



LATVIJAS VIDES, ĢEOLOĢIJAS
UN METEOROLOĢIJAS CENTRS

EKOLOĢISKĀ CAURPLŪDUMA NOTEIKŠANAS METODIKA

Rīga, 2024

Saturs

SAĪSINĀJUMI	3
1. IEVADS.....	4
2. ESOŠĀ SITUĀCIJA EKOLOĢISKĀ CAURPLŪDUMA NOTEIKŠANĀ.....	5
2.1. Likumdošana un prakse.....	5
2.2. Esošās ekoloģiskā caurplūduma noteikšanas metodes.....	5
3. MESOHABSIM MODELIS KĀ EKOLOĢISKĀ CAURPLŪDUMA NOVĒRTĒŠANAS INSTRUMENTS.....	6
4. EKOLOĢISKĀ CAURPLŪDUMA APRĒĶINĀŠANAS METODES8	
4.1. Modelī izmantotie dati.....	8
4.1.1. Zivju modelis.....	8
4.1.2. Hidromorfoloģisko vienību kartes	9
4.1.3. Noteces datu rindas	12
4.2. Modelēšana.....	13
4.2.1. Modelēšanas rezultāti	13
4.2.2. Ekoloģiskā caurplūduma noteikšana.....	18
4.3. Ekoloģiskā caurplūduma aprēķināšanas vienkāršošana.....	18
5. Metodikas praktiskā pielietošana	22
ATSAUCES.....	23

SAĪSINĀJUMI

BIOR	Pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātniskais institūts “BIOR”
CIS	Kopīgā ieviešanas stratēģija (<i>Common Implementation Strategy</i>)
EK	Eiropas Komisija
ES	Eiropas Savienība
HV	Hidromorfoloģiskā vienība
HES	Hidroelektrostacija
LVĢMC	Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs
MesoHABSIM	Mezo-mēroga biotopu simulācijas modelis
MK	Ministru kabinets
NVO	Nevalstiskā organizācija
QGIS	<i>Quantum</i> Ģeogrāfiskā informācijas sistēma
Q _{OPTIMUM}	Optimālais caurplūdums
ŪSD	Ūdens struktūrdirektīva (<i>Water Framework Directive</i>)

1. IEVADS

Saskaņā ar Pasaules Bankas definīciju, ekoloģiskais caurplūdums ir *“tāda ūdens plūsmas kvalitāte, apjoms un laiks, kas nepieciešams, lai uzturētu ūdens ekosistēmu komponentes, funkcijas un procesus”*. Ekoloģiskā caurplūduma jēdziens pastāv jau vairāk nekā 40 gadus, vēsturiski tas vairāk tika attiecināts uz hidroloģiskajiem aprēķiniem. Pēdējo gadu desmitu laikā ir mēģināts šos aprēķinus saistīt ar ekoloģiskajiem procesiem, floras un faunas labklājību.

Ūdens daudzumam un hidroloģiskajam režīmam ir būtiska nozīme ūdens ekosistēmu kvalitātē un konkrētām sugām piemēroto biotopu izplatībā. Pēc Eiropas Vides aģentūras datiem, hidromorfoloģiskās izmaiņas negatīvi iespaido aptuveni 40% Eiropas ūdensobjektu. Saskaņā ar Upju baseinu apsaimniekošanas plānos iekļauto informāciju 16% upju ūdensobjektu ir risks nesasniegt labu ekoloģisko kvalitāti tieši dēļ HES radītajām hidromorfoloģiskajām izmaiņām.

Kopš Ūdens struktūrdirektīvas 2000/60/EK (ŪSD) pieņemšanas, arvien lielāka uzmanība tiek pievērsta saldūdens ekoloģiskajai kvalitātei. Bioloģiskajiem kvalitātes elementiem ir noteicoša ietekme uz ekoloģiskās kvalitātes vērtējumu, tāpēc vērtēšanas metodes jāizstrādā, pirmkārt, ņemot vērā biotas labklājību. ŪSD kontekstā ekoloģiskais caurplūdums ir *“hidroloģiskais režīms, kas atbilst ŪSD vides mērķu sasniegšanai dabiskajos virszemes ūdensobjektos”* (CIS vadlīniju dokuments Nr. 31 “Ekoloģiskais caurplūdums ŪSD īstenošanā”). Ja hidromorfoloģiskā kvalitāte ir slikta (piemēram, mainīts hidroloģiskais režīms), nav iespējams sasniegt ŪSD galveno mērķi – nodrošināt labu ekoloģisko kvalitāti. Saskaņā ar ŪSD, pazemināta hidromorfoloģiskā kvalitāte var samazināt bioloģisko kvalitāti tikai no augstas uz labu. Ekoloģiskais caurplūdums kā hidroloģiskā režīma sastāvdaļa tiek iekļauts hidromorfoloģiskajā novērtējumā, kas ir svarīgi, lai noteiktu upes ar augstu ekoloģisko kvalitāti.

Saskaņā ar CIS vadlīnijām Nr. 31, katrai ES valstij ir jāizstrādā nacionālā metodoloģija ekoloģiskā caurplūduma noteikšanai. Ekoloģiskā caurplūduma noteikšanas metodoloģijai ir jākalpo kā skaidram pamatojumam ūdens izmantošanas regulēšanai un atļauju izsniegšanai. Šajā dokumentā aprakstīta piedāvātā metodoloģija ekoloģiskā caurplūduma noteikšanai Latvijā. Metodoloģiju var izmantot iestādes, kas iesaistītas ūdens resursu izmantošanas atļauju izsniegšanā, vides aizsardzības NVO un citas ieinteresētās puses.

2. ESOŠĀ SITUĀCIJA EKOLOĢISKĀ CAURPLŪDUMA NOTEIKŠANĀ

2.1. Likumdošana un prakse

Dažos Latvijas likumdošanas dokumentos saistībā ar hidroelektrostaciju (HES) izmantošanu un uzturēšanu minēts ekoloģiskais caurplūdums, bet tā būtība nav skaidri izprotama, jo šis caurplūdums definēts, izmantojot hidroloģiskos aprēķinus bez skaidra zinātniskā pamatojuma. Dažos no šiem noteikumiem (piemēram, MK noteikumos Nr. 736) teorētiski minēta arī ūdens ekosistēmu labklājība. Nosakot ekoloģiskā caurplūduma režīmu, jāņem vērā ne tikai ūdens daudzums, bet arī dinamika, ūdens līmeņa svārstības (CIS vadlīnijas Nr. 31). Straujas, periodiskas ūdens līmeņa svārstības (*hydropeaking*) upēs nodara tikpat lielu kaitējumu kā mākslīgi zems ūdens līmenis (nepietiekams ekoloģiskais caurplūdums). Šobrīd Latvijas likumdošanā nav iestrādāti noteikumi vai normas, kas regulētu pieļaujamo ūdens līmeņa svārstību amplitūdu leļpus HES aizsprosta.

Kopumā Latvijā nav skaidras ekoloģiskā caurplūduma definīcijas, un dažreiz tas tiek sajaukts ar minimālo garantēto caurplūdumu. MK noteikumos Nr. 329 ir teikts, ka leļpus pa straumi no hidrotehniskajām konstrukcijām nepieciešams nodrošināt ekoloģisko caurplūdumu, un tajā pašā laikā MK noteikumi Nr. 736 sniedz tādu pašu minimālā garantētā caurplūduma definīciju un norāda īpašus gadījumus, kad ir jānodrošina ekoloģiskais caurplūdums. Hidroelektrostacijas un hidroloģiskie parametri ir minēti trīs likumdošanas aktos Latvijā (MK noteikumi Nr. 736, MK noteikumi Nr. 1014, MK noteikumi Nr. 329 un Būvniecības standarts LBN 224-15), bet divos no trim MK noteikumiem nav instrukcijas ekoloģiskā caurplūduma aprēķināšanai. Šobrīd pieejamās instrukcijas ir neskaidras, piemēram: “*vasaras 30-dienu minimālas noteces perioda caurplūdums ar 50% varbūtību*” ir paredzēta zvejniecībai nozīmīgām ūdenstecēm. Pārējos gadījumos ekoloģiskais caurplūdums jānovērtē, pamatojoties uz ekspertu slēdzienu.

2.2. Esošās ekoloģiskā caurplūduma noteikšanas metodes

Caurplūduma režīmam ir liela loma ūdens ekosistēmu struktūrā un funkcijās (Poff un Zimmerman 2010). Saskaņā ar jaunākajiem ECOSTAT bioloģisko kvalitātes elementu interkalibrācijas ziņojumiem, Latvijā nav nevienas bioloģiskas metodes, kas būtu jutīga tieši pret ūdens līmeņa izmaiņām (ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanas metode pēc zivīm vairāk uzrāda eitrofikāciju), tāpēc ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanai un hidroloģiskās slodzes noteikšanai izšķiroša nozīme ir jaunu monitoringa metožu izstrādei.

Saskaņā ar ŪSD pamatprincipiem ūdensobjektu ekoloģiskā kvalitāte jānosaka, galvenokārt, vadoties pēc bioloģiskiem rādītājiem. Hidromorfoloģijai un fizikāli-ķīmiskajiem rādītājiem ir tikai papildinoša loma. Ūdensobjektu apsaimniekošanas kontekstā tas nozīmē, ka ar hidroloģiskajiem aprēķiniem vien nav iespējams noteikt ekoloģisko caurplūdumu, un papildus

ir jāizmanto bioloģiskie indeksi ar zināmu un statistiski ticamu atbildes reakciju uz hidroloģiskā režīma mākslīgām pārmaiņām.

Vēsturiski visbiežāk tika izmantotas salīdzinoši vienkāršas hidroloģiskas metodes, kas balstītas uz caurplūduma datiem (piemēram, vasaras mazūdens perioda vidējais caurplūdums), tomēr pēdējās desmitgadēs arvien populārākas kļūst hidrauliskās biotopu platību noteikšanas metodes. Šādas metodes tiek izmantotas, piemēram, ASV, Itālijā u.c. Hidrauliskās biotopu platību noteikšanas metodes imitē caurplūduma izmaiņu mijiedarbību ar biotu, kas nosaka biotopu izplatību.

Modeļos visbiežāk izmantotie bioindikatori caurplūduma svārstību radīto izmaiņu izvērtēšanai ir zivis. Rādītāji, kas ilgstoši tiek izmantoti virszemes ūdeņu monitoringā Latvijā (makrofīti un makrozoobentoss), ir mazāk jutīgi pret HES radītajām hidromorfoloģiskajām izmaiņām (Hering et al., 2006). Zivis ir labāks rādītājs, jo tās ir jutīgas ne tikai pret caurplūduma svārstībām, bet arī pret aizsprostu radītiem upes nepārtrauktības traucējumiem, kas ierobežo nārsta vietu pieejamību. Saskaņā ar ŪSD CIS vadlīniju dokumentu Nr. 31 “Ekoloģiskais caurplūdums ŪSD īstenošanā”, lai izpildītu visas ŪSD prasības, ekoloģiskais caurplūdums jāaprēķina, izmantojot hidrauliskās biotopu platību noteikšanas metodes.

Ir trīs plaši izmantoti biotopu simulācijas modeļi: PHABSIM, MesoHABSIM un HARPHA (Parasiewicz and Walker 2007). Visos trīs modeļos tiek izmantoti dati par hidromorfoloģiju un bioloģiju, lai izveidotu biotopu un caurplūduma mijiedarbības līknes. Latvijai izstrādātajā metodikā ir izmantots MesoHABSIM modelis, jo tas ir lietotājam draudzīgs un pārsvarā ir pieejami visi ievades dati.

MesoHABSIM modelī (*Mesohabitat Simulation Model*) tiek veikts upes novērtējums mezo-mērogā (līdz 100 metriem). Modelis iedala upi hidromorfoloģiskajās vienībās (*hydromorphologic units*). Hidromorfoloģiskā vienība ir nodalīts upes posms, kurā ir līdzīgi vides apstākļi. Katrā vienībā heterogēnās vietās tiek veikti vismaz septiņi punktveida mērījumi (straumes ātruma, upes dziļuma mērījumi un substrāta noteikšana). MesoHABSIM izmanto daudzfaktoru biotopu analīzes kritērijus. Pašlaik MesoHABSIM ir viena no populārākajām ekoloģiskā caurplūduma aprēķināšanas metodēm Eiropā un ar modeli iegūtie rezultāti pilnībā atbilst ŪSD izvirzītajām prasībām.

3. MESOHABSIM MODELIS KĀ EKOLOĢISKĀ CAURPLŪDUMA NOVĒRTĒŠANAS INSTRUMENTS

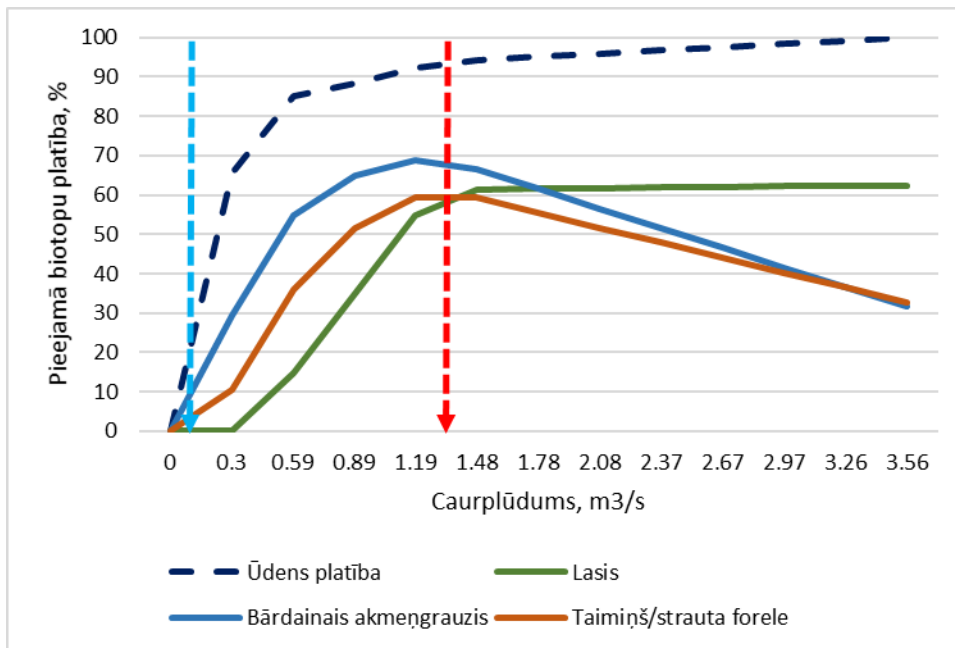
Izmantojot vidēja mēroga jeb mezo-mēroga biotopu simulācijas modeli MesoHABSIM, ir iespējams prognozēt upju faunas reakciju uz izmaiņām biotopos. Ar biotopu šeit tiek domāts neliels upes posms (100 - 500 m), kurā tiek veikti hidromorfoloģiskie mērījumi, tas ne vienmēr atbilst ES nozīmes biotopam 3260. Upes abiotisko parametru mainība (dziļuma, straumes ātruma un upes ūdens virsmas izmaiņas), kas rodas caurplūduma svārstību ietekmē, un biotas

reakcijas uz šīm izmaiņām (piemēram, atsevišķu zivju sugu neesamība pārāk seklā vai stāvošā ūdenī), ir pamats upes ekosistēmas izmaiņu ietekmes simulēšanai. Simulācijas rezultāti kalpo kā pamatojums apsaimniekošanas pasākumu izvēlē, īpaši ekoloģiskā caurplūduma noteikšanā.

Biotopu tipus mezo-mērogā nosaka pēc to **hidromorfoloģiskajām vienībām (HV)**, piemēram, iedzelmēm, straujtecēm un krācēm. Biotopu tipi tiek kartēti upes parauglaukumos pie atšķirīgiem, vismaz četriem, caurplūdumiem.

Dati par zivju sugām tiek izmantoti, lai veidotu zivju sugu izplatības modeli, kas parāda, vai suga ir sastopama katrā konkrētajā ģeomorfoloģiskajā vienībā, kā arī raksturo sugas blīvumu teritorijā. Šie dati ir pamatā matemātiskiem modeļiem, kuri parāda zivīm piemērotākos biotopus un to izplatību.

Biotopu un caurplūduma mijiedarbības līknes atspoguļo izmaiņas zivīm piemērotajos biotopos atkarībā no caurplūduma izmaiņām (1. attēls). Mijiedarbības līknes ir noderīgas, lai novērtētu upes (vai upes posma) piemērotību dažādām zivju sugām.

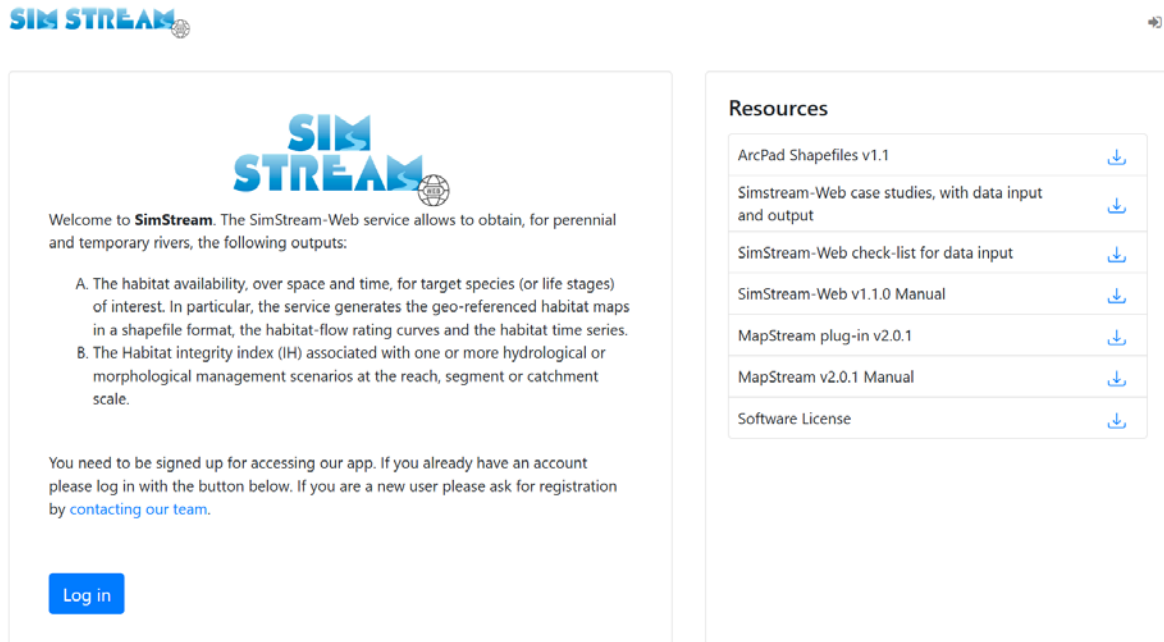


1. attēls. Biotopu pieejamības līkne Aģes upei lejpus Aģes HES (sarkanā bultiņa – optimālais ekoloģiskais caurplūdums, zilā bultiņa – ekoloģiskais caurplūdums ūdens resursu lietošanas atļaujā)

4. EKOLOĢISKĀ CAURPLŪDUMA APRĒĶINĀŠANAS METODES

4.1. Modelī izmantotie dati

Novērtējot ekoloģisko caurplūdumu, biotopu simulācijai tiek izmantots tiešsaistes rīks SimStream vai MS Excel programma. Rīks izstrādāts projekta LIFE GoodWater IP ietvaros un brīvi pieejams mājaslapā: <https://mesohabsim.isprambiente.it/app/home/>.



2. attēls. SimStream tiešsaistes rīks

Šajā rīkā kā ievades dati nepieciešama dažāda informācija:

- zivju modelis,
- hidromorfoloģiskie dati (HV, substrāts, upes dziļums un platums)
- hidroloģiskie dati (caurplūdums, straumes ātrums).

4.1.1. Zivju modelis

Zivju modelis ir izstrādāts, izmantojot lauka apsekojumus vai literatūras avotos iegūtus datus par zivju telpisko izplatību. Tas ir vienkāršots matemātisks modelis, lai novērtētu biotopu piemērotību dažādām zivju sugām (1. tabula).

Zivju modelī ir iekļauti dati par upes dziļumu, straumes ātrumu, upes gultnes substrātu un zivju patvērumu pieejamību (piemēram, koku saknes, erodēti krasti, laukakmeņi, iegremdēta veģetācija), un novērtē, kā uzskaitītie parametri ietekmē zivju sugu sastopamību dažādās HV. Zivju modelis ir izveidots konkrētām zivju sugām divās vecuma grupās (pieaugušie un mazuļi), un tos pielāgo, lai vērtētu konkrētas zivju sugas potenciālo klātbūtni konkrētā upes posmā. Tie rāda, vai ģeomorfoloģiskajā vienībā sastopami tikai daži sugas pārstāvji, vai

vērojams augsts sugas blīvums. Pavīķes (*Alburnoides bipunctatus*) modeļa piemērs parādīts 1. tabulā.

1. tabula.

ĢV piemērotības Pavīķei (*Alburnoides bipunctatus*) modelēšana upes posmā.

<i>Alburnoides bipunctatus</i> PIEAUGUŠIE Sastopamība	<i>Alburnoides bipunctatus</i> PIEAUGUŠIE Augsts blīvums
JA (dziļums) [D30_45+D45_60+D60_75+D75_90+D90_105+D105_120+D120_135+D135_D150]>0,4	JA (dziļums) [D60_75+D75_90+D90_105+D105_120+D120_135+D135_D150]>0,4
UN (straumes ātrums) [CV15_30+CV30_45+CV45_60+CV60_75+CV75_90+CV90_105]>0,3	UN (straumes ātrums) [CV30_45+CV45_60+CV60_75+CV75_90]>0,4
UN (substrāts) [mikrolitāls + grants + smilts]>0,3	UN (substrāts) [mikrolitāls + grants + smilts]>0,4

4.1.2. Hidromorfoloģisko vienību kartes

Hidromorfoloģiskās vienības tiek kartētas lauka apsekojumos, vismaz četros atšķirīgos caurplūduma apstākļos (mazūdens perioda minimālais, vidējais, maksimālais caurplūdums un gada vidējais caurplūdums), kas sniedz iespēju noteikt ekoloģiskā caurplūduma režīmu.

Pirms lauka darbu sākšanas vēlams veikt priekšizpēti, lai izvairītos no bebru darbības ietekmētiem upju posmiem. Arī lieli koku sanesumi var ietekmēt modelēšanas rezultātus.

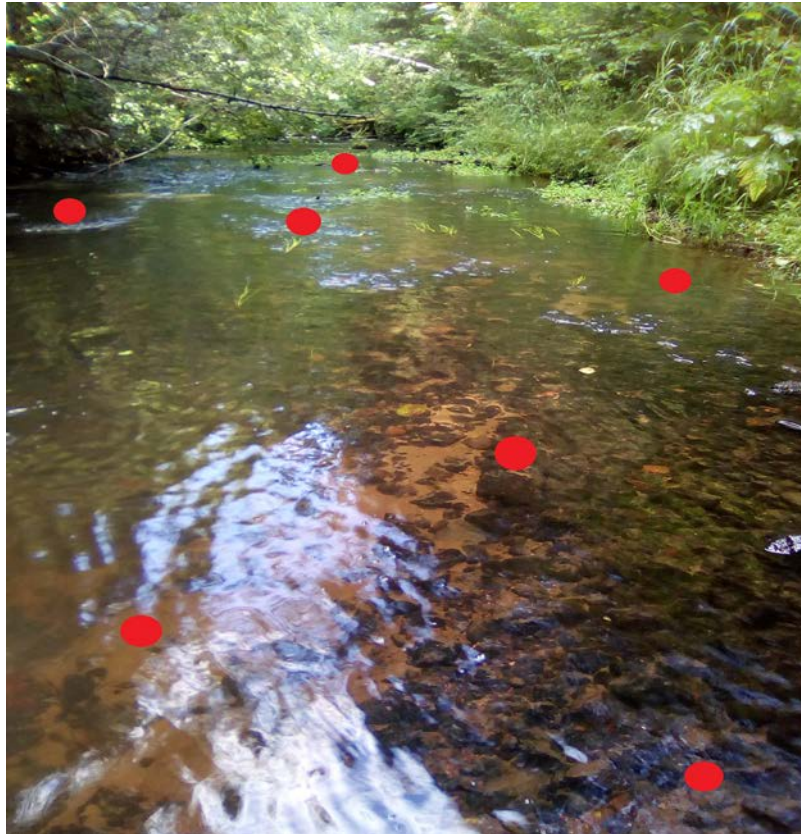
HV tiek kartētas četras reizes, izmantojot programmatūru, ar kuru lauka apstākļos var uzzīmēt upes kontūru. Hidromorfoloģisko vienību kartēšanai var izmantot jebkuru programmu, kas dod iespēju uzmērīt poligonus un sagatavot apveidfailus (*shapefile*).

LVĢMC upes kartēšanu veic, izmantojot lauka darba datoru ar uzinstalētu ESRI ArcPad programmatūru. ArcPad rīks sniedz iespēju iegūt lauka mērījumus uz vietas upē un saglabāt tos piemērotos formātos (kā apveidfailus) modelēšanai ar *Sim-Stream*. Kartēšanai nepieciešami vismaz divi cilvēki: viens stāv pie datora un zīmē HV (piemēram, straujtecī), bet otrs ar prizmu/ statīvu pārvietojas pa upi un norāda konkrētās straujtes robežas (3. attēls). Papildus upes uzmērīšanai trešais cilvēks veic punktveida mērījumus (straumes ātrums u.c.), kurus pieraksta lauka protokolā. Ja upes dziļums pārsniedz 1 m, punktveida mērījumus veic, izmantojot laivu.



3. attēls. Lauka mērījumu piemērs Cieceres upē

Modelēšanas nolūkiem upe tiek sadalīta hidromorfoloģiskajās vienībās – straujtecēs, lēntecēs un citās formās ar līdzīgiem abiotiskajiem apstākļiem. Katrā šajā HV, kuras lielums ir vismaz 2 m^2 , tiek veikti vismaz 7 punktveida mērījumi: straumes ātrums, upes dziļums un gultnes substrāts. Šie mērījumi tiek veikti pēc iespējas dažādās vietās, lai pēc iespējas labāk raksturotu katru konkrēto upes posmu (4. attēls). Piemēram, ja dominējošais substrāts ir smilts, tad vismaz 4 mērījumiem jābūt smilšainā substrātā. Atkarībā no upes, vēlams uzmērīt vismaz 10 hidromorfoloģiskās vienības. Potamālās upēs drīkst uzmērīt mazāku ģeomorfoloģisko vienību skaitu, jo šīm upēm ir mazs kritums un lēnteces var aizņemt ļoti garus upes posmus.



4. attēls. Punktteida mērijumu vietu piemērs Vankas upes HV – straujtecē

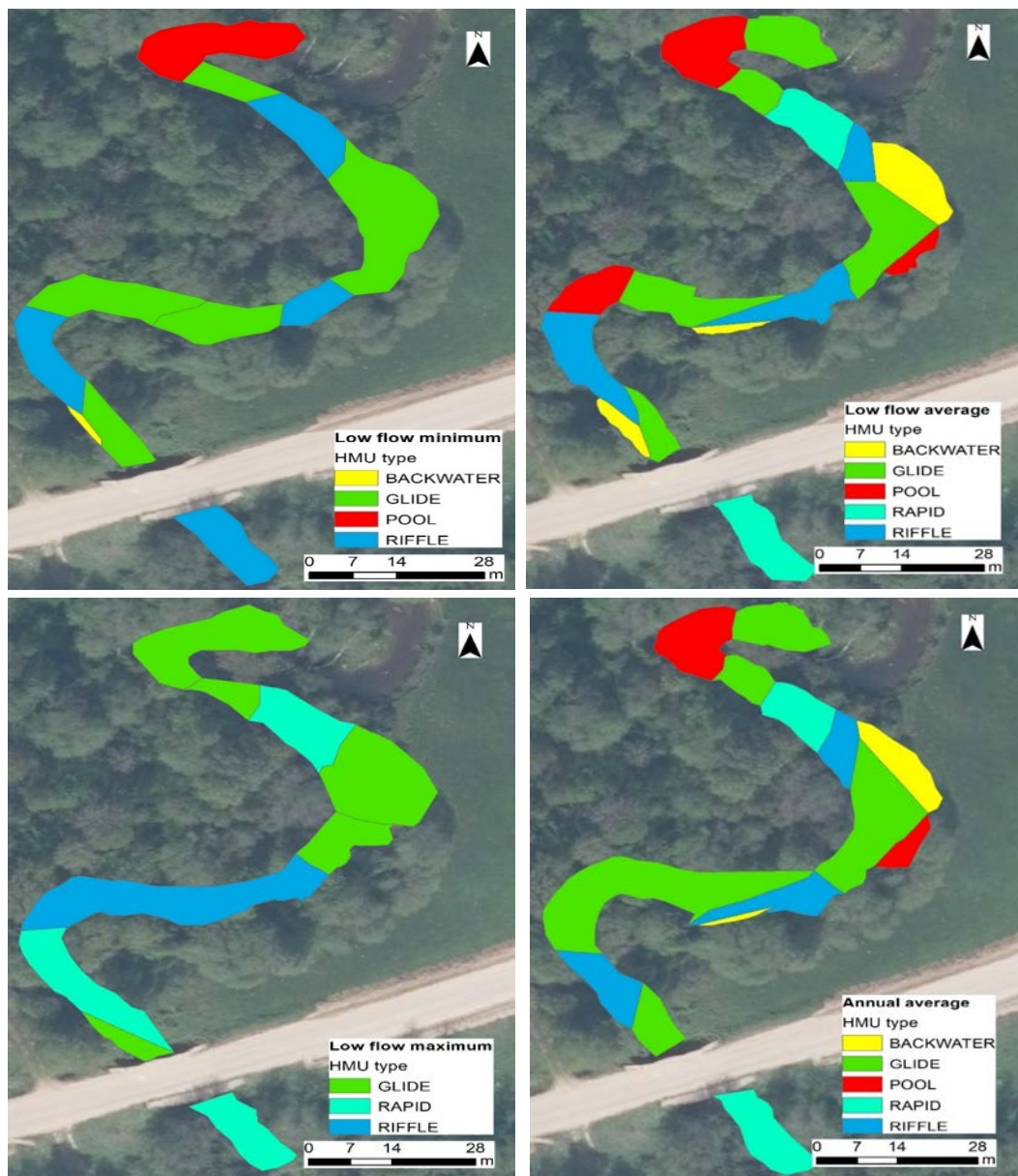
Paralēli upes platības un punktteida mērijumiem tiek aizpildīta arī tabula, par upes pazīmēm katrai hidromorfoloģiskajai vienībai. Tiek fiksēts noēnojums, makrofītu veģetācija, upē iekrituši koki u.c. Pēc lauka darbiem tiek izveidotas divas tabulas: punktteida mērijumu tabula *txt formātā un upes dabisko pazīmju tabula katrai ģeomorfoloģiskajai vienībai (piemēram, lielu akmeņu, noēnojuma, iegrimušo ūdensaugu klātbūtnē) apveidfailu formātā (5. attēls).

CIECERE2_01_11_2018_Q195.bt - Notepad					
File	Edit	Format	View	Help	
HMU_NUM	HMU_TYPE	PNTNUM	DEPTH	VELOCITY	SUBSTRATE
1	BACKWATER	1	0.41	0.001	PELAL
1	BACKWATER	2	0.22	0.001	PELAL
1	BACKWATER	3	0.27	0.001	AKAL
1	BACKWATER	4	0.37	0.001	PSAMMAL
1	BACKWATER	5	0.22	0.001	PSAMMAL
2	GLIDE	1	0.65	0.079	PSAMMAL
2	GLIDE	2	1.10	0.082	PELAL
2	GLIDE	3	1.09	0.185	AKAL
2	GLIDE	4	1.66	0.085	MESOLITHAL
2	GLIDE	5	0.97	0.125	AKAL
2	GLIDE	6	0.98	0.19	PSAMMAL
2	GLIDE	7	1.09	0.185	AKAL
3	POOL	1	0.87	0.029	MICROLITHAL
3	POOL	2	1.07	0.059	PSAMMAL
3	POOL	3	0.74	0.001	AKAL
3	POOL	4	0.87	0.029	PSAMMAL
3	POOL	5	1.07	0.059	PSAMMAL
3	POOL	6	0.74	0.001	AKAL
-3	POOL	7	0.71	0.021	MICROLITHAL

VANKA2_25_07_2017_Q0170 :: Features total: 12, filtered: 12, selected: 0					
HMU_NUM	HMU_TYPE	CONNECTIV	BOULDER	CANOP_SHAD	
1	0 ARTIF_ELEM	False	False	False	
2	1 RIFFLE	False	True	True	
3	2 GLIDE	False	True	True	
4	3 SEC_CHAN	False	False	True	
5	4 RIFFLE	False	True	True	
6	5 POOL	False	False	True	
7	6 POOL	False	False	True	
8	7 POOL	False	True	True	
9	8 RIFFLE	False	True	True	

5. attēls. Atribūtu tabulu piemēri

Hidromorfoloģisko vienību kartēšanas piemērs parādīts 6. attēlā.



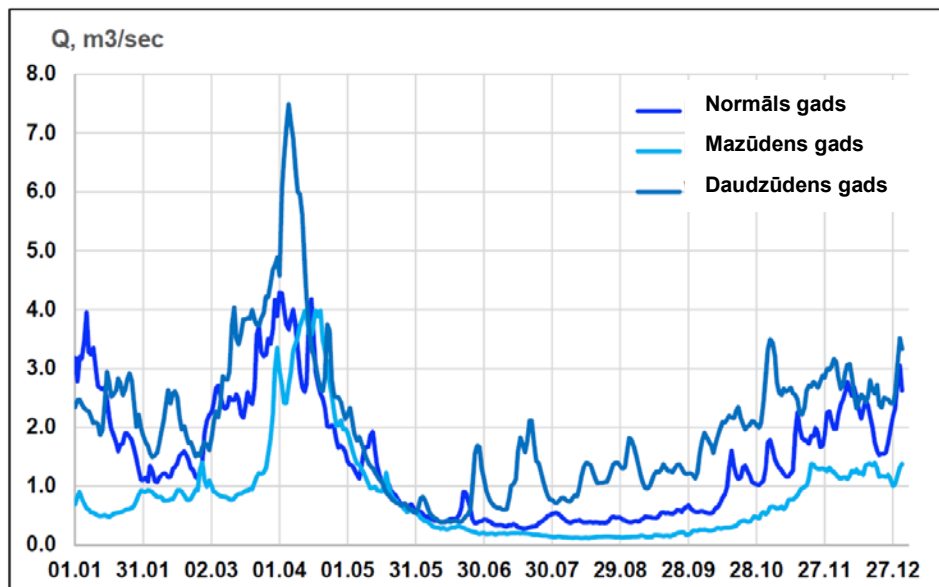
6. attēls. Hidromorfoloģisko vienību karte Mergupei, lejpus Krīgaļu HES dažādos caurplūduma apstākļos (backwater-sānu plūsma, glide – lēniece, pool-iedzelve, riffle-straujtece, rapid-krāce)

4.1.3. Noteces datu rindas

Hidroloģisko simulāciju veikšanai tiek izmantoti ikdienas caurplūduma dati par dabisko (references) un pārveidoto hidroloģisko režīmu.

Dabiskos apstākļus reprezentē dati no monitoringa stacijas augšup pa straumi no HES, vai arī aprēķināti/modelēti dati, izmantojot datus no līdzīgas upes ar neizmainītiem hidroloģiskajiem apstākļiem.

Diennakts vidējo caurplūdumu datu sērija ir jāizveido gan daudzūdens, gan mazūdens, gan normālam hidroloģiskajam gadam, lai izvērtētu piemēroto biotopu platības pie atšķirīgiem hidroloģiskajiem apstākļiem. Piemērs caurplūduma atšķirībām dažādos hidroloģiskajos gados redzams 7. attēlā.

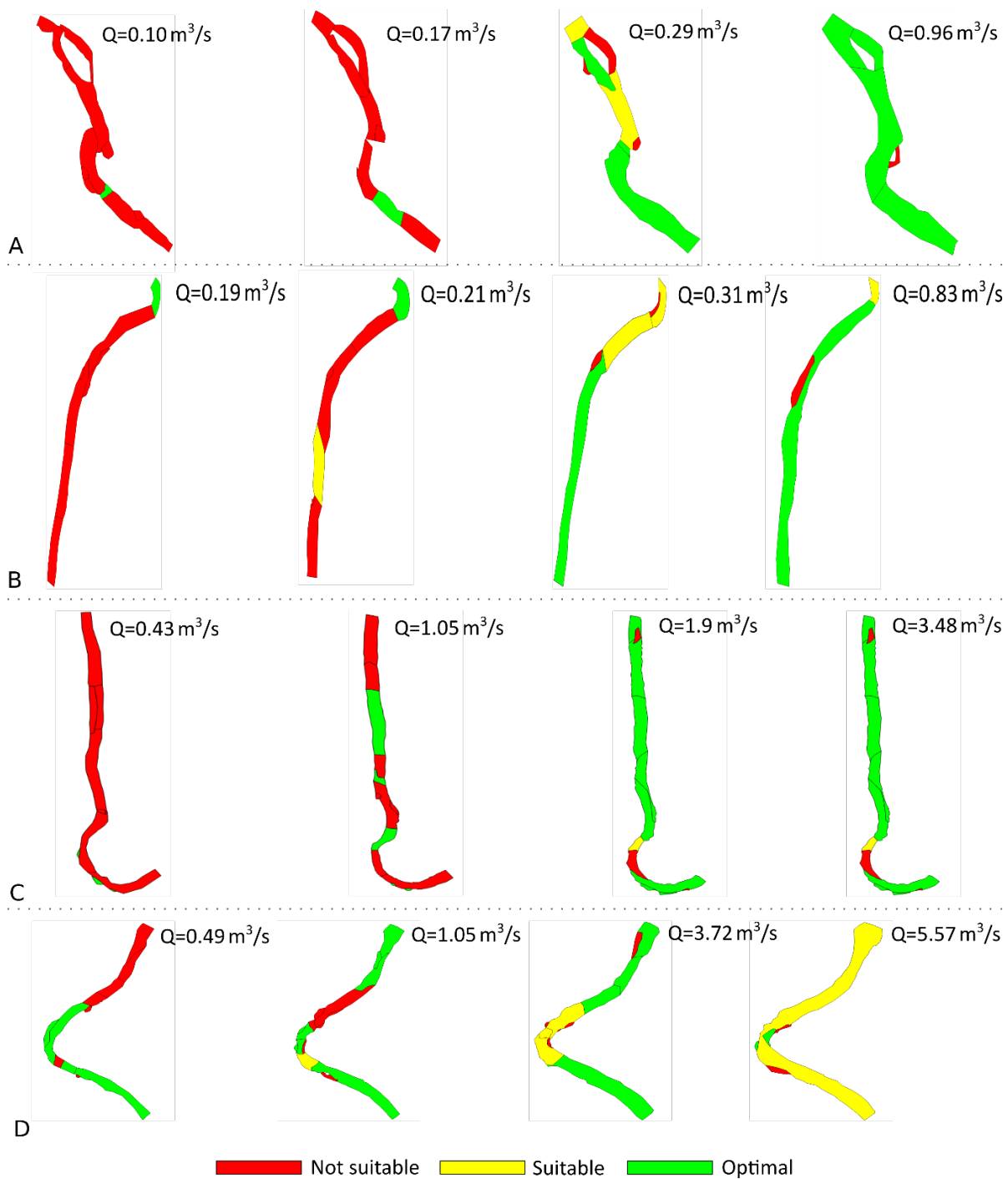


7. attēls. Izmaiņas Bērzes upes caurplūdumā daudzūdens, mazūdens un normālā hidroloģiskajā gadā.

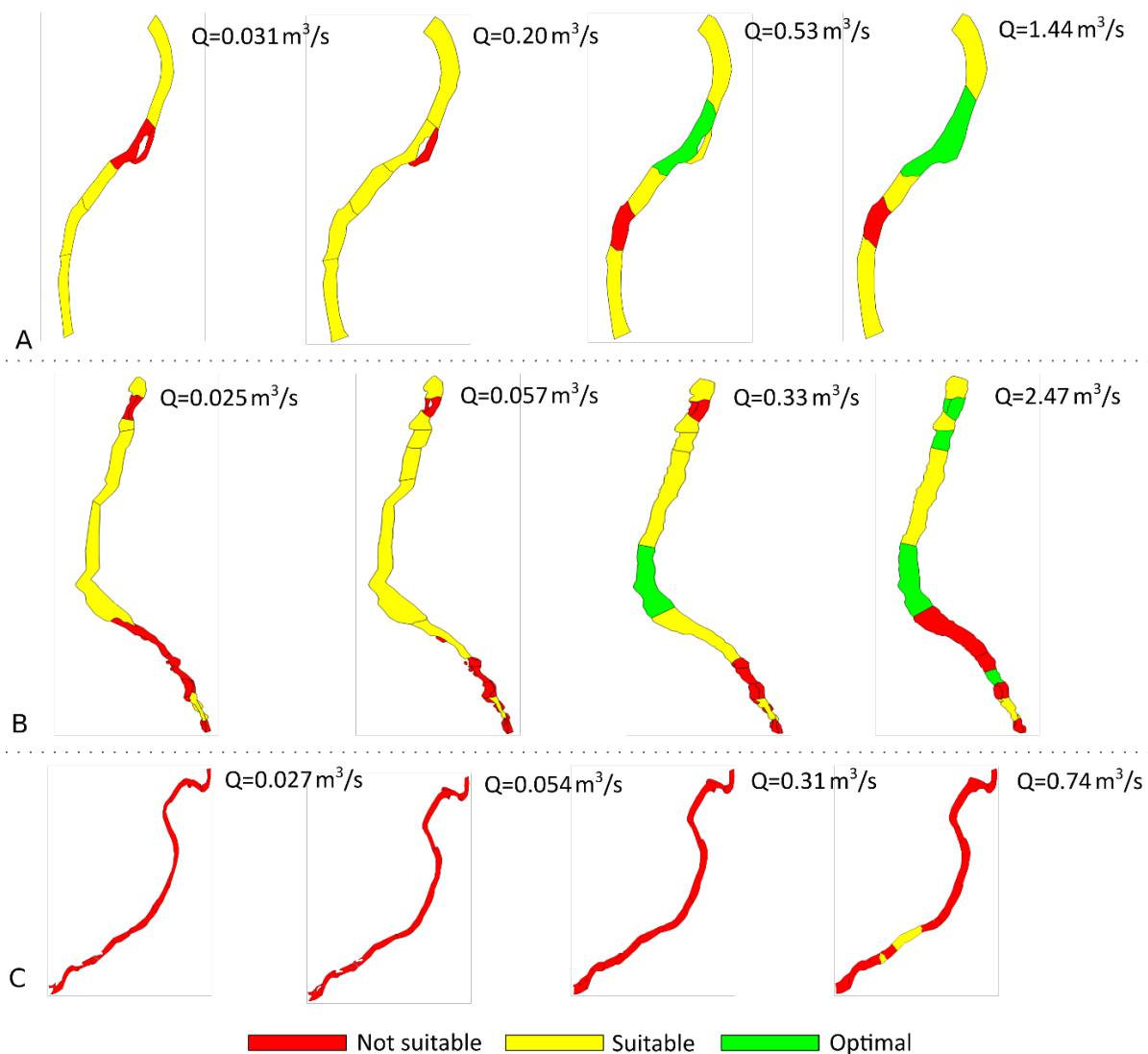
4.2. Modelēšana

4.2.1. Modelēšanas rezultāti

Sim-Stream ir brīvpieejas datorprogramma, kas darbojas QuantumGIS un atbalsta biotopu simulācijas modeļa lietošanu. *Sim-Stream* sniedz iespēju izvērtēt aptākļu un pazīmju kopumu upē, kas ir svarīgi ūdens biotas labklājībai, aprēķina piemērotā biotopa platību, un sniedz ieskatu apsekotā upes posma ekoloģiskajā statusā. Programma analizē hidromorfoloģiskos datus un informāciju par zivju sastopamību, modelējot apstākļu piemērotību ūdens faunai - biotopu kvalitātes un platību izmaiņas, reaģējot uz caurplūduma vai upes morfoloģijas izmaiņām. Modelēšanas rezultātā tiek iegūtas kartes, grafiki un indeksi. HV sadalījums mainās atkarībā no caurplūduma, tāpēc biotopi izvēlētajos upes posmos tiek kartēti dažādos caurplūduma apstākļos. 8a un 8b attēlos var redzēt, ka lašveidīgo un karpveidīgo zivju upēm ir dažādas biotopu pieejamības tendences. Karpveidīgo zivju upēm biotopu pieejamība ir salīdzinoši augsta pat pie zemiem caurplūdumiem, bet lašveidīgo zivju upēm biotopu pieejamība izteikti pieaug līdz ar caurplūduma palielināšanos.



8a. attēls. Lasim *Salmo salar* pieejamā biotopu platība pie dažādiem caurplūdumiem Vanka – Ēdoles HES (A), Ēda – Šķēdes HES (B), Ciecere – Pakuļu HES (C), Vaidava – Grūbes HES (D)



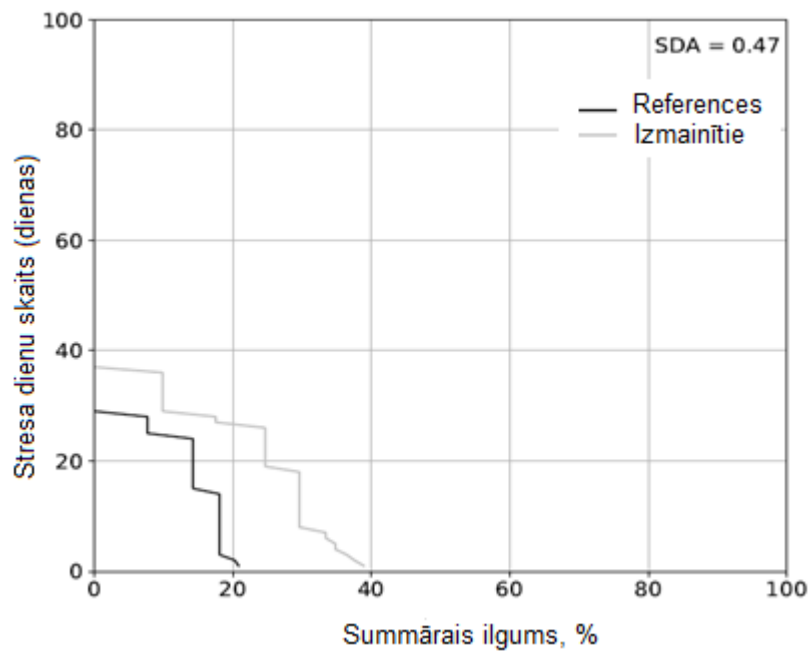
8b. attēls. Sapalam *Squalius cephalus* pieejamā biotopu platība pie dažādiem caurplūdumiem Bērze – Bikstu-Palejas HES (A), Īsīce – Rundāles HES (B), Auce – Bēne HES (C)

Biotopu un caurplūduma mijiedarbības līkne (1. attēls) tiek veidota visām vērtējumā nozīmīgajām zivju sugām un, balstoties uz to, tiek noteikts ekoloģiskais caurplūdums. Karpveidīgajām un lašveidīgajām zivīm šīs līknes atšķiras.

Biotopu platību izmaiņas laikā redzamas 9. attēlā. Šie modelēšanas rezultāti ļauj aprēķināt “stresa dienu” skaitu katrai zivju sugai (10. attēls), kurās sugai piemēroto biotopu platība ir mazāka par minimālo nepieciešamo (ar varbūtību > 97%).



9. attēls. Akmeņgrauzim (*Barbatulus sp.*) piemēroto biotopu platību izmaiņas laikā dabiskos un izmainītos apstākļos, Īslīces upē, lejpus Rundāles HES.

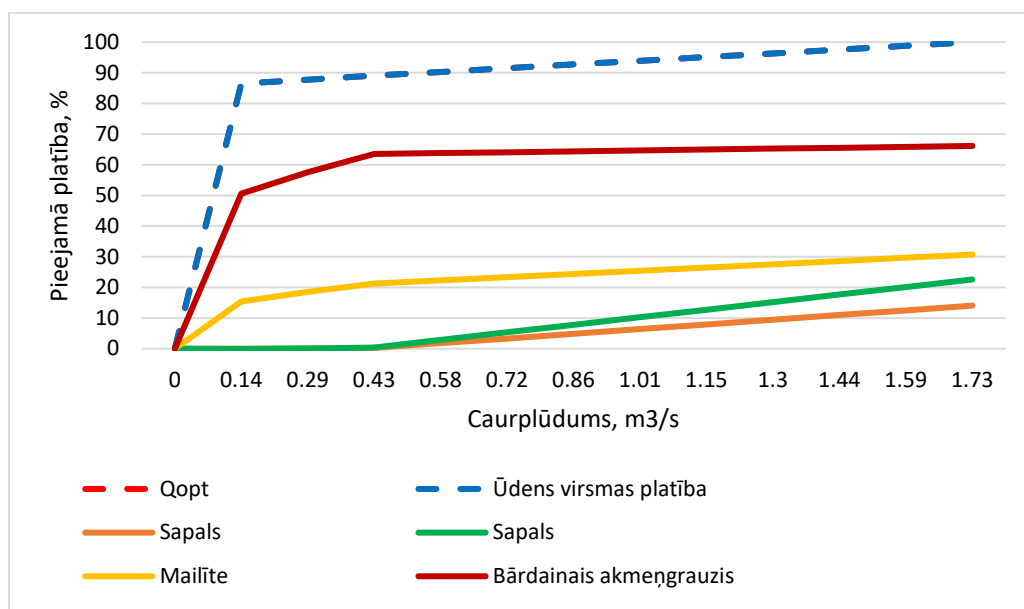


10. attēls. Pieauguša baltā sapala (*Leuciscus leuciscus*) summārais “stresa dienu” ilgums references (dabiskos) un izmainītos apstākļos Īslīces upē, lejpus Rundāles HES.

Lai noteiktu ekoloģisko caurplūdumu modelētajos upju posmos, par pamatu jāizvēlas optimālais caurplūdums (turpmāk - $Q_{OPTIMUM}$). $Q_{OPTIMUM}$ ir caurplūdums, pie kura sugai piemērotā biotopa platība sasniedz maksimumu (vai arī turpina palielināties tikai atkarībā no ūdens virsmas laukuma).

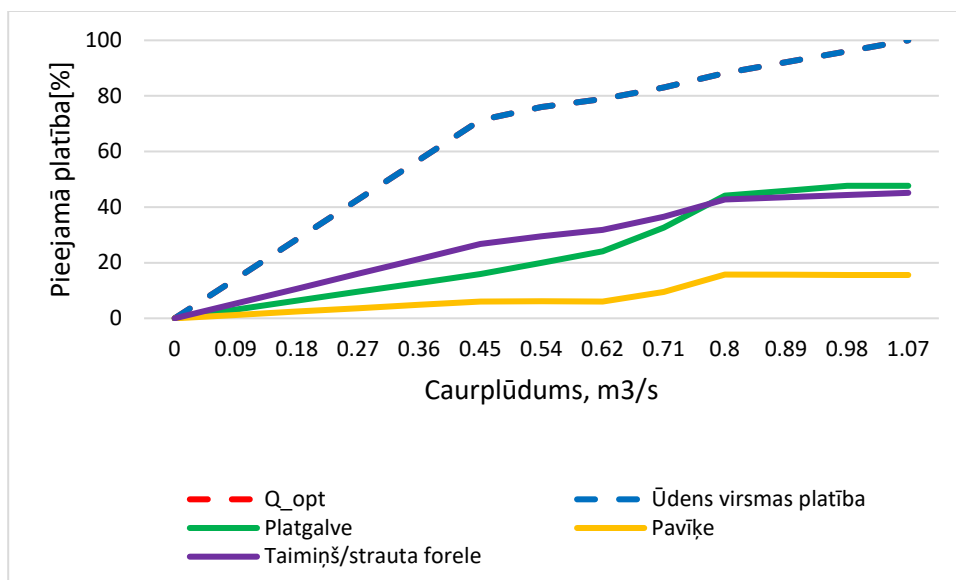
$Q_{OPTIMUM}$ nosaka, izmantojot modelētu attiecību starp noteci un zivju sugai piemērotu biotopu platību. $Q_{OPTIMUM}$ vērtības starp dažādām sugām, kā arī vienas sugas pieaugušajiem īpatņiem un mazuļiem var atšķirties. Veicot LVĢMC apsekoto upju datu analīzi, tika secināts, ka biotopu pieejamības līknes atšķiras starp upēm, kurās dzīvo lašveidīgās (pārsvarā ritrālas upes) un karpveidīgās (pārsvarā potamālas) upes.

Karpveidīgo zivju ūdeņiem raksturīgā situācija parādīta 11. attēlā, kur novērojams, ka maksimālā zivīm pieejamā platība ir tuvu mazūdens perioda maksimālajam caurplūdamam.



11. attēls. Biotopu un caurplūduma mijiedarbības līkne Aucē, lejpus Bēnes HES

Lašveidīgajām zivīm raksturīgā situācija parādīta 12. attēlā, kur novērojams, ka maksimālā zivīm pieejamā platība ir tuvu gada vidējam caurplūdamam.



12. attēls. Biotopu un caurplūduma mijiedarbības līkne Mergupē, lejpus Krīgaļu HES

4.2.2. Ekoloģiskā caurplūduma noteikšana

Maksimālā piemēroto biotopu platība un ar to saistītā ūdens notece (11. un 12. attēls) ir izšķirošas vērtības ekoloģiskā caurplūduma noteikšanā.

Ņemot vērā pastāvošās attiecības starp biotopu pieejamību un ūdens ekoloģisko kvalitāti, var secināt, ka 60% no **Q_{OPTIMUM}** ir pietiekama vērtība zivju faunas klātbūtnei un attīstībai nārsta un augšanas periodā (oktobra vidus - jūnijs). Pārējo gada laiku 30% no **Q_{OPTIMUM}** ir nepieciešams, lai aizsargātu ūdens biotu un nodrošinātu vismaz labu ekoloģisko statusu.

Galvenie soļi ekoloģiskā caurplūduma noteikšanā:

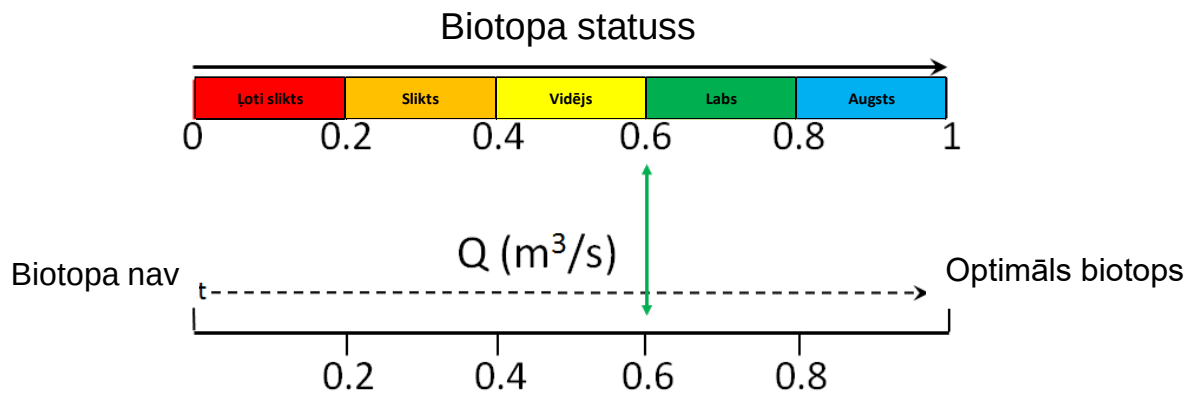
1. Vēsturisko un aktuālo caurplūduma datu ievākšana dabiskos un izmainītos apstākļos;
2. Datu ievākšana par zivju bioloģisko daudzveidību, lai noteiktu modelējamās zivju sugas;
3. Lauka mērījumu veikšana un biotopu kartēšana vismaz 100 m garā posmā lejpus HES, izmantojot *Biotopu apsekojumu veidlapu* un *HV sarakstu*;
4. Biotopu modelēšana ar *Sim-Stream* vai līdzvērtīgu datorprogrammu;
5. **Q_{OPTIMUM}** noteikšana, izmantojot biotopu un caurplūduma mijiedarbības līkni;
6. Ekoloģiskā caurplūduma vērtību aprēķināšana.

4.3. Ekoloģiskā caurplūduma aprēķināšanas vienkāršošana

Metodiku var izstrādāt, ja ekoloģisko caurplūdumu iespējams aprēķināt, pamatojoties uz mainīgajiem lielumiem, kas raksturo upes gada noteci. Ir nepieciešama statistiski pamatota

sakarība starp ekoloģisko caurplūdumu un gada noteces rādītājiem, lai ekoloģiskā caurplūduma novērtējuma rezultātus pētāmajos upju posmos varētu ekstrapolēt uz citiem upju posmiem leļpus HES.

Ja biotopa stāvokli raksturo skaitļi no 0 līdz 1 (nulle norāda sliktu stāvokli, un viens – izcilu), šo intervālu var sadalīt 5 vienādos starpintervālos jeb klasēs (14. attēls). Šāda klasifikācija ir pieņemta saskaņā ar Ūdens struktūrdirektīvu, un tā tiek izmantota ūdensobjektu ekoloģiskā stāvokļa novērtēšanā, pamatojoties uz bioloģiskajiem kvalitātes elementiem. Biotopu platība ir atkarīga no caurplūduma, tāpēc, lai nodrošinātu zemākās zivju labklājībai nepieciešamās prasības, ir nepieciešams nodrošināt vismaz **0,6** (60%) no optimālā caurplūduma (14. attēls).



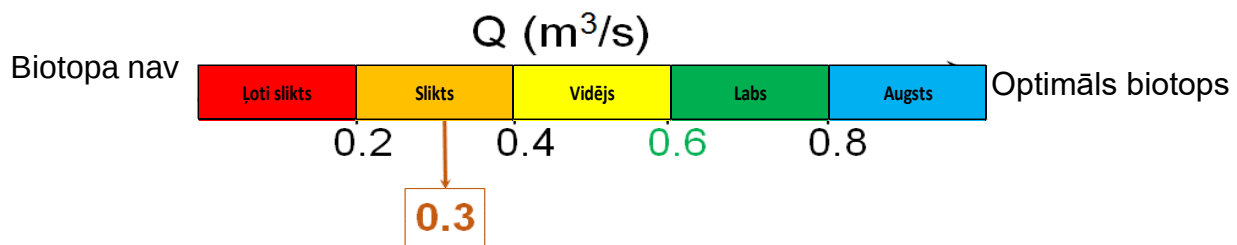
14. attēls. Shematiskis attēlojums, kā tiek noteikts caurplūdums, kas nodrošinātu zemākās zivju labklājībai nepieciešamās prasības.

Robeža starp labu un vidēju ekoloģisko kvalitāti jeb 0,6 no optimālā caurplūduma (turpmāk - $Q_{OPTIMUM} \cdot 0,6$) tika aprēķināta pētītajās upēs un salīdzināta ar dažādiem hidroloģiskajiem rādītājiem, kas aprēķināti, izmantojot ilglaicīgo hidroloģisko novērojumu datus pirms HES būvniecības. Tika noteikts, ka modelētās $Q_{OPTIMUM} \cdot 0,6$ vērtības ir līdzīgas ziemas 30 mazūdens dienu minimālā caurplūduma mediānai.

Upju dabiskajam hidroloģiskajam režīmam ir raksturīgas sezonālas svārstības. Vasaras mazūdens periods ir dabiska parādība, vietējās sugas ir attīstījušās tā ietekmē un pielāgojušās. Caurplūdums vasaras periodā (no ~ jūnija vidus līdz oktobra vidum) dabiski ir zemāks nekā nārsta sezonā (no ~ aprīļa līdz jūnija vidus karpu dzimtas zivīm un ~ oktobra vidus līdz novembra vidum lašveidīgajām zivīm) un ziemošanas periodā, kas lašveidīgajām zivīm ir arī mazuļu augšanas periods (no ~ decembra līdz aprīlim). Modelēšanas rezultāti rāda, ka mazāka izmēra zivju sugām un zivju mazuļiem optimālais caurplūdums ir zemāks kā lielākām un pieaugušām zivīm. Tādējādi, mazūdens periodam un pārējai gada daļai ir jānosaka atšķirīgas ekoloģiskā caurplūduma vērtības.

Vasaras mazūdens periodam ir raksturīgs mazāks caurplūdums nekā ziemas mazūdens periodam, un tas var ievērojami atšķirties no optimālā caurplūduma daudzām zivju sugām.

Šādi apstākļi var nebūt labvēlīgi, tomēr pieaugušas zivis spēj tos pārciest un izdzīvot. Ja apstākļi būtu ļoti nelabvēlīgi, zivis ietu bojā. Balstoties uz biotopa stāvokļa sadalīšanu klasēs jeb intervālos, lai reprezentētu vasaras caurplūduma zemāko pieļaujamo robežu, tika izvēlēts slikta biotopa klases (0,2 – 0,4) viduspunkts $Q_{OPTIMUM} * 0,3$ (15. attēls).



15. attēls. Vasaras perioda zemākā pieļaujamā caurplūduma noteikšanas shematisks attēlojums.

Pētīto upju posmu modelēšanas rezultāti rāda, ka HES negatīvās ietekmes mazināšanai jāizmanto atšķirīgas ekoloģiskā caurplūduma vērtības, atkarībā no hidroloģiskās sezonas (mazūdens perioda un pārējā gada laika).

Ekoloģiskā caurplūduma režīms lašveidīgo zivju ūdeņiem ir jāaprēķina kā $0,3 * Q_{gada_vid}$ un $0,6 * Q_{gada_vid}$.

Ekoloģiskā caurplūduma režīms karpveidīgo zivju ūdeņiem ir jāaprēķina kā $0,3 * Q_{mazūdens_max}$ un $0,6 * Q_{mazūdens_max}$.

Ja nav iespējams veikt lauka mērījumus, tad ekoloģiskā caurplūduma režīmu var noteikt, izmantojot datus par ikdienas caurplūdumu. Lai izvairītos no klimata pārmaiņu ietekmes, hidroloģisko datu rindām ir jāsākas pēc 1990.gada.

Daudzūdens sezonā ir svarīgi nodrošināt augstāku ekoloģisko caurplūdumu, jo vēls rudens, ziema un pavasaris ir kritisks periods zivīm. Zivis ir aukstasiņu dzīvnieki, pēkšņas ūdens temperatūras izmaiņas, pazemināta temperatūra un ledus sega tām rada stresu. Īpaši svarīgi ir nodrošināt zivju labklājībai nepieciešamās prasības nārsta sezonā. Biotopu platības samazināšanās kādā no šiem periodiem zivīm var izraisīt ievērojamu stresu un traucēt to vairošanos.

Šobrīd HES pārvaldībā kā minimālais caurplūdums ir noteikts garantētais caurplūdums (vasaras-rudens 30-dienų minimālas noteces perioda caurplūdums ar 95% vai 80% varbūtībām). Salīdzinot zivīm piemērotas biotopu platības vasaras un ziemas periodos attiecībā pret ekoloģisko caurplūdumu un garantēto caurplūdumu, ir skaidri redzams, ka garantētais caurplūdums nodrošina zivīm ļoti mazas piemērotu biotopu platības. Var secināt,

ka pašreizējo garantēto caurplūdumu nevar uzskatīt par videi draudzīgu un ilgtspējīgu, un tas ir jāmaina.

Ekoloģiskā caurplūduma aprēķināšanas metodikas saīsinātā versija atrodama 1. pielikumā.

5. Metodikas praktiskā pielietošana

1. Nepieciešams apkopot informāciju par visām HES, kas darbojas Latvijā. Šajā informācijā jāiekļauj gan ūdens izmantošanas atļauju prasības, gan dati par HES aprīkojumu un darbības režīmu, gan arī informāciju par upes tipu, tās zivju faunu un citiem vides datiem. Iespēju robežās būtu vēlams pievienot arī informāciju par makrozoobentosu, kas ir gan barība zivīm, gan atsevišķas sugas ir jutīgas pret ūdens līmeņa izmaiņām.
2. Izstrādāt metodi visu HES uzskaitīšanai prioritārā secībā ekoloģiskā caurplūduma aprēķināšanai. Svarīgākie kritēriji saraksta veidošanai ir ūdens izmantošanas atļauju prasības, upju kvalitāte lejpus HES un zivju populāciju labklājība lejpus HES. Vēlams visas HES sadalīt aptuveni trīs grupās, vadoties pēc noteicošām pazīmēm.
3. Veikt ekoloģiskā caurplūduma aprēķināšanu. Tām HES, kurām raksturīga lielākā negatīvā ietekme, ekoloģisko caurplūdumu nepieciešams aprēķināt, izmantojot MesoHABSIM modeli. HES ar vidēju negatīvo ietekmi iespējams izmantot vienkāršotu metodi, savukārt HES ar minimālu negatīvo ietekmi (piemēram tām, kas atrodas augšup pa straumi no cita HES) var izmantot ļoti vienkāršus hidroloģiskos aprēķinus.

ATSAUCES

Kopīgā ieviešanas stratēģija Nr. 31 “Ekoloģiskais curplūdums Ūdens Struktūrdirektīvas ietvaros”, EK Tehniskais ziņojums – 2015 - 086.

ECOFLOW Projektā izstrādātie materiāli, 2017-2019

(<https://www.meteo.lv/lapas/izstradat-materiali?id=2347&nid=817>)

Hering, D., Johnson, R.K., Kramm, S., Schmutz, S., Szoszkiewicz, K., Verdenschot, P.F.M. 2006. Assessment of European streams with diatoms, macrophytes, macroinvertebrates and fish: a comparative metric-based analysis of organism response to stress. *Freshwater Biology*, 51, 1757–1785

Medodika upju hidromorfoloģijas vērtēšanai, IV daļa. REFORM projekts

(<https://reformrivers.eu/geomorphic-units-survey-and-classification-system-gus>).

Parasiewicz, P., Walker, J.D. 2007. Comparison of MesoHABSIM with two microhabitat models (PHABSIM AND HARPHA). *River Research and Applications*.

Poff, N.L. and Zimmerman, J. K. H., 2010. Ecological responses to altered flow regimes: A literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology*, 55, 194–205

1.pielikums.

Ekoloģiskā caurplūduma aprēķina metode (saīsinātā versija)

1. Noteikumi nosaka vienota ekoloģiskā caurplūduma aprēķina metodiku (turpmāk – metodika), lai novērtētu caurplūduma ietekmi uz upju ekosistēmu, īpaši zivju bioloģisko daudzveidību.

2. Noteikumos lietoti šādi termini:

2.1. ekoloģiskais caurplūdums - ūdens plūsmas kvalitāte, apjoms un laiks, kas nepieciešams, lai uzturētu ūdens ekosistēmu komponentes, funkcijas un procesus.

2.2. gada vidējais caurplūdums (Q_{gada_vid}) - gada (noteikta perioda) vidējais ūdens caurplūdums ir:

$$Q_{vid} = \Sigma Q_d / m$$

kur: Q_{vid} – gada (noteikta perioda) vidējais ūdens caurplūdums,

Q_d – diennakts vidējais ūdens caurplūdums,

m – dienu skaits gadā, $m=365$ (366).

2.3. mazūdens perioda maksimālais caurplūdums ($Q_{mazūdens_max}$) - 30-dienu vasaras mazūdens perioda maksimālais caurplūdums ir izlase no visiem diennakts maksimālajiem caurplūdumiem 30-dienu mazūdens periodā.

3. Metodiku piemēro, lai aprēķinātu laba ekoloģiskā stāvokļa sasniegšanai nepieciešamo ekoloģiskā caurplūduma daudzumu. Metodika piemērota upēm ar sateces baseina platību $< 5000 \text{ km}^2$.

4. Ekoloģisko caurplūdumu aprēķina, izmantojot ikdienas caurplūduma datus par vismaz 30 gadu laika periodu, kas nav senāks par 1991.gadu.

5. Lašveidīgo un karpveidīgo zivju ūdeņiem (MK noteikumi Nr. 118) ekoloģisko caurplūdumu aprēķina, izmantojot dažādus hidroloģiskos raksturlielumus. Ja izpētes upe nav atrodama šajā sarakstā, tai piemēro karpveidīgo zivju ūdeņu prasības.

5.1. Ekoloģiskā caurplūduma režīms lašveidīgo zivju ūdeņiem ir jāaprēķina kā $0,3 * Q_{gada_vid}$ un $0,6 * Q_{gada_vid}$.

5.2. Ekoloģiskā caurplūduma režīms karpveidīgo zivju ūdeņiem ir jāaprēķina kā $0,3 * Q_{mazūdens_max}$ un $0,6 * Q_{mazūdens_max}$.