



Agroresursu un
ekonomikas
institūts



EIROPAS SAVIENĪBA
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS
Eiropas Lauksaimniecības fonds
lauku attīstībai

Lauku attīstības programmas 2014-2020

Nepārtrauktās novērtēšanas sistēmas ietvaros veikts pētījums

Veģetācijas perioda hidroloģisko apstākļu novērtējums novadgrāvjos Latvijā

Rīga, 2023. gada

Saturs

1. KOPSAVILKUMS	3
2. DARBA SATURS	5
3. IZMANTOTIE/APKOPOTIE DATI UN IZVĒLĒTĀS METODEDES.....	6
3.1. Vispārīgs novadgrāvju un sateces baseinu raksturojums.....	6
3.2. Teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu metodika.....	7
3.3. Statistiskās datu kopu analīzes metodes	10
4. DATU ANALĪZE.....	12
4.1. Novadgrāvju garumu un sateces baseinu laukumu datu kopu raksturojums	12
4.2. Novadgrāvju garumu un sateces baseinu laukumu savstarpējās saistības analīze	15
4.3. Teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu analīze	17
4.3.1 Ilggadējais gada vidējais caurplūdums	17
4.3.2 Vasaras pusgada vidējais caurplūdums	20
4.3.3 Vasaras mazūdēns perioda 30 dienu minimālais caurplūdums	24
5. SECINĀJUMI UN IETEIKUMI.....	26
Secinājumi.....	26
Ieteikumi	27
6. PIELIKUMI.....	28

1. KOPSAVILKUMS

Veģetācijas perioda hidroloģisko apstākļu raksturošanai novadgrāvjos (koplietošanas ūdensnotekās) var izmantot hidrometrisko novērojumu un/vai teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu rezultātus.

Hidrometriskie novērojumi ietver novadgrāvjiem raksturīgo caurplūdumu aprēķinus, kas balstīti uz lauka apstākļos veiktu mērījumu rezultātiem. Mērījumi lauka apstākļos var tikt īstenoti epizodiski vai nepārtrauktā režīmā. Epizodiski mērījumi lauka apstākļos ietver šķērsriezuma noteikšanu, ūdens līmeņa un straumes ātruma mērījumus ar specializētām mērierīcēm izvēlēta novadgrāvja lejtecē, kas tiek īstenoti konkrētā dienā un stundā. Kā nozīmīgākā epizodisku mērījumu izmantošanas priekšrocība minama precīza caurplūduma noteikšana konkrētā vietā un laikā, par šādu mērījumu trūkumu uzskatāma nepieciešamība regulāri un sistemātiski apmeklēt izvēlētos novadgrāvjus un atkārtot mērījumus, lai raksturotu mainīgu meteoroloģisko apstākļu ietekmi uz iegūtajiem caurplūdumu rezultātiem. Nepārtraukti mērījumi lauka apstākļos ietver hidrotehniskās būves (pārgāznes) būvniecību, ūdens līmeņa mērījumiem nepieciešamo sensoru un datu logeru iegādi un uzstādīšanu. Zinot hidrotehniskās būves (pārgāznes) dimensijas un ūdens līmeņa mērījumu rezultātus, kas ierasti tiek iegūti ar vienas stundas intervālu, iespējams aprēķināt katrai stundai raksturīgo vidējo caurplūdumu. Nepārtrauktu mērījumu priekšrocība ir iespēja novērtēt caurplūdumu izmaiņas ilgtermiņā ar augstu precizitāti un ticamības pakāpi, kas pilnvērtīgi raksturo mainīgos hidroloģiskos apstākļus. Kā nozīmīgākais trūkums minamas augstās izmaksas, kas saistītas ar hidrotehniskās būves (pārgāznes) būvniecību un ūdens līmeņa sensoru un datu logeru iegādi.

Teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu noteikšana ietver ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību aprēķinātus caurplūdumus, izmantojot 2015. gada 30. jūnija Ministru kabineta noteikumos Nr. 329 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 224-15 "Meliorācijas sistēmas un hidrotehniskās būves"" (turpmāk – LBN 224-15) norādīto metodiku. Lai novērtētu veģetācijas periodam raksturīgos hidroloģiskos apstākļus novadgrāvjos, pētījuma īstenošanas ietvaros kā atbilstošākie izvēlēti sekojoši teorētiskie (aplēses) hidroloģiskie lielumi:

- ilggadējais gada vidējais caurplūdums (LBN 224-15 – 4. pielikums);
- vasaras pusgada vidējais caurplūdums (LBN 224-15 – 5. pielikums);
- vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums (LBN 224-15 – 10. formula, 6. pielikuma 1. kartogramma, 6. pielikuma 3. kartogramma un 6. pielikuma 1. tabula).

Valsts SIA "Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi" pārstāvji Meliorācijas kadastra informācijas sistēmā pēc nejaušības principa atlasīja 996 novadgrāvjus, kuru atrašanās vietas vienmērīgi pārklāj Latvijas teritoriju un raksturo dažādus minimālās noteces veidošanās ģeomorfoloģiskos rajonus. Izvēlēto novadgrāvju garums nepārsniedz 1525 m. Teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķināšanai bija nepieciešams katram izvēlētajam novadgrāvim manuāli izveidot sateces baseinu.

Lineārās regresijas analīzes rezultāti liecina, ka novadgrāvju garums nav noteicošais faktors, kas nosaka novadgrāvju sateces baseina laukuma izmēru un saistītā veidā arī hidroloģisko procesu norisi. Vasaras pusgada vidējais caurplūdums uzskatāms par nozīmīgāku teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu nekā ilggadējais gada vidējais caurplūdums, jo, kombinācijā ar aprēķināto ūdens līmeni, tiek izmantots, lai ūdensnotekās vai novadgrāvjos garantētu nosusināšanas tīkla (drenāžas, susinātājgrāvju,

kontūrgrāvju, ceļa grāvju) aplēses caurplūduma uztveršanu un novadīšanu bez ūdens līmeņa uzstādīšanas veidošanas. Izvēlētajos novadgrāvjos vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums neveidojas ne pie vienas no minimālā caurplūduma pārsniegšanas varbūtībām (75%, 85%, 95%), kas skaidrojams ar izvēlēto novadgrāvju nelielajiem sateces baseinu laukumiem.

Pētījumu veica Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes (LBTU) vadošie pētnieki Dr.sc.ing. A. Lagzdiņš un Ph.D. A. Veinbergs.

2. DARBA SATURS

Pētījuma **mērķis** ir veikt *veģetācijas perioda hidroloģisko apstākļu novērtējumu novadgrāvjos Latvijā*, kas ietver trīs teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķināšanu pēc nejaušības principa izvēlētajiem novadgrāvjiem un iegūto rezultātu analīzi atkarībā no novadgrāvjiem raksturīgajiem parametriem, t.sk., garums, sateces baseina laukuma izmēra, atrašanās vieta minimālās noteces ģeomorfoloģiskajos rajonos.

Pētījuma mērķa sasniegšanai definēti sekojoši **uzdevumi**:

1. izstrādāt teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu matricu un veikt tās funkcionalitātes pārbaudi, kas nodrošinātu iespēju veikt ilggadējā gada vidējā caurplūduma, vasaras pusgada vidējā caurplūduma un vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālā caurplūduma aprēķināšanu;
2. noteikt teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu matricas funkcionalitātes nodrošināšanai un caurplūdumu aprēķināšanai nepieciešamo informāciju, kas raksturīga izvēlētajiem 996 novadgrāvjiem un pieejama LBN 224-15 4. pielikumā, 5. pielikumā un 6. pielikumā;
3. veikt teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinus, kas ietver ilggadējā gada vidējā caurplūduma, vasaras pusgada vidējā caurplūduma un vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālā caurplūduma aprēķināšanu izvēlētajiem 996 novadgrāvjiem;
4. veikt teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu rezultātu apkopošanu, statistisko analīzi un vizualizāciju;
5. veikt veģetācijas perioda hidroloģisko apstākļu novērtējumu izvēlētajiem 996 novadgrāvjiem, kas ietver aprēķināto teorētisko (aplēses) lielumu rezultātu novērtēšanu atkarībā no novadgrāvjiem raksturīgajiem parametriem, t.sk., garums, sateces baseina izmērs, atrašanās vieta minimālās noteces ģeomorfoloģiskajos rajonos;
6. sagatavot un iesniegt atskaiti par paveikto, nepieciešamības gadījumā prezentēt iegūtos rezultātus Zemkopības ministrijas un/vai lauksaimnieku nevalstisko organizāciju pārstāvjiem.

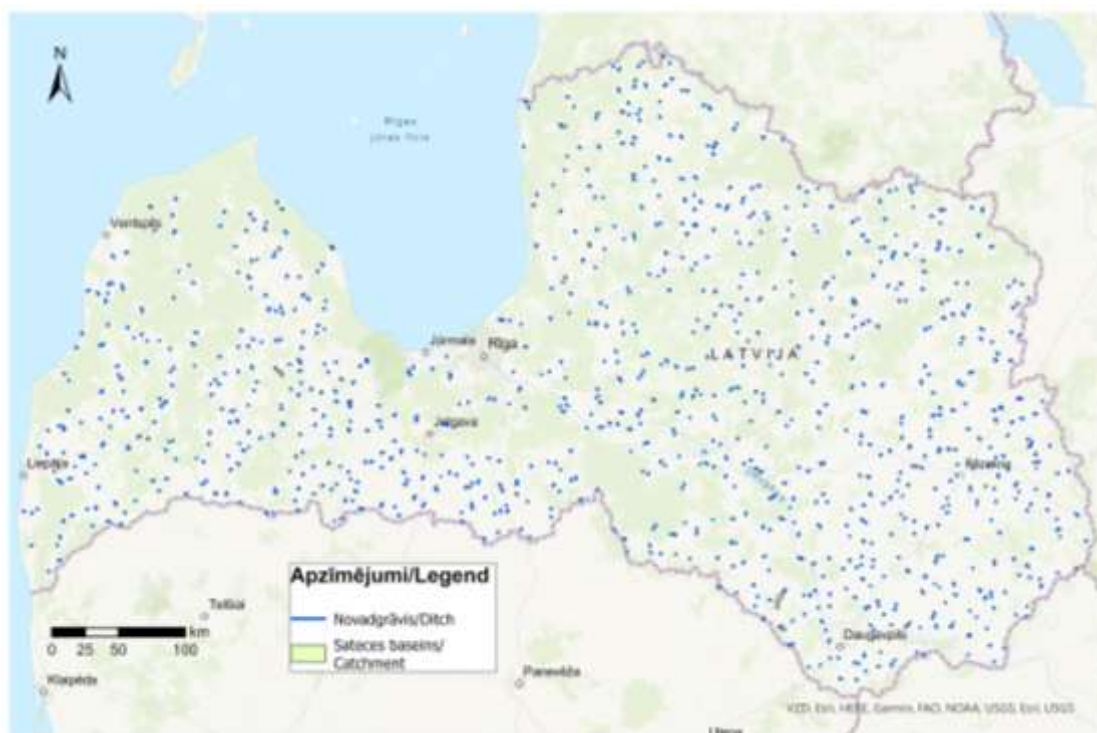
Pētījuma rezultāti nodrošina iespēju raksturot veģetācijas periodam raksturīgos hidroloģiskos apstākļus izvēlētajos 996 novadgrāvjos un plānot ūdens kvalitātes uzlabošanas vai citu pasākumu ieviešanas piemērotību lauksaimniecības zemēs.

3. IZMANTOTIE/APKOPOTIE DATI UN IZVĒLĒTĀS METODEDES

Nodaļā apkopota informācija par izvēlēto novadgrāvju atrašanās vietām Latvijas kartē un novadgrāvjiem raksturīgajiem parametriem, t.sk., *garums un sateces baseina izmērs*. Nodaļā raksturota pētījuma īstenošanas gaitā izmantotā teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu metodika.

3.1. Vispārīgs novadgrāvju un sateces baseinu raksturojums

Valsts SIA “Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi” pārstāvji Meliorācijas kadastra informācijas sistēmā pēc nejaušības principa atlasīja 996 novadgrāvjus, kuru atrašanās vietas vienmērīgi pārklāj Latvijas teritoriju un raksturo dažādus noteces veidošanās apstākļus. Izvēlēto novadgrāvju garums ir robežās no 92.15 m līdz 1524.14 m. Katram izvēlētajam novadgrāvim tika manuāli izveidots sateces baseins, izmantojot ģeotelpisko informāciju par meliorācijas sistēmu elementiem, digitālo reljefa modeli vai citus ūdensšķirtnes raksturojošiem parametriem, piemēram, autoceļš. Izvēlēto novadgrāvju sateces baseinu laukumu izmēri ir diapazonā no 0.00979 km² līdz 10.98 km². Izvēlēto novadgrāvju atrašanās vietas Latvijas teritorijā apskatāmas 1. attēlā.



1. attēls. Izvēlēto novadgrāvju atrašanās vietas Latvijas teritorijā

Lai nodrošinātu iespēju interesentiem vai iesaistīto pušu pārstāvjiem detalizēti apskatīt katru izvēlēto novadgrāvji, 1. attēlā redzamā karte izveidota arī interaktīvas kartes formātā, kas pieejama tiešsaistē – <https://arcg.is/0i9PLS0>. Interaktīvās kartes funkcionalitāte ietver iespējas mainīt kartes mērogu un fonu. Uzklīkšķinot ar peles kursoru uz konkrēta novadgrāvja sateces baseina (laukumveida objekts), uznirstošajā logā iespējams apskatīt informāciju par novadgrāvja sateces baseina laukumu (km²). Uzklīkšķinot ar peles kursoru uz konkrēta novadgrāvja (līnijveida objekts), uznirstošajā logā iespējams apskatīt sekojošus novadgrāvim raksturīgos parametrus:

- Meliorācijas kadastra informācijas sistēmā novadgrāvim piešķirtais identifikācijas kods;
- garums (m);
- teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķiniem nepieciešamās noteces veidošanos ietekmējošo parametru vērtības, kuras nolasītas no LBN 224-15 4. pielikumā, 5. pielikumā un 6. pielikumā ievietotajām kartogrammām;
- sateces baseina laukums (km²).

3.2. Teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu metodika

Teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu noteikšana ietver ar noteiktu pārsniegšanas varbūtību aprēķinātus caurplūdumus, izmantojot LBN 224-15 norādīto metodiku. Lai novērtētu veģetācijas periodam raksturīgos hidroloģiskos apstākļus izvēlētajos novadgrāvjos, pētījuma īstenošanas ietvaros kā atbilstošākie izvēlēti sekojoši teorētiskie (aplēses) hidroloģiskie lielumi:

- ilggadējais gada vidējais caurplūdums (l/s);
- vasaras pusgada vidējais caurplūdums (l/s);
- vasaras mazūdēns perioda 30 dienu minimālais caurplūdums (l/s).

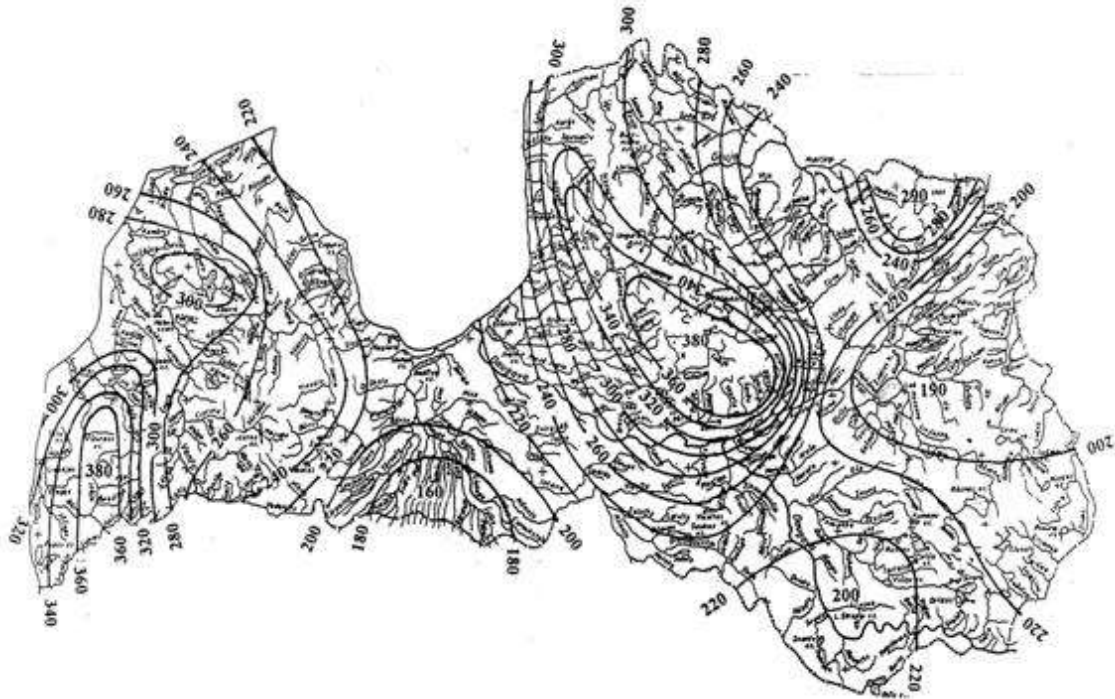
Ilggadējais gada vidējais caurplūdums, l/s, aprēķināts sekojoši:

$$Q_{vid} = \frac{R \cdot A}{31.56}, \quad (1)$$

kur:

R ir ilggadējās gada vidējās noteces slānis, mm (2. attēls);

A ir ūdensteces sateces baseina laukums, km².



2. attēls. Ilggadējais gada vidējās noteces slānis, mm

Avots: LBN 224-15 – 4. pielikums.

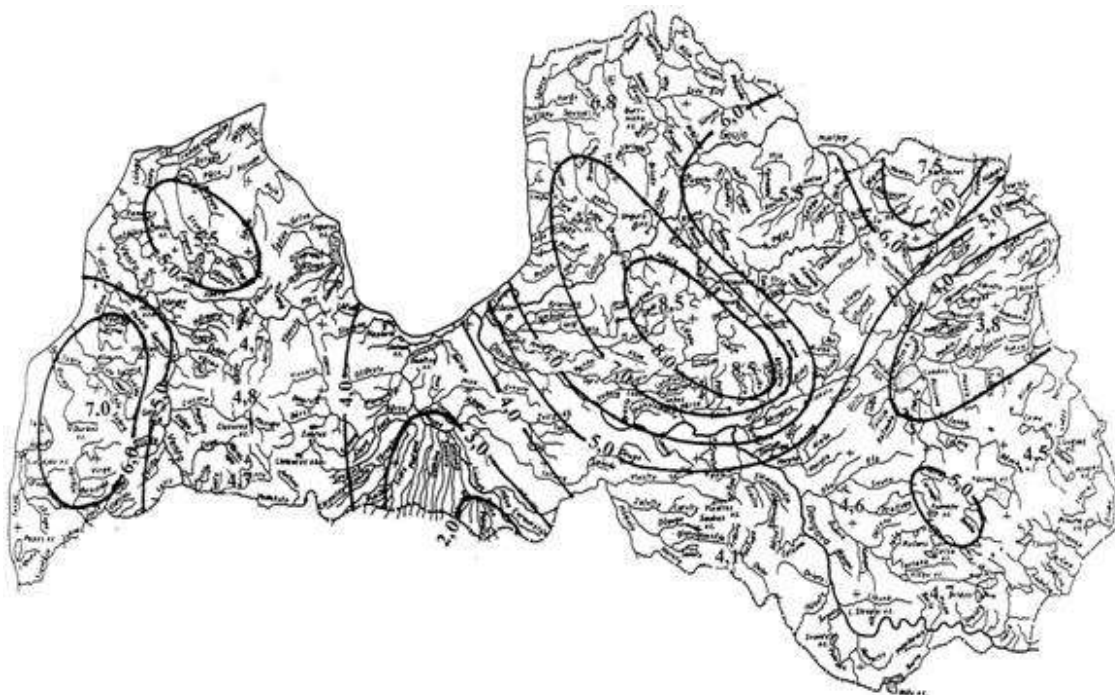
Vasaras pusgada vidējais caurplūdums, l/s, aprēķināts sekojoši:

$$Q_{vv} = q_{vv} \times A, \quad (2)$$

kur:

q_{vv} ir vasaras pusgada vidējās noteces modulis, l/s x km² (3. attēls);

A ir ūdensteces sateces baseina laukums, km².



3. attēls. Vasaras pusgada vidējās noteces modulis, l/s x km²

Avots: LBN 224-15 – 5. pielikums.

Vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums, l/s, aprēķināts sekojoši:

$$Q_{\text{min.30 d.}} = a \times (A - c)^{1.22}, \quad (3)$$

kur:

a (formula 4) un c (formula 5) ir parametri, kas atkarīgi no sateces baseina ģeogrāfiskā novietojuma, kā arī ģeomorfoloģiskajiem un hidroģeoloģiskajiem apstākļiem.

$$a = g \times (a_1 \times R_1 + a_2 \times R_2 + a_3 \times R_3 + a_4 \times R_4), \quad (4)$$

kur:

a_1, a_2, a_3 un a_4 ir ģeomorfoloģisko zonu raksturojoši parametri (1. tabula);

R_1, R_2, R_3 un R_4 ir sateces baseina laukuma daļa, %, kas ietilpst konkrētā ģeomorfoloģiskajā rajonā (4. attēls);

g ir minimālās noteces formēšanās klimatisko apstākļu parametrs (5. attēls).

$$c = b \times (a_1 \times R_1 + a_2 \times R_2 + a_3 \times R_3 + a_4 \times R_4), \quad (5)$$

kur b caurplūduma korekcijas koeficients.

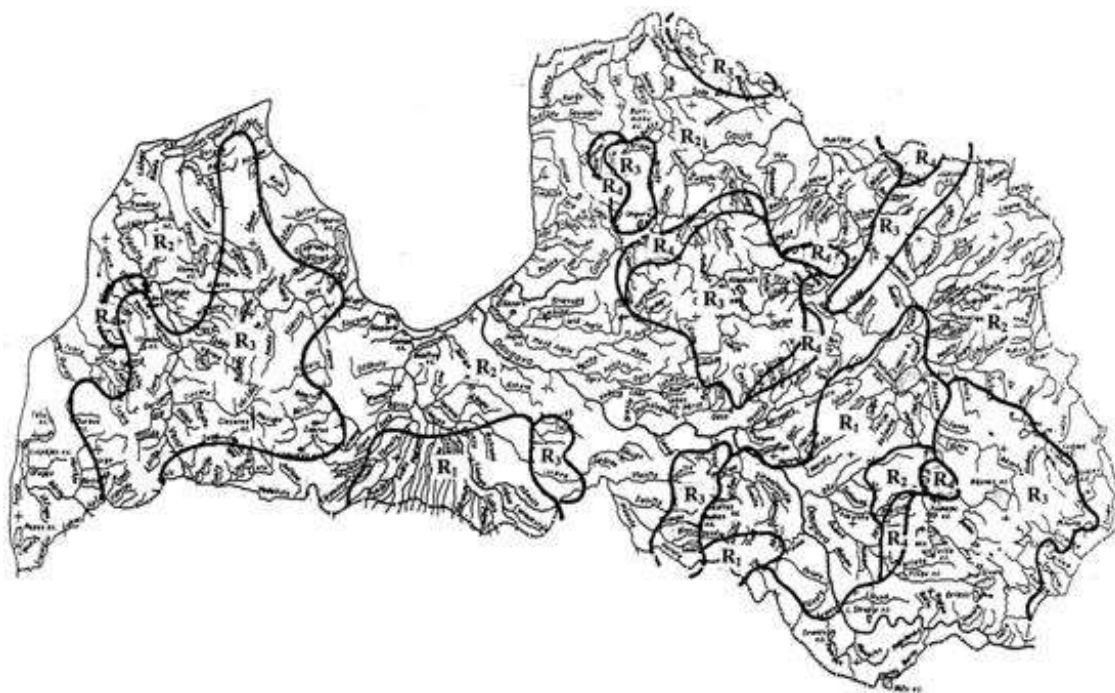
Vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālā caurplūduma aprēķinā $b=7.6$. Gadījumā, ja $A \leq c$, tad $Q_{\min.30 d.} = 0$. Attiecīgi, c ir minimālais sateces baseina laukums izteikts km^2 , kuru pārsniedzot ūdenstecē ir raksturīga notece vasaras mazūdens periodā, savukārt, ūdensteces ar mazāku sateces baseina laukumu izsīkst.

1. tabula. Vasaras 30 dienu minimālā caurplūduma aprēķina koeficienti

Minimālā caurplūduma pārsniegšanas varbūtība (%)	Parametri			
	a1	a2	a3	a4
p = 75 %	0	0.0021	0.0042	0.017
p = 85 %	0	0.0016	0.0035	0.014
p = 95 %	0	0.0013	0.0028	0.011

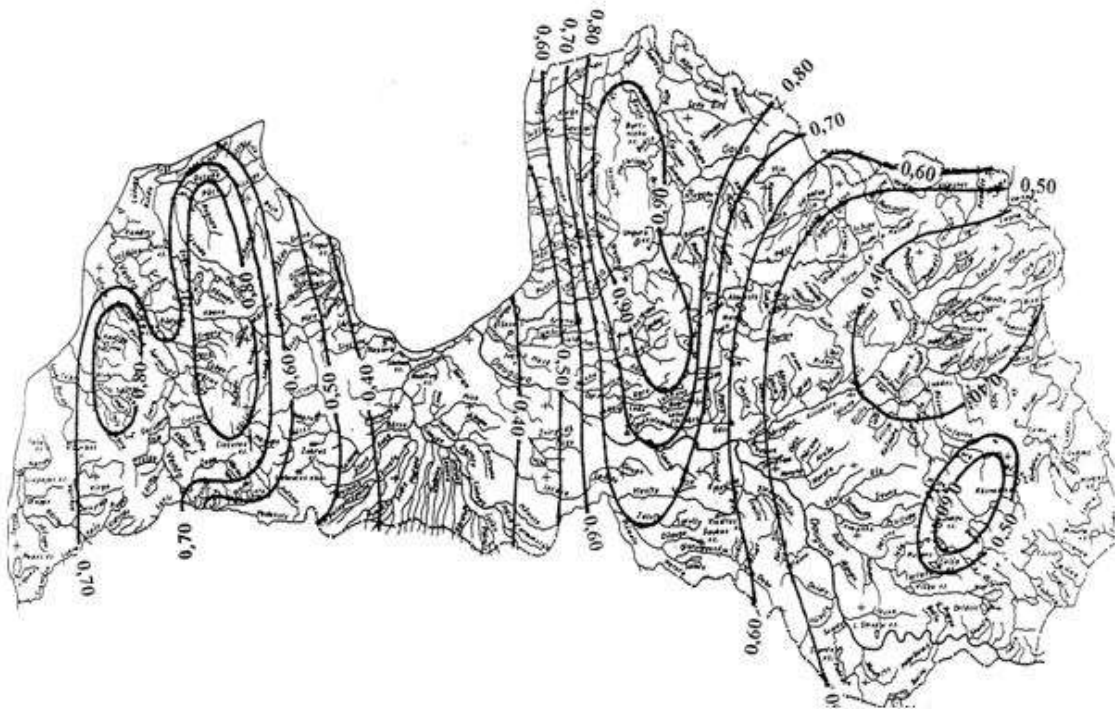
Avots: LBN 224-15 – 6. pielikums, 1. tabula.

Aplūkojamajā sateces baseinā $R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 100\%$. Sateces baseina piederība ģeomorfoloģiskajam rajonam noteikta atbilstoši 4. attēlam.



4. attēls. Minimālās noteces ģeomorfoloģiskie rajoni: R_1 ir mālaine līdzenumi, R_2 ir morēnu un smilšmālu līdzenumi, R_3 ir morēnu pauguraines, R_4 ir piekāpļu zonas

Avots: LBN 224-15 – 6. pielikums, 1. kartogramma.



5. attēls. Vasaras pusgada minimālās noteces formēšanās klimatisko apstākļu parametrs g

Avots: LBN 224-15 – 6. pielikums, 3. kartogramma.

3.3. Statistiskās datu kopu analīzes metodes

Aprakstošā statistikas raksturlielumu aprēķiniem tiek izmantota informācija par visiem datu kopas elementiem. Aprakstošā statistika ietver minimālās, maksimālās, aritmētiskās vidējās, mediānas, standartnovirzes, asimetrijas, ekscesa un kvartiļu (10% un 90%) vērtību aprēķināšanu. Raksturlielumu aprēķiniem pētījuma ietvaros izmantota Sigma Plot programmatūra.

Regresijas analīze un saistītā grafiskā vizualizācija tiek izmantota saistību noteikšanai starp divām datu kopām. Pētījumā izmantota lineārā un eksponenciālā regresija, kuras raksturo regresijas vienādojums un determinācijas koeficients (R^2). Regresijas vienādojums var tikt izmantots, lai raksturotu (prognozētu) rezultatīvās pazīmes vērtības atkarībā no faktoriālās pazīmes vērtības. Piemēram, pētījuma saturisko uzstādījumu ietvaros regresijas vienādojums var tikt izmantots, lai prognozētu ilggadējo gada vidējo caurplūdumu vērtības un/vai vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtības atkarībā no sateces baseina laukumu izmēriem. Analogi, zinot ilggadējo gada vidējo caurplūdumu vērtības un/vai vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtības, iespējams prognozēt atbilstošos sateces baseina laukumu izmērus. Determinācijas koeficients raksturo, kāda vienas datu kopas variācijas daļa tieši atkarīga no otras datu kopas vērtību variācijas, vērtības diapazons ir no 0 līdz +1, kur +1 raksturo ļoti ciešu saistību starp divu datu kopu vērtību variācijām.

Lai pārbaudītu novadgrāvju garumu un novadgrāvju sateces baseinu datu kopu atbilstību normālajam sadalījumam, pētījumā izmantots Šapiro-Vilka tests (*Shapiro-Wilk test*). Pētījumā ietverto datu kopu empīriskā sadalījuma novirze no normālā sadalījuma tiek uzskatīta par būtisku, ja p -vērtība ir mazāka par 0.05. Nulles hipotēze gadījumā empīriskais sadalījums būtiski neatšķiras no normālā sadalījuma, alternatīvās hipotēzes gadījumā empīriskais sadalījums būtiski atšķiras no normālā sadalījuma (H_0 :

$X_{emp.} = X_{teor.}$; $H_1: X_{emp.} \neq X_{teor.}$). Iegūtie rezultāti nosaka parametrisko vai neparametrisko metožu pielietojumu turpmākajā datu kopu statistiskajā analīzē.

Papildus regresijas analīzes izmantošanai, lai novērtētu novadgrāvju garumu un sateces baseinu laukumu datu kopu savstarpējo saistību (korelāciju), pētījumā izmantota Spīrmena rangu korelācijas analīze (*Spearman Rank Order Correlation*). Spīrmena rangu korelācijas analīzi izmanto, lai analizētu korelāciju (linerāru vai nelineāru) starp divu datu kopu rādītājiem, kas neatbilst normālajam sadalījumam. Spīrmena rangu korelācijas koeficients (r_s) var būt robežās no -1 līdz +1. Negatīvs koeficients norāda, ka palielinoties viena rādītāja vērtībām otra rādītāja vērtības samazinās, attiecīgi pozitīvs koeficients norāda, ka palielinoties viena rādītāja vērtībām otra rādītāja vērtības arī palielinās. Ja korelācijas koeficients ir 0, tas norāda, ka starp mainīgajiem korelācija nav novērojama. Jo tuvāk korelācijas koeficients ir vērtībai 1, jo novērojama ciešāka korelācija starp diviem mainīgajiem. Ja p-vērtība ir mazāka par būtiskuma līmeni ($\alpha=0.05$), tad nulles hipotēzi, ka korelācija starp diviem mainīgajiem nav var noraidīt, un aprēķināto korelācijas koeficientu uzskatīt par statistiski nozīmīgu.

4. DATU ANALĪZE

Nodaļā raksturotas izvēlēto novadgrāvju garumu un sateces baseinu laukumu datu kopas, novērtēti ilggadējā gada vidējā caurplūduma, vasaras pusgada vidējā caurplūduma un vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālā caurplūduma aprēķinu rezultāti, atkarībā no novadgrāvju garuma, sateces baseina laukuma izmēra, atrašanās vieta minimālās noteces ģeomorfoloģiskajos rajonos.

4.1. *Novadgrāvju garumu un sateces baseinu laukumu datu kopu raksturojums*

Informācija par izvēlēto novadgrāvju garumu un sateces baseinu laukumu datu kopām raksturīgajiem statistiskajiem rādītājiem apkopota 2. tabulā. Izvēlēto novadgrāvju garums ir robežās no 92.15 m līdz 1524.14 m, kas liecina par plašu izvēlēto novadgrāvju garumu diapazonu. Aritmētiskais vidējais novadgrāvju garums ir 696.73 m, kas ir salīdzinoši tuva vērtība aprēķinātajai mediānas vērtībai (660.56 m), konstatētās asimetrijas un ekscesa koeficientu vērtības ir zemas un atrodas tuvu nullei. Tādējādi iespējams secināt, ka novadgrāvju garumus raksturojošajā datu kopā nav sastopams palielināts skaits ar izteikti augstām vai zemām vērtībām, kas var ierobežot turpmāko rezultātu analīzi un interpretāciju, kur kā rezultātus ietekmējošā pazīme tiek ietvertas grāvju garumu vērtības.

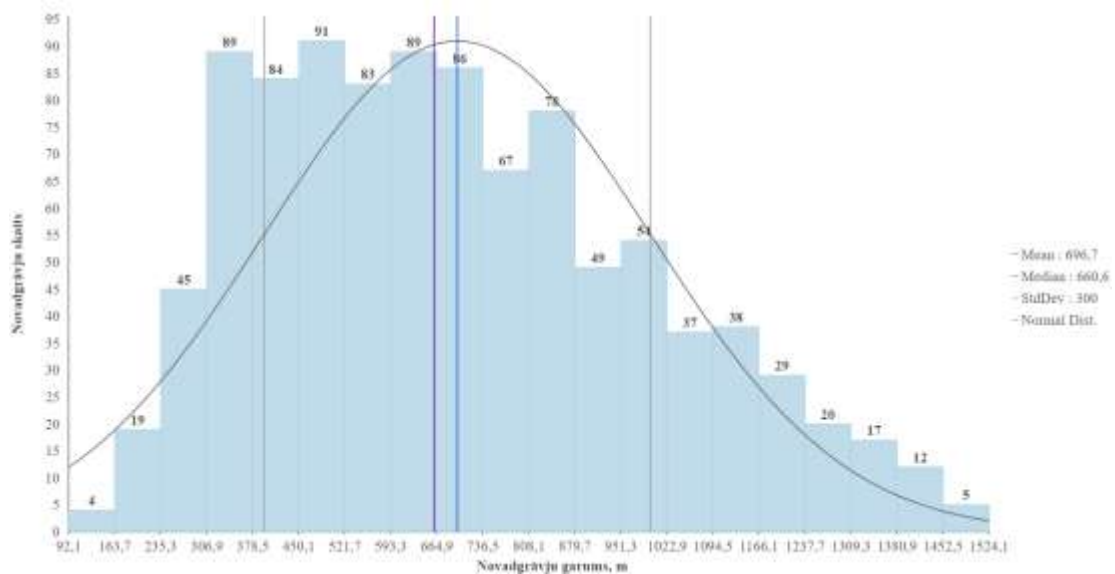
2. tabula. *Novadgrāvju garumu un sateces baseinu laukumu datu kopu aprakstošā statistika*

Statistiskais rādītājs	Novadgrāvja garums, m	Novadgrāvja sateces baseins, km ²
Minimums	92.15	0.00979
Maksimums	1524.14	10.98
Aritmētiskais vidējais	696.73	0.38
Mediāna	660.56	0.29
Standartnovirze	300.04	0.45
Asimetrija	0.48	14.44
Ekscess	-0.50	327.09
10% kvartile	338.25	0.10
90% kvartile	1144.36	0.71

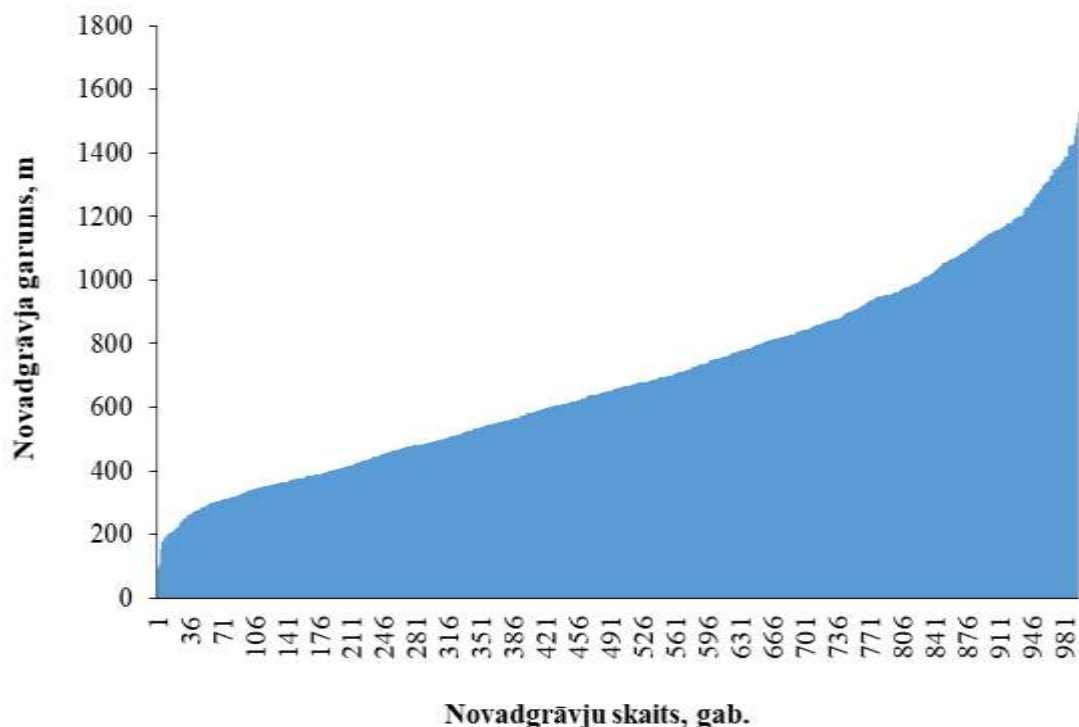
Avots: Valsts SIA "Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi" pārstāvju sagatavotā ģeotelpiskā informācija.

Lai detalizēti raksturotu izvēlēto novadgrāvju garumu skaitlisko sadalījumu noteiktu garuma intervālu robežās, izveidota histogramma (6. attēls). Histogrammā novērtējams novadgrāvju garumu atkārtotāšanās biežums noteiktu garuma intervālu ietvaros. Rezultāti liecina, ka izvēlēto novadgrāvju garumus raksturojošajā datu kopā ir reprezentatīva, jo ietver nelielu skaitu īsus un garus grāvjus, vairums no izvēlēto novadgrāvju garumus raksturojošām vērtībām ir vienas standartnovirzes ietvaros no

aritmētiskās vidējās vērtības. 7. attēlā sniegts pārskats par novadgrāvju garumus raksturojošās datu kopas pārstāvēniecību diapazonā no minimālās līdz maksimālajai vērtībai. Rezultāti liecina par vienmērīgu novadgrāvju garumu izkliedi, kur diapazonā no minimālās līdz maksimālajai vērtībai datu kopā iespējami detalizēti pārstāvēti dažādi novadgrāvju garumi.



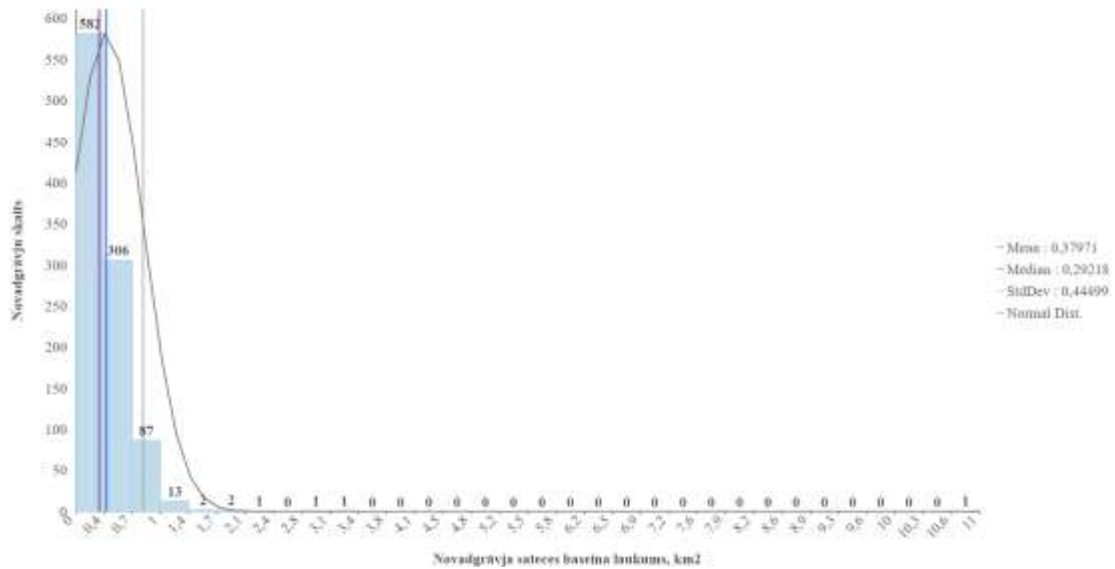
6. attēls. Novadgrāvju garumu atkārtotās biežums noteiktu garuma intervālu ietvaros



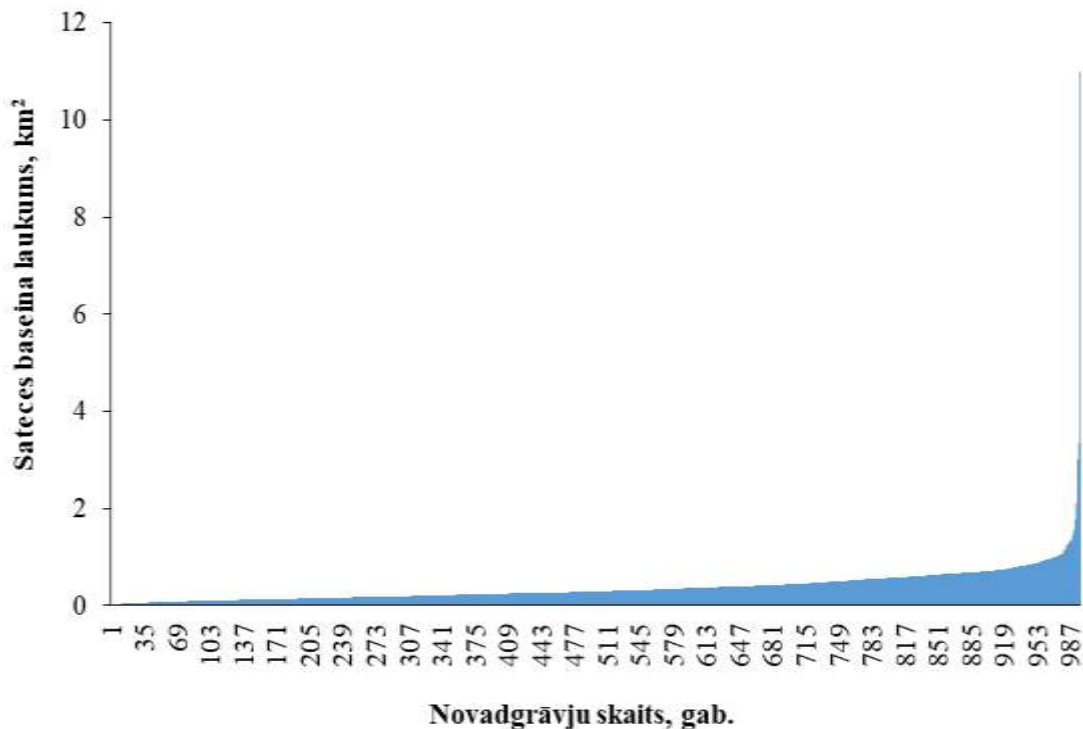
7. attēls. Novadgrāvju garumu vērtības sakārtotas augošā secībā

Novadgrāvju sateces baseinu laukuma vērtībām raksturīgs ievērojami plašāks vērtību svārstību diapazons nekā novadgrāvju garuma vērtību gadījumā, par ko liecina minimālās (0.00979 km²) un maksimālās (10.98 km²) vērtības salīdzinājums, papildus paaugstinātās asimetrijas (14.44) un ekscesa (327.09) koeficientu vērtības liecina par

ekstremālu vērtību klātbūtni (2. tabula). 8. attēlā ietvertie rezultāti apstiprina izteikti nevienmērīgu novadgrāvjiem raksturīgo sateces baseinu laukumu vērtību sadalījumu noteiktu laukumu intervālu robežās. Datu kopā pārsvarā sastopami sateces baseini ar nelielu laukumu, septiņas paaugstinātas un viena ekstremāli augsta sateces baseina laukuma vērtība. Šāds sateces baseina laukuma vērtību datu kopas sadalījums apgrūtina lineārās regresijas analīzes pielietošanu savstarpējās saistības raksturošanai, piemēram, apskatot novadgrāvju garumu un sateces baseinu savstarpējo saistību, jo var radīt nekorektu priekšstatu vienas vai vairāku ekstremāli augstu vērtību dēļ.



8. attēls. Novadgrāvju sateces baseinu laukumu atkārtotās biežums noteiktu laukuma intervālu ietvaros



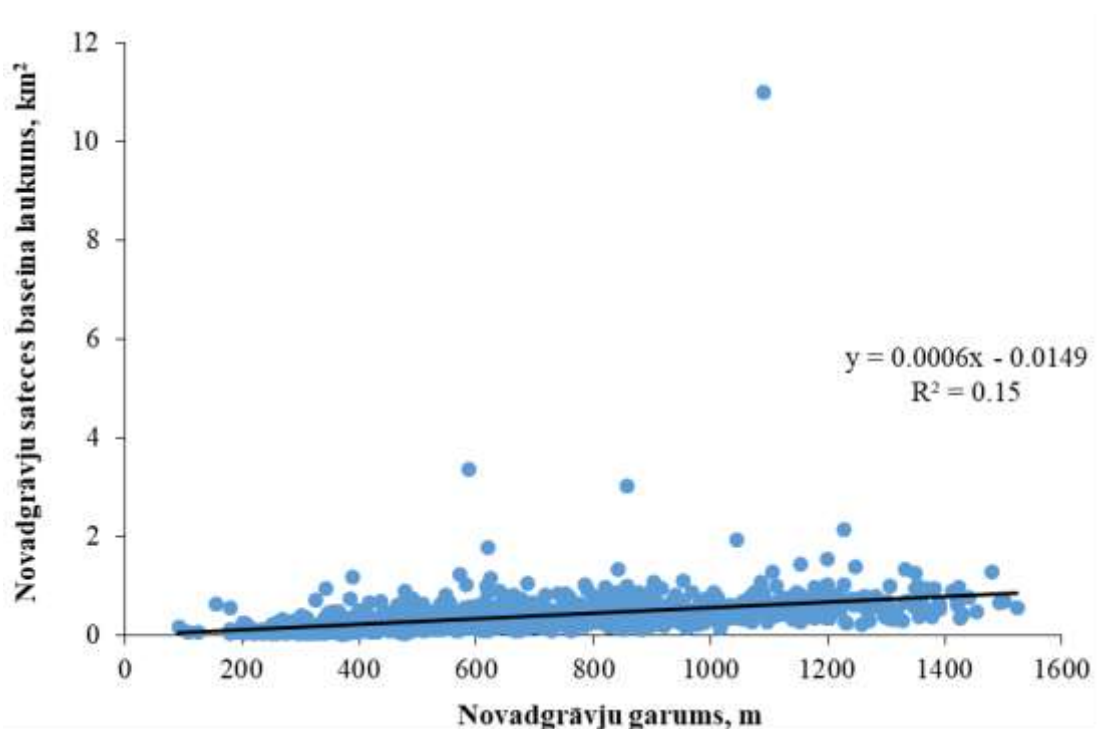
9. attēls. Novadgrāvju sateces baseinu laukumu vērtības sakārtotas augošā secībā

Lai vizualizētu novadgrāvjiem raksturīgo sateces baseinu laukumu vērtību pārstāvētību diapazonā no minimālās līdz maksimālajai vērtībai, izveidots 9. attēls. Kopumā iespējams secināt, ka diapazonā no minimālās līdz maksimālajai vērtībai datu kopā pārstāvēti dažādi novadgrāvju sateces baseinu laukumi un neveidojās vērtību iztrūkums kādā no baseinu laukumu grupām, vienlaikus klātesot atsevišķām izteikti augstām vērtībām.

Šapiro-Vilka testa (*Shapiro-Wilk test*) rezultāti liecina, ka izvēlēto novadgrāvju garumus un sateces baseinu laukumus raksturojošās datu kopas neatbilst normālajam sadalījumam, jo abos gadījumos aprēķinātā p-vērtība ir mazāka par 0.001. Tas nozīmē, ka turpmākajā pētījuma ietvaros iegūto rezultātu analīzē pielietojamas neparametriskās analīzes metodes.

4.2. Novadgrāvju garumu un sateces baseinu laukumu savstarpējās saistības analīze

Lai raksturotu novadgrāvju garuma un sateces baseinu laukumu vērtību savstarpējo saistību pielietota lineārās regresijas analīze, kur kā rezultatīvā pazīme tiek izmantotas sateces baseinu laukumu vērtības, kamēr kā faktoriālā pazīme tiek pielietotas novadgrāvju garumu vērtības. 10. attēlā vizualizēti lineārās regresijas analīzes rezultāti, iekļaujot visas novadgrāvju garumus un sateces baseinu laukumus raksturojošās vērtības.

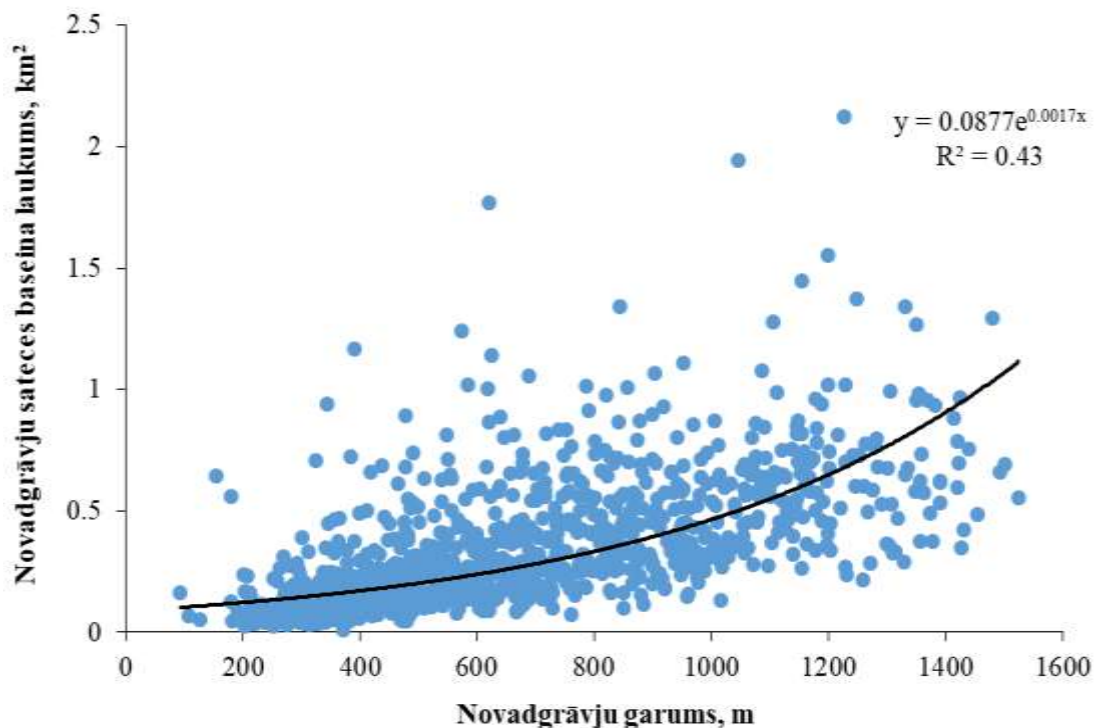


10. attēls. Novadgrāvju garumu un sateces baseinu laukumu vērtību savstarpējā saistība, izmantojot visas novadgrāvju sateces baseinu laukumu vērtības

Lineārās regresijas analīzes rezultāti liecina, ka palielinoties novadgrāvju garumam novadgrāvju sateces baseina laukuma izmēram ir tendence palielināties. Noteiktais lineārās regresijas vienādojuma determinācijas koeficients liecina, ka faktoriālās un rezultatīvās pazīmes savstarpējā saistība var tikt raksturota kā vāja ($R^2=0.15$). Tas nozīmē, ka novadgrāvju garums nav noteicošais faktors, kas nosaka

novadgrāvju sateces baseina laukuma izmēru un saistītā veidā arī hidroloģisko procesu norisi.

Gadījumā, ja no kopējās datu kopas tiek izslēgtas trīs ekstremāli augstās sateces baseinu laukumu vērtības (10.98 km², 3.37 km² un 3.01 km²) un attiecīgās novadgrāvju garumu vērtības (1090.19 m, 587.85 m un 857.90 m), kā arī pielietojot eksponenciālās regresijas analīzi, novadgrāvju garuma un sateces baseinu laukumu vērtību savstarpējo saistību analīze uzrāda reprezentatīvākus un ticamākus rezultātus (11. attēls).



11. attēls. Novadgrāvju garumu un sateces baseinu laukumu vērtību savstarpējā saistība, izslēdzot trīs ekstremāli augstas novadgrāvju sateces baseinu laukumu vērtības

Izslēdzot no analizējamās datu kopas trīs ekstremāli augstās sateces baseinu laukumu vērtības un izmantojot eksponenciālās regresijas analīzi, novadgrāvju garuma un sateces baseinu laukumu vērtību savstarpējo saistību analīzes rezultāti norāda, ka novadgrāvju sateces baseina laukums 43% gadījumu var tikt izskaidrots ar novadgrāvju garumu, kas uzskatāma par vidēji ciešu saistību starp faktoriālo un rezultatīvo pazīmi.

Spīrmena rangu korelācijas analīzes (*Spearman Rank Order Correlation*) rezultāti kopumā apstiprina iepriekš raksturotos lineārās regresijas analīzes rezultātus, vienlaikus sniedzot detalizētāku ieskatu attiecīgo novadgrāvju garuma un novadgrāvju sateces baseina laukuma datu kopu savstarpējā saistībā. Izmantojot visiem novadgrāvjiem raksturīgās garuma un sateces baseina laukuma vērtības, Spīrmena rangu korelācijas koeficients (r_s) ir 0.68 un p-vērtība ir mazāka kā noteiktais būtiskuma līmenis (0.05). Gadījumā, ja no analizējamās datu kopas tiek izslēgtas trīs ekstremāli augstās sateces baseinu laukumu vērtības un attiecīgās garuma vērtības, Spīrmena rangu korelācijas koeficients un p-vērtība palika nemainīgas ($r_s=0.68$, $p<0.05$). Iegūtie korelācijas rezultāti liecina, ka palielinoties novadgrāvju garumam statistiski ticami palielināsies arī novadgrāvju sateces baseinu laukumi. Jāatzīmē, ka konstatētā korelācija var tikt uzskatīta par vidēji ciešu un novadgrāvju garums nav noteicošais faktors, kas nosaka novadgrāvju sateces baseina laukuma izmēru.

Aprakstošās statistikas rezultāti (2. tabula) un sagatavotie grafiskie uzskates materiāli (8., 9., 10. un 11. attēli) liecina, ka trim novadgrāvjiem ir raksturīgas ekstremāli augstas sateces baseinu laukumu vērtības, vērtējot attiecībā pret garumu. Ņemot vērā, ka sateces baseina laukums ir nozīmīgākais raksturlielums, kas tiek ietverts teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinos, viena vai vairāku ekstremāli augstu sateces baseina laukumu vērtību klātbūtne var radīt neobjektīvu priekšstatu par vispārējo situāciju aprēķināto caurplūdumu savstarpējā saistībā ar novadgrāvju garumiem un sateces baseinu laukumiem, vienlaikus šāda situācija rada priekšstatu par iespējamajām novadgrāvju garumu un sateces baseinu laukumu variācijām.

4.3. Teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu analīze

4.3.1 Ilggadējais gada vidējais caurplūdums

Informācija par izvēlētajiem novadgrāvjiem aprēķināto ilggadējo gada vidējo caurplūdumu rezultātu datu kopas statistiskajiem rādītājiem apkopota 3. tabulā. Visiem izvēlētajiem novadgrāvjiem aprēķinātais ilggadējais gada vidējais caurplūdums ir diapazonā no 0.09 l/s līdz 74.47 l/s, kas raksturīgi, attiecīgi izmēra ziņā mazākajam (0.00979 km²) un lielākajam (10.98 km²) sateces baseina laukumam. Datu kopai aprēķinātās aritmētiskā vidējā, mediānas un standartnovirzes vērtības norāda, ka izteikts vairums no novadgrāvjiem aprēķinātajām ilggadējām gada vidējām caurplūdumu vērtībām atrodas nelielā vērtību diapazonā. 90% kvartile raksturo, ka 90% no izvēlētajiem novadgrāvjiem aprēķinātās caurplūdumu vērtības nepārsniedz 5.55 l/s.

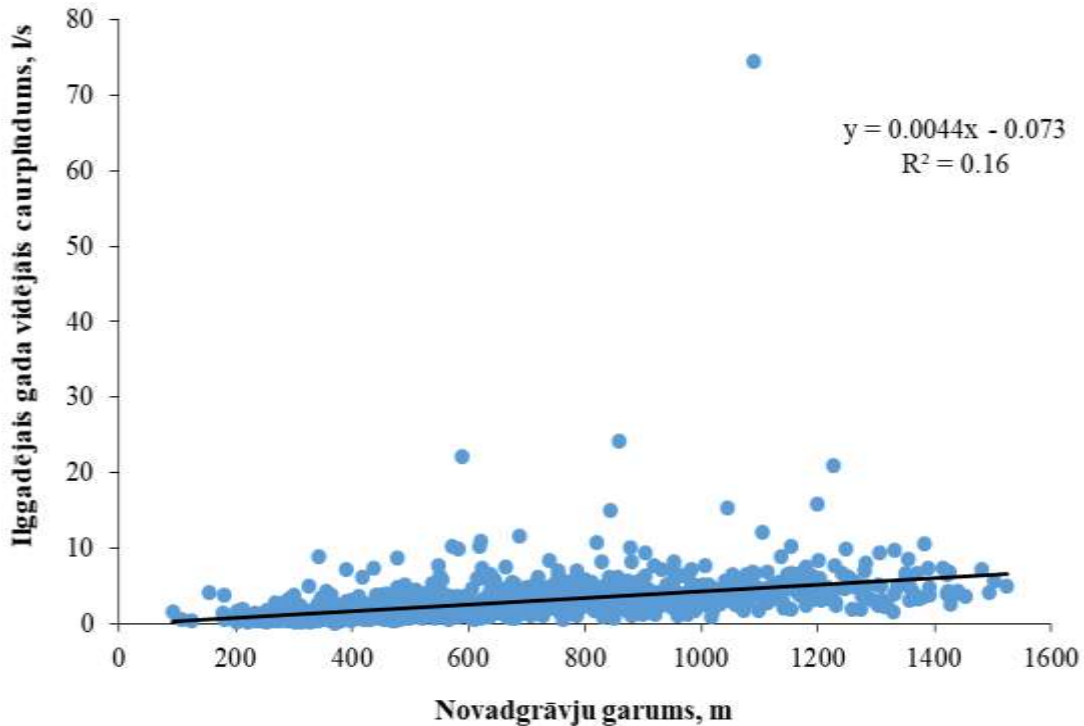
Ja no ilggadējo gada vidējo caurplūdumu rezultātu datu kopas tiek izslēgtas trīs vērtības, kuras raksturīgas novadgrāvjiem ar ekstremāli augstām sateces baseinu laukumu vērtībām, tad ievērojami samazinās datu kopai raksturīgās vidējās, asimetrijas un ekscesa vērtības, kas liecina par datu kopas vērtību izkliedes samazināšanos un reprezentativitātes palielināšanos (3. tabula).

3. tabula. Ilggadējo gada vidējo caurplūdumu datu kopas aprakstošā statistika

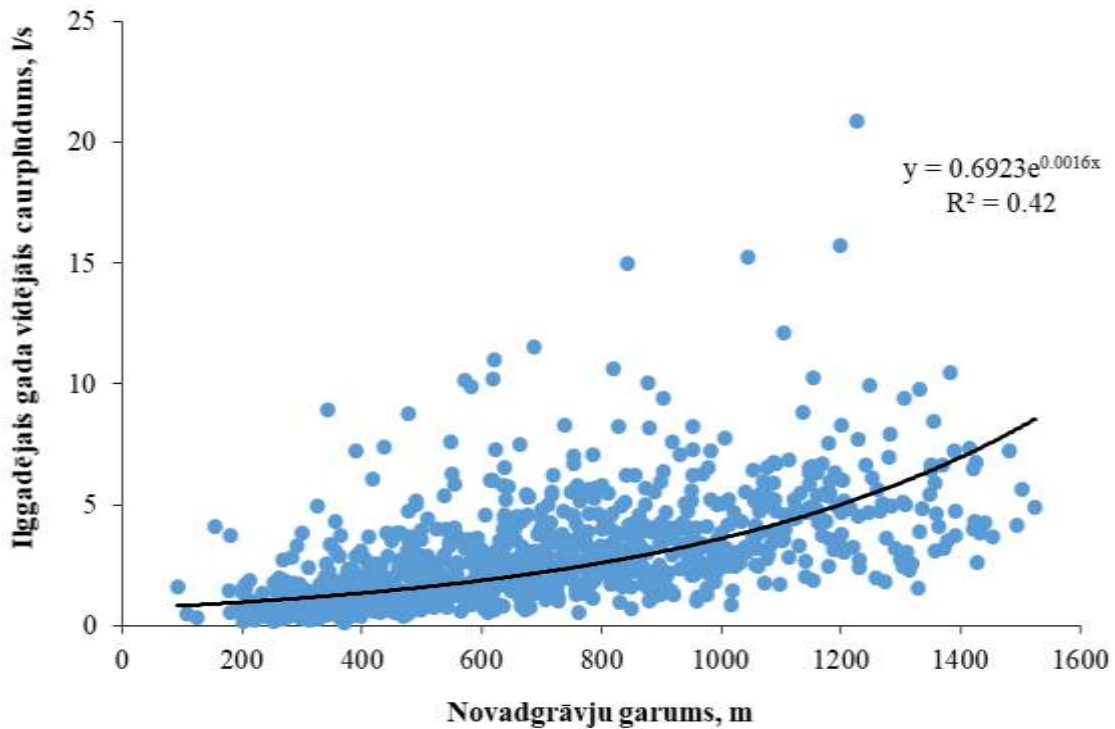
Statistiskais rādītājs	Ilggadējais gada vidējais caurplūdums (visi novadgrāvji), l/s	Ilggadējais gada vidējais caurplūdums (izslēdzot trīs novadgrāvjus), l/s
Minimums	0.09	0.09
Maksimums	74.47	20.88
Aritmētiskais vidējais	2.97	2.86
Mediāna	2.38	2.37
Standartnovirze	3.27	2.17
Asimetrija	11.59	2.12
Ekscess	233.53	8.61
10% kvartile	0.77	0.77
90% kvartile	5.55	5.52

Lai raksturotu aprēķināto ilggadējo gada vidējo caurplūdumu savstarpējo saistību ar novadgrāvju garumiem, izmantojot visus izvēlētos novadgrāvjus, izveidots 12. attēls. Iegūtie lineārās regresijas analīzes rezultāti liecina par vāju salīdzināto

parametru savstarpējo saistību, jo izveidotā vienādojuma determinācijas koeficients (R^2) ir 0.16. Tas nozīmē, ka grāvju garums tikai 16% gadījumu var izskaidrot aprēķinātās caurplūdumu vērtības, tādējādi grāvju garums nevar tikt izmantots kā grāvju raksturojošais parametrs, lai raksturotu ilggadējo gada vidējo caurplūdumu vērtības.



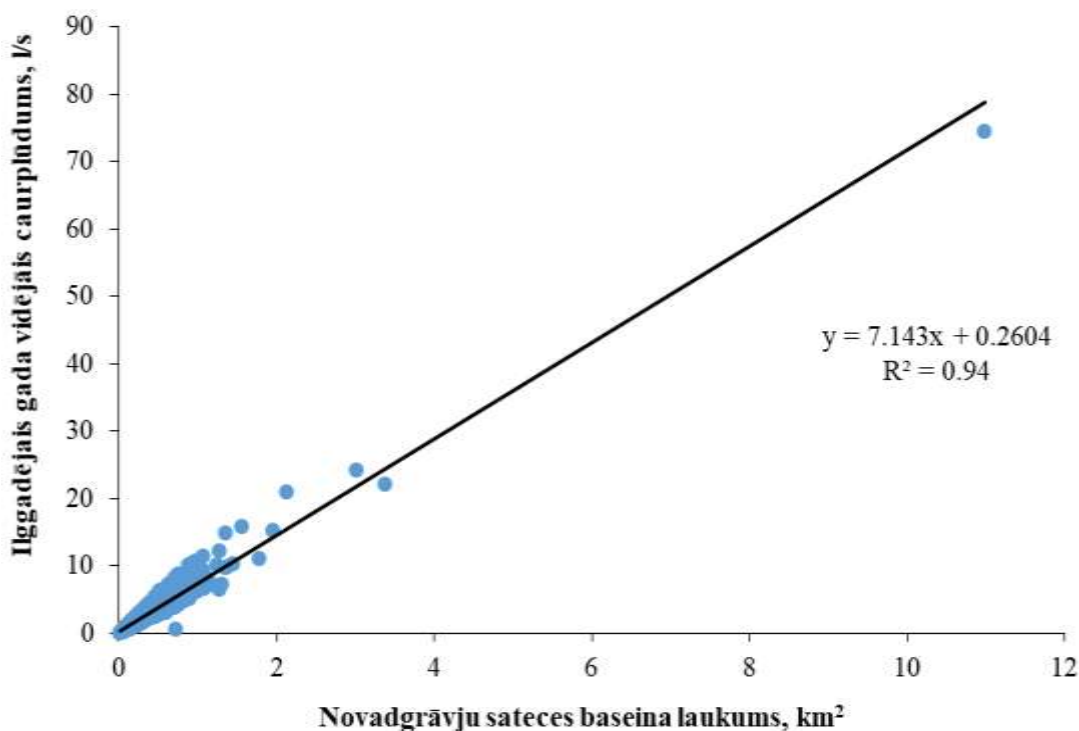
12. attēls. Novadgrāvju garumu un ilggadējo gada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistība, izmantojot visas novadgrāvju garumu vērtības



13. attēls. Novadgrāvju garumu un ilggadējo gada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistība, izslēdzot trīs novadgrāvju garumu vērtības

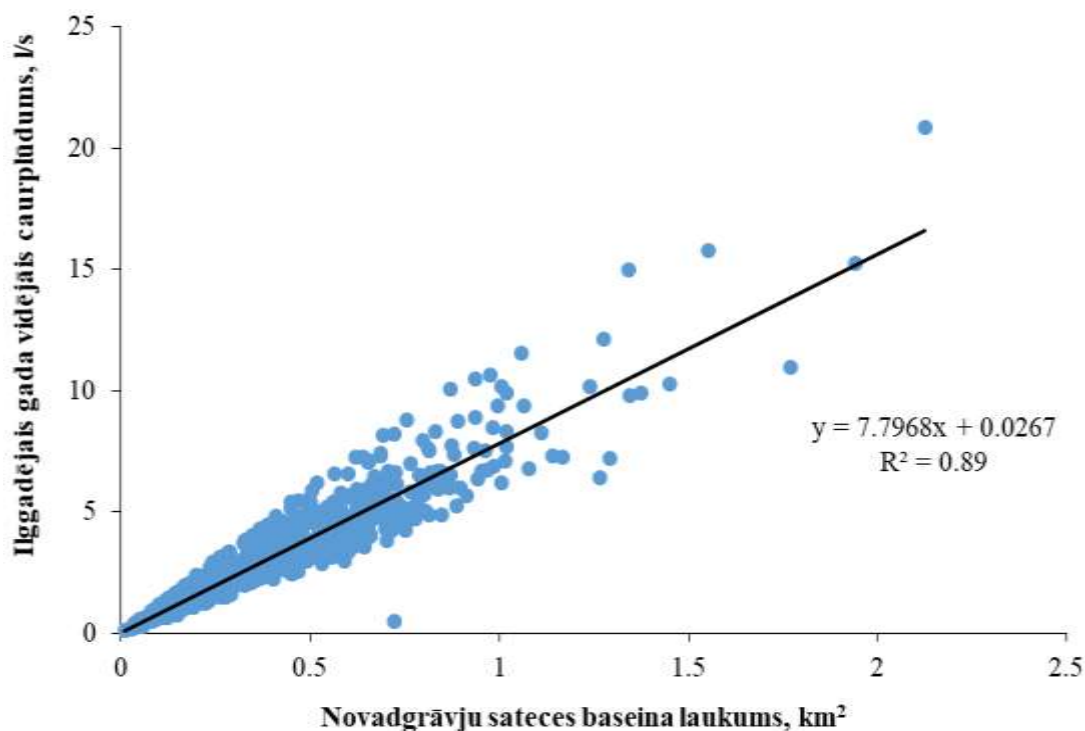
13. attēlā raksturota ilggadējo gada vidējo caurplūdumu savstarpējā saistība ar novadgrāvju garumiem, izslēdzot no datu kopas novadgrāvju garumus, kuri raksturīgi novadgrāvjiem ar ekstremāli augstām sateces baseinu laukumu vērtībām, un izmantojot eksponenciālo regresijas analīzi. Eksponenciālās regresijas analīzes rezultāti norāda, ka aprēķinātās ilggadējo gada vidējo caurplūdumu vērtības 42% gadījumu var tikt izskaidrotas ar novadgrāvju garumu, kas uzskatāma par vidēji ciešu saistību starp faktoriālo un rezultatīvo pazīmi. Neatkarīgi no datu kopas sastāva un izmantotā regresijas analīzes veida, novadgrāvju garums nevar tik uzskatīts par atbilstoši rādītāju, lai raksturotu novadgrāvjos sagaidāmo ilggadējo gada vidējo caurplūdumu.

14. attēlā ilustrēta novadgrāvju sateces baseinu laukumu un aprēķināto ilggadējo gada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistība. Analīzes rezultātā iegūtais lineārās regresijas vienādojums un saistītais determinācijas koeficients ($R^2=0.94$) liecina par ļoti ciešu izvēlēto parametru savstarpējo saistību. Iegūtie rezultāti skaidrojami ar ilggadējo gada vidējo caurplūdumu aprēķinos ietvertajiem parametriem, kas ir ilggadējās gada vidējās noteces slānis (mm) un ūdensteces sateces baseina laukums (km^2).



14. attēls. Novadgrāvju sateces baseinu laukumu un ilggadējo gada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistība, izmantojot visas novadgrāvju sateces baseinu laukumu vērtības

Gadījumā, ja no analizējamās datu kopas tiek izslēgtas trīs ekstremāli augstās sateces baseinu laukumu vērtības, lineārās regresijas vienādojuma determinācijas koeficients samazinās līdz 0.89, kas joprojām ir uzskatāma par ļoti ciešu savstarpējo saistību starp faktoriālo un rezultatīvo pazīmi (15. attēls). Savukārt, ja no analizējamās datu kopas tiek izslēgtas trīs ekstremāli augstās sateces baseinu laukumu vērtības un pielietota eksponenciālās regresijas analīze, regresijas vienādojuma determinācijas koeficients samazinās līdz 0.74. Tas norāda, ka lineārā regresija ir piemērotāka savstarpējās saistības noteikšanas un raksturošanas pieeja nekā eksponenciālā regresija, gadījumos, kad tiek vērtēta novadgrāvju sateces baseinu laukumu un aprēķināto ilggadējo gada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistība.



15. attēls. Novadgrāvju sateces baseinu laukumu un ilggadējo gada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistība, izslēdzot trīs ekstremāli augstas novadgrāvju sateces baseinu laukumu vērtības

14. un 15. attēlā apkopotie rezultāti liecina, ka novadgrāvju sateces baseinu vērtības var tikt izmantotas, lai raksturotu iespējamās ilggadējā gada vidējā caurplūduma vērtības ar augstu statistisko ticamību.

4.3.2 Vasaras pusgada vidējais caurplūdums

Ūdensnotekas un novadgrāvji nodrošina vasaras pusgada vidējie ūdens līmeņi ūdensnotekā vai novadgrāvī garantētu nosusināšanas tīkla (drenāžas, susinātājgrāvju, kontūrgrāvju, ceļa grāvju) aplēses caurplūduma uztveršanu un novadīšanu bez ūdens līmeņa uzstādīšanas. Ūdensnotekai vai novadgrāvī aprēķinātais vasaras pusgada vidējais caurplūdums un attiecīgais ūdens līmenis tiek izmantots, lai noteiktu drenu izteku augstuma atzīmes ar aprēķinu, ka drenu iztekām ir jābūt vismaz 0.5 m virs gultnes dibena un 0.2 m virs vasaras pusgada vidējā ūdens līmeņa. Attiecīgi vasaras pusgada vidējais caurplūdums uzskatāms par nozīmīgāku teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu nekā ilggadējais gada vidējais caurplūdums.

4. tabulā apkopota informācija par vasaras pusgada vidējo caurplūdumu datu kopai raksturīgajiem statistiskajiem rādītājiem, ietverto visus novadgrāvju un izslēdzot trīs novadgrāvjus, kuriem raksturīgs palielinās sateces baseina laukums.

Salīdzinot ilggadējo gada vidējo (3. tabula) un vasaras pusgada vidējo (4. tabula) caurplūdumu datu kopas aprakstošās statistikas rezultātus, iespējams secināt, ka vasaras pusgada vidējiem caurplūdumiem raksturīgās statistiskās vērtības ir zemākas. Minētā vērtību atšķirība skaidroja ar apsvērumu, ka ilggadējo gada vidējo caurplūdumu aprēķinā ietverti periodi, kuros iespējama palielinātas noteces veidošanās, piemēram, pavasara beigu un rudens sākuma posmi. Vasaras pusgada vidējais caurplūduma aprēķins ietver vasaras pusgada vidējās noteces moduļa ($l/s \times km^2$) un ūdensteces sateces baseina laukuma (km^2) vērtību reizinājumu.

4. tabula. Vasaras pusgada vidējo caurplūdumu datu kopas aprakstošā statistika

Statistiskais rādītājs	Vasaras pusgada vidējais caurplūdums (visi novadgrāvji), l/s	Atbilstošās sateces baseina laukumu vērtības, km ²	Vasaras pusgada vidējais caurplūdums (izslēdzot trīs novadgrāvjus), l/s	Atbilstošās sateces baseina laukumu vērtības, km ²
Minimums	0.06	0.00979	0.06	0.00979
Maksimums	46.13	10.98	14.45	2.12
Aritmētiskais vidējais	1.93	0.39*	1.86	0.37*
Mediāna	1.50	0.30*	1.50	0.30*
Standartnovirze	2.09	0.42*	1.46	0.29*
Asimetrija	10.60	N/A	2.24	N/A
Ekscess	204.00	N/A	9.57	N/A
10% kvartile	0.49	0.10*	0.48	0.10*
90% kvartile	3.70	0.74*	3.68	0.74*

Tabulā izmantoto simbolu paskaidrojums:

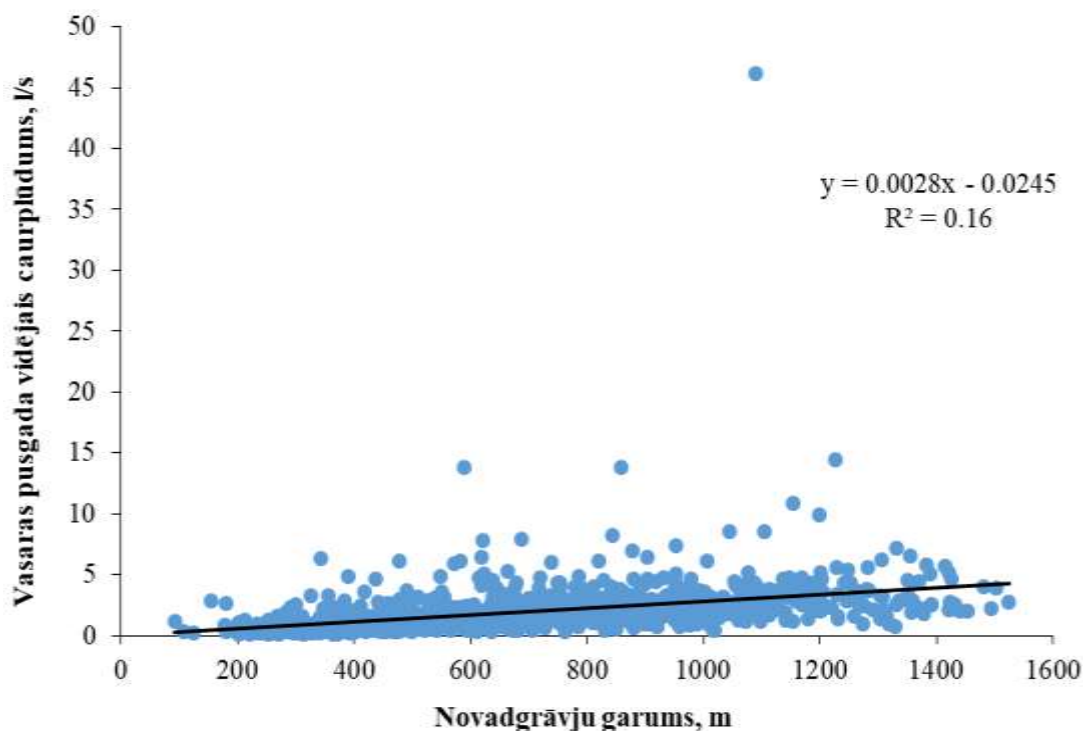
N/A – nav atbilstošs;

* aprēķināta vērtība, izmantojot 20. attēlā noteikto lineārās regresijas vienādojumu ($y=0.2007x$, kur y ir atbilstošā sateces baseina laukuma vērtība, x ir vasaras pusgada vidējā caurplūduma vērtība).

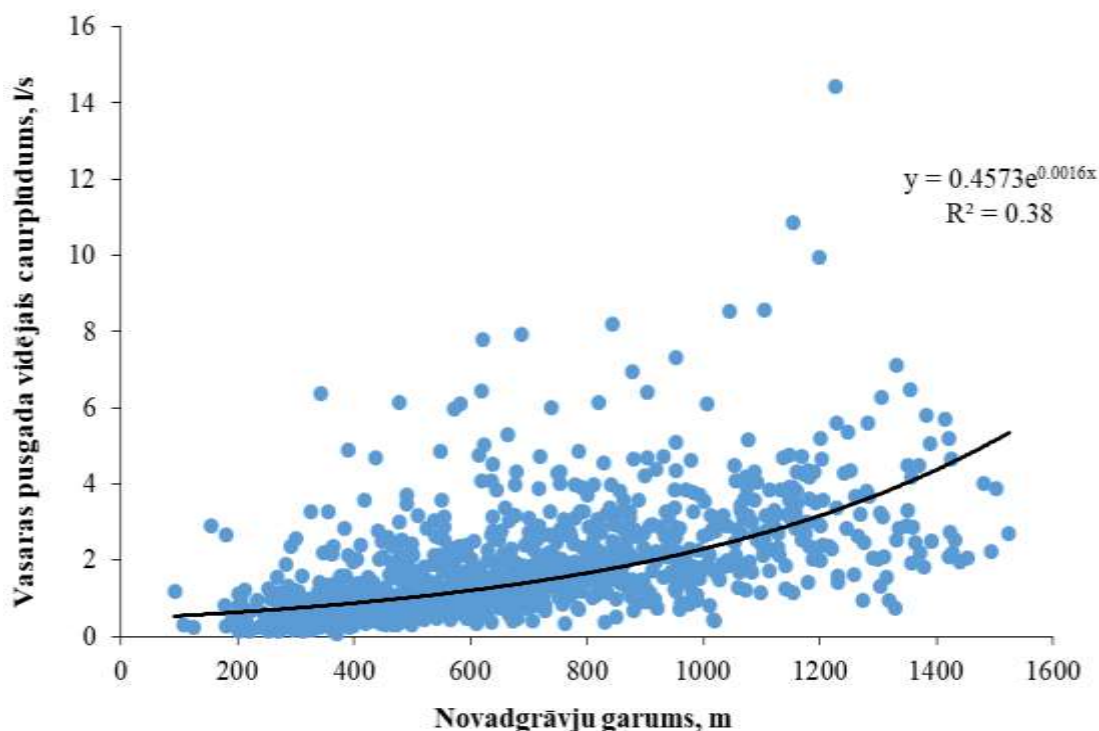
Izslēdzot no datu kopas trīs novadgrāvjus, ievērojami samazinās vasaras pusgada vidējo caurplūdumu datu kopai raksturīgās vidējās, asimetrijas un ekscesa vērtības, kas palielina iegūto rezultātu reprezentativitāti salīdzinājumā ar iepriekš iegūtajiem rezultātiem, kad aprakstošās statistikas aprēķinos izmantotas visiem novadgrāvjiem aprēķinātās caurplūdumu vērtības (4. tabula).

16. attēlā sniegts ieskatš izvēlēto novadgrāvju garumu un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistībā, izmantojot visas novadgrāvju garumu vērtības un lineārās regresijas analīzi. Analogi kā tas tika konstatēts ilggadējo gada vidējo caurplūdumu gadījumā, vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistībā ar novadgrāvju garumu ir vāja, par ko liecina lineārās regresijas vienādojuma determinācijas koeficients ($R^2=0.16$). Novadgrāvju garums nav izmantojams kā novadgrāvjiem raksturīgais rādītājs, lai prognozētu vasaras pusgada vidējo caurplūdumu.

17. attēlā analizēta novadgrāvju garumu un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistība, gadījumā, ja izslēgtas trīs novadgrāvju garumu vērtības un izmantota eksponenciālās regresijas analīze. Izmantojot šādu pieeju, iegūti objektīvāki savstarpējās saistības rezultāti, lai gan eksponenciālā vienādojuma determinācijas koeficients vērtējams kā vidējs ($R^2=0.38$). Tādējādi iespējams secināt, ka neatkarīgi no analizētajā datu kopā iekļautajām novadgrāvju garumu vērtībām un izmantotās regresijas veida, novadgrāvju garums nav reprezentatīvs rādītājs, lai raksturotu vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtības.



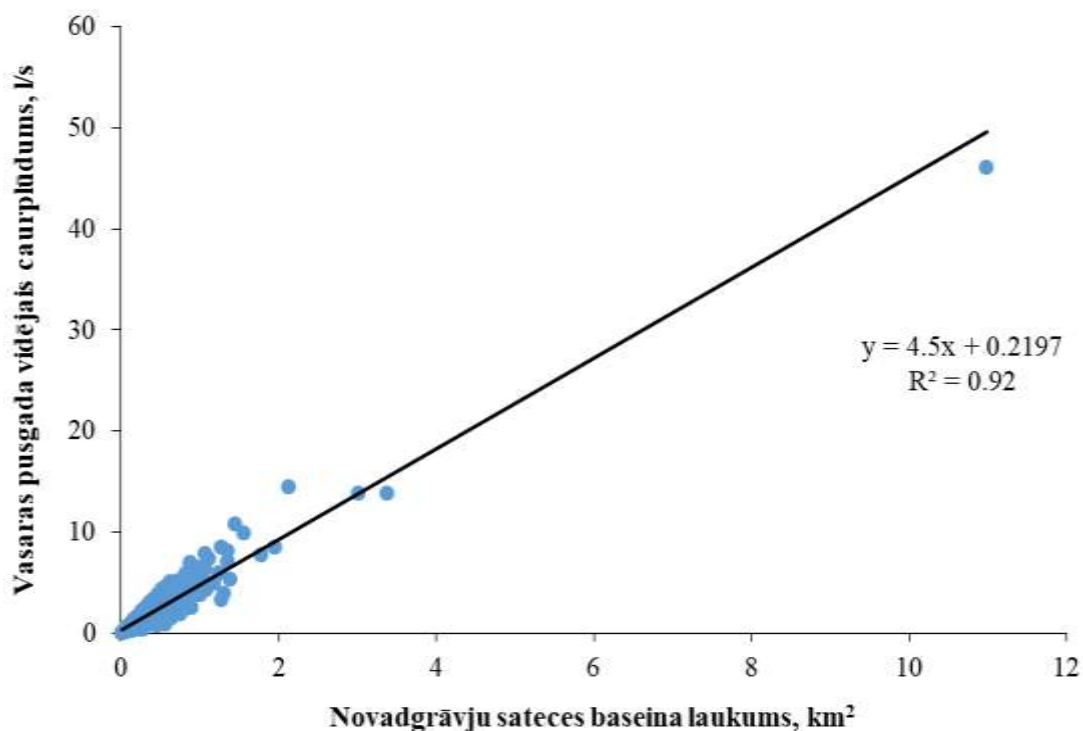
16. attēls. Novadgrāvju garumu un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistība, izmantojot visas novadgrāvju garumu vērtības



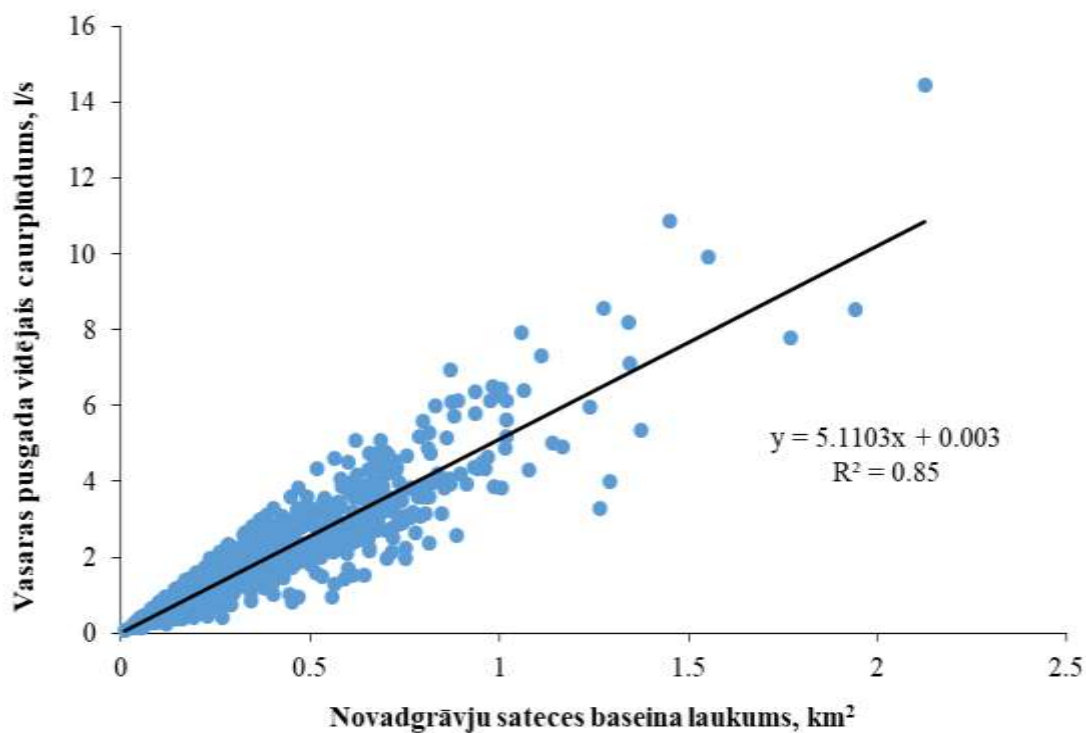
17. attēls. Novadgrāvju garumu un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistība, izslēdzot trīs novadgrāvju garumu vērtības

Lai arī novadgrāvju sateces baseinu laukumu un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējās saistības rezultāti, kas iegūti izmantojot lineārās regresijas analīzi un visas novadgrāvju sateces baseinu laukumu vērtības (18. attēls), ir mazliet zemāki nekā ilggadējo gada vidējo caurplūdumu vērtību gadījumā (14. attēls),

novadgrāvju sateces baseinu laukums uzskatāms par reprezentatīvu rādītāju hidroloģisko apstākļu raksturošanai attiecīgajos novadgrāvjos.



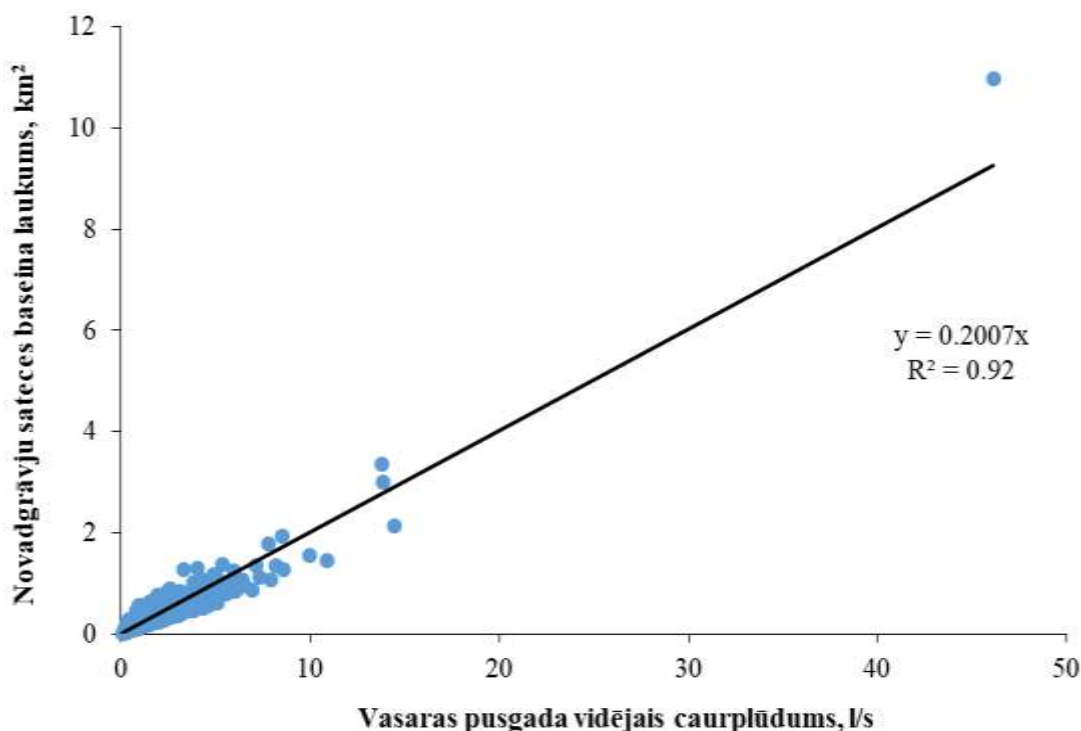
18. attēls. Novadgrāvju sateces baseinu laukumu un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistība, izmantojot visas novadgrāvju sateces baseinu laukumu vērtības



19. attēls. Novadgrāvju sateces baseinu laukumu un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējā saistība, izslēdzot trīs ekstremāli augstas novadgrāvju sateces baseinu laukumu vērtības

Ja no analizējamās datu kopas izslēdz trīs sateces baseinus ar neproporcionāli lieliem sateces baseinu laukumiem un veic lineārās regresijas analīzi, izveidotā vienādojuma determinācijas koeficients ir 0.85 (19. attēls), kas ir zemāka koeficienta vērtība, salīdzinot ar rezultātiem, ja analogā analīzē izmantotas visas sateces baseinu laukumu vērtības, kur $R^2=0.92$ (18. attēls). Neatkarīgi no izmantotās sateces baseinu laukumu datu kopas, vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtības var tikt raksturotas, izmantojot sateces baseinu laukumu izmērus. Gadījumā, ja novadgrāvju sateces baseinu laukumu un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējās saistības analīzē tiek izslēgtas trīs sateces baseinu laukumu vērtības un izmantota eksponenciālā regresijas analīze, izveidotā vienādojuma R^2 samazinās līdz 0.72. Iegūtais rezultāts apliecina, ka lineārā regresija ir piemērotāka analīzes metode, ja tiek savstarpēji salīdzinātas noteiktās sateces baseinu laukumu un aprēķinātās teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu vērtības.

Lai nodrošinātu iespēju raksturot (prognozēt) novadgrāvju sateces baseina laukumu izmēru vērtības atkarībā no aprēķinātajām vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtībām, izveidots lineārās regresijas vienādojums ($y=0.2007x$, kur y ir prognozētā novadgrāvja sateces baseina laukuma vērtība un x ir aprēķinātā vasaras pusgada vidējā caurplūduma vērtība), izveidotā regresijas vienādojuma determinācijas koeficients ir 0.92 (20. attēls). 20. attēlā vizualizētā divu datu kopu savstarpējās saistības likumsakarība un izveidotais lineārās regresijas vienādojums ir analogs 18. attēlā apskatāmajai likumsakarībai un vienādojumam, kur abos attēlos ietvertās rezultatīvās un faktoriālās pazīmes vērtības ir savstarpēji apmainītas vietām.



20. attēls. Vasaras pusgada vidējo caurplūdumu un novadgrāvju sateces baseinu laukumu vērtību savstarpējā saistība, izmantojot visas novadgrāvju sateces baseinu laukumu vērtības

4.3.3 Vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums

Salīdzinot ar iepriekš vērtētajiem teorētiskajiem (aplēses) hidroloģiskajiem lielumiem, t.sk., ilggadējo gada vidējo un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu, vasaras

mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums ietver kompleksas aprēķinu metodikas pielietojumu. Pirmkārt, aprēķinā tiek ņemti vērā novadgrāvju sateces baseinu ģeogrāfiskais novietojums, kā arī raksturīgie ģeomorfoloģiskie, hidroģeoloģiskie un noteces formēšanās klimatiskie apstākļi. Otrkārt, vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālo caurplūdumu iespējams aprēķināt ar 75%, 85% un 95% pārsniegšanas varbūtību. Treškārt, konkrētajam teorētiskajam (aplēses) hidroģeoloģiskajam lielumam ir iespējams noteikt minimālo sateces baseina laukumu (km²), kuru pārsniedzot ūdenstecē ir raksturīga notece vasaras mazūdens periodā, savukārt, ūdenstecēs ar mazāku sateces baseina laukumu ūdens plūsma izsīkst.

Pētījuma ietvaros veikto aprēķinu rezultāti liecina, ka izvēlētajos novadgrāvjos vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums neveidojas ne pie vienas no minimālā caurplūduma pārsniegšanas varbūtībām (75%, 85%, 95%). Tādējādi iespējams secināt, ka izvēlētajos novadgrāvjos vasaras mazūdens 30 dienu periodā ūdens plūsma izsīkst. Ūdens plūsmas nozīmīgākais izsīkšanas iemesls ir nelieli sateces baseinu laukumu izmēri. Izvēlēto novadgrāvju sateces baseinu laukumi 90% gadījumu ir mazāki kā 0.71 km² (2. tabula), kamēr aprēķinu rezultāti liecina, ka pie 75% minimālā caurplūduma pārsniegšanas varbūtības notece var sākt veidoties, ja sateces baseina laukums pārsniedz 4.47 km² (5. tabula). Izvēlētajā paraugkopā lielākais sateces baseina laukums ir 10.98 km², taču sateces baseina novietojums Latvijas centrālajā daļā esošajā mālainajā līdzenumā (R₁) nosaka, ka arī šajā sateces baseinā notece vasaras mazūdens periodā raksturīgi izsīkst.

5. tabulā apkopoti aprēķinu rezultāti, kas raksturo novadgrāvju sateces baseinu laukumus, pie kuriem iespējama caurplūdumu veidošanās vasaras mazūdens 30 dienu periodā. Augstāka minimālā caurplūduma pārsniegšanas varbūtība nozīmē, ka pastāv augstāka iespējamība, ka novadgrāvjos var veidoties notece.

5. tabula. Novadgrāvju sateces baseinu laukumu datu kopas aprakstošā statistika

Statistiskais rādītājs	Minimālā caurplūduma pārsniegšanas varbūtība		
	75%	85%	95%
Minimums, km ²	4.47	5.43	6.91
Maksimums, km ²	36.19	47.50	58.46
Aritmētiskais vidējais, km ²	27.20	34.84	43.06
Mediāna, km ²	36.19	47.50	58.46
Standartnovirze, km ²	10.11	14.09	17.15
Asimetrija	-0.46	-0.37	0.38
Ekscess	-1.19	-1.45	-1.42
10% kvartile, km ²	18.09	21.71	27.14
90% kvartile, km ²	36.19	47.50	58.46

5. SECINĀJUMI UN IETEIKUMI

Secinājumi

1. Novadgrāvju garums kā atsevišķs novadgrāvju raksturlielums nevar tik izmantots, lai novērtētu hidroloģiskos apstākļus izvēlētajos novadgrāvjos. Par to liecina aprēķināto ilggadējo gada vidējo caurplūdumu un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējās saistības analīze ar novadgrāvju garumu vērtībām. Lineārās un eksponenciālās regresijas analīzes rezultāti liecina, ka savstarpējā saistība starp faktoriālo (garums) un rezultatīvo (caurplūdums) pazīmi ir vāja līdz vidēji cieša.

2. Novadgrāvju sateces baseinu laukumu izmēru mainība vairumā gadījumu nevar tikt tiešā veidā saistīta ar novadgrāvju garumu mainību. Izvēlēto novadgrāvju sateces baseinu laukumu izmēru un garumu vērtību savstarpējās saistības analīzes rezultāti, kas iegūti, izmantojot lineārās un eksponenciālās regresijas analīzi un Spīrmena rangu korelācijas analīzi, norāda par pozitīvu, taču vāju līdz vidēji ciešu savstarpējo saistību.

3. Novadgrāvju sateces baseina izmērs kā atsevišķs novadgrāvju raksturlielums var tik izmantots, lai novērtētu hidroloģiskos apstākļus izvēlētajos novadgrāvjos. Izdarīto secinājumu apliecina pētījuma ietvaros veiktā ilggadējo gada vidējo caurplūdumu un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtību savstarpējās saistības analīze ar novadgrāvju sateces baseinu izmēru vērtībām, kas ir ciešas vai ļoti ciešas.

4. Vasaras pusgada vidējais caurplūdums uzskatāms par reprezentatīvāku un praktiskas pielietojamības ziņā nozīmīgāku teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu nekā ilggadējais gada vidējais caurplūdums, jo aprēķinātās vasaras pusgada vidējo caurplūdumu vērtības un saistītā veidā noteiktie ūdens līmeņi tiek izmantoti, lai ūdensnotekās vai novadgrāvjos garantētu nosusināšanas tīkla (drenāžas, susinātājgrāvju, kontūrgrāvju, ceļa grāvju) aplēses caurplūduma uztveršanu un novadīšanu bez ūdens līmeņa uzstādinājuma veidošanas. Turklāt ilggadējais gada vidējais caurplūdums raksturīgs ilgākam laika periodam, kad iespējami pārmitri apstākļi.

5. Izvēlētajos novadgrāvjos vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums neveidojas un ūdens plūsma novadgrāvjos izsīkst, kas skaidrojams ar novadgrāvju nelielajiem sateces baseinu laukumu izmēriem. Par to liecina pētījuma ietvaros veikto izvēlētajiem novadgrāvjiem raksturīgo vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālā caurplūduma aprēķinu rezultāti ar pārsniegšanas varbūtību 75%, 85% un 95%, kas visos gadījumos ir 0.

6. Atkarībā no ģeomorfoloģiskajiem un grunts apstākļiem Latvijas teritorijā izdalītas četras zonas, t.sk., mālainie līdzenumi, morēnu un smilšainie līdzenumi, morēnu pauguraines un piekāpļu zonas. Minētās ģeomorfoloģiskās zonas nevar tikt izmantotas, lai klasificētu novadgrāvjus atsevišķās klasēs un pielietotu atšķirīgus hidroloģisko apstākļu novērtēšanas kritērijus, jo izvēlēto novadgrāvju piemērs pierādīja, ka tipiskos lauksaimniecības zemēs ierīkotos novadgrāvjos vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums neveidojas nevienā no ģeomorfoloģiskajām zonām.

Ieteikumi

1. Veģetācijas perioda hidroloģisko apstākļu novērtēšanai ieteicams izmantot aprēķinātās vasaras pusgada vidējā caurplūduma vērtības, jo ilggadējā gada vidējā caurplūduma vērtības raksturo laika periodus ārpus veģetācijas perioda, kurām atkarībā no sateces baseina laukuma var tikt aprēķinātas palielinātas caurplūduma vērtības, kamēr vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālā caurplūduma vērtības raksturo izteikti sausus apstākļus, kad novadgrāvjos ūdens plūsma izsīkst.
2. Gada vidējo caurplūdumu un vasaras pusgada vidējo caurplūdumu raksturošanai Latvijas novadgrāvjos ieteicams izmantot novadgrāvju sateces baseinu laukumu vērtības un pētījuma ietvaros izveidotos lineārās regresijas vienādojumus.
3. Lai uzlabotu teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu precizitāti un aprēķinos ietvertu mūsdienām raksturīgos klimata mainības aspektus, t.sk., palielinātas gaisa temperatūras ziemas periodā, sniega segas ilguma un biezuma samazinājumus, intensīvu nokrišņu epizodes, ilgstošus sausuma apstākļus un citus, ieteicams pārskatīt un atjaunot LBN 224-15 pielikumos ietvertu informāciju, kuras izveide balstīta uz 50 un vairāk gadus seniem mērījumu rezultātiem.

6. PIELIKUMI

Pētījuma atskaitei pievienots MS Excel dokuments, kurā apskatāma teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu matrica, kas ietver sekojošu informāciju:

- izvēlētajiem novadgrāvjiem raksturīgo hidroloģisko lielumu aprēķināšanai izmantotās vērtības, t.sk., novadgrāvju sateces baseinu laukumu, novadgrāvju atrašanās vietām raksturīgās vērtības, kas iegūtas no LBN 224-15 4. pielikuma kartogrammas, 5. pielikuma kartogrammas, 6. pielikuma 1. kartogrammas, 6. pielikuma 3. kartogrammas un 6. pielikuma 1. tabulas;
- izvēlēto teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu rezultāti, t.sk., ilggadējais gada vidējais caurplūdums, vasaras pusgada vidējais caurplūdums, vasaras mazūdens perioda 30 dienu minimālais caurplūdums.

Par teorētisko (aplēses) hidroloģisko lielumu aprēķinu matricas funkcionalitāti iespējams pārliecināties, ievadot jebkuram izvēlētajam novadgrāvī raksturīgos parametrus, kas ietver novadgrāvja sateces baseina laukumu, novadgrāvja atrašanās vietai atbilstošās vērtības no LBN 224-15 4. pielikuma kartogrammas, 5. pielikuma kartogrammas, 6. pielikuma 1. kartogrammas, 6. pielikuma 3. kartogrammas un 6. pielikuma 1. tabulas.