

Lisa 1. Projekteeritud sāngi hūdraulilised arvutused

Erineva vooluhulga korral esineva veetaseme määramiseks jõesāngis pärast paisutuse likvideerimist on tehtud projekteeritud sāngi hūdraulilised arvutused. Arvutus on tehtud neljas erinevas ristlōikes, milleks on: 1) kitsendatud ristlōige allavoolu asuva silla vare lōikes; 2) projekteeritud truubi ristlōikes; 3) kindlustatud sāngi kitsendamata ristlōikes (projekteeritud truubist alla- ja ülesvoolu jääv lōik); 4) kindlustamata sāngi ristlōikes truubist ülesvoolu. Täiendavalt on tehtud hūdrauline arvutus ajutise möödavoolusāngi valitud ristlōike läbilaskevōime kontrollimiseks. Hūdrauline arvutus põhineb Chizy valemil (ühtlane voolamine avasāngis) ja on esitatud tabelites 1 kuni 5.

Tabel 1. Projekteeritud sāngi hūdrauline arvutus silla vare asukohas (RL-1)

| h | A | X | R | X₁ | X₂ | n₁ | n₂ | n | y | C | Q | v |
|----------|-------------------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|---------------------|----------|
| (m) | (m ²) | (m) | (m) | | | | | | | (m ^{0,5} /s) | (m ³ /s) | (m/s) |
| 0,05 | 0,025 | 1,005 | 0,02 | 1,005 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,387 | 5,32 | 0,001 | 0,05 |
| 0,10 | 0,079 | 1,185 | 0,07 | 1,185 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,379 | 7,97 | 0,01 | 0,12 |
| 0,15 | 0,140 | 1,365 | 0,10 | 1,365 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,373 | 9,50 | 0,02 | 0,17 |
| 0,20 | 0,209 | 1,546 | 0,14 | 1,546 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,369 | 10,61 | 0,05 | 0,22 |
| 0,25 | 0,285 | 1,726 | 0,17 | 1,726 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,366 | 11,49 | 0,08 | 0,26 |
| 0,30 | 0,369 | 1,906 | 0,19 | 1,906 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,363 | 12,24 | 0,11 | 0,30 |
| 0,35 | 0,460 | 2,087 | 0,22 | 2,087 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,361 | 12,88 | 0,16 | 0,34 |
| 0,40 | 0,559 | 2,267 | 0,25 | 2,267 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,359 | 13,45 | 0,21 | 0,38 |
| 0,45 | 0,665 | 2,447 | 0,27 | 2,447 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,356 | 13,97 | 0,27 | 0,41 |
| 0,50 | 0,779 | 2,628 | 0,30 | 2,628 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,355 | 14,44 | 0,35 | 0,44 |
| 0,55 | 0,900 | 2,808 | 0,32 | 2,808 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,353 | 14,88 | 0,43 | 0,48 |
| 0,60 | 1,029 | 2,988 | 0,34 | 2,988 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,351 | 15,29 | 0,52 | 0,51 |
| 0,65 | 1,165 | 3,168 | 0,37 | 3,168 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,349 | 15,67 | 0,63 | 0,54 |
| 0,70 | 1,309 | 3,349 | 0,39 | 3,349 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,348 | 16,03 | 0,74 | 0,57 |
| 0,75 | 1,460 | 3,529 | 0,41 | 3,529 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,346 | 16,37 | 0,87 | 0,60 |
| 0,80 | 1,619 | 3,709 | 0,44 | 3,709 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,345 | 16,70 | 1,01 | 0,62 |
| 0,85 | 1,785 | 3,889 | 0,46 | 3,889 | 0,00 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,343 | 17,01 | 1,16 | 0,65 |
| 0,90 | 1,957 | 4,030 | 0,49 | 3,980 | 0,05 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,341 | 17,44 | 1,35 | 0,69 |
| 0,95 | 2,133 | 4,170 | 0,51 | 4,070 | 0,10 | 0,045 | 0,030 | 0,045 | 0,339 | 17,85 | 1,54 | 0,72 |
| 1,00 | 2,312 | 4,296 | 0,54 | 4,126 | 0,17 | 0,045 | 0,030 | 0,044 | 0,336 | 18,29 | 1,75 | 0,76 |
| 1,05 | 2,492 | 4,396 | 0,57 | 4,126 | 0,27 | 0,045 | 0,030 | 0,044 | 0,333 | 18,78 | 1,99 | 0,80 |
| 1,10 | 2,670 | 4,496 | 0,59 | 4,126 | 0,37 | 0,045 | 0,030 | 0,044 | 0,330 | 19,24 | 2,24 | 0,84 |
| 1,15 | 2,852 | 4,596 | 0,62 | 4,126 | 0,47 | 0,045 | 0,030 | 0,043 | 0,327 | 19,68 | 2,50 | 0,88 |
| 1,20 | 3,032 | 4,696 | 0,65 | 4,126 | 0,57 | 0,045 | 0,030 | 0,043 | 0,325 | 20,09 | 2,77 | 0,91 |
| 1,25 | 3,224 | 5,196 | 0,62 | 4,126 | 1,07 | 0,045 | 0,030 | 0,042 | 0,320 | 20,48 | 2,94 | 0,91 |
| 1,30 | 3,424 | 5,296 | 0,65 | 4,126 | 1,17 | 0,045 | 0,030 | 0,042 | 0,318 | 20,89 | 3,25 | 0,95 |

Tabel 2. Projekteeritud sāngi hūdrauline arvutus truubi ristlōikes (RL-2)

| h | A | X | R | X₁ | X₂ | n₁ | n₂ | n | y | C | Q | v |
|----------|-------------------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|----------|-----------------------|---------------------|----------|
| (m) | (m ²) | (m) | (m) | | | | | | | (m ^{0,5} /s) | (m ³ /s) | (m/s) |
| 0,05 | 0,025 | 1,005 | 0,02 | 1,005 | 0,00 | 0,045 | 0,013 | 0,045 | 0,387 | 5,32 | 0,001 | 0,05 |
| 0,10 | 0,079 | 1,185 | 0,07 | 1,185 | 0,00 | 0,045 | 0,013 | 0,045 | 0,379 | 7,97 | 0,01 | 0,12 |
| 0,15 | 0,140 | 1,365 | 0,10 | 1,365 | 0,00 | 0,045 | 0,013 | 0,045 | 0,373 | 9,50 | 0,02 | 0,17 |
| 0,20 | 0,209 | 1,546 | 0,14 | 1,546 | 0,00 | 0,045 | 0,013 | 0,045 | 0,369 | 10,61 | 0,05 | 0,22 |
| 0,25 | 0,285 | 1,726 | 0,17 | 1,726 | 0,00 | 0,045 | 0,013 | 0,045 | 0,366 | 11,49 | 0,08 | 0,26 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 0,30 | 0,369 | 1,906 | 0,19 | 1,906 | 0,00 | 0,045 | 0,013 | 0,045 | 0,363 | 12,24 | 0,11 | 0,30 |
| 0,35 | 0,460 | 2,087 | 0,22 | 2,087 | 0,00 | 0,045 | 0,013 | 0,045 | 0,361 | 12,88 | 0,16 | 0,34 |
| 0,40 | 0,558 | 2,240 | 0,25 | 2,210 | 0,03 | 0,045 | 0,013 | 0,045 | 0,356 | 13,68 | 0,22 | 0,39 |
| 0,45 | 0,660 | 2,380 | 0,28 | 2,300 | 0,08 | 0,045 | 0,013 | 0,044 | 0,351 | 14,52 | 0,29 | 0,43 |
| 0,50 | 0,765 | 2,520 | 0,30 | 2,390 | 0,13 | 0,045 | 0,013 | 0,043 | 0,346 | 15,28 | 0,36 | 0,48 |
| 0,55 | 0,875 | 2,660 | 0,33 | 2,480 | 0,18 | 0,045 | 0,013 | 0,043 | 0,341 | 15,97 | 0,45 | 0,52 |
| 0,60 | 1,020 | 3,569 | 0,29 | 3,309 | 0,26 | 0,045 | 0,013 | 0,043 | 0,344 | 15,24 | 0,47 | 0,46 |
| 0,65 | 1,173 | 3,669 | 0,32 | 3,309 | 0,36 | 0,045 | 0,013 | 0,042 | 0,337 | 16,26 | 0,61 | 0,52 |
| 0,70 | 1,325 | 3,769 | 0,35 | 3,309 | 0,46 | 0,045 | 0,013 | 0,041 | 0,331 | 17,21 | 0,77 | 0,58 |
| 0,75 | 1,478 | 3,869 | 0,38 | 3,309 | 0,56 | 0,045 | 0,013 | 0,040 | 0,326 | 18,11 | 0,94 | 0,63 |
| 0,80 | 1,630 | 3,969 | 0,41 | 3,309 | 0,66 | 0,045 | 0,013 | 0,040 | 0,320 | 18,95 | 1,12 | 0,69 |
| 0,85 | 1,783 | 4,069 | 0,44 | 3,309 | 0,76 | 0,045 | 0,013 | 0,039 | 0,315 | 19,75 | 1,32 | 0,74 |
| 0,90 | 1,935 | 4,169 | 0,46 | 3,309 | 0,86 | 0,045 | 0,013 | 0,038 | 0,311 | 20,51 | 1,53 | 0,79 |
| 0,95 | 2,088 | 4,269 | 0,49 | 3,309 | 0,96 | 0,045 | 0,013 | 0,038 | 0,307 | 21,24 | 1,75 | 0,84 |
| 1,00 | 2,243 | 4,497 | 0,50 | 3,307 | 1,19 | 0,045 | 0,013 | 0,037 | 0,300 | 22,22 | 1,99 | 0,89 |
| 1,05 | 2,402 | 4,590 | 0,52 | 3,290 | 1,30 | 0,045 | 0,013 | 0,036 | 0,295 | 22,98 | 2,26 | 0,94 |
| 1,10 | 2,560 | 4,698 | 0,54 | 3,298 | 1,40 | 0,045 | 0,013 | 0,035 | 0,292 | 23,62 | 2,52 | 0,99 |
| 1,15 | 2,718 | 4,800 | 0,57 | 3,300 | 1,50 | 0,045 | 0,013 | 0,035 | 0,289 | 24,25 | 2,81 | 1,03 |
| 1,20 | 2,874 | 4,902 | 0,59 | 3,302 | 1,60 | 0,045 | 0,013 | 0,035 | 0,285 | 24,85 | 3,09 | 1,08 |
| 1,25 | 3,030 | 5,005 | 0,61 | 3,305 | 1,70 | 0,045 | 0,013 | 0,034 | 0,282 | 25,43 | 3,39 | 1,12 |
| 1,30 | 3,184 | 5,109 | 0,62 | 3,309 | 1,80 | 0,045 | 0,013 | 0,034 | 0,280 | 25,98 | 3,69 | 1,16 |

Tabel 3. Projekteeritud sāngi hūdrauliline arvutus kitsendamata ristlōikes (RL-3)

| h | A | X | R | n | y | C | Q | v |
|----------|-------------------|----------|----------|----------|----------|-----------------------|---------------------|----------|
| (m) | (m ²) | (m) | (m) | | | (m ^{0,5} /s) | (m ³ /s) | (m/s) |
| 0,05 | 0,025 | 1,005 | 0,02 | 0,045 | 0,387 | 5,32 | 0,001 | 0,05 |
| 0,10 | 0,079 | 1,185 | 0,07 | 0,045 | 0,379 | 7,97 | 0,01 | 0,12 |
| 0,15 | 0,140 | 1,365 | 0,10 | 0,045 | 0,373 | 9,50 | 0,02 | 0,17 |
| 0,20 | 0,209 | 1,546 | 0,14 | 0,045 | 0,369 | 10,61 | 0,05 | 0,22 |
| 0,25 | 0,285 | 1,726 | 0,17 | 0,045 | 0,366 | 11,49 | 0,08 | 0,26 |
| 0,30 | 0,369 | 1,906 | 0,19 | 0,045 | 0,363 | 12,24 | 0,11 | 0,30 |
| 0,35 | 0,460 | 2,087 | 0,22 | 0,045 | 0,361 | 12,88 | 0,16 | 0,34 |
| 0,40 | 0,559 | 2,267 | 0,25 | 0,045 | 0,359 | 13,45 | 0,21 | 0,38 |
| 0,45 | 0,665 | 2,447 | 0,27 | 0,045 | 0,356 | 13,97 | 0,27 | 0,41 |
| 0,50 | 0,779 | 2,628 | 0,30 | 0,045 | 0,355 | 14,44 | 0,35 | 0,44 |
| 0,55 | 0,900 | 2,808 | 0,32 | 0,045 | 0,353 | 14,88 | 0,43 | 0,48 |
| 0,60 | 1,029 | 2,988 | 0,34 | 0,045 | 0,351 | 15,29 | 0,52 | 0,51 |
| 0,65 | 1,165 | 3,168 | 0,37 | 0,045 | 0,349 | 15,67 | 0,63 | 0,54 |
| 0,70 | 1,309 | 3,349 | 0,39 | 0,045 | 0,348 | 16,03 | 0,74 | 0,57 |
| 0,75 | 1,460 | 3,529 | 0,41 | 0,045 | 0,346 | 16,37 | 0,87 | 0,60 |
| 0,80 | 1,619 | 3,709 | 0,44 | 0,045 | 0,345 | 16,70 | 1,01 | 0,62 |
| 0,85 | 1,785 | 3,889 | 0,46 | 0,045 | 0,343 | 17,01 | 1,16 | 0,65 |
| 0,90 | 1,959 | 4,070 | 0,48 | 0,045 | 0,342 | 17,31 | 1,33 | 0,68 |
| 0,95 | 2,140 | 4,250 | 0,50 | 0,045 | 0,341 | 17,59 | 1,51 | 0,71 |
| 1,00 | 2,329 | 4,430 | 0,53 | 0,045 | 0,339 | 17,87 | 1,71 | 0,73 |

Tabel 4. Projekteeritud sängi hüdrauliline arvutus kindlustama ristlõikes (RL-4)

| h | A | X | R | n | y | C | Q | v |
|----------|-------------------|----------|----------|----------|----------|-----------------------|---------------------|----------|
| (m) | (m ²) | (m) | (m) | | | (m ^{0,5} /s) | (m ³ /s) | (m/s) |
| 0,05 | 0,025 | 1,005 | 0,02 | 0,040 | 0,358 | 6,66 | 0,002 | 0,10 |
| 0,10 | 0,080 | 1,229 | 0,07 | 0,040 | 0,351 | 9,59 | 0,02 | 0,23 |
| 0,15 | 0,145 | 1,452 | 0,10 | 0,040 | 0,346 | 11,26 | 0,05 | 0,33 |
| 0,20 | 0,220 | 1,676 | 0,13 | 0,040 | 0,343 | 12,46 | 0,09 | 0,42 |
| 0,25 | 0,305 | 1,899 | 0,16 | 0,040 | 0,340 | 13,43 | 0,15 | 0,50 |
| 0,30 | 0,400 | 2,123 | 0,19 | 0,040 | 0,337 | 14,23 | 0,23 | 0,57 |
| 0,35 | 0,505 | 2,347 | 0,22 | 0,040 | 0,335 | 14,94 | 0,32 | 0,64 |
| 0,40 | 0,620 | 2,570 | 0,24 | 0,040 | 0,333 | 15,57 | 0,44 | 0,71 |
| 0,45 | 0,745 | 2,790 | 0,27 | 0,040 | 0,331 | 16,14 | 0,58 | 0,77 |
| 0,50 | 0,880 | 3,017 | 0,29 | 0,040 | 0,329 | 16,66 | 0,73 | 0,83 |
| 0,55 | 1,025 | 3,241 | 0,32 | 0,040 | 0,328 | 17,14 | 0,92 | 0,89 |
| 0,60 | 1,180 | 3,465 | 0,34 | 0,040 | 0,326 | 17,59 | 1,12 | 0,95 |
| 0,65 | 1,345 | 3,688 | 0,36 | 0,040 | 0,325 | 18,02 | 1,36 | 1,01 |
| 0,70 | 1,520 | 3,912 | 0,39 | 0,040 | 0,323 | 18,42 | 1,62 | 1,06 |
| 0,75 | 1,705 | 4,135 | 0,41 | 0,040 | 0,322 | 18,80 | 1,91 | 1,12 |
| 0,80 | 1,900 | 4,359 | 0,44 | 0,040 | 0,320 | 19,16 | 2,23 | 1,17 |
| 0,85 | 2,105 | 4,583 | 0,46 | 0,040 | 0,319 | 19,50 | 2,58 | 1,23 |
| 0,90 | 2,320 | 4,806 | 0,48 | 0,040 | 0,318 | 19,83 | 2,96 | 1,28 |
| 0,95 | 2,545 | 5,030 | 0,51 | 0,040 | 0,317 | 20,15 | 3,38 | 1,33 |
| 1,00 | 2,780 | 5,254 | 0,53 | 0,040 | 0,315 | 20,45 | 3,84 | 1,38 |

Tabel 5. Ajutise möödavoolusäng hüdrauliline arvutus (RL-5)

| h | A | X | R | y | C | Q | v |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|----------|
| (m) | (m) | (m) | (m) | | (m/s) | (m ³ /s) | (m/s) |
| 0,05 | 0,05 | 1,18 | 0,05 | 0,324 | 10,51 | 0,01 | 0,00 |
| 0,10 | 0,12 | 1,36 | 0,08 | 0,319 | 13,00 | 0,02 | 0,21 |
| 0,15 | 0,18 | 1,54 | 0,12 | 0,315 | 14,62 | 0,05 | 0,28 |
| 0,20 | 0,26 | 1,72 | 0,15 | 0,312 | 15,83 | 0,09 | 0,34 |
| 0,25 | 0,34 | 1,90 | 0,18 | 0,310 | 16,82 | 0,13 | 0,39 |
| 0,30 | 0,44 | 2,08 | 0,21 | 0,308 | 17,64 | 0,19 | 0,44 |
| 0,35 | 0,53 | 2,26 | 0,24 | 0,306 | 18,37 | 0,26 | 0,49 |
| 0,40 | 0,64 | 2,44 | 0,26 | 0,304 | 19,01 | 0,34 | 0,53 |
| 0,45 | 0,75 | 2,62 | 0,29 | 0,303 | 19,59 | 0,43 | 0,58 |
| 0,50 | 0,88 | 2,80 | 0,31 | 0,301 | 20,12 | 0,54 | 0,62 |
| 0,55 | 1,00 | 2,98 | 0,34 | 0,300 | 20,61 | 0,66 | 0,65 |
| 0,60 | 1,14 | 3,16 | 0,36 | 0,298 | 21,07 | 0,79 | 0,69 |
| 0,65 | 1,28 | 3,34 | 0,38 | 0,297 | 21,50 | 0,94 | 0,73 |
| 0,70 | 1,44 | 3,52 | 0,41 | 0,296 | 21,90 | 1,10 | 0,77 |
| 0,75 | 1,59 | 3,70 | 0,43 | 0,295 | 22,28 | 1,28 | 0,80 |
| 0,80 | 1,76 | 3,88 | 0,45 | 0,294 | 22,64 | 1,47 | 0,83 |
| 0,85 | 1,93 | 4,06 | 0,48 | 0,293 | 22,99 | 1,68 | 0,87 |
| 0,90 | 2,12 | 4,24 | 0,50 | 0,292 | 23,32 | 1,91 | 0,90 |
| 0,95 | 2,30 | 4,43 | 0,52 | 0,291 | 23,63 | 2,15 | 0,93 |
| 1,00 | 2,50 | 4,61 | 0,54 | 0,290 | 23,94 | 2,42 | 0,97 |

Tabelites 1 kuni 4 toodud suurused on leitud järgmiselt:

h – veetasemele vastav veesügavus jõe sängis (mõõdetuna sängi profiili madalaimast punktist);

A – voolu ristlõikepindala, mis on mõõdetud jooniselt;

X – märgpiire, mis on mõõdetud jooniselt;

R – hüdrauliline raadius, mis arvutatakse valemiga: $R = A / X$;

n – sängi karedustegur, mis ristlõigetes RL-1 ja RL-2 on arvutatud kaalutud keskmise karedusena valemiga:

$$n = \frac{n_1 \cdot X_1 + n_2 \cdot X_2}{X}, \text{ kus}$$

n_1 ja n_2 on voolusängi ristlõike perimeetril erinevad karedustegurid (paekivi müüri puhul on valitud 0,030 ja betooni puhul 0,013) ning X_1 ja X_2 on vastava karedusteguriga märgpiirde pikkus;

ristlõigetes RL-3 ja RL-4 on karedustegur valitud vastavalt $n = 0,045$ ja $n = 0,035$;

y – hüdrauliline astendaja, mis arvutatakse valemiga:

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1) \text{ (Hüdraulika ja pumbad, 1995),}$$

C – Chizy moodul, mis arvutatakse valemiga:

$$C = R^y / n \text{ (Hüdraulika ja pumbad, 1995);}$$

Q – vooluhulk, mis arvutatakse valemiga:

$$Q = CA\sqrt{R \times i_0} \text{ (Hüdraulika ja pumbad, 1995),}$$

kus i_0 on hüdrauliline lang, mis antud juhul on võrdne jõe sängi languga, ristlõigetes

RL-1 kuni RL-3 on sängi lang $i = 3,2\text{‰}$ ja ristlõikes RL-4 on sängi lang $i = 8,6\text{‰}$

v – ristlõike keskmine voolukiirus, mis arvutatakse valemiga: Q / A .

Tabelis 5 toodud suurused on leitud järgmiselt:

A – voolu ristlõikepindala, mis on arvutatud valemiga:

$$A = h(b + mh), \text{ kus}$$

b – sängi põhja laius ($b = 1\text{ m}$);

m – nõlvustegur ($m = 1,5$);

X – märgpiire, mis on arvutatud valemiga:

$$X = b + m'h, \text{ kus}$$

m' on abitegur, mis on arvutatud valemiga: $2\sqrt{1 + m^2}$

Sängi karedustegur on valitud $n = 0,035$ ja sängi lang on ligikaudu 3‰

Ülejäänud parameetrid on arvutatud analoogselt tabelites 1 kuni 4 toodud arvutustele.