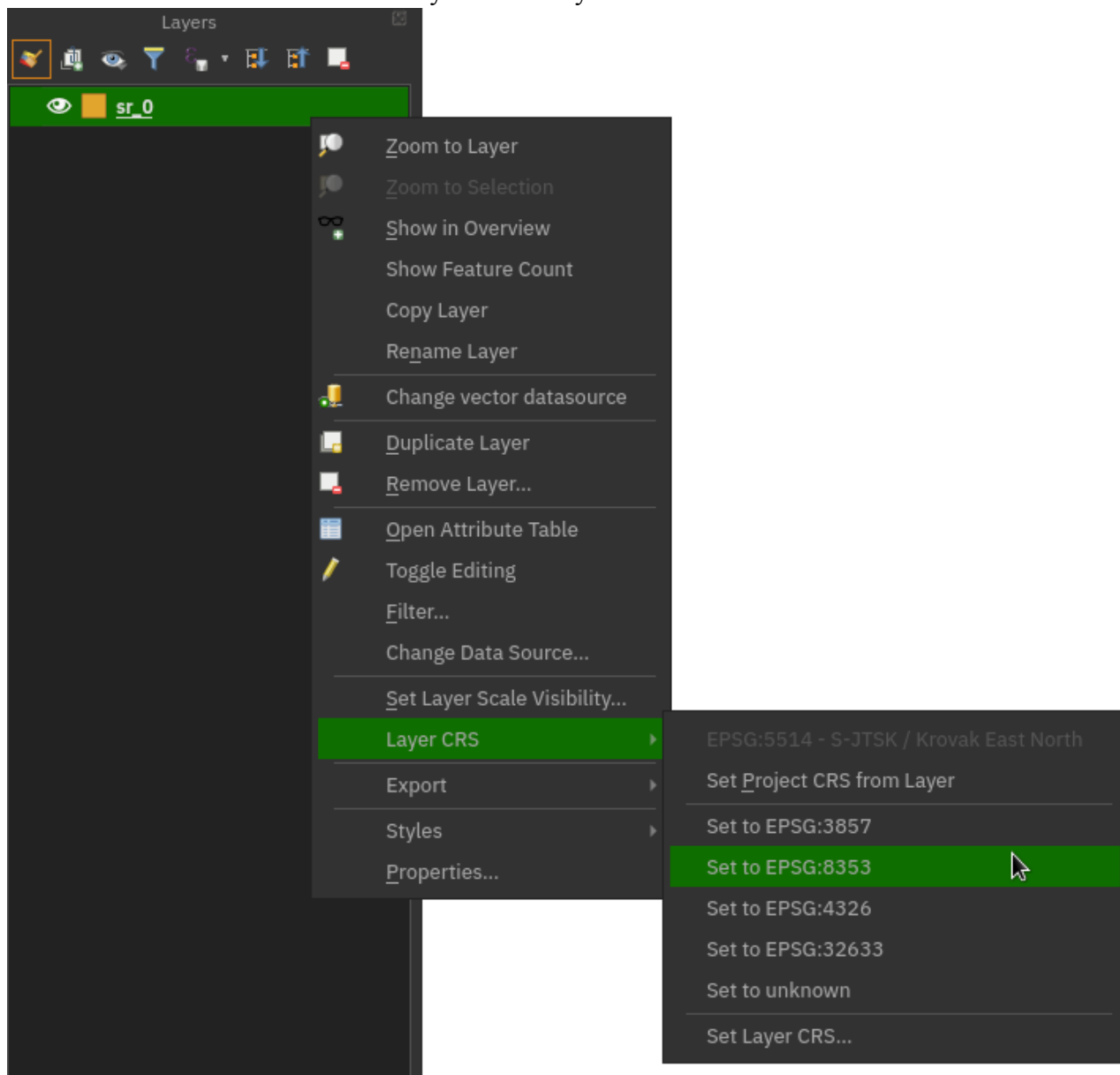
Všimnite si riadok označený ako CRS (Coordinate Reference System - skratka, ktorú QGIS používa pre označenie súradnicových systémov). QGIS správne prečítal že tieto údaje deklarujú, že ich geometrie sú uvedené v súradnicovom systéme s kódom [EPSG:5514](#), teda jednom z variant súradnicového systému S-JTSK.

Toto je ideálny prípad. Ten, kto tieto údaje publikoval, poctivo uviedol ich súradnicový systém - skvelé, takto to má vyzerat'! V takomto prípade už ohľadne súradnicového systému vstupných údajov nemusíme nič robiť a môžeme s nimi veselo ďalej pracovať.

Svet geoúdajov však nie je vždy taký ružový a zrejme sa stretnete aj s údajmi, ktoré nedeklarujú súradnicový systém, alebo, a to je ešte horšie, deklarujú nesprávny súradnicový systém. V prípade, že sa s takýmito údajmi stretnete, máte v zásade dve možnosti. Od srdca si zanádať a údaje zahodiť, alebo, keď nemáte na výber a údaje musíte použiť, môžete sa po opakovaných salvách verbálneho ulavenia si pustiť do hry s neistým koncom - hľadania súradnicového systému, v ktorom sú údaje skutočne uložené. Popis takéhoto postupu je veľmi zdĺhavý a mimo rámec tohto článku. V prípade záujmu sa však radi pokúsime o spísanie.

Ak chceme zmeniť súradnicový systém v ktorom sú údaje danej vrstvy reprezentované, urobíme tak pravým klikom na vrstvu v okne Layer Browser a následným výberom súradnicového systému v menu Layer CRS. Toto môže užitočné napríklad pri používaní viacerých variant S-JTSK (na túto tému neskôr). Ak z nejakého dôvodu chceme, aby QGIS pracoval s geometriou nami otvorenej vrstvy nie ako s geometriou definovanou v EPSG:5514, ale ako s geometriou definovanou v nejakom inom súradnicovom systéme, nastavíme ho práve pomocou tohto menu.

"Násilné" nastavenie súradnicového systému vrstvy.



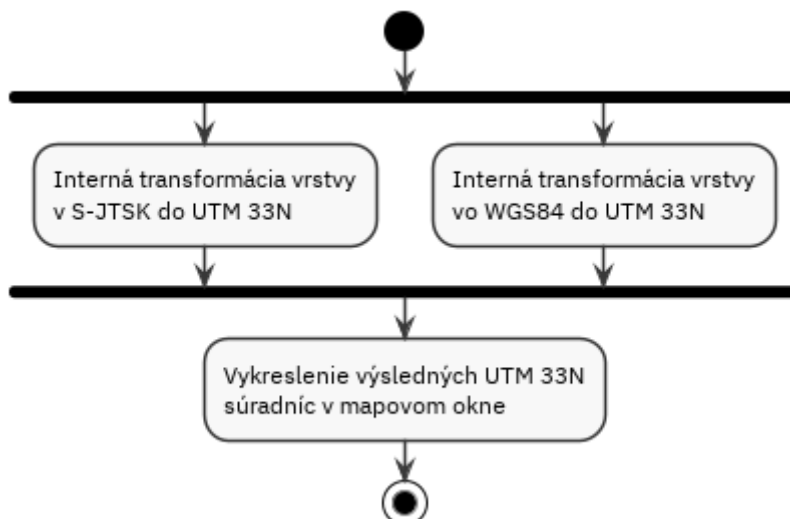
Touto zmenou nedocielime transformáciu geometrií vrstvy do daného systému. Ani tým nezmeníme deklarovaný súradnicový systém dátového zdroja na disku (nášho stiahnutého GPKG). Iba tým

povieme QGISu, aby sa v danom projekte ku geometriám danej vrstvy správal, ako keby boli definované v systéme, ktorý mu týmto určíme. Dôležité je teda poznamenať, že toto nastavenie treba používať pokiaľ je definícia súradnicového systému zdroja údajov nepravdivá, inak povedané, len ak naozaj viete, čo robíte.

1.2.2. Súradnicový systém projektu

Definíciou súradnicového systému projektu hovoríme QGISu, v akom systéme chceme mať načítané údaje zobrazené. Znamená to, že ak máme v projekte načítanú jednu vrstvu v S-JTSK a jednu vo WGS84 a projektu nastavíme UTM zónu 33, udeje sa pri kreslení mapy nasledovné:

Postup transformácie údajov QGISom pri zobrazení údajov v rôznych súradnicových systémoch (na

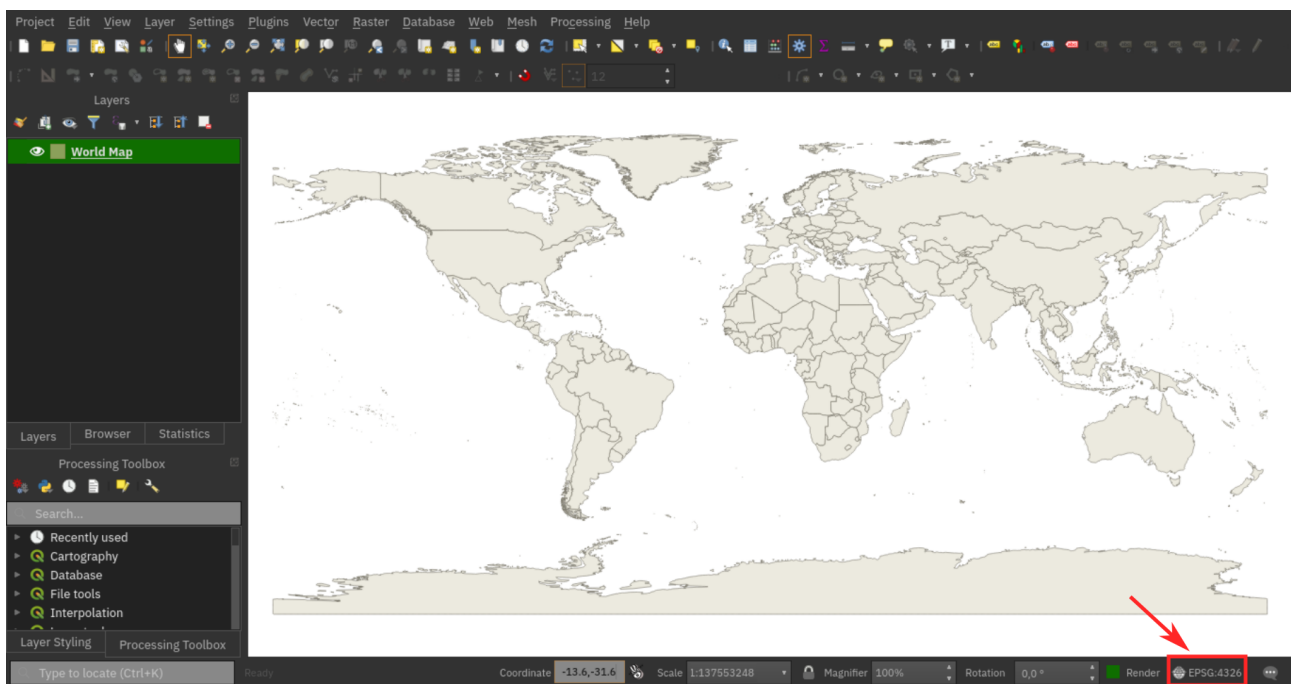


úrovni konceptu).

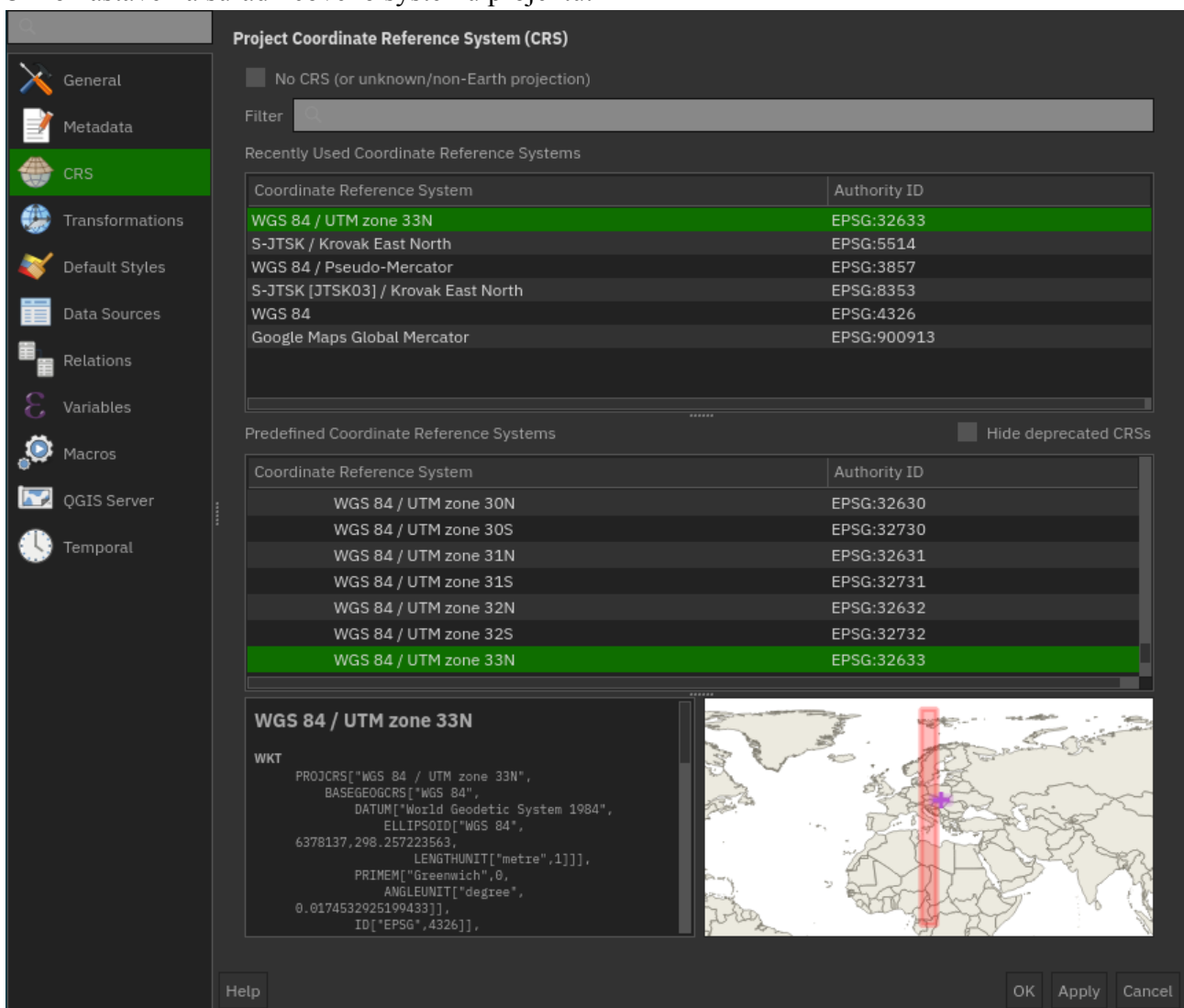
Týmto sledom operácií je docielené, že všetky údaje sa zobrazia "na správnom mieste", bez ohľadu na to, aký je ich zdrojový súradnicový systém. Znamená to však aj to, že pokiaľ zdrojové údaje nemajú správne deklarovaný súradnicový systém alebo nie sú správne nastavené parametre transformácie (ak ich treba nastavovať), tak sa údaje zobrazia hocijako, len nie správne. Ku nastaveniam transformácií v QGISe sa ešte v tomto článku dostaneme, najprv si však povieme, ako sa v QGISe nastavuje súradnicový systém projektu.

Ku nastaveniu súradnicového systému projektu sa možno dostať hneď niekoľkými spôsobmi. Jedným je otvorenie nastavení projektu cez Project → Properties, alebo stlačením klávesovej skratky Ctrl+Shift+P a následne otvorením karty CRS. Druhým je kliknutie na kód súčasného systému projektu na vpravo dole, čo nás zavedie rovno do toho istého okna ako predošlý spôsob.

Vyvolanie okna nastavenia súradnicového projektu.



Okno nastavenia súradnicového systému projektu.



Na úplnom vrchu tohto okna máme zaškrŕtávacie okienko, ktoré keď zaškrŕtneme, QGIS úplne prestane nad akýmkoľvek transformáciami uvažovať. Použitie tohto módu je vhodné jedine vtedy, pokiaľ pracujete s údajmi nedeklarujúcimi metaúdaj o použitom súradnicovom systéme. Nasleduje políčko vyhľadávania, s názvom "Filter". Jedná sa o jednoduchý, no veľmi účinný nástroj, pomocou ktorého viete vyhľadávať v celom zozname dostupných súradnicových systémov (ktorých je naozaj celkom dosť) na základe názvu, alebo ešte lepšie, [EPSG kódu](#). Nasleduje zoznam posledne použitých súradnicových systémov a hneď pod ním zoznam všetkých súradnicových systémov. Jeho obsah je naozaj celkom hutný. Na spodku tohto okna vidíme na ľavej strane popis súradnicového systému zvoleného v jednom z dvoch zoznamov. Tento popis obsahuje definíciu súradnicového systému vo formáte [WKT](#) a [Proj4 string](#) a takisto geografické ohraničenie regiónu, pre ktorý je daný súradnicový systém určený. Tento rozsah je zobrazený aj na pohyblivej mape v pravom dolnom rohu, na ktorej je navyše zobrazený aj súčasný rozsah hlavného mapového okna QGISu.

Ďalším zaujímavým nastavením je sekcia Measurements karty General okna nastavenia projektu. Tu sa dá nastaviť systém, v ktorom majú byť počítané vzdialenosti a plochy. Toto nastavenie sa používa napríklad pri použití interaktívneho pravítka, ale aj pri používaní funkcií ako \$area a \$length (ak náhodou neviete, tie sa používajú napríklad pri naplňaní hodnôt atribútov alebo pri geometrickom dopyte). QGIS toto nastavenie automaticky nastaví na elipsoid, na ktorom je založený súradnicový systém projektu. Ak teda použijeme S-JTSK, QGIS nastaví Besselov elipsoid 1841, ak použijeme UTM 33N, použije WGS84. Pri takomto nastavení vykonáva QGIS všetky výpočty vzdialeností a rozlôh geodeticky na elipsoide. To je vo všeobecnosti skvelá správa, nezáleží totiž, v akom systéme sú údaje, s ktorými pracujete, QGIS počíta vždy rozlohu a vzdialenosti na elipsoide. Ak predsa len potrebujete počítať tieto parametre v pravouhlom systéme, treba tu nastaviť úplne prvú možnosť: "None / Planimetric". Pri tomto nastavení použije QGIS na výpočty súradnicový systém v ktorom sú definované údaje.

1.2.3. Základy nastavenia transformácií súradníc v QGIS

Z toho, čo ste si tu už prečítali je jasné, že QGIS vykonáva transformácie súradníc dosť často. Transformáciu súradníc v ňom vyvolávate vedomo, keď transformujete vrstvu do iného súradnicového systému (ako sa to v QGISe robí si ukážeme neskôr), ale odohráva sa aj pod kapotou, pokiaľ zobrazujete vrstvu v inom súradnicovom systéme, ako v ktorom je definovaná.

Ak už s QGISom aké také skúsenosti máte, možno ste si všimli, že transformácie medzi niektorými súradnicovými systémami robí úplne transparentne bez akýchkoľvek otázok (a ešte k tomu aj bez chýb), no pri niektorých sa pýta na výber parametrov transformácie, ktoré si želáte použiť. Ak ste sa už stretli s druhým spomínaným prípadom, stavím sa, že v tom mal prsty pán [Josef Křovák](#) (nie príslušník [skupiny domorodých obyvateľov Afriky](#), ktorí majú asi dosť rozumu na to, aby si život sťažovali súradnicovým systémom s krkolomnými prevodmi).

Veci sa totiž majú presne tak, ako sa zo správania QGISu aj dajú vyčítať (a ako sme sa do Vašich hláv pokúsili naliať v predošlom dieli tohto seriálu). Transformácie súradníc medzi niektorými systémami sú jednoznačné a teda QGIS ich teda vie vykonať bez akýchkoľvek otázok. Avšak vzťahy medzi niektorými súradnicovými systémami nie sú také samozrejmé a súradnice medzi nimi sa musia prevádzať pomocou vhodnej transformačnej metódy a ku nej prislúchajúcej sade premenných (teda transformačného kľúča alebo mriežky posunov). Tieto transformačné metódy však nie sú dokonale presné, a preto pre rovnakú dvojicu súradnicových systémov existuje hneď niekoľko transformačných metód, alebo niekoľko hodnôt transformačného kľúča, pričom každá/ý je vhodná pre iné územie.

Na území nášho kmeňa sa s prípadom nejednoznačnej transformácie stretávame pomerne často - Křovákovo zobrazenie a na ňom založený súradnicový systém S-JTSK totiž používa Besselov

elipsoid. Presný matematický vzťah medzi ním a dnes najpoužívanejším elipsoidom WGS84 (prípadne Európskym ETRS89) neexistuje. Existuje našťastie transformačná metóda za použitia transformačného kľúča. Aby to však nebolo také jednoduché, transformačných kľúčov existuje hneď niekoľko - jeden je rozumne presný pre celé územie Československa, iný pre Česko a iný je zasa určený pre Slovensko. Pri nesprávnom výbere transformačného kľúča možno očakávať polohovú chybu v rádoch metroch.

Pokiaľ sú postupy transformácie medzi súradnicovými všetkými v projekte použitými súradnicovými systémami a súradnicovým systémom projektu jednoznačné, QGIS robí všetko automaticky. Potreba akéhokoľvek nastavenie nastáva až potom, keď dôjde k potrebe vykonať transformáciu nejednoznačnú. Toto si vieme ľahko ukázať nasledovným postupom:

1. Vytvorte si prázdny projekt a súradnicový systém projektu nastavte na EPSG:5514.
2. Otvorte si vrstvu štátnej hranice SR, ktorú sme si už skôr stiahli (jej geometria je tiež definovaná v EPSG:5514).
3. QGIS zobrazí štátne hranice SR bez akýchkoľvek otázok. Keďže údaje sú v EPSG:5514 a ich zobrazenie sa má odohrať tiež v EPSG:5514, žiadna transformácia nie je potrebná.
4. Ak by sme chceli zobrazit' tieto údaje v inej variante S-JTSK, povedzme v ESRI:102067 (teda zmeníme súradnicový systém projektu na tento systém), QGIS sa opäť nič nepýta, pretože vzťah medzi týmito dvoma systémami je jasný.
5. Ak by sme však tieto údaje chceli zobrazit' v projekcii UTM zóna 33N a nastavíme súradnicový systém projektu na EPSG:32633, zobrazí sa nám nasledovné okno výberu transformačnej metódy:

Multiple operations are possible for converting coordinates between these two Coordinate Reference Systems. Please select the appropriate conversion operation, given the desired area of use, origins of your data, and any other constraints which may alter the "fit for purpose" for particular transformation operations.

Source CRS EPSG:5514 - S-JTSK / Krovak East North

Destination CRS EPSG:32633 - WGS 84 / UTM zone 33N

	Transformation	Accuracy (meters)	Area of Use
1	Inverse of Krovak East North (Greenwich) + S-JTSK to WGS 84 (3) + UTM zone 33N	6	Europe - Czechoslovakia, World - N hemisphere - 12°E to
2	Inverse of Krovak East North (Greenwich) + S-JTSK to WGS 84 (1) + UTM zone 33N	1	Europe - Czechoslovakia, Czechia, World - N hemisphere -
3	Inverse of Krovak East North (Greenwich) + S-JTSK to WGS 84 (5) + UTM zone 33N	1	Europe - Czechoslovakia, Czechia, World - N hemisphere -
4	Inverse of Krovak East North (Greenwich) + S-JTSK to WGS 84 (4) + UTM zone 33N	1	Europe - Czechoslovakia, Slovakia, World - N hemisphere

Inverse of Krovak East North (Greenwich) + S-JTSK to WGS 84 (4) + UTM zone 33N

Scope: For applications to an accuracy of 1 metre.

Remarks: Parameter values from S-JTSK to ETRS89 (4) (code 4827). Assumes ETRS89 and WGS 84 can be considered the same to within the accuracy of the transformation.

Area of use: Europe - Czechoslovakia, Slovakia, World - N hemisphere - 12°E to 18°E

Identifiers: INVERSE(EPSG):5510, EPSG:4836, EPSG:16033

+proj=pipeline +step +inv +proj=krovak +lat_0=49.5 +lon_0=24.833333333333
+alpha=30.2881397527778 +k=0.9999 +x_0=0 +y_0=0 +ellps=bessel +step +proj=push +v_3 +step
+proj=cart +ellps=bessel +step +proj=helmert +x=485 +y=169.5 +z=483.8 +rx=7.786 +ry=4.398
+rz=4.103 +s=0 +convention=position_vector +step +inv +proj=cart +ellps=WGS84 +step +proj=pop
+v_3 +step +proj=utm +zone=33 +ellps=WGS84

☐ Show superseded transforms ☒ Allow fallback transforms if preferred operation fails ☐ Make default

Pri tomto okne sa na chvíľu zastavíme. Dôvod jeho zobrazenia je vysvetlený na vrchu tohto okna.

"Je dostupných niekoľko rozličných operácií pre konverziu súradníc medzi týmito dvoma súradnicovými systémami", hovorí začiatok tejto informácie. Hneď pod ňou je uvedený zdrojový a cieľový súradnicový systém. Čo sa teda presne deje? Keďže naše údaje sú v súradnicovom systéme EPSG:5514 a pokúšame sa ich zobrazit' v systéme EPSG:32633, je nutný prepočet z Besselovho elipsoidu na elipsoid WGS84, a ten je možný hneď niekoľkými štandardizovanými transformačnými metódami. QGIS sa nás týmto oknom pýta, ktorú z transformácií si želáme použiť.

Na základe čoho sa však rozhodnúť? Vidíme, že prvá transformácia ponúka mierne pofidérnu hodnotu presnosti. Pri jej bližšom preskúmaní zistíme, že ponúka celkom široké územie použitia - presnosť býva zväčša nepriamo úmerná veľkosti vhodného územia. Ďalšie dve síce sľubujú väčšie presnosti, no z popisu zistíme, že sú určené pre Česko. Vylučovacou metódou sme sa teda dopracovali ku poslednej možnosti - transformácií, ktorá ponúka najlepšiu hodnotu presnosti pre územie Slovenska.

Pri každej transformačnej metóde sú navyše v spodnej časti okna zobrazené aj podrobnosti o danej metóde (veľmi pekný je presný výpis postupu metódy v [PROJ transformation pipeline](#) syntaxi).

Ponúknutý postup rozhodovania je jednoduchým príkladom použitia na prvý pohľad možno zbytočne prezentovanej nádielky informácií o jednotlivých transformačných metódach. Toto je zároveň plne postačujúci postup pre akékoľvek geografické použitie. Pre geodetické použitie, vyžadujúce vyššie presnosti, je nutný mierne komplikovanejší postup, kedy sú súradnice S-JTSK najprv transformované do JTSK03 a až následne na ETRS89 (z ktorého, ak treba, už vedie jednoznačná cesta aj na WGS84). Tejto problematike sa však budeme venovať v ďalších pokračovaniach našej cesty poznávania súradnicových systémov.

Všetky takto nastavené parametre transformácií sú uložené do nastavení projektu (pri vytvorení nového projektu sa teda ocitnete opäť vo východiskovomstave). Nastavenia transformácií súčasného projektu sú uvedené v záložke Transformations okna Project Properties, ktoré možno otvoriť pomocou klávesovej skratky Ctrl+Shift+P alebo cez Project → Properties. Tu je možné pridávať nové nastavenia transformácií a meniť alebo modifikovať existujúce. Ak chcete definovať nastavenia transformácií, ktoré sa majú aplikovať automaticky pri všetkých nových projektoch, môžete tak urobiť v karte Transformations okna Options, ktoré možno otvoriť cez Settings → Options.

1.3. Záver

V tejto časti sme sa pokúsili predstaviť koncept práce so súradnicovými systémami v GIS všeobecne, ako aj konkrétne v programe QGIS. V ďalšom dieli si priblížime postup transformácie vektorových aj rastrových údajov z jedného súradnicového systému do druhého.