

*Water Resources Research*

Supporting Information for

**Combined Effects of Mean Flow and Turbulence on Sediment Pickup Rate**

N. S. Cheng1, M. X. Wei1, Y. M. Chiew2, Y. S. Lu1 and A. Emadzadeh2

1Ocean College, Zhejiang University, Zhoushan City, Zhejiang Province, 316021, China

2School of Civil and Environmental Engineering, Nanyang Technological University, 639798 Singapore

**Contents of this file**

Tables 1 to 4

**Table 1.** Summary of plane bed case data

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Run no. | Grain diameter, *D* (mm) | Flow rate, *Q* (m3/s) | Flow depth, *H* (m) | Depth-averaged velocity, *U* (m/s) | Bulk-averaged velocity, *V* (m/s) | Maximum of , (m/s) | Pickup rate, *E* (m/s) |
| 1 | 0.23 | 0.036 | 0.200 | 0.272 | 0.303 | 0.034 | 5.59E-07 |
| 2 | 0.23 | 0.038 | 0.204 | 0.323 | 0.306 | 0.038 | 9.31E-07 |
| 3 | 0.23 | 0.036 | 0.199 | 0.314 | 0.302 | 0.042 | 1.86E-06 |
| 4 | 0.23 | 0.039 | 0.199 | 0.336 | 0.326 | 0.044 | 2.23E-06 |
| 5 | 0.23 | 0.047 | 0.200 | 0.365 | 0.393 | 0.043 | 3.26E-06 |
| 6 | 0.23 | 0.044 | 0.205 | 0.370 | 0.361 | 0.044 | 3.45E-06 |
| 7 | 0.23 | 0.042 | 0.199 | 0.360 | 0.351 | 0.046 | 3.65E-06 |
| 8 | 0.23 | 0.047 | 0.205 | 0.399 | 0.384 | 0.048 | 7.36E-06 |
| 9 | 0.23 | 0.050 | 0.205 | 0.416 | 0.407 | 0.050 | 9.32E-06 |
| 10 | 0.23 | 0.053 | 0.205 | 0.439 | 0.429 | 0.053 | 1.35E-05 |
| 11 | 0.23 | 0.056 | 0.202 | 0.468 | 0.459 | 0.054 | 2.95E-05 |
| 12 | 0.23 | 0.058 | 0.202 | 0.491 | 0.481 | 0.053 | 2.98E-05 |
| 13 | 0.23 | 0.061 | 0.202 | 0.511 | 0.507 | 0.054 | 4.77E-05 |
| 14 | 0.23 | 0.064 | 0.201 | 0.536 | 0.530 | 0.056 | 5.51E-05 |
| 15 | 0.23 | 0.067 | 0.200 | 0.568 | 0.556 | 0.057 | 9.43E-05 |
| 16 | 0.23 | 0.069 | 0.200 | 0.586 | 0.578 | 0.059 | 1.25E-04 |
| 17 | 0.23 | 0.072 | 0.202 | 0.591 | 0.596 | 0.058 | 1.47E-04 |
| 18 | 0.23 | 0.081 | 0.199 | 0.609 | 0.675 | 0.060 | 1.50E-04 |
| 19 | 0.23 | 0.075 | 0.201 | 0.612 | 0.622 | 0.059 | 2.01E-04 |
| 20 | 0.23 | 0.084 | 0.199 | 0.676 | 0.705 | 0.065 | 2.35E-04 |
| 21 | 0.23 | 0.086 | 0.202 | 0.720 | 0.710 | 0.064 | 2.78E-04 |
| 22 | 0.23 | 0.089 | 0.201 | 0.700 | 0.737 | 0.074 | 2.94E-04 |
| 23 | 0.23 | 0.092 | 0.200 | 0.760 | 0.766 | 0.072 | 3.78E-04 |
| 24 | 0.44 | 0.040 | 0.207 | 0.342 | 0.324 | 0.039 | 4.71E-07 |
| 25 | 0.44 | 0.042 | 0.200 | 0.362 | 0.348 | 0.047 | 1.83E-06 |
| 26 | 0.44 | 0.039 | 0.201 | 0.334 | 0.325 | 0.040 | 1.89E-06 |
| 27 | 0.44 | 0.044 | 0.200 | 0.378 | 0.368 | 0.044 | 4.91E-06 |
| 28 | 0.44 | 0.051 | 0.200 | 0.433 | 0.422 | 0.050 | 2.34E-05 |
| 29 | 0.44 | 0.053 | 0.200 | 0.458 | 0.440 | 0.057 | 2.82E-05 |
| 30 | 0.44 | 0.057 | 0.207 | 0.481 | 0.461 | 0.052 | 4.04E-05 |
| 31 | 0.44 | 0.056 | 0.200 | 0.474 | 0.463 | 0.058 | 2.93E-05 |
| 32 | 0.44 | 0.062 | 0.200 | 0.528 | 0.514 | 0.060 | 6.13E-05 |
| 33 | 0.44 | 0.068 | 0.201 | 0.580 | 0.560 | 0.065 | 8.70E-05 |
| 34 | 0.44 | 0.068 | 0.200 | 0.583 | 0.563 | 0.073 | 9.79E-05 |
| 35 | 0.44 | 0.064 | 0.201 | 0.532 | 0.527 | 0.063 | 9.82E-05 |
| 36 | 0.44 | 0.071 | 0.200 | 0.588 | 0.588 | 0.064 | 1.71E-04 |
| 37 | 0.44 | 0.074 | 0.200 | 0.638 | 0.620 | 0.071 | 2.14E-04 |
| 38 | 0.44 | 0.079 | 0.200 | 0.670 | 0.655 | 0.072 | 2.85E-04 |
| 39 | 0.44 | 0.081 | 0.200 | 0.699 | 0.672 | 0.073 | 2.97E-04 |
| 40 | 0.44 | 0.084 | 0.200 | 0.699 | 0.699 | 0.076 | 3.59E-04 |
| 41 | 0.44 | 0.089 | 0.200 | 0.764 | 0.738 | 0.080 | 4.28E-04 |
| 42 | 0.44 | 0.091 | 0.202 | 0.775 | 0.752 | 0.081 | 5.04E-04 |
| 43 | 0.86 | 0.046 | 0.206 | 0.398 | 0.375 | 0.053 | 4.95E-07 |
| 44 | 0.86 | 0.050 | 0.205 | 0.434 | 0.407 | 0.055 | 1.40E-06 |
| 45 | 0.86 | 0.053 | 0.204 | 0.459 | 0.431 | 0.058 | 1.47E-06 |
| 46 | 0.86 | 0.056 | 0.204 | 0.487 | 0.454 | 0.062 | 2.97E-06 |
| 47 | 0.86 | 0.028 | 0.110 | 0.426 | 0.417 | 0.060 | 6.15E-06 |
| 48 | 0.86 | 0.058 | 0.203 | 0.500 | 0.479 | 0.061 | 8.23E-06 |
| 49 | 0.86 | 0.061 | 0.202 | 0.519 | 0.504 | 0.064 | 1.30E-05 |
| 50 | 0.86 | 0.064 | 0.202 | 0.546 | 0.529 | 0.063 | 1.50E-05 |
| 51 | 0.86 | 0.067 | 0.201 | 0.580 | 0.553 | 0.069 | 2.17E-05 |
| 52 | 0.86 | 0.060 | 0.200 | 0.514 | 0.500 | 0.071 | 2.55E-05 |
| 53 | 0.86 | 0.071 | 0.200 | 0.592 | 0.595 | 0.067 | 6.52E-05 |
| 54 | 0.86 | 0.072 | 0.201 | 0.616 | 0.599 | 0.076 | 6.09E-05 |
| 55 | 0.86 | 0.035 | 0.109 | 0.515 | 0.531 | 0.069 | 7.03E-05 |
| 56 | 0.86 | 0.078 | 0.200 | 0.687 | 0.648 | 0.080 | 1.05E-04 |
| 57 | 0.86 | 0.083 | 0.202 | 0.718 | 0.681 | 0.086 | 1.30E-04 |
| 58 | 0.86 | 0.093 | 0.200 | 0.762 | 0.771 | 0.084 | 2.00E-04 |
| 59 | 0.86 | 0.046 | 0.111 | 0.680 | 0.697 | 0.105 | 3.55E-04 |
| 60 | 0.86 | 0.108 | 0.200 | 0.926 | 0.901 | 0.100 | 4.50E-04 |
| 61 | 0.86 | 0.118 | 0.207 | 0.985 | 0.953 | 0.110 | 7.01E-04 |

**Table 2.** Summary of dune case data

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Run no. | Measurement section location | Grain diameter, *D* (mm) | Flow rate, *Q* (m3/s) | Flow depth, *H* (m) | Depth-averaged velocity, *U* (m/s) | Bulk-averaged velocity, *V* (m/s) | Maximum of , (m/s) | Pickup rate, *E* (m/s) |
| 1 | 1 | 0.23 | 0.050 | 0.234 | 0.407 | 0.356 | 0.092 | 8.264E-06 |
| 2 | 2 | 0.23 | 0.050 | 0.226 | 0.416 | 0.369 | 0.085 | 7.245E-06 |
| 3 | 3 | 0.23 | 0.050 | 0.218 | 0.408 | 0.382 | 0.067 | 8.453E-06 |
| 4 | 4 | 0.23 | 0.050 | 0.212 | 0.415 | 0.393 | 0.058 | 9.434E-06 |
| 5 | 5 | 0.23 | 0.050 | 0.206 | 0.426 | 0.405 | 0.055 | 1.668E-05 |
| 6 | 6 | 0.23 | 0.050 | 0.202 | 0.432 | 0.413 | 0.050 | 1.917E-05 |
| 7 | 7 | 0.23 | 0.050 | 0.200 | 0.445 | 0.417 | 0.049 | 2.260E-05 |
| 8 | 1 | 0.23 | 0.056 | 0.233 | 0.451 | 0.397 | 0.104 | 1.460E-05 |
| 9 | 2 | 0.23 | 0.056 | 0.225 | 0.466 | 0.411 | 0.100 | 1.457E-05 |
| 10 | 3 | 0.23 | 0.056 | 0.217 | 0.465 | 0.426 | 0.077 | 1.683E-05 |
| 11 | 4 | 0.23 | 0.056 | 0.211 | 0.476 | 0.439 | 0.066 | 2.430E-05 |
| 12 | 5 | 0.23 | 0.056 | 0.205 | 0.487 | 0.451 | 0.065 | 3.940E-05 |
| 13 | 6 | 0.23 | 0.056 | 0.201 | 0.497 | 0.460 | 0.058 | 4.321E-05 |
| 14 | 7 | 0.23 | 0.056 | 0.199 | 0.504 | 0.464 | 0.054 | 4.581E-05 |
| 15 | 1 | 0.23 | 0.061 | 0.233 | 0.475 | 0.436 | 0.114 | 2.857E-05 |
| 16 | 2 | 0.23 | 0.061 | 0.225 | 0.499 | 0.452 | 0.106 | 3.321E-05 |
| 17 | 3 | 0.23 | 0.061 | 0.217 | 0.514 | 0.468 | 0.085 | 4.117E-05 |
| 18 | 4 | 0.23 | 0.061 | 0.211 | 0.531 | 0.483 | 0.074 | 4.732E-05 |
| 19 | 5 | 0.23 | 0.061 | 0.205 | 0.541 | 0.496 | 0.068 | 5.196E-05 |
| 20 | 6 | 0.23 | 0.061 | 0.201 | 0.551 | 0.506 | 0.074 | 6.332E-05 |
| 21 | 7 | 0.23 | 0.061 | 0.199 | 0.554 | 0.511 | 0.061 | 9.404E-05 |
| 22 | 1 | 0.44 | 0.056 | 0.234 | 0.480 | 0.396 | 0.109 | 9.547E-06 |
| 23 | 2 | 0.44 | 0.056 | 0.226 | 0.453 | 0.410 | 0.092 | 1.396E-05 |
| 24 | 3 | 0.44 | 0.056 | 0.218 | 0.499 | 0.425 | 0.080 | 3.034E-05 |
| 25 | 4 | 0.44 | 0.056 | 0.212 | 0.494 | 0.437 | 0.067 | 3.860E-05 |
| 26 | 5 | 0.44 | 0.056 | 0.206 | 0.516 | 0.449 | 0.063 | 4.294E-05 |
| 27 | 6 | 0.44 | 0.056 | 0.202 | 0.500 | 0.458 | 0.056 | 5.272E-05 |
| 28 | 7 | 0.44 | 0.056 | 0.200 | 0.517 | 0.463 | 0.054 | 6.192E-05 |
| 29 | 1 | 0.44 | 0.061 | 0.232 | 0.496 | 0.438 | 0.118 | 1.928E-05 |
| 30 | 2 | 0.44 | 0.061 | 0.224 | 0.503 | 0.454 | 0.095 | 3.574E-05 |
| 31 | 3 | 0.44 | 0.061 | 0.216 | 0.524 | 0.471 | 0.086 | 4.234E-05 |
| 32 | 4 | 0.44 | 0.061 | 0.210 | 0.549 | 0.486 | 0.075 | 6.211E-05 |
| 33 | 5 | 0.44 | 0.061 | 0.204 | 0.557 | 0.498 | 0.067 | 7.309E-05 |
| 34 | 6 | 0.44 | 0.061 | 0.200 | 0.556 | 0.508 | 0.063 | 7.725E-05 |
| 35 | 7 | 0.44 | 0.061 | 0.198 | 0.564 | 0.513 | 0.060 | 1.042E-04 |
| 36 | 1 | 0.44 | 0.067 | 0.231 | 0.536 | 0.480 | 0.125 | 3.079E-05 |
| 37 | 2 | 0.44 | 0.067 | 0.223 | 0.541 | 0.498 | 0.104 | 5.309E-05 |
| 38 | 3 | 0.44 | 0.067 | 0.215 | 0.562 | 0.516 | 0.094 | 7.717E-05 |
| 39 | 4 | 0.44 | 0.067 | 0.209 | 0.589 | 0.532 | 0.082 | 1.101E-04 |
| 40 | 5 | 0.44 | 0.067 | 0.203 | 0.602 | 0.546 | 0.072 | 1.088E-04 |
| 41 | 6 | 0.44 | 0.067 | 0.199 | 0.606 | 0.557 | 0.069 | 1.365E-04 |
| 42 | 7 | 0.44 | 0.067 | 0.197 | 0.616 | 0.563 | 0.064 | 1.548E-04 |
| 43 | 1 | 0.86 | 0.061 | 0.234 | 0.469 | 0.435 | 0.106 | 6.528E-06 |
| 44 | 2 | 0.86 | 0.061 | 0.226 | 0.483 | 0.451 | 0.102 | 1.355E-05 |
| 45 | 3 | 0.86 | 0.061 | 0.218 | 0.487 | 0.467 | 0.085 | 1.808E-05 |
| 46 | 4 | 0.86 | 0.061 | 0.212 | 0.514 | 0.480 | 0.076 | 1.932E-05 |
| 47 | 5 | 0.86 | 0.061 | 0.206 | 0.535 | 0.494 | 0.071 | 2.687E-05 |
| 48 | 6 | 0.86 | 0.061 | 0.202 | 0.550 | 0.504 | 0.066 | 4.449E-05 |
| 49 | 7 | 0.86 | 0.061 | 0.200 | 0.543 | 0.509 | 0.066 | 4.970E-05 |
| 50 | 1 | 0.86 | 0.067 | 0.232 | 0.519 | 0.478 | 0.114 | 1.423E-05 |
| 51 | 2 | 0.86 | 0.067 | 0.224 | 0.532 | 0.496 | 0.112 | 2.872E-05 |
| 52 | 3 | 0.86 | 0.067 | 0.216 | 0.528 | 0.513 | 0.095 | 4.053E-05 |
| 53 | 4 | 0.86 | 0.067 | 0.210 | 0.564 | 0.530 | 0.081 | 4.475E-05 |
| 54 | 5 | 0.86 | 0.067 | 0.204 | 0.577 | 0.544 | 0.077 | 5.758E-05 |
| 55 | 6 | 0.86 | 0.067 | 0.200 | 0.598 | 0.554 | 0.072 | 6.826E-05 |
| 56 | 7 | 0.86 | 0.067 | 0.198 | 0.589 | 0.560 | 0.077 | 9.460E-05 |
| 57 | 1 | 0.86 | 0.072 | 0.231 | 0.558 | 0.520 | 0.123 | 2.302E-05 |
| 58 | 2 | 0.86 | 0.072 | 0.223 | 0.562 | 0.540 | 0.125 | 5.004E-05 |
| 59 | 3 | 0.86 | 0.072 | 0.215 | 0.582 | 0.559 | 0.106 | 5.902E-05 |
| 60 | 4 | 0.86 | 0.072 | 0.209 | 0.589 | 0.577 | 0.087 | 7.408E-05 |
| 61 | 5 | 0.86 | 0.072 | 0.203 | 0.614 | 0.592 | 0.081 | 7.849E-05 |
| 62 | 6 | 0.86 | 0.072 | 0.199 | 0.641 | 0.604 | 0.076 | 9.000E-05 |
| 63 | 7 | 0.86 | 0.072 | 0.197 | 0.633 | 0.610 | 0.082 | 1.314E-04 |

**Table 3.** Summary of horizontal pipe case data

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Run no. | Distance from pipe to measurement section (m) | Grain diameter, *D* (mm) | Flow rate, *Q* (m3/s) | Flow depth, *H* (m) | Depth-averaged velocity, *U* (m/s) | Bulk-averaged velocity, *V* (m/s) | Maximum of , (m/s) | Pickup rate, *E* (m/s) |
| 1 | 0.10 | 0.23 | 0.036 | 0.200 | 0.284 | 0.303 | 0.083 | 9.09E-06 |
| 2 | 0.15 | 0.23 | 0.036 | 0.200 | 0.282 | 0.303 | 0.067 | 2.96E-06 |
| 3 | 0.20 | 0.23 | 0.036 | 0.200 | 0.278 | 0.303 | 0.059 | 8.06E-07 |
| 4 | 0.25 | 0.23 | 0.036 | 0.200 | 0.278 | 0.303 | 0.055 | 4.66E-07 |
| 5 | 0.30 | 0.23 | 0.036 | 0.200 | 0.276 | 0.303 | 0.052 | 4.56E-07 |
| 6 | 0.10 | 0.23 | 0.047 | 0.200 | 0.371 | 0.394 | 0.117 | 3.84E-05 |
| 7 | 0.15 | 0.23 | 0.047 | 0.200 | 0.372 | 0.394 | 0.092 | 1.52E-05 |
| 8 | 0.20 | 0.23 | 0.047 | 0.200 | 0.370 | 0.394 | 0.084 | 7.70E-06 |
| 9 | 0.25 | 0.23 | 0.047 | 0.200 | 0.370 | 0.394 | 0.072 | 5.02E-06 |
| 10 | 0.30 | 0.23 | 0.047 | 0.200 | 0.368 | 0.394 | 0.066 | 4.34E-06 |
| 11 | 0.10 | 0.23 | 0.058 | 0.200 | 0.456 | 0.486 | 0.140 | 1.64E-04 |
| 12 | 0.15 | 0.23 | 0.058 | 0.200 | 0.465 | 0.486 | 0.114 | 7.73E-05 |
| 13 | 0.20 | 0.23 | 0.058 | 0.200 | 0.471 | 0.486 | 0.102 | 4.71E-05 |
| 14 | 0.25 | 0.23 | 0.058 | 0.200 | 0.465 | 0.486 | 0.089 | 3.03E-05 |
| 15 | 0.30 | 0.23 | 0.058 | 0.200 | 0.474 | 0.486 | 0.084 | 2.44E-05 |
| 16 | 0.10 | 0.23 | 0.067 | 0.200 | 0.608 | 0.556 | 0.172 | 2.97E-04 |
| 17 | 0.15 | 0.23 | 0.067 | 0.200 | 0.599 | 0.556 | 0.146 | 2.01E-04 |
| 18 | 0.20 | 0.23 | 0.067 | 0.200 | 0.592 | 0.556 | 0.127 | 1.23E-04 |
| 19 | 0.25 | 0.23 | 0.067 | 0.200 | 0.587 | 0.556 | 0.117 | 7.69E-05 |
| 20 | 0.30 | 0.23 | 0.067 | 0.200 | 0.589 | 0.556 | 0.105 | 7.56E-05 |
| 21 | 0.10 | 0.44 | 0.042 | 0.200 | 0.364 | 0.347 | 0.118 | 3.97E-05 |
| 22 | 0.15 | 0.44 | 0.042 | 0.200 | 0.363 | 0.347 | 0.095 | 1.61E-05 |
| 23 | 0.20 | 0.44 | 0.042 | 0.200 | 0.362 | 0.347 | 0.078 | 7.96E-06 |
| 24 | 0.25 | 0.44 | 0.042 | 0.200 | 0.361 | 0.347 | 0.071 | 5.92E-06 |
| 25 | 0.30 | 0.44 | 0.042 | 0.200 | 0.364 | 0.347 | 0.069 | 4.38E-06 |
| 26 | 0.10 | 0.44 | 0.053 | 0.200 | 0.470 | 0.440 | 0.140 | 1.53E-04 |
| 27 | 0.15 | 0.44 | 0.053 | 0.200 | 0.466 | 0.440 | 0.112 | 6.78E-05 |
| 28 | 0.20 | 0.44 | 0.053 | 0.200 | 0.465 | 0.440 | 0.098 | 4.20E-05 |
| 29 | 0.25 | 0.44 | 0.053 | 0.200 | 0.463 | 0.440 | 0.089 | 2.54E-05 |
| 30 | 0.30 | 0.44 | 0.053 | 0.200 | 0.462 | 0.440 | 0.084 | 2.13E-05 |
| 31 | 0.10 | 0.44 | 0.064 | 0.201 | 0.556 | 0.527 | 0.160 | 3.34E-04 |
| 32 | 0.15 | 0.44 | 0.064 | 0.201 | 0.555 | 0.527 | 0.134 | 1.70E-04 |
| 33 | 0.20 | 0.44 | 0.064 | 0.201 | 0.548 | 0.527 | 0.113 | 1.12E-04 |
| 34 | 0.25 | 0.44 | 0.064 | 0.201 | 0.551 | 0.527 | 0.103 | 1.12E-04 |
| 35 | 0.30 | 0.44 | 0.064 | 0.201 | 0.543 | 0.527 | 0.095 | 9.06E-05 |
| 36 | 0.10 | 0.44 | 0.068 | 0.200 | 0.597 | 0.563 | 0.175 | 3.96E-04 |
| 37 | 0.15 | 0.44 | 0.068 | 0.200 | 0.598 | 0.563 | 0.144 | 2.58E-04 |
| 38 | 0.20 | 0.44 | 0.068 | 0.200 | 0.592 | 0.563 | 0.120 | 1.93E-04 |
| 39 | 0.25 | 0.44 | 0.068 | 0.200 | 0.586 | 0.563 | 0.110 | 1.31E-04 |
| 40 | 0.30 | 0.44 | 0.068 | 0.200 | 0.584 | 0.563 | 0.101 | 1.17E-04 |
| 41 | 0.10 | 0.86 | 0.047 | 0.200 | 0.407 | 0.389 | 0.120 | 2.51E-05 |
| 42 | 0.15 | 0.86 | 0.047 | 0.200 | 0.410 | 0.389 | 0.100 | 1.50E-05 |
| 43 | 0.20 | 0.86 | 0.047 | 0.200 | 0.406 | 0.389 | 0.086 | 9.13E-06 |
| 44 | 0.25 | 0.86 | 0.047 | 0.200 | 0.404 | 0.389 | 0.078 | 3.63E-06 |
| 45 | 0.30 | 0.86 | 0.047 | 0.200 | 0.402 | 0.389 | 0.076 | 2.50E-06 |
| 46 | 0.10 | 0.86 | 0.054 | 0.200 | 0.486 | 0.454 | 0.155 | 1.17E-04 |
| 47 | 0.15 | 0.86 | 0.054 | 0.200 | 0.480 | 0.454 | 0.113 | 5.83E-05 |
| 48 | 0.20 | 0.86 | 0.054 | 0.200 | 0.475 | 0.454 | 0.098 | 3.17E-05 |
| 49 | 0.25 | 0.86 | 0.054 | 0.200 | 0.480 | 0.454 | 0.091 | 1.22E-05 |
| 50 | 0.30 | 0.86 | 0.054 | 0.200 | 0.473 | 0.454 | 0.088 | 1.62E-05 |
| 51 | 0.10 | 0.86 | 0.065 | 0.200 | 0.576 | 0.542 | 0.164 | 2.42E-04 |
| 52 | 0.15 | 0.86 | 0.065 | 0.200 | 0.577 | 0.542 | 0.136 | 1.80E-04 |
| 53 | 0.20 | 0.86 | 0.065 | 0.200 | 0.572 | 0.542 | 0.117 | 8.72E-05 |
| 54 | 0.25 | 0.86 | 0.065 | 0.200 | 0.585 | 0.542 | 0.104 | 4.38E-05 |
| 55 | 0.30 | 0.86 | 0.065 | 0.200 | 0.553 | 0.542 | 0.098 | 4.58E-05 |
| 56 | 0.10 | 0.86 | 0.071 | 0.200 | 0.634 | 0.595 | 0.174 | 3.56E-04 |
| 57 | 0.15 | 0.86 | 0.071 | 0.200 | 0.638 | 0.595 | 0.146 | 2.21E-04 |
| 58 | 0.20 | 0.86 | 0.071 | 0.200 | 0.615 | 0.595 | 0.128 | 1.48E-04 |
| 59 | 0.25 | 0.86 | 0.071 | 0.200 | 0.611 | 0.595 | 0.115 | 9.81E-05 |
| 60 | 0.30 | 0.86 | 0.071 | 0.200 | 0.588 | 0.595 | 0.106 | 7.23E-05 |

**Table 4.** Summary of vertical pipe bed case data

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Run no. | Distance from pipe to measurement section (m) | Grain diameter, *D* (mm) | Flow rate, *Q* (m3/s) | Flow depth, *H* (m) | Depth-averaged velocity, *U* (m/s) | Bulk-averaged velocity, *V* (m/s) | Maximum of ,  (m/s) | Pickup rate, *E* (m/s) |
| 1 | 0.15 | 0.23 | 0.038 | 0.204 | 0.155 | 0.306 | 0.126 | 3.98E-05 |
| 2 | 0.20 | 0.23 | 0.038 | 0.204 | 0.199 | 0.306 | 0.098 | 2.65E-05 |
| 3 | 0.25 | 0.23 | 0.038 | 0.204 | 0.237 | 0.306 | 0.088 | 1.91E-05 |
| 4 | 0.30 | 0.23 | 0.038 | 0.204 | 0.238 | 0.306 | 0.098 | 1.08E-05 |
| 5 | 0.35 | 0.23 | 0.038 | 0.204 | 0.249 | 0.306 | 0.080 | 5.77E-06 |
| 6 | 0.40 | 0.23 | 0.038 | 0.204 | 0.255 | 0.306 | 0.072 | 8.38E-06 |
| 7 | 0.15 | 0.23 | 0.044 | 0.205 | 0.130 | 0.358 | 0.140 | 9.68E-05 |
| 8 | 0.20 | 0.23 | 0.044 | 0.205 | 0.209 | 0.358 | 0.128 | 3.94E-05 |
| 9 | 0.25 | 0.23 | 0.044 | 0.205 | 0.251 | 0.358 | 0.112 | 3.09E-05 |
| 10 | 0.30 | 0.23 | 0.044 | 0.205 | 0.270 | 0.358 | 0.097 | 1.32E-05 |
| 11 | 0.35 | 0.23 | 0.044 | 0.205 | 0.293 | 0.358 | 0.085 | 1.00E-05 |
| 12 | 0.40 | 0.23 | 0.044 | 0.205 | 0.304 | 0.358 | 0.078 | 1.07E-05 |
| 13 | 0.15 | 0.23 | 0.056 | 0.205 | 0.153 | 0.452 | 0.175 | 2.52E-04 |
| 14 | 0.20 | 0.23 | 0.056 | 0.205 | 0.252 | 0.452 | 0.145 | 1.26E-04 |
| 15 | 0.25 | 0.23 | 0.056 | 0.205 | 0.316 | 0.452 | 0.130 | 9.39E-05 |
| 16 | 0.30 | 0.23 | 0.056 | 0.205 | 0.322 | 0.452 | 0.117 | 6.13E-05 |
| 17 | 0.35 | 0.23 | 0.056 | 0.205 | 0.355 | 0.452 | 0.105 | 5.54E-05 |
| 18 | 0.40 | 0.23 | 0.056 | 0.205 | 0.370 | 0.452 | 0.102 | 4.78E-05 |
| 19 | 0.15 | 0.44 | 0.040 | 0.207 | 0.121 | 0.324 | 0.131 | 4.54E-05 |
| 20 | 0.20 | 0.44 | 0.040 | 0.207 | 0.173 | 0.324 | 0.120 | 3.02E-05 |
| 21 | 0.25 | 0.44 | 0.040 | 0.207 | 0.225 | 0.324 | 0.094 | 2.34E-05 |
| 22 | 0.30 | 0.44 | 0.040 | 0.207 | 0.252 | 0.324 | 0.084 | 6.53E-06 |
| 23 | 0.35 | 0.44 | 0.040 | 0.207 | 0.260 | 0.324 | 0.083 | 6.19E-06 |
| 24 | 0.40 | 0.44 | 0.040 | 0.207 | 0.273 | 0.324 | 0.080 | 6.68E-06 |
| 25 | 0.15 | 0.44 | 0.050 | 0.208 | 0.120 | 0.401 | 0.161 | 9.14E-05 |
| 26 | 0.20 | 0.44 | 0.050 | 0.208 | 0.211 | 0.401 | 0.138 | 6.22E-05 |
| 27 | 0.25 | 0.44 | 0.050 | 0.208 | 0.266 | 0.401 | 0.111 | 4.34E-05 |
| 28 | 0.30 | 0.44 | 0.050 | 0.208 | 0.296 | 0.401 | 0.108 | 1.78E-05 |
| 29 | 0.35 | 0.44 | 0.050 | 0.208 | 0.317 | 0.401 | 0.096 | 1.89E-05 |
| 30 | 0.40 | 0.44 | 0.050 | 0.208 | 0.336 | 0.401 | 0.088 | 1.59E-05 |
| 31 | 0.15 | 0.44 | 0.057 | 0.207 | 0.138 | 0.461 | 0.183 | 2.32E-04 |
| 32 | 0.20 | 0.44 | 0.057 | 0.207 | 0.242 | 0.461 | 0.154 | 1.51E-04 |
| 33 | 0.25 | 0.44 | 0.057 | 0.207 | 0.318 | 0.461 | 0.126 | 1.10E-04 |
| 34 | 0.30 | 0.44 | 0.057 | 0.207 | 0.340 | 0.461 | 0.114 | 7.97E-05 |
| 35 | 0.35 | 0.44 | 0.057 | 0.207 | 0.364 | 0.461 | 0.102 | 6.17E-05 |
| 36 | 0.40 | 0.44 | 0.057 | 0.207 | 0.382 | 0.461 | 0.109 | 6.26E-05 |
| 37 | 0.15 | 0.86 | 0.049 | 0.207 | 0.103 | 0.398 | 0.144 | 3.00E-05 |
| 38 | 0.20 | 0.86 | 0.049 | 0.207 | 0.217 | 0.398 | 0.134 | 1.71E-05 |
| 39 | 0.25 | 0.86 | 0.049 | 0.207 | 0.259 | 0.398 | 0.118 | 8.57E-06 |
| 40 | 0.30 | 0.86 | 0.049 | 0.207 | 0.313 | 0.398 | 0.102 | 4.53E-06 |
| 41 | 0.35 | 0.86 | 0.049 | 0.207 | 0.335 | 0.398 | 0.101 | 3.57E-06 |
| 42 | 0.40 | 0.86 | 0.049 | 0.207 | 0.349 | 0.398 | 0.091 | 3.37E-06 |
| 43 | 0.15 | 0.86 | 0.058 | 0.206 | 0.144 | 0.472 | 0.169 | 1.16E-04 |
| 44 | 0.20 | 0.86 | 0.058 | 0.206 | 0.255 | 0.472 | 0.153 | 7.18E-05 |
| 45 | 0.25 | 0.86 | 0.058 | 0.206 | 0.315 | 0.472 | 0.134 | 3.80E-05 |
| 46 | 0.30 | 0.86 | 0.058 | 0.206 | 0.358 | 0.472 | 0.125 | 3.25E-05 |
| 47 | 0.35 | 0.86 | 0.058 | 0.206 | 0.381 | 0.472 | 0.108 | 1.95E-05 |
| 48 | 0.40 | 0.86 | 0.058 | 0.206 | 0.397 | 0.472 | 0.109 | 1.47E-05 |
| 49 | 0.15 | 0.86 | 0.067 | 0.206 | 0.236 | 0.539 | 0.195 | 2.26E-04 |
| 50 | 0.20 | 0.86 | 0.067 | 0.206 | 0.323 | 0.539 | 0.164 | 1.70E-04 |
| 51 | 0.25 | 0.86 | 0.067 | 0.206 | 0.377 | 0.539 | 0.137 | 1.09E-04 |
| 52 | 0.30 | 0.86 | 0.067 | 0.206 | 0.418 | 0.539 | 0.123 | 7.90E-05 |
| 53 | 0.35 | 0.86 | 0.067 | 0.206 | 0.443 | 0.539 | 0.117 | 6.24E-05 |
| 54 | 0.40 | 0.86 | 0.067 | 0.206 | 0.461 | 0.539 | 0.103 | 5.61E-05 |