## Table 1 - qxrpd
| Sample ID | Quartz | 1Md illite | 2M1 illite | chlorite | calcite | K-feldspar | Plagioclase feldspar | Other | Unnamed: 9 | Unnamed: 10 | Unnamed: 11 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NY02-VC | 11.030 | 49.10 | 10.870 | 18.60 | NaN | 1.950 | 8.52 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY02-C | 2.300 | 41.00 | 8.200 | 37.80 | NaN | 2.060 | 8.62 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY02-M | 1.880 | 50.80 | 7.970 | 26.00 | NaN | 3.010 | 10.31 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY02-F | NaN | 96.42 | 2.790 | 0.79 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY04-VC | 15.150 | 14.50 | 25.210 | 30.90 | 2.580 | NaN | NaN | k=11.7 | NaN | NaN | ap=apatite |
| NY04-C | 1.780 | 4.33 | 3.320 | 1.12 | 0.210 | NaN | NaN | k=89.25 | NaN | NaN | hb=hornblende |
| NY04-M | 0.473 | 45.90 | 2.690 | 14.81 | 0.720 | NaN | NaN | k=35.4 | NaN | NaN | ac=actinolite |
| NY04-F | 2.190 | 55.50 | 3.980 | 2.79 | NaN | NaN | NaN | k=35.59 | NaN | NaN | fl=flourite |
| NY04-VF | 0.460 | 79.10 | 1.980 | 1.81 | NaN | NaN | NaN | k=16.7 | NaN | NaN | h=halite |
| NY07-VC | 21.250 | 30.76 | 11.830 | 10.92 | 2.170 | NaN | 4.13 | d=18.94 | NaN | NaN | g=gypsum |
| NY07-C | 15.390 | 44.80 | 14.060 | 11.86 | 1.770 | NaN | 5.62 | d=6.48 | NaN | NaN | d=dolomite |
| NY07-M | 3.930 | 49.51 | 4.190 | 34.76 | 1.610 | NaN | 4.41 | d=1.59 | NaN | NaN | k=kaolinite |
| NY07-F | 1.160 | 75.58 | 5.640 | 4.43 | 3.240 | NaN | 9.19 | d=0.76 | NaN | NaN | NaN |
| NY07-VF | NaN | 89.11 | 2.740 | 4.66 | 3.490 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY15-VC | 17.430 | 51.60 | 10.530 | 6.36 | NaN | NaN | 14.11 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY15-C | 13.330 | 54.70 | 13.160 | 4.68 | NaN | NaN | 14.17 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY15-M | 3.190 | 65.60 | 8.860 | 22.30 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY15-F | NaN | 89.87 | 5.380 | 4.75 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY15-VF | NaN | 92.46 | 4.100 | 3.44 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY19-VC | 33.110 | 40.51 | 12.220 | 6.24 | 2.620 | 5.290 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY19-C | 26.920 | 49.98 | 10.430 | 6.51 | 1.580 | 4.580 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY19-M | 10.000 | 59.00 | 7.000 | 25.00 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY19-F | 3.560 | 87.27 | 4.100 | 5.06 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| NY19-VF | 1.110 | 87.92 | 2.930 | 1.45 | NaN | NaN | NaN | g=6.59 | NaN | NaN | NaN |
| OH02-VC | 9.700 | 12.00 | 17.900 | NaN | NaN | 1.480 | NaN | k=58.9 | NaN | NaN | NaN |
| OH02-C | 4.150 | 23.60 | 16.890 | 2.12 | NaN | 1.880 | NaN | k=51.3 | NaN | NaN | NaN |
| OH02-M | NaN | 38.70 | 4.160 | NaN | NaN | NaN | NaN | k=57.2 | NaN | NaN | NaN |
| OH02-F | NaN | 77.57 | 0.848 | NaN | NaN | NaN | NaN | k=21.58 | NaN | NaN | NaN |
| OH02-VF | NaN | 93.88 | 3.830 | 2.29 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| OH04-VC | 8.100 | 13.80 | 30.220 | 2.43 | NaN | 2.860 | NaN | k=42.7 | NaN | NaN | NaN |
| OH04-C | 4.280 | 30.20 | 1.940 | 4.00 | NaN | 5.260 | NaN | k=54.3 | NaN | NaN | NaN |
| OH04-M | 13.500 | 40.00 | 11.700 | 12.00 | NaN | 15.800 | NaN | k=7.3 | NaN | NaN | NaN |
| OH04-F | 2.200 | 83.30 | 3.390 | 4.10 | NaN | 6.510 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| OH04-VF | NaN | 85.00 | 4.810 | 5.38 | NaN | 4.820 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| OH05-VC | 21.000 | 14.30 | 12.900 | 5.54 | NaN | 4.840 | NaN | k=41.4 | NaN | NaN | NaN |
| OH05-C | 4.100 | 16.90 | 4.960 | NaN | NaN | 2.020 | NaN | k=72.1 | NaN | NaN | NaN |
| OH05-M | NaN | 9.00 | 3.060 | 3.92 | NaN | NaN | NaN | k=84 | NaN | NaN | NaN |
| OH05-F | 0.060 | 57.30 | 2.150 | 7.10 | NaN | NaN | NaN | k=33.4 | NaN | NaN | NaN |
| OH05-VF | NaN | 54.70 | 2.300 | 43.00 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| PA01-VC | 33.800 | 14.50 | 31.100 | 8.98 | 0.170 | 5.150 | NaN | hb=5.12, fl=1.24 | NaN | NaN | NaN |
| PA01-C | 16.010 | 51.60 | 14.780 | 11.86 | NaN | 2.500 | NaN | hb=2.92, fl=0.38 | NaN | NaN | NaN |
| PA01-M | 6.600 | 64.80 | 9.460 | 19.19 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| PA01-F | 0.800 | 88.43 | NaN | 4.97 | NaN | NaN | NaN | ap=5.79 | NaN | NaN | NaN |
| PA04-VC | 14.800 | 6.36 | 23.330 | 4.38 | NaN | 2.780 | 0.72 | k=47.6 | NaN | NaN | NaN |
| PA04-C | 3.450 | 11.30 | 10.570 | 8.76 | NaN | 0.386 | NaN | k=65.5 | NaN | NaN | NaN |
| PA04-M | 2.160 | 11.80 | 5.270 | 1.82 | NaN | 1.550 | NaN | k=77.4 | NaN | NaN | NaN |
| PA04-F | NaN | 48.00 | 3.000 | 49.00 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| PA04-VF | NaN | 91.69 | 4.790 | 3.52 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| SNPA3-VC | 32.630 | 30.80 | 18.890 | 10.57 | NaN | 1.320 | 5.78 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| SNPA3-C | 17.280 | 48.50 | 17.270 | 10.38 | NaN | 3.380 | 3.19 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| SNPA3-M | 5.410 | 63.30 | 14.390 | 7.36 | NaN | 2.580 | 6.97 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| SNPA3-F | 1.860 | 67.10 | 3.090 | 12.10 | NaN | 4.820 | 11.00 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| SNPA3-VF | 2.310 | 71.90 | 6.570 | 4.66 | NaN | 3.520 | 11.00 | NaN | NaN | NaN | NaN |
| SNPA7-VC | 9.000 | 20.10 | 5.970 | 2.30 | NaN | NaN | NaN | k=62.6 | NaN | NaN | NaN |
| SNPA7-C | 6.040 | 20.69 | 7.390 | 3.48 | NaN | NaN | NaN | k=62.4 | NaN | NaN | NaN |
| SNPA7-M | 3.030 | 33.00 | 6.670 | 3.90 | NaN | NaN | NaN | k=53.4 | NaN | NaN | NaN |
| SNPA7-F | 2.190 | 55.50 | 3.980 | 2.79 | NaN | NaN | NaN | k=35.59 | NaN | NaN | NaN |
| SNPA7-VF | 0.638 | 43.30 | 2.270 | 2.39 | NaN | NaN | NaN | k=51.4 | NaN | NaN | NaN |
| SNPA8-VC | 5.090 | 14.44 | 4.120 | NaN | NaN | 20.360 | NaN | d=55.99 | NaN | NaN | NaN |
| SNPA8-C | 5.310 | 29.46 | 1.700 | NaN | NaN | 18.870 | NaN | d=44.65 | NaN | NaN | NaN |
| SNPA8-M | 4.420 | 51.24 | 8.670 | NaN | NaN | 12.730 | NaN | d=22.94 | NaN | NaN | NaN |
| SNPA8-F | 1.250 | 75.21 | 6.790 | NaN | NaN | 9.560 | NaN | d=7.19 | NaN | NaN | NaN |
| SNPA8-VF | NaN | 89.69 | 4.890 | NaN | NaN | 4.040 | NaN | d=1.39 | NaN | NaN | NaN |
| WV01-VC | 8.790 | 11.30 | 5.870 | 3.46 | 1.700 | 1.240 | 0.73 | d=8.42, k=58.50 | NaN | NaN | NaN |
| WV01-C | 5.710 | 33.40 | 7.450 | 2.96 | 0.980 | NaN | NaN | d=7.04, k=42.50 | NaN | NaN | NaN |
| WV01-M | 3.280 | 30.50 | 3.820 | 1.99 | NaN | NaN | NaN | d=3.86, k=56.50 | NaN | NaN | NaN |
| WV01-F | 0.830 | 58.40 | 1.560 | 36.60 | 2.410 | NaN | NaN | d=0.191 | NaN | NaN | NaN |
| WV01-VF | NaN | 93.02 | 3.640 | 3.34 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| WV05-VC | 11.960 | 3.81 | 18.300 | 3.06 | 0.061 | 0.900 | 1.75 | d=0.10, k=60.10 | NaN | NaN | NaN |
| WV05-C | 2.850 | 7.70 | 3.400 | 1.37 | NaN | NaN | 1.24 | k=83.4 | NaN | NaN | NaN |
| WV05-M | 2.930 | 5.26 | 12.060 | 1.99 | NaN | NaN | 7.41 | k=70.4 | NaN | NaN | NaN |
| WV05-F | NaN | 88.81 | 4.170 | 5.77 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| WV05-VF | NaN | 93.51 | 3.430 | 3.06 | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN | NaN |
| WV07-VC | 10.840 | 5.33 | 20.960 | 4.99 | 1.920 | 2.090 | 0.99 | d=1.19, k=51.70 | NaN | NaN | NaN |
| WV07-C | 6.380 | 15.60 | 24.310 | 2.75 | 1.410 | 0.780 | NaN | d=0.88, k=47.90 | NaN | NaN | NaN |
| WV07-M | 2.490 | 7.99 | 13.210 | 2.29 | 1.480 | 1.330 | 5.11 | d=0.64, k=65.50 | NaN | NaN | NaN |
| WV07-F | 0.150 | 30.00 | 1.890 | 3.76 | 2.150 | 1.240 | NaN | d=0.58, k=60.30 | NaN | NaN | NaN |
| WV07-VF | NaN | 68.10 | 3.460 | 3.62 | NaN | NaN | NaN | k=24.8 | NaN | NaN | NaN |

## Table 2 - HydrogenIsotopes
| Sample ID | δD | δD (repeat) | Sample ID.1 | δD.1 | δD (repeat).1 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NY02-VC | -79 | -79.0 | PA01-VC | -77 | -75.0 |
| NY02-C | -79 | NaN | PA01-C | -76 | -76.0 |
| NY02-M | -81 | NaN | PA01-M | -74 | -73.0 |
| NY02-F | -87 | -89.0 | PA01-F | -91 | NaN |
| NY02-VF | -104 | NaN | PA01-VF | -121 | NaN |
| NY04-VC | -66 | -69.0 | PA04-VC | -62 | -64.0 |
| NY04-C | -68 | -70.0 | PA04-C | -65 | NaN |
| NY04-M | -73 | -72.0 | PA04-M | -68 | -68.0 |
| NY04-F | -75 | -73.0 | PA04-F | -77 | NaN |
| NY04-VF | -77 | -78.0 | PA04-VF | -82 | NaN |
| NY07-VC | -71 | -70.0 | SNPA3-VC | -70 | NaN |
| NY07-C | -73 | -73.0 | SNPA3-C | -70 | -67.0 |
| NY07-M | -78 | NaN | SNPA3-M | -74 | NaN |
| NY07-F | -78 | -76.0 | SNPA3-F | -83 | NaN |
| NY07-VF | -78 | NaN | SNPA3-VF | -76 | NaN |
| NY15-VC | -70 | -69.0 | SNPA7-VC | -69 | -70.0 |
| NY15-C | -70 | -70.0 | SNPA7-C | -69 | -69.0 |
| NY15-M | -70 | -68.0 | SNPA7-M | -74 | -73.0 |
| NY15-F | -74 | -71.0 | SNPA7-F | -83 | -81.0 |
| NY15-VF | -73 | -74.0 | SNPA7-VF | -76 | -74.0 |
| NY19-VC | -71 | -73.0 | SNPA8-VC | -72 | -72.0 |
| NY19-C | -72 | -70.0 | SNPA8-C | -77 | -74.0 |
| NY19-M | -75 | -74.0 | SNPA8-M | -75 | -76.0 |
| NY19-F | -78 | -78.0 | SNPA8-F | -84 | -81.0 |
| NY19-VF | -75 | NaN | SNPA8-VF | -76 | -78.0 |
| OH02-VC | -57 | -54.0 | WV01-VC | -60 | -63.0 |
| OH02-C | -58 | -58.0 | WV01-C | -60 | -63.0 |
| OH02-M | -63 | -61.0 | WV01-M | -64 | -64.0 |
| OH02-F | -77 | NaN | WV01-F | -72 | -68.0 |
| OH02-VF | -82 | NaN | WV01-VF | -75 | -74.0 |
| OH04-VC | -56 | -56.0 | WV05-VC | -61 | -62.0 |
| OH04-C | -54 | -55.0 | WV05-C | -62 | -62.0 |
| OH04-M | -63 | -62.0 | WV05-M | -64 | -62.0 |
| OH04-F | -76 | -73.0 | WV05-F | -73 | -72.0 |
| OH04-VF | -83 | NaN | WV05-VF | -75 | -73.0 |
| OH05-VC | -62 | -61.0 | WV07-VC | -51 | -49.0 |
| OH05-C | -59 | -59.0 | WV07-C | -50 | -48.0 |
| OH05-M | -61 | -60.0 | WV07-M | -54 | -53.0 |
| OH05-F | -69 | -72.0 | WV07-F | -63 | NaN |
| OH05-VF | -72 | -70.0 | WV07-VF | -66 | NaN |

## Table 3 - isotopicunmixing
| Sample ID | δD 1Md illite (‰) | δD 1Md mineralizing fluid (‰) | Fractionation Temperature (°C) | δD chlorite (‰) | δD chlorite mineralizing fluid (‰) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NY02 | -88.481631 | -54.943839 | 80 | -67.339624 | -36.885198 |
| NY04 | -79.656312 | -49.648810 | 90 | -67.000000 | -36.545573 |
| NY07 | -79.000769 | -52.334393 | 100 | -64.000000 | -33.545573 |
| NY15 | -74.689748 | -71.602376 | 190 | -55.572778 | -25.118351 |
| NY19 | -77.746865 | -57.252968 | 120 | -61.478940 | -31.024513 |
| OH02 | -83.993557 | -57.327181 | 100 | -49.820727 | -19.366301 |
| OH04 | -88.259845 | -58.252343 | 90 | -44.053174 | -13.598748 |
| OH05 | -81.761225 | -48.223433 | 80 | -56.502621 | -26.048194 |
| PA01 | -88.738377 | -58.730875 | 90 | -60.264945 | -29.810518 |
| PA04 | -85.714020 | -62.214411 | 110 | -63.294625 | -32.840199 |
| WV01 | -75.926677 | -61.007803 | 140 | -57.460711 | -27.006285 |
| WV05 | -74.346557 | -56.709298 | 130 | -61.357695 | -30.903269 |
| WV07 | -77.697844 | -54.198236 | 110 | -48.173991 | -17.719564 |

## Table 4 - SampleDescriptions
| Sample ID | IGSN | Lat | Long | Location | Age | Outcrop Description |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NY01 | IECLA0001 | 42.308420 | -79.577020 | Westfield, NY | Dev | Thinly-bedded shale and sandstone |
| NY02 | IECLA0002 | 42.438110 | -79.334510 | Fredonia, NY | Dev | Massive shale |
| NY03 | IECLA0003 | 42.679730 | -78.878650 | Eden, NY | Dev | Laminated shale with sandstone boudins |
| NY04 | IECLA0004 | 42.899850 | -78.177540 | East Bethany, NY | Dev | Massive shale |
| NY05 | IECLA0005 | 42.974190 | -76.334550 | Marcellus, NY | Dev | Massive black shale |
| NY06 | IECLA0006 | 42.986460 | -75.845910 | Chittenango, NY | Dev | Interbedded limestone, siltstone, and shale |
| NY07 | IECLA0007 | 43.058200 | -75.826580 | Chittenango, NY | Sil | Shale |
| NY08 | IECLA0008 | 43.074660 | -75.452800 | Clinton, NY | Sil | Massive black shale |
| NY09 | IECLA0009 | 42.995780 | -74.788390 | Little Falls, NY | Ord | Interbedded limestone and black shale |
| NY10 | IECLA000A | 42.982150 | -74.813900 | Little Falls, NY | Ord | Interbedded limestone and black shale |
| NY11 | IECLA000B | 42.939710 | -74.402040 | Fultonville, NY | Ord | Massive shale |
| NY12 | IECLA000C | 42.935880 | -74.258070 | Amsterdam, NY | Ord | Massive shale |
| NY13 | IECLA000D | 42.544600 | -73.673720 | Nassau, NY | Cam | Deformed shale |
| NY14 | IECLA000E | 42.372350 | -73.733540 | Stuyvesant, NY | Ord | Deformed shale |
| NY15 | IECLA000F | 42.315310 | -73.755880 | Hudson, NY | Cam | Massive shale |
| NY16 | IECLA000G | 42.265670 | -73.735640 | Hudson, NY | Cam | Massive shale |
| NY17 | IECLA000H | 42.333230 | -73.611420 | Ghent, NY | Ord | Interbedded, near-vertical limestone and shale |
| NY18 | IECLA000I | 42.386600 | -73.557750 | Chatham, NY | Ord | Shale (slate?) |
| NY19 | IECLA000J | 43.028550 | -75.037890 | Frankfort, NY | Ord | Massive shale |
| OH01 | IECLA000V | 40.206250 | -80.915680 | OH | Penn | Interbedded shale and sandstone |
| OH02 | IECLA000W | 40.359030 | -81.216690 | Scio, OH | Penn | Interbedded shale and sandstone |
| OH03 | IECLA000X | 40.488530 | -81.472310 | New Philadelphia, OH | Penn | Interbedded shale and sandstone |
| OH04 | IECLA000Y | 40.655040 | -81.624550 | Beach City, OH | Penn | Sandstone and siltstone. |
| OH05 | IECLA000Z | 40.798370 | -81.912610 | Wooster, OH | Miss | Sandstone and shale |
| OH06 | IECLA0010 | 41.339990 | -82.755670 | Sandusky, OH | Dev | Siltstone |
| PA01 | IECLA000K | 41.553850 | -80.180880 | Cochranton, PA | Miss | Interbedded shale and sandstone |
| PA02 | IECLA000L | 41.237960 | -80.160050 | Jackson Center, PA | Penn | Massive shale |
| PA03 | IECLA000M | 40.862740 | -80.109970 | Harmony, PA | Penn | Massive shale |
| PA04 | IECLA000N | 40.472270 | -80.117520 | Coraopolis, PA | Penn | Silty shale |
| SNPA1 | IECLA0011 | 40.451317 | -77.021117 | Ducannon, PA | Dev | Shale |
| SNPA2 | IECLA0012 | 40.455817 | -77.024117 | Ducannon, PA | Dev | Shale |
| SNPA3 | IECLA0013 | 40.459617 | -77.025633 | Ducannon, PA | Dev | Shale |
| SNPA4 | IECLA0014 | 40.462633 | -77.027867 | Ducannon, PA | Dev | Shale |
| SNPA5 | IECLA0015 | 40.503567 | -77.128117 | Newport, PA | Dev | Shale |
| SNPA6 | IECLA0016 | 40.556183 | -77.165550 | Millerstown, PA | Sil | Shale |
| SNPA7 | IECLA0017 | 40.565367 | -77.194083 | Millerstown, PA | Sil | Shale |
| SNPA8 | IECLA0018 | 40.678900 | -77.606317 | Reedsville, PA | Ord | Shale |
| WV01 | IECLA000O | 39.636740 | -79.998470 | Morgantown, WV | Penn | Decimeter-scale interbedded sandstone and shale |
| WV02 | IECLA000P | 39.540120 | -80.119590 | Rivesville, WV | Penn | Interbedded shale and sandstone |
| WV03 | IECLA000Q | 39.503480 | -80.208720 | Fairmont, WV | Penn | Interbedded shale and sandstone |
| WV04 | IECLA000R | 39.542130 | -80.343470 | Mannington, WV | Perm | Siltstone and shale |
| WV05 | IECLA000S | 39.690820 | -80.462160 | WV | Perm | Thick shale with interbedded sandstone |
| WV06 | IECLA000T | 39.858260 | -80.556270 | WV | Perm | Sandstones and shale |
| WV07 | IECLA000U | 40.038860 | -80.671640 | Wheeling, WV | Penn | Sandstones and shale |